

Boska cząstka

– jej znaczenie dla fizyki i filozofii

Polska Akademia Nauk
Oddział w Poznaniu

Boska cząstka

– jej znaczenie dla fizyki i filozofii

Artykuły opracowane na podstawie referatów wygłoszonych
na sesji „Dwugłos Nauki”, 
w Poznaniu 21 listopada 2013 roku

Teksty recenzowane pod kierunkiem
prof. dr. hab. inż. Romana Słowińskiego

Poznań 2014

Polska Akademia Nauk, Oddział w Poznaniu
„Boska cząstka” – jej znaczenie dla fizyki i filozofii

Publikacja dofinansowana przez
Polską Akademię Nauk

ISBN 978-83-61236-54-2

© Copyright by Oddział PAN w Poznaniu, Poznań 2014
All rights reserved

Projekt okładki: Mirosława Korbańska
Korekta: Małgorzata Szkudlarska

Polska Akademia Nauk, Oddział w Poznaniu
61-713 Poznań, ul. Wieniawskiego 17/19
tel.: (61) 852 94 10, faks: (61) 852 06 71
e-mail: poznan@pan.pl

Realizacja wydawnicza:
PAN WDN
ul. Śniadeckich 8
00-656 Warszawa
www.wdnpn.pl

SPIS TREŚCI

Wprowadzenie

Prof. Roman Słowiński – Prezes Oddziału PAN w Poznaniu 7

Cząstka Higgsa – koniec pewnej historii

Prof. Stefan Pokorski 11

Odkrycie cząstki Higgsa – perspektywa eksperymentatora

Prof. Piotr Malecki 29

Filozoficzne problemy związane ze strukturą materii

Ks. prof. Janusz Mączka 55

Poszukiwanie ostatecznej syntezy. Odkrycie bozonu Higgsa z punktu widzenia teologii

Ks. dr Filip Krauze 75

WPROWADZENIE

Artykuły opublikowane w tej książce opracowane zostały na podstawie referatów wygłoszonych w czasie sesji naukowej z cyklu Dwugłos Nauki pt. *„Boska cząstka” – jej znaczenie dla fizyki i filozofii*, współorganizowanej przez Oddział Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu i Wydział Teologiczny Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza. Sesja odbyła się w siedzibie Oddziału PAN w Poznaniu w dniu 21 listopada 2013 roku.

Sesje naukowe z cyklu Dwugłos Nauki tradycyjnie podejmują problematykę o znaczeniu fundamentalnym i starają się przedstawić na ten temat poglądy wybitnych przedstawicieli nauk ścisłych i przyrodniczych oraz filozofii i teologii.

Celem sesji, której owocem jest niniejsze wydawnictwo, była próba określenia znaczenia odkrycia cząstki Higgsa, tak dla fizyki, jak dla filozofii. Według standardowego modelu cząstek elementarnych, pole Higgsa przenika cały Wszechświat, a cząstki elementarne, z których zbudowana jest materia, uzyskują masę przez oddziaływanie z tym polem.

Czwartego lipca 2012 roku pole Higgsa zostało potwierdzone przez eksperymenty ATLAS-a i CMS, prowadzone przy Wielkim Zderzaczu Hadronów w CERN-ie, gdzie zaobserwowano jego wzbudzenie w postaci kwantu-cząstki nazwanej bozonem Higgsa.

Ponieważ to pole i jego kwanty, stwarzając materię, mają coś z boskiej mocy, pojawiło się określenie „Boska cząstka”.

Niewątpliwie odkrycie to rzuca nowe światło na nasze odczytywanie Księgi Przyrody. Pojawia się naturalne pytanie, czy rzuca ono także nowe światło na odczytywanie biblijnego opisu

stworzenia świata? Na potwierdzenie naturalności tego pytania można przywołać debatę na temat relacji między nauką a religią, jaka odbyła się w CERN-ie krótko po ogłoszeniu odkrycia. Nasze sesje programowo podejmują ten dyskurs, dlatego fakt odkrycia cząstki Higgsa nie mógł ująć naszej uwagi.

Chrześcijańscy filozofowie przyrody, a także Benedykt XVI w swoim przemówieniu w Ratyźbonie, mówią, że Bóg jest racjonalny i żadne odkrycie naszego rozumu nie przeczy jego stwórczej roli. Nawet pytanie o początek w zasadzie nie różni fizyków i teologów, gdyż z jednej strony fizyka nie może udzielić na nie odpowiedzi, bo nie potwierdzi jej eksperymentem, a z drugiej strony teologia nie traktuje stworzenia jako wydarzenia jednorazowego, lecz przyjmuje, że świat jest stwarzany odwiecznie, w akcie ciągłym, bez początku, gdyż istotna jest nieustanna zależność w istnieniu od Pana Boga, a nie sam początek.

Ciągłość stwarzania i brak jego widocznego początku i końca na osi czasu podsuwa analogię z nieograniczonością Wszechświata w wymiarze fizycznym w skali makro i mikro. Właśnie w skali mikro od blisko stu lat rewidowany jest pogląd na temat najmniejszych cząstek, z których zbudowana jest materia. W latach 30. ubiegłego wieku uważano, że są to elektron, proton, neutron i foton. W latach 60. wykazano, że protony i neutrony są cząstkami złożonymi z innych, bardziej podstawowych cząstek – kwarków. Wreszcie dowiedzieliśmy się, że istnieją cząstki o masie spoczynkowej zero, ale odpowiedzialne za przenoszenie oddziaływań między innymi cząstkami, zwane bozonami – jednym z nich jest właśnie bozon Higgsa.

Czy rewizja wiedzy fizycznej może, a nawet powinna rewidować filozoficzne wyjaśnianie świata w jego relacji z Bogiem?

Święty Augustyn w komentarzach do Księgi Rodzaju pisał, że jeśli napotkamy w Piśmie Świętym jakieś stwierdzenia, które wydają się sprzeczne z dobrze ustaloną prawdą świecką, to mamy obowiązek przyjąć tę prawdę za autentyczną i uznać, że dotychczas źle rozumieliśmy tekst biblijny. Gdybyśmy robili inaczej, to poganie by się z nas śmiali.

Z kolei święty Jan Paweł II, podsumowując prace komisji badającej tzw. Sprawę Galileusza, na posiedzeniu Papieskiej Akademii Nauk w 1992 roku powiedział:

„Ze względu na właściwą sobie misję Kościół musi zwracać uwagę na duszpasterskie konsekwencje swoich wypowiedzi. Nie ulega wątpliwości, że jego słowa muszą być przede wszystkim zgodne z prawdą. Powstaje jednak problem, jak potraktować nowe odkrycie nauki, gdy zdaje się ono zaprzeczać prawdom wiary. (...) Trzeba w tym miejscu powtórzyć to, co powiedziałem już wcześniej: teolodzy mają obowiązek stałego uzupełniania swej wiedzy o nowych zdobyczach nauki, tak by w razie potrzeby byli zdolni zdecydować, czy powinni je uwzględnić w swojej refleksji i zmodyfikować swoje nauczanie”.

Odkrycie cząstki Higgsa czyni aktualnym pytanie o oddziaływanie odkryć nauk przyrodniczych na filozofię i teologię. Dzięki wysokim kompetencjom zaproszonych wykładowców sesja z cyklu Dwugłos Nauki pt. *„Boska cząstka” – jej znaczenie dla fizyki i filozofii* przybliżyła nas do odpowiedzi na to pytanie i wykazała potrzebę wzmocnienia więzi między wymiarem religijnym a poznaniem naukowym.

Wyrażam gorące podziękowanie Autorom artykułów, którzy wygłosili te niezmiernie interesujące wykłady do bardzo liczного grona słuchaczy. Pragnę także podziękować ks. prof. Pawłowi Bortkiewiczowi z Wydziału Teologicznego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu za współpracę przy organizacji sesji i za poprowadzenie dyskusji.

*Prof. dr hab. inż. Roman Słowiński
Prezes Oddziału Polskiej Akademii Nauk w Poznaniu*

CZĄSTKA HIGGSA – KONIEC PEWNEJ HISTORII¹

STEFAN POKORSKI

Instytut Fizyki Teoretycznej
Uniwersytetu Warszawskiego

W 2009 r. rozpoczęto doświadczenia na nowym akceleratorze, zwanym Wielkim Zderzaczem Hadronów (Large Hadron Collider – LHC), zbudowanym w Europejskim Laboratorium Fizyki Cząstek Elementarnych (CERN) pod Genewą, w którym zderzają się protony z energią ok. dziesięciokrotnie większą niż energie poprzednio osiągalne w laboratoriach. Budowano go przez 20 lat, wydano 10 mld franków szwajcarskich. Głównym celem naukowym było odkrycie jednej cząstki elementarnej. W lipcu 2012 r. ogłoszono, że cząstka ta została odkryta. Dlaczego włożono tyle wysiłku w odkrycie jednej cząstki...? Dlaczego odkrycie nowej cząstki elementarnej stało się wydarzeniem medialnym na skalę światową?

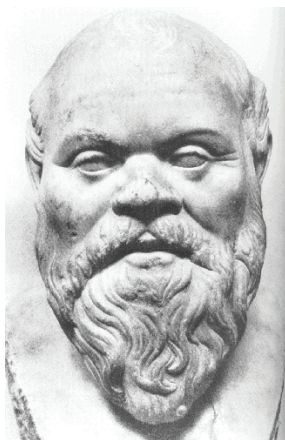
Odpowiedź na to pytanie – zwłaszcza, by być przekonującą dla nefizyków – nie jest łatwa i dlatego chciałbym rozpocząć od kilku uwag ogólnych.

¹ Tekst oparty został na wykładach wygłoszonych w Polskiej Akademii Umiejętności w listopadzie 2012 r. i na sesji naukowej Polskiej Akademii Nauk pt. „*Boska cząstka*” – jej znaczenie dla fizyki i filozofii w listopadzie 2013 r. w Poznaniu

NIELUBIANE BADANIA PODSTAWOWE

Głębsze zrozumienie zjawisk fizycznych od dawna wykracza poza naszą codzienną intuicję i często wymaga skomplikowanego aparatu matematycznego. Oddziaływania elementarne, struktura materii i historia wszechświata to dziedzina nauki należąca do badań podstawowych, można powiedzieć, do najbardziej podstawowych z podstawowych i dlatego najtrudniejsza dla intuicyjnego poznania. Prowadzone obecnie badania są kontynuacją tych, które były prowadzone na przestrzeni wieków. Fascynująca jest ciągłość tych badań i ewolucja ich treści, jak i ewolucja samego pojęcia elementarności. Niezmienne jednak jest to, że zawsze były, i są, to badania na granicy naszego poznania. Później ich wyniki znajdują zastosowania, kształtują naszą cywilizację i nasze poglądy.

Fizycy zajmujący się obecnie tymi bardzo abstrakcyjnymi badaniami podstawowymi pocieszają się, że często były one w niełasce. Pytania o ich sensowność zadawano już w starożytności, o czym świadczą zachowane z tego okresu teksty na ten temat. Za przykład niech posłuży przytoczona niżej rozmowa Sokratesa z Glaukonem, bratem Platona.



Rys. 1. Sokrates (469–399 p.n.e.)

Sokrates – Glaukon wg Platona (*Rzeczpospolita*)

S: Czy astronomia powinna być przedmiotem studiów?

G: Sądzę, że tak: wiedza o porach roku, miesiącach i latach przydaje się w rolnictwie i nawigacji, a także jest użyteczna podczas wojny.

S: Jestem rozbawiony, widząc, jak obawiasz się, żeby ludzie nie oskarżyli cię o rekomendowanie bezużytecznych studiów.

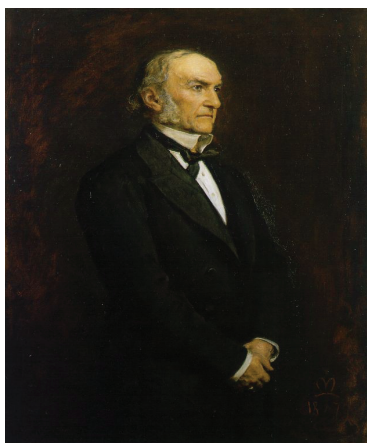
Wśród wielu innych, często anegdotycznych, zachowanych informacji o trudnościach, z jakimi spotykało się prowadzenie badań podstawowych, dość charakterystyczna jest poniższa wymiana zdań między Michaeliem Faradayem, brytyjskim fizykiem, który wprowadził do fizyki pojęcie pola elektromagnetycznego, i Williamem Gladstonem, brytyjskim politykiem, przyszłym premierem:

G: Jaki jest pożytek z elektryczności?

F: Pewnego dnia będzie można ją opodatkować.



Rys. 2. Michael Faraday (1791–1867)

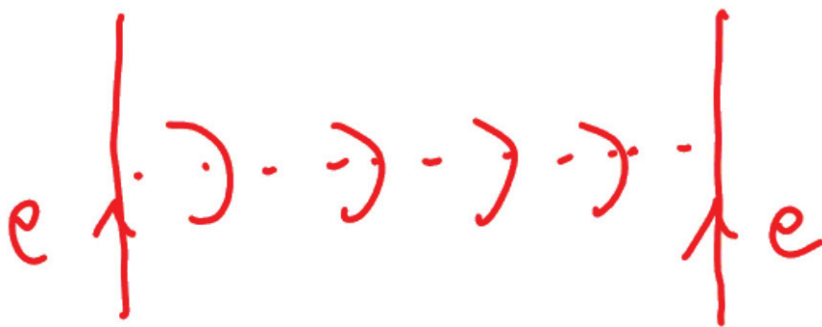


Rys. 3. William Gladstone (1809–1898)

TROCĘ HISTORII

Wracając do fizyki, a właściwie do historii badań nad oddziaływaniami elementarnymi...

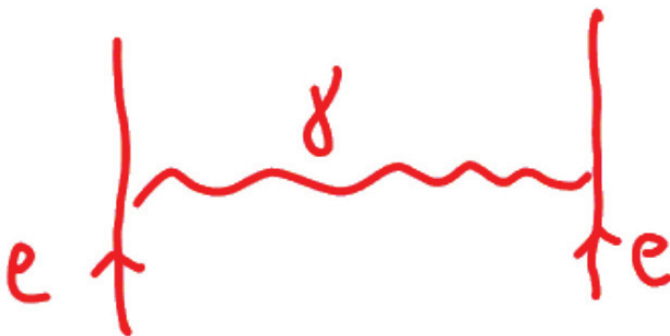
Pionierem nowożytnych badań oddziaływań elementarnych jest Izaak Newton, wybitny fizyk i matematyk. Opisał on oddziaływanie grawitacyjne poprzez sformułowanie prawa powszechnego ciążenia i wprowadził pojęcie masy jako miary bezwładności. Masa to wielkość charakteryzująca bezwładność ciała przy zmianie jego ruchu. Newtonowska definicja masy nadal obowiązuje w fizyce nierelatywistycznej. Wspomniany już Michael Faraday oraz James Maxwell to dwaj fizycy, których nazwiska najściślej łączą się z odkryciem drugich, po grawitacyjnych, oddziaływań elementarnych, oddziaływań elektromagnetycznych. Ukoronowaniem badań prowadzonych przez wielu znakomitych fizyków było wprowadzenie przez Faradaya pojęcia pola elektromagnetycznego przenoszącego oddziaływanie między ładunkami elektrycznymi oraz sformułowanie (zunifikowanej) teorii oddziaływań elektrycznych i magnetycznych przez Maxwella.



Rys. 4. Fala elektromagnetyczna przenosi oddziaływanie między dwoma ładunkami elektrycznymi

W roku 1905 Albert Einstein wprowadził do fizyki pojęcie fotonu jako kwantu fali elektromagnetycznej, czyli bezmasowej

cząstki światła. Był to pierwszy krok na drodze do sformułowania kwantowej teorii pola jako obrazu fizycznego świata kwantowego, w którym pola i cząstki, oddziaływania i materia to różny opis tej samej rzeczywistości fizycznej: oddziaływania zachodzą przez wymianę cząstek!



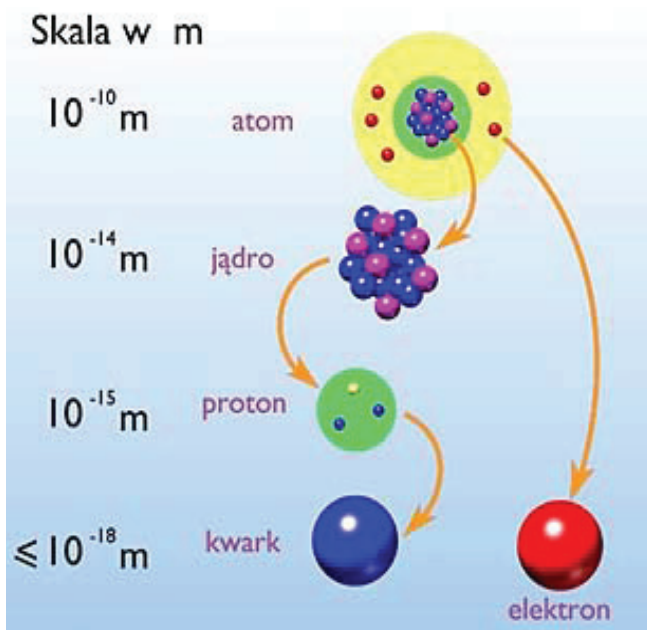
Rys. 5. Wymiana fotonu między dwoma ładunkami elektrycznymi jest odpowiedzialna za ich oddziaływanie

Na przełomie XIX i XX w., dzięki odkryciu promieniotwórczości naturalnej przez Henri Becquerela, Marię Skłodowską-Curie, Piotra Curie i Ernesta Rutherforda, otwarty został nowy rozdział w fizyce oddziaływań elementarnych. I to jest właśnie początek historii, o której mowa w tytule tego wykładu. Jak się okazało w czasie dalszych badań, było to odkrycie dwóch nowych typów oddziaływań elementarnych, które nazwano oddziaływaniami silnymi i słabymi. Istnieją one tylko na poziomie kwantowym, to znaczy, że są odpowiedzialne za zjawiska zachodzące na niesłychanie małych skalach odległości. Silnymi nazwano oddziaływania wiążące protony i neutrony w jądra atomowe, zaś słabymi oddziaływania odpowiedzialne za tzw. promieniotwórczość β (elektrony) obserwowane w przemianach jądrowych, w których jądro atomowe zbudowane z P protonów i N neutronów przechodzi w jądro z $(P + 1)$ protonami i $(N - 1)$ neutronami. Reakcją podstawową, zachodzącą

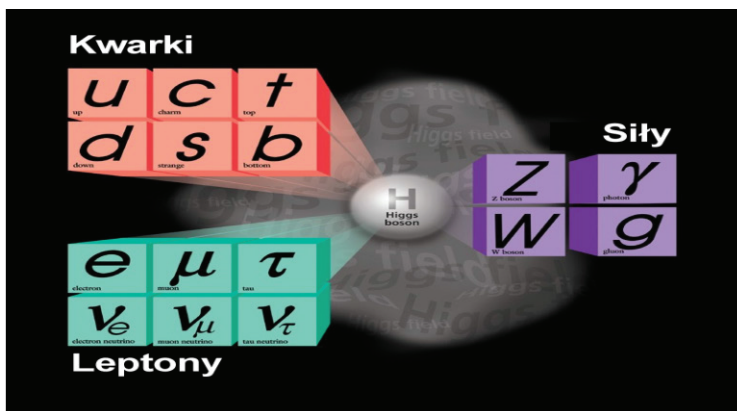
w tych procesach, jest rozpad neutronu na proton, elektron i (anty)neutrino, zwany rozpadem beta.

$$(P, N) \rightarrow (P + 1, N - 1) + e^{-} + (anti)neutrino$$

Oddziaływania grawitacyjne, elektromagnetyczne, silne i słabe to cztery znane obecnie w przyrodzie oddziaływania elementarne. Wraz z postępem badań doświadczalnych i teoretycznych nad nimi rozumiano także ich związek ze strukturą materii. Co więcej, interesującej ewolucji uległo pojęcie elementarnego składnika materii. Zilustrowane to jest na rysunku 6, wraz z zaznaczeniem skal odległości, których dotyczy fizyka oddziaływań elementarnych. Zaczynając od atomu, odkrywano coraz mniejsze cząstki materii: jądro atomowe, protony i neutrony, z których zbudowane są jądra, i wreszcie jeszcze bardziej elementarne cząstki – kwarki. Z nich zbudowane są protony oraz neutrony i – jak się obecnie wydaje – są to najbardziej elementarne składniki materii. Do nich zalicza się także elektron. Oddziaływania elektromagnetyczne odpowiedzialne są za łączenie się jąder atomowych z elektronami, a więc za budowę atomów. Dzięki oddziaływaniom silnym protony i neutrony tworzą jądra atomowe. Te same oddziaływania powodują, że kwarki łączą się w protony i neutrony. Kwarki oddziałują ze sobą dzięki wymianie jeszcze innych cząstek, zwanych gluonami, bardzo podobnych do fotonów. Jak widać, fizyka oddziaływań elementarnych stopniowo zmieniała przedmiot swoich zainteresowań, tworząc „po drodze” nowe gałęzie fizyki – fizykę atomową i fizykę jądrową, sama – idąc jeszcze głębiej w strukturę materii i zajmując się zjawiskami zachodzącymi na coraz mniejszych skalach odległości. Obecnie przedmiotem jej badań są procesy zachodzące między kwarkami, gluonami, elektronami, fotonami i jeszcze kilkoma innymi cząstkami elementarnymi, które zostały odkryte w laboratoriach. Jak widać na rysunku, zjawiska te zachodzą na odległościach niewyobrażalnie małych. Trudno nawet mówić, że wykraczają poza naszą codzienną intuicję. Trzeba raczej powiedzieć, że daleko wykraczają poza naszą wyobraźnię.



Rys. 6. Struktura materii



Rys. 7. Cząstki elementarne

MAGIA ODDZIAŁYWAŃ SŁABYCH

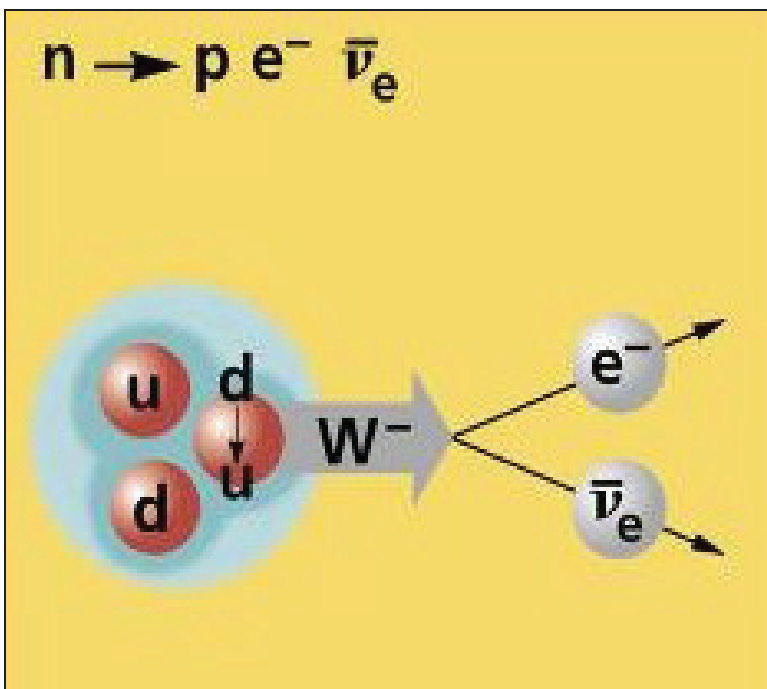
Wspomniałem już, że oddziaływania słabe odkryte zostały ponad sto lat temu. Odpowiedzialne są za rozpad neutronu, a w konsekwencji za jądrowe przemiany promieniotwórcze. Od tego czasu ich zagadkowe własności fascynują fizyków. Odkrycie w LHC cząstki Higgsa kończy tę stuletnią historię.

Dzięki długiej drodze badań doświadczalnych i teoretycznych zrozumiano, że rozpad beta neutronu zachodzi w efekcie procesu, w którym bierze udział jeden z kwarków w neutronie. Proces ten jest bardzo podobny do oddziaływania elektromagnetycznego między ładunkami elektrycznymi. Pamiętajmy o tym, że w świecie kwantowym oddziaływanie to wymiana cząstki, fotonu w przypadku oddziaływań elektromagnetycznych. Podstawowym odkryciem było zrozumienie, że przekaźnikami oddziaływań słabych są bardzo ciężkie cząstki, 100 razy cięższe od protonu. Zostały one odkryte doświadczalnie w CERN-ie ok. 30 lat temu. Zachodzący proces pokazany jest na rysunku 8. Jeden z kwarków w neutronie zmienia swoją tożsamość, wysyłając ciężką cząstkę W , która następnie emituje elektron i neutrino. Nowa tożsamość kwarku powoduje, że neutron zamienia się w proton.

Oddziaływania słabe są więc oddziaływaniami kwarków i leptonów, czyli tych najmniejszych składników materii, dostępnych w dotychczas zbudowanych laboratoriach. Czy mówi nam coś odległość jednej miliardowej z jednej miliardowej części metra? Badanie takich procesów jest możliwe dzięki bardzo zaawansowanym technikom doświadczalnym, ale nie to jest tematem tego artykułu.

Obserwowane podobieństwa między oddziaływaniami elektromagnetycznymi i słabymi nasunęły teoretykom myśl, że podobnie jak oddziaływania elektryczne i magnetyczne dały się opisać w ramach wspólnej teorii, tak oddziaływania elektromagnetyczne i słabe będzie można zrozumieć w ramach jednej, zunifikowanej teorii. Ta koncepcja doprowadziła do przełomu w teorii oddziaływań elementarnych. W roku 1967 Steven Weinberg i Abdus Salam

(wykorzystując wcześniejsze wyniki Sheldona Glashowa) dokonali wielkiej syntezy teoretycznej: mimo tego, że foton i cząstka W tak bardzo różnią się masą, oba typy oddziaływań dają się zrozumieć w ramach wspólnej (zunifikowanej) teorii, zwanej Modelem Standardowym dla oddziaływań elektroslabych. Model Standardowy odniósł ogromny sukces. Dzięki niemu dokonaliśmy wielkiego postępu w zrozumieniu oddziaływań elementarnych. Wyjaśnia on wszystkie obecnie dostępne informacje doświadczalne pochodzące z laboratoriów na ziemi, dotyczące cząstek elementarnych (poza fizyką neutrin).



Rys. 8. Rozpad beta (netronu)

SYMETRIE I ICH NARUSZANIE

U podstaw Modelu Standardowego leży pojęcie symetrii. Jest nam ono intuicyjnie znane.

Wyobraźmy sobie np. pręt z dwoma identycznymi kulami umocowanymi na jego końcach. Układ ten ma symetrię względem środka pręta. Można na nią też spojrzeć tak, że nic się nie zmienia przy zamianie kul. Co więcej, jeśli wyobrazimy sobie oś przechodzącą wzdłuż pręta wewnątrz niego, to jest oczywiste, że ten pręt obrócony o dowolny kąt wokół tej osi wygląda dokładnie tak samo. Mamy więc też symetrię względem takich obrotów. Można powiedzieć, że symetria to nierozróżnialność pewnych sytuacji fizycznych.

Z pojęciem symetrii nierozzerwalnie wiąże się pytanie o efekty naruszające ścisłą symetrię.

Najczęściej spotykamy się z sytuacją, w której drobne efekty naruszają ścisłą symetrię.

Dostrzec ją można wtedy, gdy potrafimy spojrzeć na nasz problem w sposób wystarczająco abstrakcyjny, by oddzielić symetrię leżącą u jego podstaw od „poprawek” ją naruszających.

Rola symetrii staje się jasna wtedy, gdy zrozumiemy także mechanizm jej naruszenia.

W mikroświecie pojawiają się nowe rodzaje symetrii. Na przykład proton i neutron zbudowane są z dwóch rodzajów kwarków, które umownie nazwano kwarkami **u** i **d**. Różnią się one ładunkiem elektrycznym, ale oddziałują tak samo „silnie” i „słabo” – niosą takie same ładunki „silne” i „słabe”. Dla tych dwóch typów oddziaływań mamy więc symetrię względem zamiany kwarku **u** na **d** i odwrotnie.

Podstawą wspólnej teorii oddziaływań słabych i elektromagnetycznych jest właśnie założenie o istnieniu tej symetrii przy zamianie kwarków **u** i **d**, której moglibyśmy dokonywać niezależnie w każdym punkcie przestrzeni (bo dlaczego takie zamiany w dwóch różnych miejscach miałyby o sobie wiedzieć), z jednoczesnym uwzględnieniem faktu, że te kwarki różnią się ładunkami

elektrycznymi. Okazuje się, że konsekwencją tego postulatu jest samo istnienie fotonu (kwantu pola elektromagnetycznego) i cząstek W i Z (kwantów sił odpowiedzialnych za oddziaływania słabe). Mimo że foton nie ma masy, a cząstki W i Z są około 100 razy cięższe od protonu, to mają one wspólne „korzenie”.

Różnica mas narusza symetrię, która istnieje na pewnym fundamentalnym poziomie. Symetria, choć naruszona, ma określone, sprawdzone doświadczalnie, konsekwencje dla procesów zachodzących między cząstkami elementarnymi. Twierdzenie o istnieniu symetrii leżącej u podstaw oddziaływań elektroślabych wiąże się nierozdzielnie z faktem, że zrozumieliśmy mechanizm naruszenia tej symetrii. Właśnie istnienie cząstki Higgsa potwierdza, że nasze rozumienie tego mechanizmu jest poprawne i daje odpowiedź na pytanie, skąd pochodzą masy cząstek W i Z, bez naruszenia wielu innych konsekwencji symetrii, o której mowa. Odkrycie cząstki Higgsa potwierdza więc, że prawa podstawowe rządzące w świecie kwantowym oparte są na zasadach symetrii. Dzięki temu, że zrozumieliśmy mechanizm i skutki jej naruszenia...

Badanie oddziaływań elementarnych doprowadziło do odkrycia fundamentalnej i uniwersalnej roli symetrii w naturze. Ich konsekwencją była pewna rewolucja światopoglądowa, uświadomienie sobie, że prawa podstawowe rządzące naszym światem fizycznym oparte są na zasadach symetrii.

SYMETRIA POTRZEBUJE CZĄSTKI HIGGSA

Jak pogodzić ze sobą istnienie cząstek z tak różną masą, fotonu z masą zero i cząstki W 100 razy cięższej od protonu, w ramach jednej teorii opartej na pewnej symetrii leżącej u podstaw procesów z udziałem tych cząstek? Skąd się bierze naruszenie symetrii między masami cząstek bez naruszenia wielu innych konsekwencji symetrii, **o której mowa?**

Steven Weinberg w swojej konstrukcji Modelu Standardowego wykorzystał w tym celu idee zaproponowane wcześniej, w roku

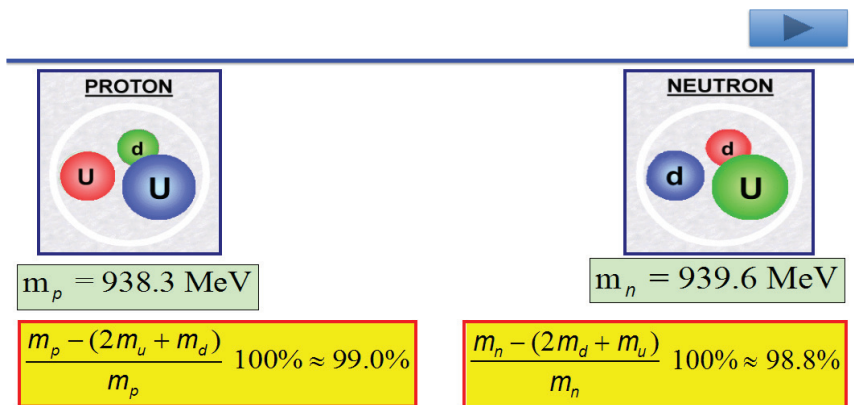
1964, w pracach Roberta Brouta i François Englerta i niezależnie Petera Higgsa. Dochodzimy w ten sposób do drugiego argumentu na rzecz fundamentalności odkrycia cząstki Higgsa: rzuca ono nowe światło na pochodzenie masy we wszechświecie. Czym jest masa ciała i skąd może pochodzić? Wiemy od czasu Newtona (~ 1687), że masa to pewna własność ciała, charakteryzująca możliwość wprowadzenia go w ruch ze stanu, w którym spoczywa, lub ogólniej, zwiększenia jego prędkości, czyli przyspieszenia go; mówiąc bardziej „naukowo”, to miara jego bezwładności. Jeśli ciało zbudowane jest z mniejszych ciał obdarzonych masą, to w pierwszym przybliżeniu można się spodziewać, że masa całości jest sumą mas składników. Wyobraźmy sobie jednak, że mamy „balon” – lekką powłokę wypełnioną cząsteczkami prawie bezmasowego gazu. Okazuje się, że masa balonu jest znacznie większa od sumy mas powłoki i cząsteczek gazu. Wyjaśnia nam to wzór Einsteina, $E = mc^2$, który mówi, że masa to energia i odwrotnie, więc do masy spoczynkowej balonu daje wkład energia kinetyczna poruszających się w balonie, uwieczonych w nim cząsteczek gazu. Podgrzany balon ma większą masę od chłodnego! Trudniej go pchnąć niż balon chłodny. Gdyby mieć niezwykle precyzyjne przyrządy pomiarowe (różnica w masie będzie bardzo mała), można by ten fakt sprawdzić doświadczalnie.

Proton i neutron są takimi balonami, w których poruszają się z bardzo dużymi energiami uwiecznione w nich ich składniki – kwarki i gluony (kwanty sił działających między kwarkami). Masa protonu jest znacznie większa od sumy mas kwarków (gluony, podobnie jak foton, nie mają masy).

Ale skąd w takim razie pochodzi masa kwarków lub innych cząstek elementarnych, jak np. elektronu, które najprawdopodobniej nie składają się już z jeszcze mniejszych składników?

Odpowiedzi na to pytanie udzielają panowie Brout, Englert i Higgs: „Próżnia” jest „niepusta”: Wszechświat jest równomiernie wypełniony „czymś” – nazwijmy to „eterem”. Fizycy nazywają to polem Higgsa. To „coś” może oddziaływać z pewnymi cząstkami, a z innymi nie; zależy to od własności tego „czegoś”.

Mówiąc obrazowo, „eter” przylepia się do cząstek, z którymi może oddziaływać, i cząstki te poruszają się z ładunkiem „eteru” stale na swoim „grzbiecie”; aby je przyspieszyć, trzeba oczywiście także przyspieszyć ten ładunek „eteru”, który niosą – i stąd masa cząstek. Salam i Weinberg postawili hipotezę, że oddziaływanie z „próżnią” stanowi źródło masy cząstki W; foton nie oddziałuje z próżnią, bo „eter” nie niesie ładunku elektrycznego. Kwarki i lepton-y także oddziałują z „próżnią” i dlatego też mają masę! Śladem istnienia takiej „próżni” powinna być fizyczna cząstka, o bardzo konkretnych własnościach, i taka właśnie cząstka została odkryta za pomocą LHC w CERN-ie.

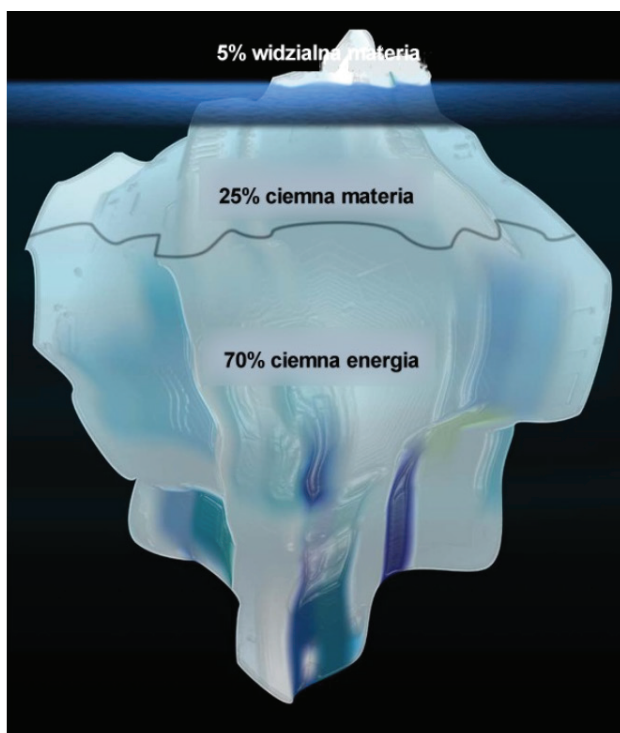


Rys. 9.

Oddziaływanie z „próżnią” stanowi źródło masy cząstek elementarnych i narusza symetrię będącą podstawą oddziaływań elektrosłabych, ale robi to w bardzo szczególny sposób, poprzez własności „próżni”, nie naruszając wielu innych przewidywań wynikających z istnienia tej symetrii w przyrodzie.

JAKĄ ROLĘ WE WSZECHŚWIECIE SPEŁNIAJĄ MASY CZĄSTEK ELEMENTARNYCH?

Czy masy cząstek elementarnych są ważne dla „funkcjonowania” wszechświata? Opierając się na tym, co napisałem powyżej, można mieć pewne wątpliwości. Przecież masa ciał makroskopowych, nasza masa itp., to głównie suma mas atomów, czyli protonów i neutronów wchodzących w ich skład. Te z kolei zawdzięczają swoją masę prawie całkowicie energii kinetycznej poruszających się w nich kwarków i gluonów.



Rys. 10. Masa wszechświata

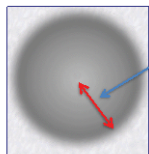
Rachunki teoretyczne pokazują, że przyjmując nawet bezmasowe kwarki, odtwarzamy masy protonów i neutronów z dokładnością 98%. Co więcej, wiemy obecnie z obserwacji astrofizycznych, że masa znanej nam materii, tzw. świecącej materii, zbudowanej z protonów i neutronów, i wysyłającej promieniowanie elektromagnetyczne, to zaledwie ok. 5% całkowitej masy wszechświata. Reszta to tzw. ciemna materia, o której istnieniu świadczy jej wpływ dzięki sile grawitacyjnej na ruchy ciał niebieskich, i jeszcze bardziej tajemnicza ciemna energia. Około 25% masy wszechświata to ciemna materia, zaś 70% to ciemna energia. Konkluzja jest oczywista: masy spoczynkowe znanych cząstek elementarnych są praktycznie zaniedbywalne w budżecie masy wszechświata!

Rola tych mas jest inna i absolutnie zasadnicza. Nasz wszechświat nie istniałby bez mas cząstek elementarnych. Masy cząstek W i Z decydują o „sile” oddziaływań słabych i tym samym o procesach promieniotwórczych, energii gwiazd i wielu innych efektach.

Masa elektronu decyduje o rozmiarach, strukturze i stabilności atomów, a więc materii.

Tzw. promień Bohra atomu wodoru zależy od masy elektronu.

I wreszcie, masy kwarków, choć mało ważne dla całkowitej masy protonu i neutronu, decydują o tym, że proton jest minimalnie lżejszy od neutronu i dzięki temu jest cząstką trwałą, nie rozpada się. Istniejemy dzięki tym małym masom kwarków! Gdyby kwarki miały zerowe masy, proton i neutron miałyby prawie równe masy i nasz świat by nie istniał.



$$a_B = \frac{\hbar}{m_e c \alpha}$$

Rys. 11. Promień Bohra zależy od stałej Plancka, prędkości światła, ładunku elektrycznego elektronu i jego masy

TRZY POWODY, DLA KTÓRYCH ODKRYCIE CZĄSTKI HIGGSA MA ZNACZENIE FUNDAMENTALNE

Omówione już zostało znaczenie odkrycia cząstki Higgsa dla zrozumienia znaczenia symetrii w fizyce oddziaływań elementarnych i źródła mas cząstek elementarnych.

I wreszcie jest trzeci, bardziej ogólny powód, dla którego odkrycie cząstki Higgsa ma znaczenie fundamentalne. Po raz kolejny okazuje się, że otaczający nas świat materialny daje się zrozumieć etapami dzięki przybliżonym prawom fizyki, opisującym pewien zakres zjawisk.

Tak było w przypadku teorii Newtona, która okazała się przybliżeniem bardziej fundamentalnej teorii względności Einsteina. Tak jest w przypadku teorii zjawisk elektromagnetycznych, którą dziś rozumiemy jako przybliżenie Modelu Standardowego. I tak zapewne będzie z Modelem Standardowym, który okaże się prawdopodobnie przybliżeniem jakiejś głębszej teorii. Intrygujące jest jednak to, że w tej naukowej wspinaczce możemy od czasu do czasu odpocząć, jak alpinista po osiągnięciu kolejnej półki. Możemy odpocząć, gdy pewien obszar zjawisk daje się zrozumieć w sposób spójny i z tak dobrym przybliżeniem, że na razie nie widzimy odstępstw od przewidywań teorii dla tych zjawisk.

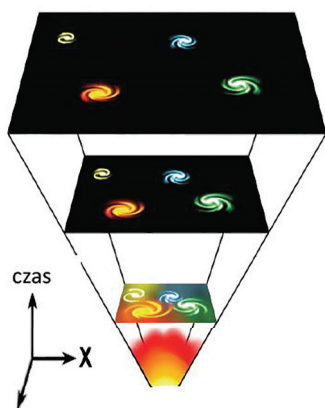
Istnienie cząstki Higgsa jest kluczowe dla wewnętrznej spójności Modelu Standardowego, która zapewnia możliwość teoretycznego przewidywania wyników doświadczalnych z ogromną precyzją.

CO DALEJ Z FIZYKĄ ODDZIAŁYWAŃ ELEMENTARNYCH?

Jak to zwykle bywa w nauce, nowe odkrycia stawiają nowe pytania i proces poznania nie ma swojego kresu. Odkrycie cząstki Higgsa nie jest tu wyjątkiem. W fizyce nie ma praw ani prawd

absolutnych. Prawa fizyki trzeba zawsze traktować jako przybliżone... i poszukiwać od nich odstępstw. Wszystko, co dotąd obserwujemy w świecie kwantowym w laboratoriach zbudowanych na ziemi, daje się zrozumieć w ramach Modelu Standardowego. Na razie nie widać żadnych odstępstw od przewidywań tej teorii. Ale o tym, że nie jest to Teoria Wszystkiego, świadczą obserwacje astrofizyczne. Z nich dowiadujemy się o historii wszechświata. Wszechświat się rozszerza. Dawno temu był gęsty i gorący – wypełniające go cząstki zderzały się z wielkimi energiami. Zachodzące wówczas procesy, których efekty obserwujemy na „niebie”, podlegały prawom fizyki oddziaływań elementarnych.

Maksymalne energie zderzeń osiągnięte dotychczas (przed LHC) w CERN-ie były typowe dla zderzeń cząstek we wszechświecie w czasie jednej miliardowej części sekundy po Wielkim Wybuchu. Wszystkie zjawiska, które zaszły we wszechświecie po tej chwili, dają się zrozumieć w ramach Modelu Standardowego! Po jednej sekundzie zaczęły się tworzyć pierwiastki (nukleosynteza): typowa energia zderzeń cząstek była wtedy rzędu masy protonu, a więc charakterystyczna dla fizyki jądrowej. Po 400 000 lat powstały atomy (rekombinacja); typowa energia zderzeń była wtedy rzędu kilku elektronowoltów. Obserwacje wszechświata wskazują jednak, że bardzo ważne zjawiska pozostają niewyjaśnione i musiały zajść wcześniej niż jedna miliardowa część sekundy: zniknęła wtedy antymateria oraz ustalony został zaskakujący skład materii (energii) wszechświata, w którym znana materia stanowi jedynie ~5% całkowitej jego energii, a reszta jest czymś nieznanym – tzw. ciemną materią i ciemną energią. Potrzebna jest więc głębsza teoria oddziaływań elementarnych, która wyjaśni te zagadki! W LHC cząstki zderzają się z energiami typowymi dla zderzeń cząstek we wszechświecie, zachodzącymi w czasie jednej dziesięciotysięcznej z jednej miliardowej części sekundy po Wielkim Wybuchu. Spodziewamy się, że przy takich energiach zderzeń pojawią się nowe zjawiska (nowe cząstki?) – wykraczające poza Model Standardowy – które pomogą wyjaśnić skład materii we wszechświecie.



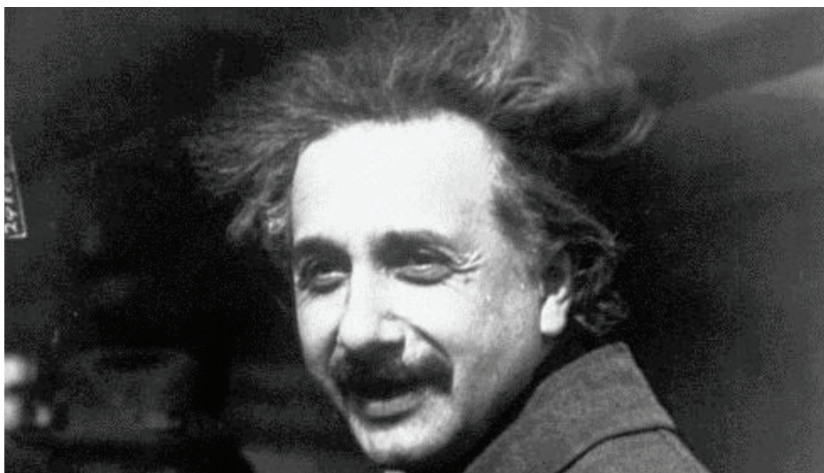
Wszechświat się rozszerza

Dawno temu Wszechświat był gęsty i gorący – wypełniające go cząstki zderzały się z wielkimi energiami

Zachodzące wówczas procesy były konsekwencją praw fizyki oddziaływań elementarnych

Rys. 12.

Jeżeli P.T. Czytelnicy uważają, że te rozważania pozostają nie tylko poza naszą intuicją, ale nawet wyobraźnią, to ja się z tym zgadzam. Tym bardziej zaskakujący jest fakt, że wnioski z nich są potwierdzane empirycznie! Albert Einstein zwykł mawiać – „Make things as simple as possible but not simpler”.



Rys. 13. Albert Einstein

ODKRYCIE CZĄSTKI HIGGSA – PERSPEKTYWA EKSPERYMENTATORA

PIOTR MALECKI

Instytut Fizyki Jądrowej PAN – Oddział Fizyki i Astrofizyki Cząstek
Politechnika Krakowska, Wydział Fizyki, Matematyki i Informatyki

Początki fizyki cząstek elementarnych pojawiły się już przed tysiącami lat. Współcześni fizycy cząstek elementarnych kontynuują odwieczne próby opisania nieprzebranego bogactwa wszechświata przy pomocy małej liczby elementów składowych i ich oddziaływań. Zadają też coraz bardziej podstawowe, odważne pytania dotyczące samej natury materii. Hipoteza pola i cząstki Higgosa wiąże się z jednym z takich pytań: czy masa jest konstytutywną własnością cząstek, czy raczej nabytą przez oddziaływanie z otoczeniem? Ostatnie wyniki z CERN-u [1] wskazują z dużą pewnością na odkrycie cząstki Higgosa. W artykule tym przedstawię zarys technik doświadczalnych współczesnych eksperymentów fizyki cząstek, takich jak te, które doniosły o odkryciu bozonu Higgosa, a także wspomnę o udziale polskich grup w tych eksperymentach.

MODEL PARTONOWY

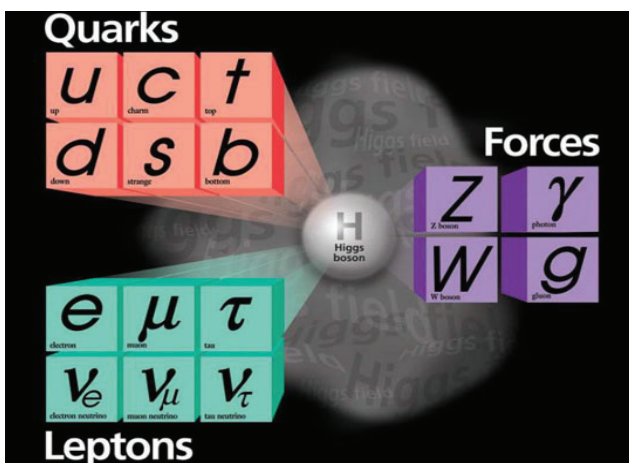
W połowie poprzedniego wieku cząstkami elementarnymi nazywaliśmy protony, neutrony, elektrony, miony, mezony pi,

mezony K i wiele innych. W miarę badań liczba ich rosła i tablice cząstek stawały się pokaźnymi książkami (np. [2]). Wzajemny rozwój teorii i technik doświadczalnych, pozwalających obecnie penetrować subatomową strukturę materii z rozdzielczością poniżej 10^{-18} m, pozwolił na ugruntowanie modelu partonowego. Sądzymy obecnie, że nasz świat składa się z kwarków i leptonów, które nazywamy też łącznie fermionami (cząstkami o spinie połówkowym), między którymi występują cztery rodzaje oddziaływań (rys. 1). Są to znane nam z codziennych obserwacji oddziaływania elektromagnetyczne i grawitacyjne oraz – nieznane poza laboratoriami fizyków – oddziaływania o niezbyt wyszukanych nazwach: słabe i silne. Sześć kwarków i sześć leptonów zwykło się grupować w trzy „rodziny” (rys. 2). Dwa kwarki: u (*up*) i d (*down*) oraz elektron i neutrino elektronowe tworzą pierwszą rodzinę, kwarki c (*charm*) i s (*strange*) wraz z dwoma leptonami: mionem i neutrinem mionowym stanowią rodzinę drugą, a na trzecią składają się kwarki t (*top*) i b (*bottom*), taon i neutrino taonowe. Kwarki posiadają masę, ładunek elektryczny, spin i jeszcze inne charakteryzujące je liczby kwantowe. Chyba uzasadnione jest zdumienie, że jedynie fermiony pierwszej rodziny stanowią budulec wszystkich znanych nam pierwiastków. Proton bowiem składa się z trzech kwarków uud, a neutron z ddu. Zbudowane z nich dodatnio naładowane jądra atomowe otaczają chmury elektronów, tworząc neutralne atomy. Rola pozostałych fermionów we wszechświecie jest znacznie mniej oczywista, ale na pewno stanowią one fascynujący materiał do badań w laboratoriach fizyków

Wszystkie fermiony mają swoich „partnerów” – antycząstki. Cząstka i antycząstka mają tę samą masę, przeciwny znak ładunku elektrycznego i większości innych liczb kwantowych. Nawet w uproszczonym wprowadzeniu do modelu partonowego nie można pominąć ładunku kolorowego lub po prostu koloru, który posiadają kwarki, tak jak posiadają ładunek elektryczny. Kolor jest źródłem silnego oddziaływania kwarków, które np. wiąże je w protonie czy neutronie. Każdy kwark może mieć trzy kolory: czerwony (R), zielony (G) i niebieski (B). Koloru, a więc

i swobodnego kwarku, nie obserwujemy, bo siła tego oddziaływania rośnie wraz z odległością. Obiekt obserwowalny musi być kolorowo „neutralny”. Tak więc np. proton nie ma ładunku kolorowego, jest „biały”, jest w każdym momencie kolorową kombinacją kwarków RGB. Nasza tabelka z rysunku 2 ma zatem nie sześć, a osiemnaście kwarków! Ponadto mamy kolejne 18 antykwarków, które posiadają „antykolor” (antyczerwony, antyzielony i antyniebieski). Silne oddziaływanie między kwarkami odbywa się za pośrednictwem elementarnych nośników, bezmasowych cząstek o spinie całkowitym 1, zwanych gluonami. Kwarki znajdujące się blisko siebie wymieniają gluony, tworząc bardzo silne „pole kolorowe”, które je wiąże. Kwarki ciągle zmieniają swój kolor podczas wymiany gluonów z innymi kwarkami. Gluony przenoszą pary ładunków kolor/antykolor. Spośród dziewięciu możliwych kombinacji par kolor/antykolor jedna jest wyeliminowana ze względu na symetrię. Mamy więc osiem rodzajów gluonów. Silne oddziaływanie łączy nie tylko kwarki. Kolorowo obojętne protony i neutrony (nukleony) składają się z kolorowo naładowanych kwarków i antykwarków. Kwarki jednego nukleonu mogą się „sklejać” z kwarkami innego, nawet gdy pozostaje on kolorowo obojętny. To silne oddziaływanie, zwane czasem szczątkowym, odpowiedzialne jest zatem także za wiązania między nukleonami, a więc za ogromną trwałość jądra atomowego.

Pozostałe trzy oddziaływania fundamentalne mają również naturę wymienną. Nośnikami tych oddziaływań są elementarne bozony pośredniczące (cząstki o spinie całkowitym). „Mediatorem” oddziaływań elektromagnetycznych jest bezmasowy foton. W oddziaływaniach słabych pośredniczą trzy masywne bozony W^+ , W^- i Z^0 . Jak dotąd, nieodkryty, hipotetyczny grawiton ma pośredniczyć w oddziaływaniach grawitacyjnych.



Rys. 1. Popularna ilustracja modelu partonowego

ELEMENTARNE CEGIELKI MATERII (FERMIONY)				
	KWARKI		LEPTONY	
	ładunek el. $+\frac{2}{3}$	ładunek el. $-\frac{1}{3}$	ładunek el. 0	ładunek el. -1
pierwsza rodzina	u GÓRNY	d DOLNY	ν_e NEUTRINO ELEKTRONOWE	e ELEKTRON
druga rodzina	c POWABNY	s DZIWNY	ν_μ NEUTRINO MIONOWE	μ MION
trzecia rodzina	t SZCZYTOWY	b DENNY	ν_τ NEUTRINO TAONOWE	τ TAON

Rys. 2. Trzy rodziny fermionów

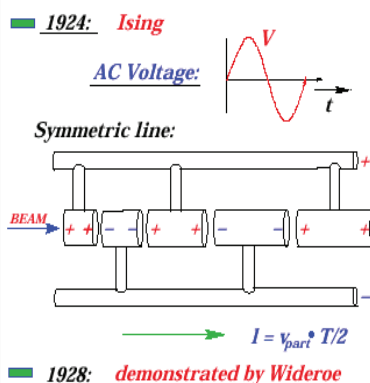
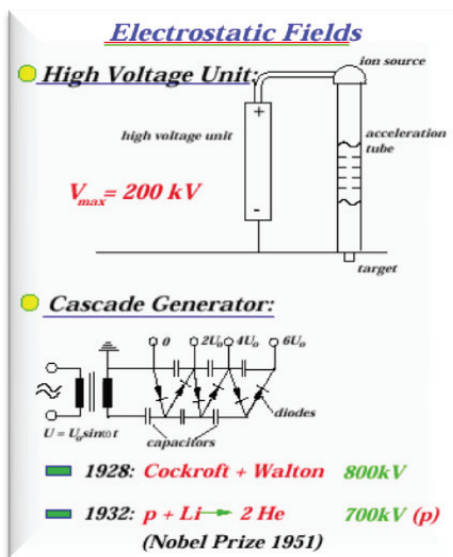
POCISK - TARCZA - DETEKTOR

Początki doświadczalnej fizyki cząstek elementarnych sięgają pierwszej dekady XX w., gdy Ernest Rutherford wraz z uczniami bombardował cząstkami alfa (jądrami helu) złotą folię, co doprowadziło go do odkrycia struktury atomu: masywnego, naładowanego elektrycznie jądra otoczonego chmurą lekkich cząstek o ładunku przeciwnego znaku. Od tego czasu badania struktury materii dokonały niebywałych postępów, dlatego postaram się przedstawić, jak bardzo wyrafinowane techniki stosowane są we współczesnych eksperymentach w dziedzinie fizyki cząstek, ale jednocześnie nie uniknę przyznania się do całkowitego naśladowania Rutherforda w zasadniczym schemacie każdego eksperymentu: przygotowujemy jakieś pociski, uderzamy nimi w jakieś tarcze i podglądamy odłamki zderzeń. Przyznaję, że nie jest to zbyt ambitny schemat, ale nie mamy lepszego.

POCISK - TARCZA

Pierwszymi źródłami pocisków bombardujących tarcze były zapewne materiały promieniotwórcze oraz promienie kosmiczne. Akceleratory cząstek zaczęto rozwijać na początku XX w. Podstawą ich konstrukcji była obserwacja, że cząstki obdarzone ładunkiem elektrycznym można przyspieszać w polu elektrycznym, zaś do zmiany kierunku ich trajektorii, do zakrzywiania, skupiania czy rozpraszania może służyć odpowiednio uformowane pole magnetyczne. Dzięki temu możemy konstruować nie tylko akceleratory liniowe, ale też kołowe, a więc i cykliczne, w których cząstki mogą wielokrotnie przebiegać przez obszary przyspieszającego pola elektrycznego. Energię, którą nabiera cząstka naładowana w polu elektrycznym, mierzymy w jednostkach zwanych elektronowoltami (eV). Elektron, przebywając drogę w polu elektrycznym wytworzonym przez różnicę potencjałów 1000 V, uzyskuje energię 1 keV (1000 elektronowoltów). Przyspieszające pole elektryczne

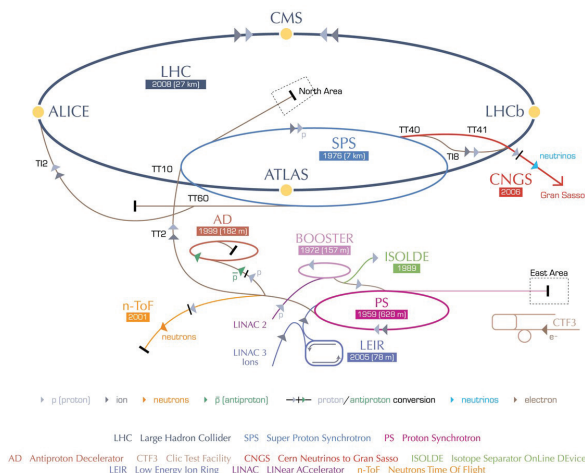
może być polem statycznym albo składową elektryczną fali elektromagnetycznej wytwarzanej w generatorze wysokiej częstotliwości. Cykliczny akcelerator z polem elektrycznym wysokiej częstotliwości, wzbudzany w specjalnych rezonatorach synchronicznie do czasu obiegu cząstek, nazywamy synchrotronem. Przyspieszane cząstki krążą w polu magnetycznym, którego natężenie korygowane jest wraz z procesem przyspieszania, by utrzymać wiązki na torze o stałym promieniu. Największy obecnie synchrotron na świecie, który wchodzi w skład Wielkiego Zderzacza Hadronów (LHC – Large Hadron Collider), przyspiesza protony do energii 4 TeV (tera oznacza 10^{12}), a od 2015 r. energia ta ma zostać podniesiona do 7 TeV. Hadronami nazywa się cząstki oddziałujące silnie; w przypadku LHC chodzi o protony i jony (jądra) ołowiu. A skąd wzięła się nazwa „zderzacz”? Dochodzimy tu do rozróżnienia eksperymentów ze stałą tarczą lub zderzającymi się przeciwbieżnymi wiązkami. Dla studiowania zderzeń proton-proton (p-p) można pojedynczą wiązkę protonów skierować na tarczę np. ciekłego wodoru bądź skonstruować zderzacz – układ przyspieszający protony w przeciwnych kierunkach, doprowadzający do ich zderzeń w wybranych punktach ich torów. Te dwa podejścia różnią się zasadniczo energią, jaką „mamy do dyspozycji” w centrum zderzenia, w środku masy układu p-p. Otóż przy stałej tarczy energia ta jest proporcjonalna do pierwiastka z energii wiązki (dokładniej, wynosi $\sqrt{2Em}$, gdzie E to energia wiązki, a m to masa protonu), a przy wiązkach przeciwbieżnych mamy do dyspozycji w centrum masy po prostu 2E. Przyczyną „walki” o najwyższe energie jest fakt, że jest ona równoważna celowi poszukiwania elementarnych składników materii. Znamy wymiary atomów, które są rzędu 10^{-10}m , jądra atomowe to już rząd 10^{-14}m . Kwarkowa struktura hadronów ujawnia się, gdy zwiększamy energię zderzeń ponad skalę 10 GeV. Wymiary kwarków to rząd 10^{-19}m . Akcelerator słusznie bywa traktowany jako swoisty mikroskop. Pozwala na tym większą rozdzielczość przestrzenną, im większa jest energia wiązki.



Rys. 3. Pierwsze koncepcje akceleratorów

LHC należy w CERN-ie do całego kompleksu akceleratorów. Umieszczony ok. 100 m pod ziemią w 27-kilometrowym tunelu przyspiesza paczki wiązek protonowych (lub jąder ołowiu – potrzebnych dla programu badań zderzeń ciężkich jonów) od początkowej energii 450 GeV do 4 TeV, a wkrótce 7 TeV. Paczki te pochodzą ze starszego akceleratora SPS, a ten znów przyspiesza te, które pochodzą z mniejszego PS (rys. 4). Określenie „przyspiesza” nie najlepiej oddaje rolę LHC, gdy zdamy sobie sprawę, że wstrzykiwane do LHC wiązki o energii 450 GeV mają już prędkość równą 99,9998% prędkości światła, a po osiągnięciu energii 7 TeV ich prędkość to 99,9999991% prędkości światła. LHC po prostu zwiększa ich energię. Wiązki w LHC mają strukturę pakietów, po ok. 10^{11} protonów każdy. Pakiety te doprowadza się do zderzeń w punktach, w których ustawione są eksperymenty. Dotychczas zderzenia pakietów odbywały się z częstotliwością 20 MHz, a od 2015 r. będzie to częstotliwość 40 MHz.

CERN's accelerator complex



European Organization for Nuclear Research | Organisation européenne pour la recherche nucléaire

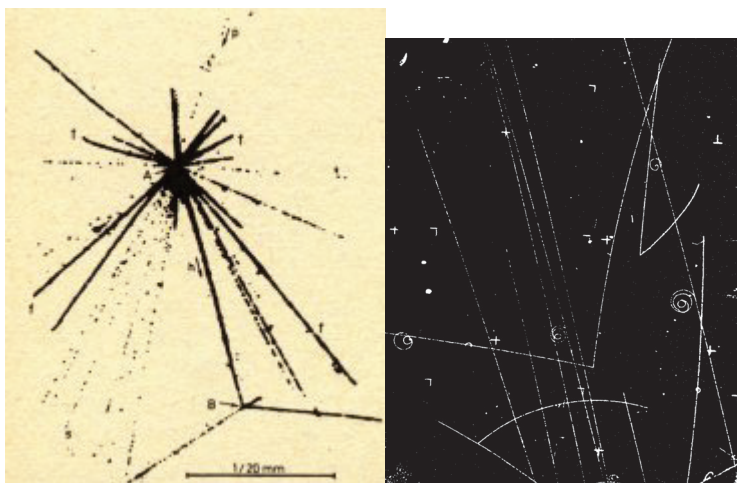
© CERN 2008

Rys. 4. CERN-owski system akceleratorów

DETEKTORY

Dyskusja o energetycznym zysku zderzających się wiązek rozwiązała poniekąd kwestię tarcz, skoro rola pocisku i tarczy pokrywa się w obecnych eksperymentach. Może więc tylko z historycznego punktu widzenia warto przypomnieć, że do lat 80. XX w. większość eksperymentów w dziedzinie fizyki cząstek używała stałych tarcz. Różne materiały w stanie stałym, ciekłym lub gazowym umieszczano przed lub wewnątrz detektorów. Emulsja fotograficzna lub wypełniona ciekłym wodorem komora pęcherzykowa (rys. 5), narzędzie, któremu zawdzięczamy wiele fundamentalnych odkryć z dziedziny fizyki cząstek dokonanych w XX w., pełniły tę samą rolę co tarcza i detektor. Obecne eksperymenty

w zakresie fizyki wysokich energii – teraz rozumiemy, że jest to nazwa równoważna dla eksperymentów w zakresie fizyki cząstek – stosują prawie wyłącznie detektory z elektronicznym zapisem danych. Wielkie energie zderzeń, których użycie wymagane jest dla głębokiej penetracji subatomowej struktury materii, prowadzi oczywiście do wielkich energii cząstek produkowanych w tych zderzeniach. Dla ich detekcji i dla dokładnej rejestracji ich trajektorii musimy budować wielkie systemy detekcyjne, złożone z różnych typów detektorów, które mają pozwolić na rekonstrukcję zderzeń poprzez identyfikację wyprodukowanych cząstek, pomiar ich ładunków, pędów czy energii. Przykładem może być – zilustrowany na rysunku 6 – system eksperymentu ATLAS [3], który wraz z CMS ogłosił znalezienie hipotetycznej cząstki Higgsa.



Rys. 5. Przypadki zarejestrowane w emulsji fotograficznej i w komorze pęcherzykowej

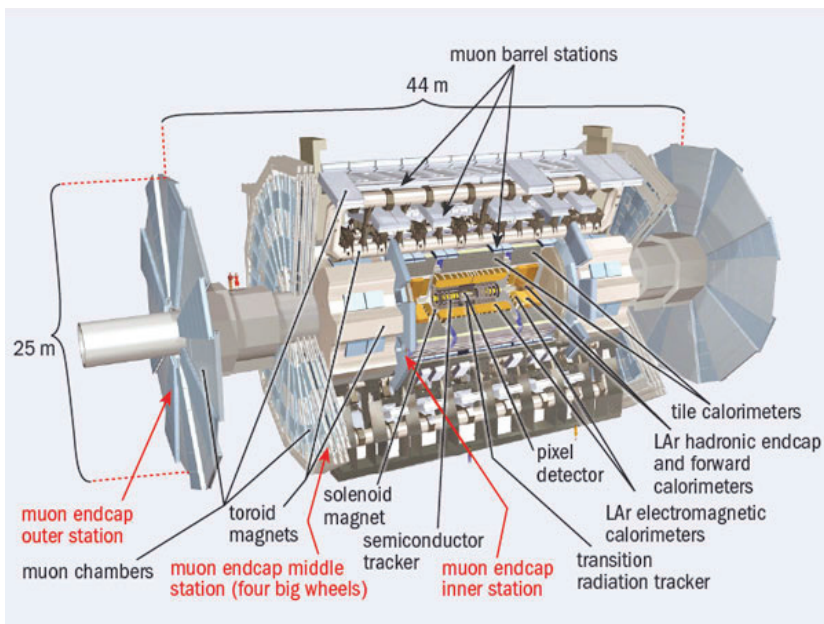
Systemy detekcyjne przy zderzających się wiązkach mają podobny schemat: obejmują one próżniową rurę akceleratora i punkt, w którym biegnące tam wiązki cząstek doprowadzone są do przecięcia potencjalnego punktu oddziaływania. ATLAS ma

trzy główne części: centralną, zwaną beczką (*barel*), i dwie, rozłożone symetrycznie po bokach, pokrywy (*endcaps*). Beczka składa się z wielu subdetektorów, które tworzą walcowe warstwy współosiowe z rurą wiązki. Pokrywy mają również strukturę warstw, które są zespołem kół „nawleczonych” na rurę akceleratora, w których występują detektory opisane poniżej dla beczki, a różniące się geometrią. Należą one do dwóch kategorii – detektorów śladów i kalorymetrów.

Detektory śladowe rejestrują współrzędne punktów, w których naładowane cząstki, jonizując materię detektora, wzbudzają ładunki elektryczne, a te rejestrowane są przez układy elektroniki odczytu tych detektorów. Współrzędne zapisywane w komputerach tworzących system akwizycji danych służą przestrzennej rekonstrukcji torów cząstek. Istnieje wiele typów detektorów śladowych, wśród których można wyróżnić grupę detektorów gazowych oraz detektorów półprzewodnikowych, głównie krzemowych. Detektory krzemowe ATLAS-a tworzą warstwy pomiarowe najbliższej rury akceleratora. Trzy najbardziej wewnętrzne warstwy, o promieniach ok. 5, 9 i 12 cm, zbudowane są z krzemowych detektorów mozaikowych (pikseli). Zapisy w tych detektorach dostarczają przestrzennych współrzędnych „trafień” znajdujących się najbliższej wierzchołka zderzenia. Służą one jako załączki w procesie odtwarzania trajektorii cząstek. Wszystkie detektory mozaikowe ATLAS-a, łącznie z warstwami kół, składają się z 80 mln pikseli, a więc tyluż światłowodowych kanałów odczytu, i pokrywają 1,7 m² powierzchni.

Osiem kolejnych cylindrycznych warstw detektorów krzemowych o promieniach od 30 do 52 cm wykonanych jest z detektorów mikropaskowych. Pojedyncza warstwa takiego detektora ma strukturę pasków o szerokości ok. 80 μ m i dostarcza informacji jedynie o dwóch współrzędnych. Informację o trzeciej można częściowo odzyskać przez lekkie, przeciwne skrócenie pasków na pobocznicach sąsiednich warstw. Na dalszych odległościach od osi wiązki, zarówno w beczce, jak i w przykrywach, znajduje się gazowy detektor, który w ATLAS-ie zbudowany jest z komórek dryfowych w kształcie słomek. Słomka o czteromilimetrowej średnicy

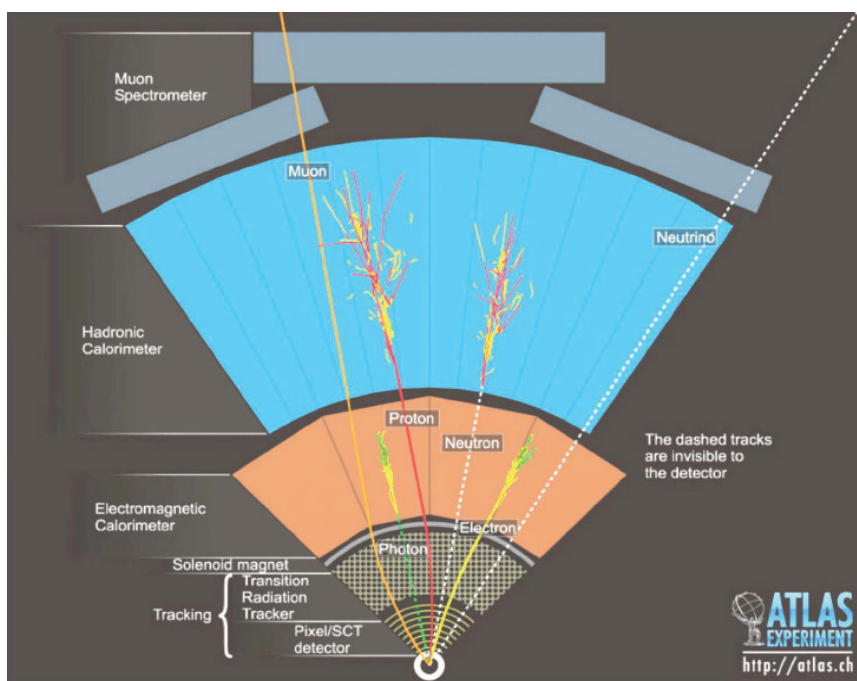
wypełniona jest gazem (XeCO_2O_2), a osiowo umieszczony cieniutki drut i metalizowana ścianka są elektrodami, do których przyłożone jest wysokie napięcie. Naładowana cząstka, przelatując przez gaz, jonizuje go, a wysokie napięcie dobrane jest tak, by powstałe ładunki elektryczne dryfowały do elektrod bez lawiny i wyładowania w gazie. Słomki w regionie beczki ułożone są w detektorze zwanym TRT (Transition Radiation Tracker) w cylindrycznych warstwach o promieniach od 56 do 107 cm, a w przykrywach w warstwach podobnych do szprych w kole. Odczyt sygnałów ze słomek TRT wymaga 420 000 kanałów. TRT dostarcza średnio ok. 30 punktów pomiarowych dla trajektorii śladu. Skoro już przywołaliśmy nazwę *Transition Radiation* – ‘promieniowanie przejścia’, to trzeba wspomnieć, że poza rolą detektora śladów TRT ma też właściwość rozróżniania, identyfikacji cząstek – w praktyce: elektronów od mezonów π [4].



Rys. 6. System detektorów eksperymentu ATLAS

Wszystkie warstwy detektorów śladowych beczki i przykryw obejmuje cylinder solenoidalnego magnesu, wytwarzającego pole o indukcji 2T, skierowane wzdłuż osi wiązki. Pole to zakrzywia tory naładowanych cząstek, a z krzywizny toru wyznacza się pęd cząstki.

Kolejne warstwy – oddalając się od osi wiązki – wypełniają kalorymetry. Fizycy cząstek nazywają tak urządzenia, które wprawdzie urągają idei przyrządu pomiarowego, bo niszczą to, co mierzą, ale są niezmiernie przydatne do pomiaru energii wpadających w nie cząstek. Idea kalorymetru polega na pomiarze kaskady oddziaływań w jakimś materiale, np. w żelazie, zapoczątkowanej przez cząstkę, której energię chcemy poznać. Im większa energia cząstki inicjującej kaskadę, tym głębiej rozwija się ona w materiale. Także poprzeczny profil kaskady przynosi ważne informacje. Gdy blok materiału podzielimy na płytki, między które wstawimy detektory, np. liczniki scyntylacyjne, to możemy śledzić rozwój kaskady i przez to zmierzyć energię cząstki pierwotnej. Przez dobór granulacji takiego detektora, zarówno podłużnej, jak i poprzecznej, możemy wpływać na energetyczną zdolność rozdzielczą kalorymetru. Warto jeszcze dodać, że dla takich cząstek pierwotnych, jak elektron, foton czy mezon π^0 , kaskada rozwija się wyłącznie przez oddziaływania elektromagnetyczne (w gruncie rzeczy dominują dwa z nich: promieniotwórczość hamowania i produkcja par e^+e^-). Optymalnym materiałem dla kalorymetrów mierzących tę, jak mówimy, „składową elektromagnetyczną” jest ołów i nazywamy je oczywiście kalorymetrami elektromagnetycznymi. Kaskada elektromagnetyczna rozwija się, gdy tylko cząstka wniknie w materiał kalorymetru. Umieszczamy je zatem przed kalorymetrami „hadronowymi” (rys. 7), kalorymetrami dla silnie oddziałujących cząstek, takich jak np. protony czy neutrony. Względny błąd pomiaru energii w kalorymetrach waha się od ułamków do kilku procent i jest zwykle wyraźnie mniejszy dla kalorymetrów elektromagnetycznych. Wielką zaletą kalorymetrów – i jednocześnie różnicą w stosunku do większości detektorów stosowanych w dziedzinie fizyki cząstek – jest to, że rejestrują one nie tylko cząstki naładowane, ale i neutralne.



Rys. 7. Ilustracja segmentu systemu ATLAS z torami i kaskadami

Powyższy pobieżny opis wielkiego systemu detekcyjnego ilustruje rysunek 7, na którym na wycinku przekroju poprzecznego przez detektor ATLAS-a zaznaczono schematycznie warstwy detektorów śladowych, solenoid i warstwy kalorymetrów. Przykładowa trajektoria elektronu kończy się kaskadą zawartą w kalorymetrze elektromagnetycznym, a protonu w hadronowym. Niewidoczny w detektorach śladowych foton inicjuje kaskadę elektromagnetyczną, podobnie jak neutron hadronową. Ten opis jednak nie będzie kompletny bez zwrócenia uwagi na jeszcze jeden, fundamentalny element systemu: detektor mionowy, który stanowi najbardziej zewnętrzną warstwę detektora. Miony są cząstkami, które potrafią prawie bez oddziaływania przeniknąć wielkie gęstości materii, więc ich niezakłócone trajektorie możemy rekonstruować

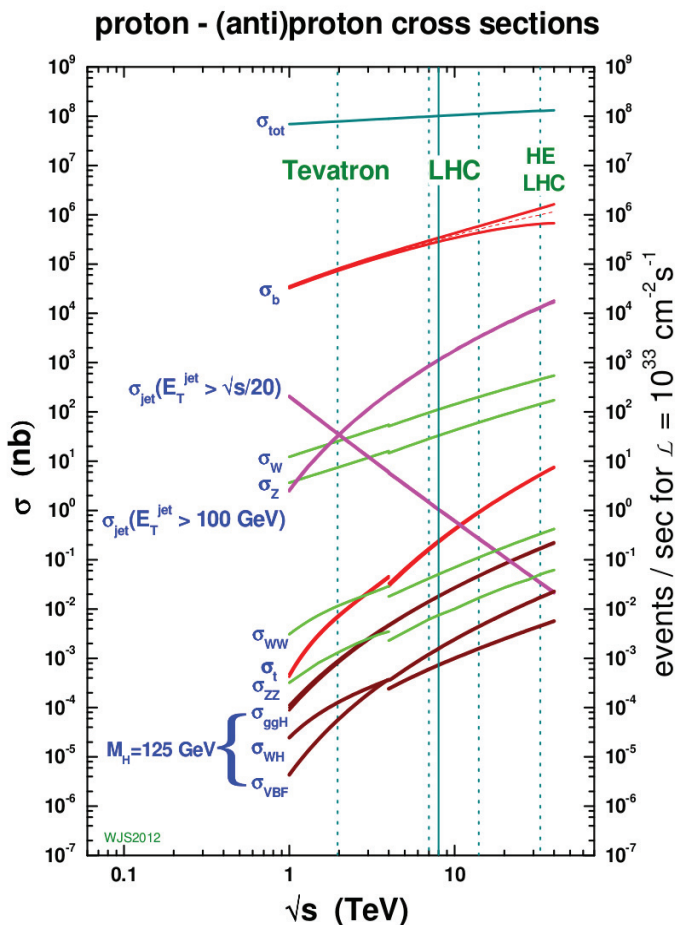
z pomiarów w detektorach umieszczonych na obrzeżach ATLAS-a. Jest to ważne, bo wysokoenergetyczne miony, o wielkich pędach poprzecznych (czyli produkowane pod dużymi kątami w stosunku do osi zderzenia), sygnalizują bardzo rzadkie przypadki procesów, które są przedmiotem naszych badań. Miony te stanowią zatem cenną sygnaturę w procesie selekcji przypadków. Jako cząstki naładowane podlegają łatwej detekcji w gazowych komorach dryfowych, umieszczonych w zewnętrznej warstwie systemu ATLAS. Ten obszar znajduje się w silnym toroidalnym polu magnetycznym, które jak płaszcz otacza tę zewnętrzną warstwę. Zakrzywia ono trajektorię mionów, pozwalając zmierzyć ich pędy. To zakrzywienie nie jest widoczne na rysunku 7, ponieważ następuje w płaszczyźnie prostopadłej do tego rysunku.

WIELKIE WYZWANIE - SELEKCJA PRZYPADKÓW

Poszukiwanie bozonu Higgsa okazuje się poszukiwaniem przypadków niezmiernie rzadkich wśród wszystkich zderzeń p-p, do jakich dochodzi przy energiach dostępnych obecnie na LHC. Przyrównaliśmy już LHC do potężnego mikroskopu pozwalającego nam wnikać w głąb partonowej struktury. Jednakże przy obecnych energiach prawdopodobieństwo zderzenia, w którym tę strukturę można zaobserwować, jest niezmiernie małe. Na rysunku 8 przedstawione są względne prawdopodobieństwa różnych zdarzeń, do których prowadzą oddziaływania p-p, pokazane w funkcji energii, którą mamy do dyspozycji w środku masy układu zderzających się protonów. Na prawej, pionowej, osi rysunku podane są liczby zderzeń zachodzących w jednej sekundzie przy obecnej intensywności wiązek na LHC. Najwyższa krzywa podaje liczbę wszelkich możliwych rodzajów zderzeń bez rozróżnienia, do jakich produktów one prowadzą. Zaś krzywe poniżej pozwalają ocenić liczby przypadków dla wybranych rodzajów zderzeń. Trzeba zwrócić uwagę, że przy energii LHC grupa krzywych podających liczby przypadków z produkcją bozonu Higgsa leży o ok. dziewięć

rzędów wielkości poniżej tej, podającej całkowitą liczbę przypadków! **W każdym miliardzie przypadków mamy szanse znaleźć najwyżej jeden z poszukiwaną częstką.** By zebrać statystycznie znaczące próbki przypadków badanych reakcji, musimy zatem doprowadzić do miliardów razy większej liczby zderzeń, a z tych miliardów wyselekcjonować te, które badamy. Jest to ogromne zadanie, jest to wielkie wyzwanie. Co więcej, znaczną część tej selekcji musimy wykonać w czasie zbierania danych, niemal synchronicznie z działaniem LHC, bo zapis surowych danych z detektorów dla jednego przypadku zajmuje ok. 1,6 MB, a technicznie możemy zapisać na stałych nośnikach najwyżej ok. 200 przypadków na sekundę, podczas gdy LHC produkuje ich 40 mln w sekundzie! Musimy zatem dokonać wstępnej selekcji przypadków, wybierając do zapisu i dalszej analizy jeden na 200 000. Nie trzeba dodawać, jak ważny i odpowiedzialny jest to proces. Jego wydajność musi być doskonała. Przecież gdybyśmy w jego trakcie gubili rzadkie poszukiwane przypadki, to cały eksperyment traciłby sens. Ten proces preselekcji przypadków fizycy nazywają trygerem, procesem „wyzwalania”, czyli procesem podejmowania decyzji o całkowitym odrzuceniu lub przekazaniu przypadku do zapisu dla dalszej analizy. W ATLAS-ie jest to proces trójetapowy. Etap pierwszy, wykonywany synchronicznie ze zderzeniami pakietów w LHC, wykonywany jest przez dedykowane procesory cyfrowe, tworzące system o architekturze do przetwarzania równoległego wielkiej skali. Zadaniem tego systemu jest redukcja strumienia przypadków o czynnik 400. Ma on ok. 2,5 μ s czasu na podjęcie decyzji. W tym czasie przypadki są przetrzymywane w wewnętrznych pamięciach (liniach opóźniających) elektroniki odczytu poszczególnych detektorów, przesyłane do drugiego etapu, gdy decyzja z pierwszego etapu jest pozytywna, lub kasowane. To tu, ale też i na dalszych etapach, ważne są charakterystyczne cechy (sygnatury) przypadków, które mogą stanowić podstawę decyzji trygera, jak np. wspomniana obecność mionu rozproszonego pod dużym kątem w stosunku do osi zderzenia. Selekcję na drugim etapie wykonuje się na dużych farmach procesorów typu PC,

których zadaniem jest dalsze zredukowanie wejściowego strumienia 100 000 przypadków/s o czynnik 30. System dla trzeciego poziomu trygera to też wielka farma ok. 1700 dwurdzeniowych procesorów PC, które redukują strumień o czynnik ok. 15, opierając się na wstępnej rekonstrukcji przypadków, przypominającej już analizę *off-line*.



Rys. 8. Częstości („przekroje czynne”) zderzeń p-p w funkcji energii

REKONSTRUKCJA I ANALIZA PRZYPADKÓW

System detektora ATLAS (rys. 6.) wymiarami podobny jest do sześciopiętrowej kamienicy, ale przestrzenne pozycjonowanie elementów wszystkich jego detektorów musi być znane z dokładnością 10 do 100 μm , bo jest to jeden z bardzo ważnych czynników wpływających na precyzję rekonstrukcji trajektorii cząstek, a więc na precyzję rekonstrukcji przypadku. Podobnie ważna jest kalibracja energetycznych odpowiedzi kalorymetrów. Będziemy tu musieli pominąć wiele szczegółów dotyczących różnych technik pozycjonowania i kalibracji zastosowanych w ATLAS-ie, ale „perspektywa eksperymentatora”, którą sobie narzuciliśmy, nie byłaby pełna bez choćby krótkiego ich wzmiankowania. Wstępne pozycjonowanie oraz stałe monitorowanie położenia poszczególnych elementów konstrukcji wykonuje się z wykorzystaniem interferometrii laserowej. Natomiast najlepsze wyniki w precyzyjnym określeniu pozycji elementów detektora wewnętrznego uzyskuje się w procesie optymalizowania rekonstrukcji samych torów cząstek. W pierwszych dniach działania eksperymentu używano do tego promieni kosmicznych, a w dalszych etapach już przypadków ze zderzeń wiązek akceleratora. Pomiary z włączonym i wyłączonym polem solenoidu, rekonstrukcje rezonansów o znanych masach i tym podobne selekcje pozwalają uzyskać zadowalające wyniki, określające położenia z dokładnością do dziesiątków mikronów.

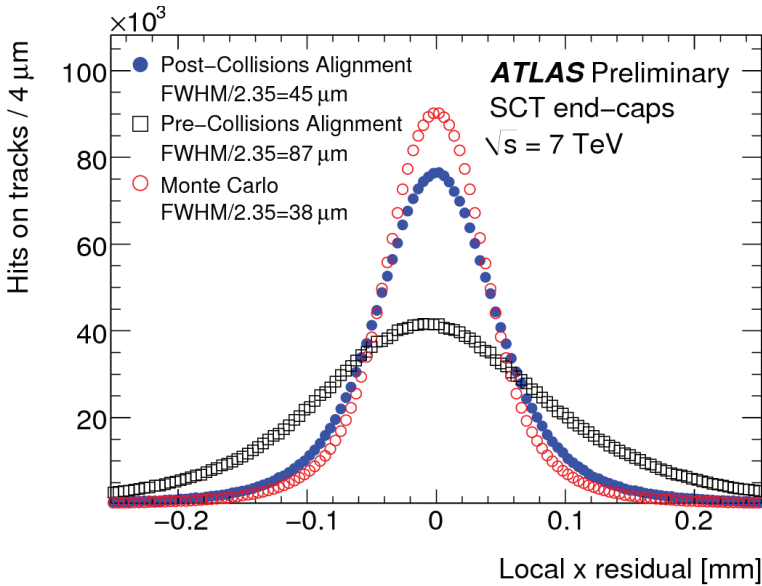
Pozornie jest to wynik techniczny, ale fundamentalny dla jakości badań. Podsumowujemy go w kilku zdaniach, nie wchodząc w detale niełatwego zadania o wielkiej liczbie stopni swobody, w którym mamy określić położenia 1744 modułów detektora mozaikowego, 4088 modułów detektora mikropaskowego i 176 modułów TRT. Precyzja detektora wewnętrznego rzutuje też naturalnie na wyniki rekonstrukcji mionów, których trajektorie rozciągają się na skrajne warstwy ATLAS-a. Precyzja pomiarów torów cząstek w polu magnetycznym przekłada się na precyzję pomiaru ich pędów, a więc i wierną, kinematyczną rekonstrukcję każdego

przypadku. Naładowana cząstka w jednorodnym polu magnetycznym zakreśla linię śrubową. Rzeczywiste rekonstrukcje muszą uwzględniać wiele efektów, które tę idealną trajektorię zniekształcają, jak na przykład nierównomierność przestrzenna natężenia pola magnetycznego, wielokrotne rozproszenie kulombowskie itp. Nie ma obecnie, jak bywało choćby w epoce komór pęcherzykowych, uniwersalnego narzędzia – programu dla przestrzennej rekonstrukcji trajektorii. Wobec znacznych różnic konstrukcji systemów detektorowych takie programy tworzy się i rozwija latami „na miarę” każdego eksperymentu. Programy te miewają natomiast podobne podejścia algorytmiczne. Obecnie często – także w ATLAS-ie – stosuje się np. technikę („filtr”) Kalmana [6]. Rekonstrukcję toru rozpoczyna się od konstrukcji załączka toru z trzech pomiarów w warstwach pikselowych, pozwalającego przewidzieć położenie kolejnego pomiaru w następnej warstwie detektora. Położenie przewidywane oraz napotkane wpływają na kolejne przewidywanie, a metoda podpowiada, jak ważyć wzajemny wpływ jednego i drugiego za każdym kolejnym krokiem. Czy bardziej „ufać” przewidywaniu, czy w trakcie postępu rekonstrukcji zwiększać rolę „innowacyjności” nowo włączanego pomiaru.

Obserwując topologie przypadków pochodzących ze zderzeń wysokich energii, łatwo można zaobserwować klastry, „dżety”, zbitki hadronów. Wiemy, że nie można obserwować swobodnych kwarków, ale otrzymaliśmy w zamian pewien prezent od natury: dżety zachowują wiele z cech pierwotnego partonu. W procesie „hadronizacji”, neutralizowania swojego ładunku kolorowego, partony zachowują wiele ze swej pierwotnej kinematyki właśnie w dżetach, a nawet także pewne cechy indywidualne. Fizycy potrafią odróżniać dżety gluonowe od kwarkowych. Wąskie kaskady wysokoenergetycznych cząstek w kalorymetrach, dżety kalorymetryczne, to również przejawy istnienia kwarków i gluonów.

Pompowanie energii w zderzenie nie przejawiało się, jak można było też oczekiwać, w lawinowym zwiększeniu się krotności cząstek produkowanych w zderzeniach, ale właśnie w dżetowej strukturze przypadków świadczącej o „ziarnistej”, partonowej

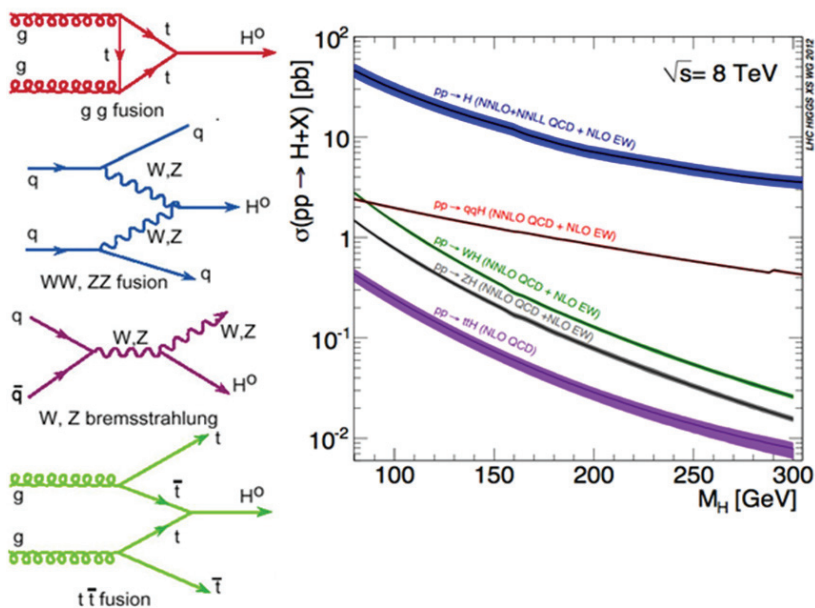
strukturze materii, ujawniającej się wraz ze wzrostem energii zderzeń, *ergo*, z głębokością jej penetracji.



Rys. 9. Przykładowa poprawa rozrzutu współrzędnej x na torach po pozycjonowaniu

Najlepszą obecnie teorią oddziaływań elementarnych, starającą się ująć w spójny sposób oddziaływania elektromagnetyczne, słabe i silne, jest teoria zwana skromnie Modelem Standardowym. Jednym z istotnych elementów tej teorii jest mechanizm nabierania masy przez cząstki, występujące jako bezmasowe w zasadniczych równaniach teorii, by te spełniały niezbywalne wymagania rozmaitych symetrii. Około 1964 r. Robert Brout, François Englert, Peter Higgs, Gerald Guralnik, Carl R. Hagen i Tom Kibble omawiali w swych pracach istnienie skalarnego pola wypełniającego wszechświat, z którym oddziaływanie nadaje fermionom oraz bozonom W i Z masy, pozostawiając bezmasowymi fotony i gluony. Jedynym sposobem potwierdzenia tego mechanizmu jest

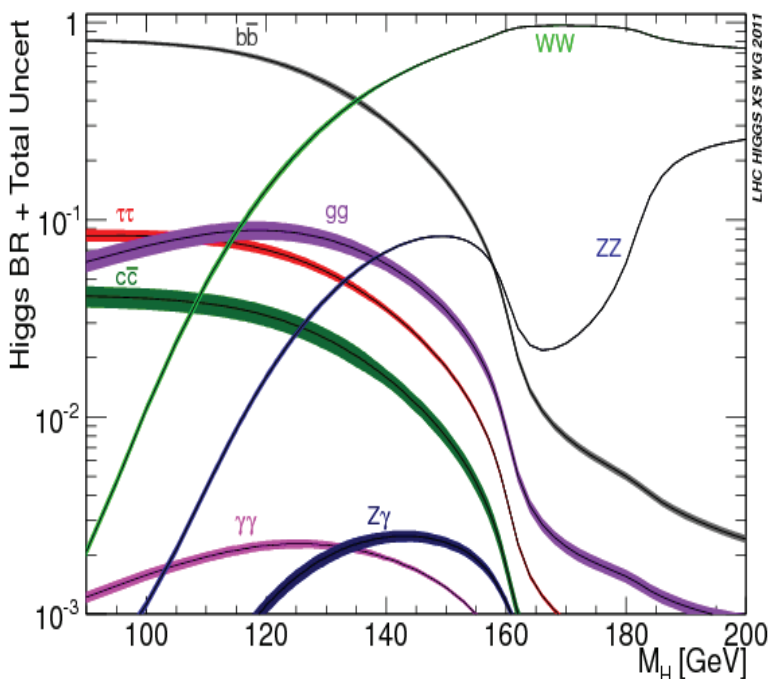
eksperymentalna obserwacja nośnika („kwantowego wzbudzenia”) tego pola. Pewnym utrudnieniem tych poszukiwań był fakt, że teoria nie precyzowała masy tej hipotetycznej cząstki. Znane są natomiast teoretyczne przewidywania przekrojów czynnych (miar prawdopodobieństw) dla produkcji bozonów Higgsa w zależności od jego ewentualnej masy. Rysunek 10 przedstawia tę zależność dla kilku możliwych sposobów produkcji tego bozonu: przez fuzję gluonów, fuzję par bozonów WW lub ZZ, pochodzących z oddziaływań kwarków, czy np. fuzję ciężkich kwarków .



Rys. 10. Przekroje czynne na produkcję bozonu H_0 w zależności od jego masy

Bozon H^0 rozpada się niemal natychmiast na kilka sposobów. Podobnie jak dla produkcji, istnieją również przewidywania teoretyczne dla tzw. stosunków rozgałęzień, czyli względnych prawdopodobieństw możliwych kanałów rozpadu. Przewidywania te, policzone znów w zależności od hipotetycznej masy bozonu

Higgosa, przedstawione są na rysunku 11. Doświadczalne poszukiwanie bozonu H^0 polega na rekonstrukcji tak wyprodukowanej cząstki H^0 , a potwierdzenie tych względnych częstości rozpadu w znalezionych przypadkach jest jakby dodatkowym dowodem zgodności eksperymentu z przewidywaniami teoretycznymi.



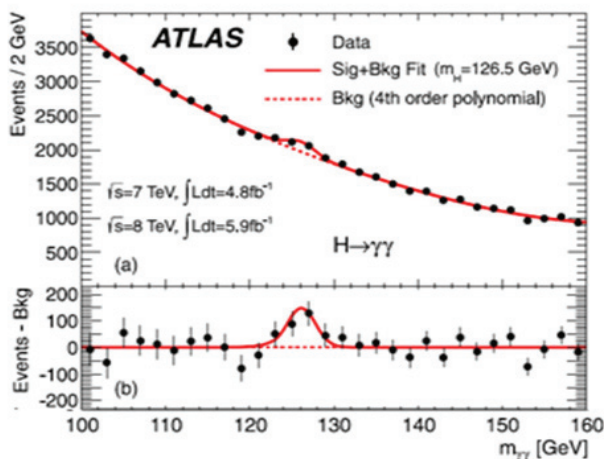
Rys. 11. Stosunki rozgałęzień (prawdopodobieństwa rozpadu) bozonu Higgosa na różne stany końcowe w funkcji jego hipotetycznej masy

WYNIK

W końcu, po prawie 25 latach projektowania i budowy eksperymentów i zderzacza LHC, 4 lipca 2012 r. ATLAS i CMS mogły

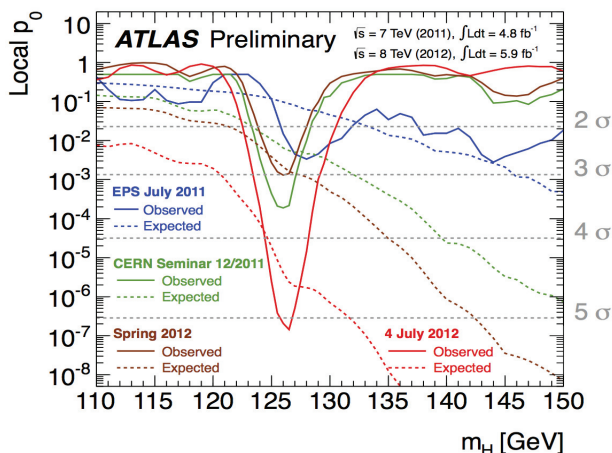
ogłosić znalezienie bozonu Higgsa w kilku kanałach rozpadu. Rysunek 12 pokazuje przykładowo wynik eksperymentu ATLAS-a dla rozpadu H^0 na dwa fotony.

Przyjęło się ostatnio prezentować wyniki dotyczące obserwacji bozonu Higgsa nie tylko przez „pozytywną” ewidencję, jak np. przedstawione na rysunku 12 maksimum w rozkładzie masy efektywnej układu dwóch fotonów gamma, ale też przez pewną prezentację „negatywną”, mającą swoje podstawy w języku weryfikacji hipotez statystycznych. Rysunek 13 pokazuje rozkład prawdopodobieństwa (wartość „local p_0 ”) tzw. hipotezy zerowej, którą w tym przypadku jest hipoteza, że obserwowany nadmiar przypadków jest wynikiem fluktuacji tła, a nie prawdziwym sygnałem.



Rys. 12. Rozkład masy efektywnej układu dwóch fotonów z ewidencją znaczącego maksimum przy masie 126,5 GeV

Nieobytym z językiem statystyków może warto przybliżyć ten styl prezentacji, podając prosty przykład: bierzemy monetę i stawiamy hipotezę zerową: moneta jest symetryczna.



Rys. 13. Prawdopodobieństwo, że nadmiar przypadków w pobliżu masy 125 GeV to fluktuacja tła

Przeprowadzamy doświadczenie, rzucając 100 razy monetą i stwierdzamy, że 25 razy wypadła reszka, a 75 razy orzeł. Ponieważ mamy tu do czynienia z prostym rozkładem dwumianowym, to łatwo policzyć, że prawdopodobieństwo takiego wyniku jest ok. 10^{-7} , podobnie jak w naszej obserwacji z rysunku 12. Podobnie też odrzucamy i tu hipotezę zerową, jako bardzo nieprawdopodobną. Warto dodać, że statystycy upierają się podkreślać, że odrzucenie hipotezy zerowej nie jest równoważne dowodowi, że jest fałszywa.

Komitet Noblowski ogłosił 8 października 2013 r., że Peter W. Higgs i François Englert otrzymują Nagrodę Nobla, w uzasadnieniu podając: „for the theoretical discovery of a mechanism that contributes to our understanding of the origin of mass of subatomic particles, and which recently was confirmed through the discovery of the predicted fundamental particle, by the ATLAS and CMS experiments at CERN’s Large Hadron Collider”.

CO DALEJ?

W 2015 r. LHC ruszy ponownie po dwuletniej przerwie przeznaczonej na prawie dwukrotne podniesienie energii i intensywności wiązek. Również ATLAS i CMS dokonują ulepszeń swoich aparatów. Oczywistym zadaniem jest zwiększenie statystycznego znaczenia wyników. W szczególności w takich kanałach rozpadu, jak np. $H \rightarrow \tau\tau$ czy $H \rightarrow b\bar{b}$. Potwierdzenia wymaga ustalenie, że H ma istotnie liczby kwantowe próżni (spin-parzystość) $J^P = 0^+$. Te bieżące i oczywiste zadania stoją na początku wielkiego programu, który obecnie planowany jest do 2035 r. Zważywszy, że budowa LHC i jego eksperymentów trwała 25 lat, to skala kolejnych 20 lat nie jest niczym wyjątkowym.

UWAGI KOŃCOWE

W naszym krótkim opisie odkrycia cząstki Higgsa, przedstawionym z „perspektywy eksperymentatora”, musiało zabraknąć wielu spraw, które nawet trudno wyliczyć. Nie chcę jednak pominąć dwóch kwestii: komputeryzacji i udziału polskich grup w programie LHC.

Potrzeby komputerowe dla gromadzenia i przetwarzania danych z LHC zostały wcześniej rozpoznane i wraz z budową LHC trwały światowe przygotowania sieci, zasobów i mocy obliczeniowych, które zbiegły się z rozwojem techniki GRID, rozproszonych mocy obliczeniowych. W wyniku wielu programów przygotowawczych (m.in. finansowanego przez Unię Europejską programu CrossGrid, koordynowanego przez IFJ PAN) powstała światowa organizacja dla dystrybucji i analizy danych WLCG – Worldwide LHC Computing Grid zrzeszająca blisko 160 ośrodków w 35 krajach, światowe centra obliczeniowe, które wnoszą moce obliczeniowe i zasoby pamięciowe do wspólnej, jednolitej infrastruktury dostępnej dla fizyków LHC. WLCG dysponuje ponad 250 000 rdzeni, ponad 10 pB (peta = 10^{15}) pamięci, 10 GB łączami

i wykonuje ponad 2 mln zadań na dobę. Ośrodek krakowski i warszawski wnoszą znaczący wkład do WLCG, a rola poznańskiego PCSS w rozwoju sieci komputerowych w Polsce i w postawieniu ich na światowym poziomie jest nie do przecenienia!

Rola grup polskich w budowie, uruchamianiu i w bieżącym rozwoju LHC była i jest znacząca. Dziesiątki inżynierów i fizyków, zwłaszcza z ośrodka warszawskiego (UW, NCBJ, PW) i krakowskiego (IFJ PAN, AGH, PK), było współautorami programów tworzących się współprac, miało istotny udział w projektowaniu i budowie eksperymentów i nadal bierze aktywny udział w bieżących analizach danych i utrzymaniu aparatury.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ATLAS Collaboration. G.Aad et al. **Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC.** Physics Letters B, Volume 716, Issue 1September 2012, Pages 1–29. I CMS Collaboration. S. Chatrchyan et al. **Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC.** Physics Letters B, Volume 716, Issue 1, 17 September 2012, Pages 30–61
- [2] Phys. Rev. **D54**, 1 July 1996 Particles and Fields.
- [3] <http://atlas.ch/> [2014, April 15]
- [4] <http://arxiv.org/pdf/1111.4188v1.pdf> [2011,[Nov. 17] i <http://cds.cern.ch/record/1537991?ln=pl> [2013, Apr 5]
- [5] http://www.ee.iisc.ernet.in/new/people/faculty/prasantg/downloads/Understanding_the_Basis_of_the_Kalman_Filter.pdf [2013, Nov. 26]

FILOZOFICZNE PROBLEMY ZWIĄZANE ZE STRUKTURĄ MATERII

JANUSZ MĄCZKA

Wydział Filozoficzny Uniwersytetu Papieskiego Jana Pawła II w Krakowie

UWAGI WSTĘPNE

Pojęcie materii swoją historię rozpoczęło w obszarze filozofii i właściwie nigdy tego obszaru nie opuściło. Już w starożytności zaczęto wiązać z tym pojęciem zjawiska czy obiekty, które podlegają obserwacji, które często zachwycają swoją złożonością i pięknem, które mają zdolność realnego oddziaływania z innymi obiektami bądź zjawiskami. Przez wiele wieków uważano, i obecnie też się tak uważa, że materia, wśród różnych swoich własności, powinna identyfikować się ze zdolnością wchodzenia w różne relacje i zależności. Sięgając do historii, do najstarszych zachowanych prac, można odnaleźć u wielu myślicieli (trudno byłoby znaleźć kogoś, kto świadomie pomijałby to pojęcie) zmagania z nadaniem własności czemuś, czego bezpośrednio doświadczamy, co jest niezależne od naszego umysłu, co jest rzeczywiste i obiektywne.

Zwrócenie uwagi na starożytność ma jedynie przypomnieć, że tam tkwią źródła prób określenia samego pojęcia materii oraz jej własności. Warto pamiętać, że chociaż nadawano temu pojęciu różne znaczenia i wiązało się je z różnymi własnościami, to

jednak nigdy nie straciło ono charakteru filozoficznego. Powstanie współczesnej fizyki – a zwłaszcza odkrycie złożoności struktury materii – mocno wpłynęło na rodzące się przekonanie, że fizykę da się „odfilozofować”. Dziś wiadomo, że przekonanie to jest złudzeniem, a sam proces nie osiągnął pokładanych w nim nadziei. W tym swoistym związku filozofii z fizyką pojawiły się dwie tendencje. Z jednej strony sama filozofia, podążając śladem nauki, próbując osiągnąć ten sam co ona sukces, chciała unaukować filozofię. Zabiegi te zabrnęły w ślepy zaułek, proponując rozwiązania mało wartościowe dla filozofii. Dobrym przykładem takiej filozofii jest neopozytywizm, z całym swoim dziedzictwem. Z drugiej strony fizyka, chcąc pozbyć się jakichkolwiek odniesień filozoficznych, pozbawiła się (ograniczyła) możliwości wkraczania w głęboką strukturę mikro- i makroświata. Jest to dziś często spotykana tendencja. W tym kontekście stawia się różne pytania, np. po co potrzebna jest fizykowi filozofia? Jaką rolę odgrywa filozofia w kontekście odkrywania teorii naukowej?

Pojawiające się nowe odkrycia samoczynnie uruchamiają te „stare” pytania. Okrycie cząstki Higgsa wywołało, zwłaszcza wśród filozofów, dyskusję nad filozoficznym uwikłaniem współczesnej fizyki. Coraz częściej zwraca się uwagę, że niektóre tradycyjne pojęcia stosowane w fizyce mają w zasadzie charakter użyteczny. Funkcjonują one jako wygodne skróty myślowe, ale ich właściwe znaczenie ustala się jednak na poziomie filozoficznym. Przykładem są np. pojęcia: materii, masy, cząstki, struktury, doświadczenia, empiryczności i wielu innych. Znaczna część fizyków, wiedząc o tym, próbuje wprowadzać inną terminologię, jednak czy będzie ona pozbawiona odniesień filozoficznych? Przeglądając się choćby tylko historii nauki, można mieć wątpliwości.

Obecnie naszym zadaniem nie jest rekonstrukcja historii nauki, a pewna refleksja filozoficzna prowadzona w kontekście współczesnej fizyki. Właściwie to chcemy zwrócić uwagę na ciągle narastające „filozoficzne zakłopotanie fizyka”. Nie chodzi o rozwiązanie problemów filozoficznego uwikłania fizyki, bo jest on

nierozwiązywalny. Chcemy tylko, z filozoficznego punktu widzenia, przyrzeć się niektórym pojęciom, które zostały wyżej wymienione, a które właśnie pod wpływem fizycznych odkryć ulegają filozoficznym przemianom, swoistej, ale koniecznej ewolucji.

MATERIA – MASA

Nie wdając się w różne filozoficzne dyskusje oraz opierając się na przekonaniu znaczącej grupy fizyków, możemy stwierdzić, że nie można negować istnienia tego, co nazywamy materią. Feynman (nie tylko on) ujmie to przekonanie w słowach: „Przed wszystkim istnieje materia. Interesujące, że we wszystkich obszarach Wszechświata materia jest taka sama”¹. Różnicę zauważa się na poziomie struktury i uporządkowania atomów, które są elementami materii. Dalej za Feynmanem można przyjąć, że z tych samych atomów zbudowane jest wszystko², co we Wszechświecie istnieje. Atomy mają swoją strukturę i cząsteczki tworzące tę strukturę mogą pomóc „wyjaśnić wszystkie zjawiska zachodzące w obszarze niskich energii, czyli wszystkie procesy zachodzące w całym Wszechświecie”³. Właściwie można byłoby się zgodzić z rozumowaniem Feynmana, poza małym wyjątkiem. Jego przejście od pojęcia materii do obiektu fizycznego, jakim jest atom i jego struktura, jest dalece nieprecyzyjne. Przejście to, często stosowane, wyłania się z przekonania, że właściwie dobrze możemy rozumieć pojęcie materii poprzez odwołanie się do pojęcia atomu. Problem zaczyna się wówczas, gdy próbujemy zbudować definicję materii, odwołując się do czysto fizycznych czynników. Zapominamy, że materia nie ma swojego operacyjnego odpowiednika.

¹ R.P. Feynman, *Charakter praw fizycznych*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2000, s. 157.

² Feynman wierzył, że nawet życie podlega tej zasadzie. Jak dotąd, problem ten nie został rozstrzygnięty zgodnie z jego oczekiwaniami.

³ R.P. Feynman, dz. cyt., s. 158.

Wiedział o tym Newton, tworząc pojęcie masy. Współcześnie i z tym pojęciem nadal są poważne problemy fizyczne. Operacyjność tego pojęcia tworzona przez odwołanie się do złożonej struktury fizycznej, której funkcjonowania nie jesteśmy w stanie ostatecznie zrozumieć, samemu pojęciu materii nie pomaga. Odkrycie cząstki Higgsa trochę przybliżyło wyjaśnienie samej struktury, ale nie rozwiązało jej problemu, a w konsekwencji problemu materii.

Wróćmy do samego pojęcia materii. Przeglądając popularne słowniki i encyklopedie próbujące określić, czym zajmuje się fizyka, odnajdujemy częste odwoływanie się właśnie do pojęcia materii, jako ogólnie rozumianego przedmiotu badania. Fizyka jest nauką przyrodniczą badającą za „pomocą metod ilościowych ogólne właściwości materii i zjawiska w niej zachodzące”⁴. Można zignorować to określenie i wskazać inne, które precyzyjniej wyjaśni przedmiot fizyki. Na przykład, bardziej współczesny słownik fizyki podaje: „fizyka: Nauka zajmująca się badaniem praw rządzących Wszechświatem oraz strukturą zawartych w nim materii i energii. Fizyka nie zajmuje się zachodzącymi zmianami chemicznymi, lecz siłami występującymi między obiektami oraz zjawiskami, między materią i energią”⁵.

Fizyk, nie chcąc się wikłać w te i tym podobne ogólne i „kontrowersyjne” sformułowania dotyczące określenia przedmiotu fizyki, wskaże na praktykę badawczą. Mówiąc prościej, fizyka jest tym, czym zajmuje się fizyk. W ostateczności swoją uwagę kieruje na uznane autorytety, unikając tworzenia własnych określeń. Na przykład Albert Einstein, mówiąc o fizyce, unika pojęcia materii. „Fizyka to grupa nauk doświadczalnych, opierająca swoje pojęcia na pomiarze, której pojęcia i twierdzenia można konstruować matematycznie. Zakres jej jest więc wyznaczony przez metodę jako ogół treści doświadczenia, które dają się uchwycić matematycznie. W miarę postępu, obszar fizyki rozszerzył się tak, że wydaje się

⁴ *Ilustrowana encyklopedia dla wszystkich. Fizyka*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1985, s. 84.

⁵ *Słownik fizyki*, I. Izaacs (red.), Prószyński i S-ka, Warszawa 1999, s. 88.

być ograniczony tylko tym, co leży w samej jej metodzie”⁶. Można byłoby przytaczać kolejne określenia, ale będą się one układały mniej więcej podobnie po obu stronach prezentowanych stanowisk. Eliminowanie nieprecyzyjnych pojęć o dużym ciężarze filozoficznym nie oznacza, że z fizyki wyeliminujemy filozofię. Co najwyżej będziemy uświadamiali sobie jej (filozofii) właściwą rolę w samej fizyce.

Przytoczone stanowiska tworzą scenę badawczą, którą można scharakteryzować:

1. Nauki nie mają wyłączności do poszukiwania wiedzy o przyrodzie. Nauki są wystarczające do badania świata. „W odniesieniu do pewnych szczególnych obszarów badawczych, jak kosmologia czy problem relacji umysł – ciało, filozofia lub teologia mogą mieć coś do powiedzenia”.

Podobnie dzieje się, gdy wkraczamy w świat najgłębszych fundamentalnych teorii. Pojawiają się trudne pytania, np. jak zdefiniować badany obiekt, czy pojęcie indywidualności ma sens? Odzywają się stare problemy, np. znaczenie przestrzeni i czasu oraz racji między własnościami i ich nośnikiem (rzeczą).

2. Teorie fizyczne posiadają empiryczną skuteczność, co wystarcza, aby poprawnie funkcjonowały. Nie zajmują się wyszukiwaniem odpowiedzi na pytania ontologiczne, ale nie mogą zaprzeczyć filozoficznemu uwikłaniu teorii.
3. Teoria jest instrumentem dla przewidywania wyników.
 - a. Nauka sama nie ustanawia reguł dedukcyjnych oraz znaczenia pojęć, jakimi się posługuje.
 - b. Teorie fizyczne mają charakter uniwersalny i dotyczą całości (rozpracowują ważny aspekt struktury świata). Evandro Agazzi dopowie, że odpowiadają za spójność świata, jako całości⁷.

⁶ A. Einstein, *Pisma filozoficzne*, S. Butryn (wyb., przedm., przyp.), Wydawnictwo IFIS PAN, Warszawa, s. 146.

⁷ Por. E. Agazzi, *Filosofia della natura – scienza e cosmologia*, Piemme (ed.), Casale Monferato 1995, s. 3–4.

Kończąc te rozważania, wspomnę tylko o pojęciu masy. Ma ono swoją historię. Ciekawie rekonstruuje ją Michał Heller w artykule pt. *Ewolucja pojęcia masy*⁸. Nieodłączną częścią analiz filozoficzno-historycznych, które związane są z pojęciem masy, jest definicja materii. Heller w cytowanym artykule pokazuje, że fizyczne pojęcie masy wyłania się ze sporów o pojęcie materii. Próby utożsamienia materii z podłożem własności, z rozciągłością, z oddziaływaniem (odpychającym i przyciągającym), z siłą, są dobrym przykładem odmaterializowania materii oraz zmateralizowania siły⁹. Warto zwrócić uwagę na jeszcze jedną kwestię. Pojęcie materii w powiązaniu z fizyką święciło swoje tryumfy w dobie dominacji mechaniki klasycznej i mechanicyzmu. Upadek mechanistycznej doktryny filozoficznej związany z powstaniem współczesnych teorii fizyki (teorii względności i mechaniki kwantowej) spowodował, że pojęcie materii zostało mocno zredukowane do jego filozoficznego znaczenia.

STRUKTURA TEORII FIZYCZNEJ A FILOZOFIA

Zanim przejdziemy do dalszych rozważań, może warto wskazać „drzwi”, poprzez które dobrze widać owo filozoficzne uwikłanie fizyki. Spróbujmy zidentyfikować strukturę fizyczną teorii. Przytoczona identyfikacja nie rości sobie pretensji do kompletnej i wystarczającej. Propozycję struktury teorii fizycznej można zawrzeć w następującym schemacie:

1. Struktura teorii fizycznej powinna być ujęta w formalizm matematyczny.
2. Struktura teorii powinna posiadać domenę fizyczną – aspekt, czy obszar świata, do którego teoria się odnosi. Dobre rozpoznanie

⁸ M. Heller, *Ewolucja pojęcia masy*, [w:] *Filozofować w kontekście nauki*, M. Heller, A. Michalik, J. Życiński (red.), Polskie Towarzystwo Teologiczne, Kraków 1987, s. 152–163.

⁹ M. Heller, dz. cyt., s. 158.

tego obszaru pokazuje zasięg teorii oraz problemy graniczne. Już ten aspekt struktury teorii ujawnia problemy o charakterze filozoficznym.

3. Ciekawe filozoficzne odniesienia pojawiają się wówczas, gdy wprowadzamy tzw. reguły łączące punkty (1) z (2). Mamy tu najczęściej na uwadze np. definicje koordynujące, interpretacje, modelowanie czy poszukiwanie jednoznaczności i adekwatności. Ponieważ nie ma jednego schematu, który charakteryzowałby uniwersalną poprawność proponowanych reguł, dlatego prowadzone są dyskusje nad ich doprecyzowaniem. Zawsze jednak musimy pamiętać, że struktura matematyczna jest pewną interpretacją realnego świata. W konsekwencji będziemy musieli poradzić sobie z sytuacją, że owe interpretacje nie zawsze będą miały charakter liniowy.

Reguły łączące tworzą modele, które ciągle będą wymagały uzupełnień i doprecyzowania. Zazwyczaj pełna struktura matematyczna teorii znana jest dopiero wtedy, gdy pojawi się ogólniejsza teoria.

Powyższe zestawienie z punktu widzenia fizyki można uznać za wystarczające dla tworzenia i rozumienia teorii fizycznych. Jednak każda teoria fizyczna wymaga komentarza. Nie można go uniknąć i – co może nie zawsze jest zabiegiem świadomym – nie uniknie się w nim filozofii. Warto byłoby podać przykłady takich komentarzy, ale dość łatwo można je znaleźć np. u Isaaca Newtona, Gottfrieda Leibniza, Alberta Einsteina, Johna Barrowa, Paula Daviesa, Michała Hellera, Andrzeja Staruszkiewicza, Rogera Penrose'a. Listę można wydłużać w zależności od interpretowanej teorii. Myślę, że współcześnie to mechanika kwantowa i teoria cząstek elementarnych zawierają ogromny bagaż filozofii. Wśród wielu filozoficznych komentarzy do teorii fizycznych można wyodrębnić:

1. Interpretacje, komentarz, który jest niespójny, czy nawet sprzeczny, z matematyczną strukturą teorii. Dość niebezpieczne podejście. Często opiera się ono na braku zrozumienia struktury matematycznej, co ukazuje bardzo indywidualne preferencje dokonującego interpretacji. Efektem jest nieprawdziwa, błędna

- i bardzo powierzchowna wizja teorii. Stwarza wrażenie prostej i obiektywnej. Niestety, najczęściej fałszuje samą teorię fizyczną.
2. Komentarz, który jest neutralny w stosunku do matematycznej struktury. Bezpieczny, ale nie pozwala na wnikięcie w głęboką treść struktury teorii. Ten typ komentarza stwarza wrażenie, że coś mówi o teorii, jednak jest wobec niej obojętny. Dobrze jest on widoczny w wielu komentarzach o charakterze popularyzatorskim.
 3. Komentarz ściśle odpowiada strukturze matematycznej. Można nawet zaryzykować stwierdzenie, że jest on wyczulony na zmiany zachodzące w ewolucji teorii fizycznej. Ten typ komentarza staje się wręcz funkcją zmian zachodzących w ewolucji struktury matematycznej teorii. Ścisła, nie dosłowna interpretacja, natrafia na problemy językowe. Brak adekwatności pojęciowej sprawia, że posługujemy się metaforą. Współcześnie trudności z komentarzem wzmacniane są brakiem „wyobrażenia sobie tego, co wyjaśnia komentowana struktura matematyczna”. Pozostaje intuicja. Warto przytoczyć cytaty z lat 80. XX w., który przybliży postawiony problem. „Jeżeli bowiem w zredukowaniu masy do parametru charakteryzującego punkt (tzw. punkt materialny) można by się jeszcze dopatrywać skrajnej idealizacji dawniej intuicyjnego pojęcia materii, to jest to już całkiem niemożliwe, gdy mamy do czynienia z generowaniem przy pomocy mechanizmu Higgsa, zgodnie z którym masa wywodzi się z czysto formalnie rozumianego łamania symetrii¹⁰, czy w przypadku różnych koncepcji masywnego tworzenia cząstek z fluktuacji próżni. Pojęcie masy we współczesnej fizyce zdecydowanie przestało odpowiadać filozoficznemu lub potocznemu pojęciu materii”¹¹.

¹⁰ Współczesnym przybliżeniem problemu łamania symetrii jest artykuł J. Lykken, M. Spiropulu, *Supersymetria i kryzys w fizyce*, Świat Nauki, 6(2014)274, s. 28–33. Warto spojrzeć na umieszczoną na końcu artykułu literaturę, która szerzej omawia poruszany problem.

¹¹ M. Heller, dz. cyt., s. 162.

Wkraczając w obszar współczesnej fizyki, widzimy drogi, po jakich porusza się jej rozwój. Można powiedzieć, że bez struktury matematycznej rozwój stałby się niemożliwy. Oczywiście, nie można zapominać o składowej doświadczalnej. Bez niej fizyka stałaby się formą wyrafinowanej matematyki. To ważna wskazówka dla podążającej za fizyką filozofii. Doświadczenie wspólnego dialogu filozofii z fizyką ujawnia, skąd filozofia powinna czerpać inspiracje, aby nie pozostać zbyt daleko z tyłu. Więż z fizyką (nauką) wyraźnie wyłania się na poziomie interpretacyjnym, gdzie istotną rolę odgrywają pojęcia. To dobra płaszczyzna dla wspólnych dyskusji. Inspirując się Agazzim, Heller pisze: „we współczesnych teoriach naukowych już *implicite* jest wiele filozofii i metafizyki, czyli w naukach przyrodniczych po prostu są obecne tematy i problemy filozofii przyrody. Jeżeli trzeba dziś odnowy filozofii przyrody, to jedynie w tym sensie, że tę obecność w nauce należy sobie jaśniej uświadomić i bardziej utrzymać pod metodologiczną kontrolą”¹².

CZĄSTKA - POLE

Badania nad strukturą materii pozwoliły sformułować kilka kluczowych pytań.

Przytoczmy niektóre z nich: czy strukturę materii tworzą pola i cząstki (fizyka)? Czy tylko pola i cząstki tworzą strukturę? Jakie „obiekty” opisuje kwantowa teoria pola? Czy kwantowa teoria pola jest teorią cząstek czy teorią pól? Może nie ma sensu zajmować się cząstkami czy polami, a należy zająć się redukcją fizyczności do niematerialnych bytów? Może podstawą fizyczności świata jest jego matematyczność, a fizyczność trzeba inaczej zdefiniować?

¹² M. Heller, *Nowa filozofia przyrody*, w: *Filozofia i Wszechświat. Wybór pism*, Universitas, Kraków 2006, s. 25.

Teoria pól kwantowych jest fundamentalną teorią dla mechaniki kwantowej. Postawmy może trochę naiwne pytanie: co bada fizyk teorią pól kwantowych? Potoczne przekonanie znacznego grona filozofów, a zwłaszcza ludzi, którzy nie zajmują się fizyką, jest takie, że badane obiekty to kuleczki materii, tylko że są one bardzo małe. Fizyk powie, że to nieprawda, bo takich obiektów tutaj nie ma. Jednak nasza wyobraźnia nie potrafi złączyć z obiektem kwantowym niczego, co nie posiada skojarzeń materialnych. Nawet próby przybliżenia tego, co jest przedmiotem badania, nic nie dają, gdyż nasz umysł nie potrafi w przejawach swojego zdroworozsądkowego myślenia wykształcić konkretnego pojęcia o fizycznych konotacjach. Wiele książek przybliżających mechanikę kwantową posługuje się schematami i ilustracjami, które utrwalają ten obraz. Czy zatem trzeba zmienić książki? Można je powyrzucać (schematy spełniają jednak ważną rolę dydaktyczną), ale zanim się to robi, może lepiej uświadamiać, czym jest obiekt fizyczny badany przez mechanikę kwantową.

Poprzez analogię z mechaniką klasyczną można stwierdzić, że relatywistyczne cząstki kwantowe nie przebywają w określonym obszarze Wszechświata. Nie da się wyznaczyć ich toru ruchu. Nie da się określić położenia. Mechanika klasyczna, operując bardzo wyidealizowanym obiektem, tj. punktem materialnym, potrafiła zidentyfikować cząstkę. Klasycznie potrzebna jest znajomość położenia i pędu obiektu fizycznego.

Jak mechanika kwantowa radzi sobie z identyfikacją obiektu kwantowego, czyli co da się określić w świecie kwantów? Energię, a w konsekwencji masę, czas „życia”, i dalej badając rozproszenia, można otrzymać inne własności. W tym miejscu trzeba podkreślić, że w mechanice kwantowej nie istnieje możliwość zajęcia się tylko pojedynczym obiektem, cząstką. Nie da się wyizolować owej „kuleczki” i następnie badać jej własności. Dzisiaj dopuszcza się istnienie stanów splątanych, które bada się jako całość. Zatem: nie można zbadać własności pojedynczej cząstki, gdyż mają je tylko stany splątane cząstek, który jako całości wykazują określone własności. W stanach splątanych cząstki nie są ze sobą

związane „określonymi” relacjami „fizycznymi”. Indywidualność w tym przypadku traci sens. Wydawać by się mogło, że np. detektor „wylapuje” pojedyncze cząstki i zebrane informacje przesyła do dalszego badania. Tak nie jest, detektor bada wzbudzenia pola, a wnioskiem jest postulowanie jakiejś cząstki.

Podobne skojarzenia (najpierw potoczne) pojawiają się, gdy zaczynamy mówić o polu kwantowym jak o wyodrębnionym obszarze o określonej powierzchni. Pole kwantowe posiada zupełnie inne własności. „Kwantując” klasyczną teorię pola, uzyskuje się pole kwantowe. Nie ma jednak klasycznego powiązania punktu czasoprzestrzeni z wielkością fizyczną. Najprościej pole kwantowe można ująć w następujący sposób. „Pole opisywane przez fizykę kwantową nie pasuje do definicji klasycznej. Z punktem w przestrzeni nie jest związana określona wielkość fizyczna, ale pewien zbiór dopuszczalnych wielkości. Wybór określonej wielkości zależy od osobnej konstrukcji matematycznej zwanej wektorem stanu, który jednak nie jest związany z żadnym szczególnym punktem; rozciąga się w całej przestrzeni”¹³. Myślę, że parę przykładów (nie w pełni wystarczających) może jednak zasugerować kilka refleksji filozoficznych. Z jakim obiektem fizycznym mamy do czynienia?

1. Mamy do czynienia z zaawansowaną strukturą matematyczną, która pozwala zbudować właściwą teorię (np. cząstek elementarnych). Ciekawą rzeczą jest fakt, że właściwie nie dysponujemy tylko jednym modelem matematycznym badanej rzeczywistości. W przypadku mechaniki kwantowej mamy różne jej ujęcia:
 - a. Ujęcie przy pomocy przestrzeni Hilberta, które występuje w trzech postaciach:

¹³ M. Kuhlmann, *Co istnieje naprawdę?* Świat Nauki, 9(2013)265, s. 33. Jest to popularna, ale udana próba przybliżenia problemów filozoficznych uwikłanych w mechanikę kwantową. Na końcu artykułu znajduje się spis pozycji książkowych (nie tylko autora artykułu), które szerzej omawiają poruszane problemy.

- i. Równanie Schrödingera,
- ii. Macierzowe ujęcie Heisenberga,
- iii. Równania Diraca-Tomonagi;
- b. Ujęcie Feynmana przy pomocy „całek po drogach”;
- c. Ujęcie przy pomocy C^* -algebr;
- d. Ujęcie statystyczne przy pomocy macierzy gęstości¹⁴.

Zestawienie to może budzić wątpliwość, które ujęcie jest właściwe? Która struktura matematyczna fizycznej teorii najlepiej modeluje strukturę świata? Najprościej odpowiadając, to żadna z nich nie jest specjalnie wyróżniona. Każda ma swoje specyficzne własności, które pozwalają badać świat kwantowy różnymi typami jednej matematyki. Zaistniała sytuację „należy uznać za szczęśliwą, gdyż obala ona dość zakorzeniony wśród filozofów mit, zgodnie z którym matematyczne struktury teorii fizycznej po prostu przenoszą się na strukturę świata”¹⁵.

2. Badane obiekty wydają się być coraz mniej „fizyczne”. Coraz trudniej jest znaleźć precyzyjny język do wyrażenia zachodzących procesów. Nie działa prosty redukcjonizm do utrwalonych już pojęć. Można eliminować nieprzydatne pojęcia i tworzyć szeregi nowych, ale i one nie są pozbawione swoich trudności. Dobrze widać ten zabieg na przykładzie pojęć cząstka – pole. Można jeszcze, aby nie pozostać w próżni językowej, starym pojęciom nadać nowy sens. Badania z zakresu filozofii mechaniki kwantowej pokazują, że nie jest to dobra droga. Trudno jest przełamywać obrosłe mitami schematy myślowe związane z konkretnymi pojęciami. Interpretacje mechaniki kwantowej i często związana z nimi filozofia dobrze pokazują, jakim zmianom ulegają stare tematy filozoficzne, np. determinizm,

¹⁴ Za M. Heller, *Mechanika kwantowa dla filozofów*, Biblos-Tarnów, OBI-Kraków 2011, s. 143.

¹⁵ M. Heller, dz. cyt., s. 143.

przyczynowość, oddziaływanie na odległość, indywidualizacja, materia, cząstka, własność, realizm...¹⁶.

3. W tym miejscu wspomnę tylko o poważnej trudności, jaka wyłania się z logiki kwantowej. Logika świata kwantów mocno odbiega od logiki mechaniki klasycznej. Fakt ten wpływa również na filozofię, która nie może być budowana według dotychczasowym reguł.
4. Stwierdzenie: cząstka elementarna jest mylące (mało intuicyjne i abstrakcyjne). Jak widzieliśmy, brak jest tradycyjnych atrybutów cząstki (indywidualność, stabilność, relacyjność). Mechanika kwantowa nie bada „cząstek” w klasycznym tego słowa znaczeniu. Co prawda mówimy, że np. elektron posiada stałe własności (spin, ładunek i masę), ale o cząstce można jakoś mówić, gdy połączy się własności w wiązkę. O istnieniu cząstki nie świadczy bezpośrednio jej „uchwycenie”, a rozpad. Na przykład o istnieniu cząstki Z^0 mówi nam rozpad elektron-pozyton. Stabilność obiektu fizycznego jest istotna w reżimie klasycznym, jednak „cząstka mechaniki kwantowej” zasadniczo może powstawać i ulegać zniszczeniu w warunkach naturalnych i laboratoryjnych (przy spełnieniu praw zachowania pędu, energii i ładunku elektrycznego).

UWAGI FILOZOFICZNE

Właściwie nietrudno byłoby wskazać teorię fizyczną, która nie ma filozofii. Wyłania się ona na różnych poziomach, ale tym najgłębszym poziomem jest metafizyka. Przytoczone uwagi będą odnosiły się do tego poziomu i nie muszą dotyczyć tylko fizyki. Formułuję je dość ogólnie, aby mogły odnieść się ogólnie do nauki.

¹⁶ Bogaty zakres informacji związanych z interpretacją mechaniki kwantowej i problemami filozoficznymi można znaleźć np. w książce R. Penrose, *Droga do rzeczywistości. Wyczerpujący przewodnik po prawach rządzących Wszechświatem*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2006.

1. Nie należy oczekiwać, że poszczególne teorie fizyczne będą posiadać swoje własne i tylko im właściwe interpretacje metafizyczne. Uwaga ta wyraźnie podkreśla, że złudzeniem jest trwanie przy raz dokonanej interpretacji teorii naukowej. Niebezpieczeństwo tego złudzenia tkwi w tym, że teorie naukowe nie ulegają swoistej dla siebie ewolucji. Dzieje się to za sprawą „nowej” struktury matematycznej oraz ciągle poszerzającego się pola doświadczalnego. Nowa struktura i nowe zjawiska kreują, jeśli nie nową filozofię, to przynajmniej wymuszają na niej ważne zmiany.
2. Filozoficzną konsekwencją jest uwaga, że nie należy oczekiwać jednej, ostatecznej metafizycznej interpretacji obrazu świata. Nie ma jednego, ostatecznego systemu zadowalająco interpretującego całość zjawisk obrazu świata. Dynamika poznawcza ciągle będzie uzupełniała ten obraz i tym samym będą pojawiać się nowe problemy o charakterze filozoficznym. Krytyk tzw. absolutnej ontologii Willard Van O. Quine proponuje pewne rozwiązanie. Ma ono swoje mankamenty, ale warto jest zacytowania. „Problem jest obecnie wyraźniejszy niż dawniej, dysponujemy bowiem ściślejszym kryterium, w oparciu o które można ustalić, jaka ontologia jest konsekwencją danej teorii, mianowicie zakłada istnienie tych i tylko tych bytów, których występowanie wśród wartości zmiennych kwantyfikacji tej teorii jest koniecznym warunkiem prawdziwości jej twierdzeń. [...] Stojąc wobec kwestii ontologicznych, bierzemy pod uwagę zmienne kwantyfikowane nie po to, by dowiedzieć się, co istnieje, lecz po to, by dowiedzieć się, co dana wypowiedź lub teoria – nasza, czy też sformułowana przez kogoś innego – uznaje za istniejące”¹⁷. Propozycja Quina nie jest jedynym rozwiązaniem problemu ontologii. Spośród wielu rozwiązań spróbuję przyjrzeć się tylko jednemu, strukturalnemu rozwiązaniu w następnym punkcie.

¹⁷ W. Van O. Quine, *Z punktu widzenia logiki*, Wydawnictwo Aletheia, Warszawa 2000, s. 26 i 29.

3. Struktura teorii fizycznej niesie ze sobą odniesienie do głębokiej struktury świata. Wspomniałem już o tej odpowiedniości, ale podejście strukturalne sugeruje inne ujęcie.
- a. Powołując się na Ch. Hartshorna, można powiedzieć, że każda filozofia, może poza absolutnym mistycznym monizmem, potrzebuje teorii relacji, czy też predykatów relacyjnych, każda bowiem daje rozumienie takich pojęć, jak: przyczyna, skutek, następstwo, złożoność... Ujęcie relacyjne w innym świetle stawia przytoczone pojęcia.
 - b. Filozoficzna teoria relacji nie jest po prostu logiką relacji czy algebrą relacji. Jest ona, w pewnym sensie, wykładnią stanowiska dotyczącego natury i struktury rzeczywistości.
 - c. Głęboką strukturę świata odzwierciedlają związki między obiektami i w konsekwencji stanowią one najtrwalszą część teorii fizycznej. Obiekty mogą ulegać zmianie, ale struktury zachowują się stabilnie, np. transformacje symetrii.
 - d. Relacja jest pierwotna nie tylko w porządku epistemologicznym, ale i ontycznym (realizm strukturalny).
 - e. Czy widzimy masę? Nie, ale dostrzegamy wpływ masy na inne obiekty (pośrednictwo stanowi lokalne pole grawitacyjne).

Te wręcz zdawkowe ujęcia układają się w pewien logiczny związek. Podejście strukturalne uwzględnia ważną cechę świata, tzn. jego dynamikę. Świat nie tyle jest, co staje się, co oznacza, że punktem wyjścia nie są obiekty, a relacje. W tym kontekście procesualna propozycja Whiteheada jest jak najbardziej aktualna. Autor *Process and Reality*¹⁸ inspirował do nowych, ontologicznych rozwiązań, zwłaszcza w mechanice kwantowej. Żaden z dotychczasowych systemów filozoficznych nie wskazał rozwiązania typu dualistycznego, np. forma – materia. Ani systemy wychodzące tylko od empirii (materii, np. Hobbesa i współczesnych) nie umiały wyjaśnić świadomości, ani systemy wychodzące od podmiotu

¹⁸ A.N. Whiteheada, *Process and Reality, An Essay in Cosmology*. Free Press, New York, London 1978.

poznającego (Kant) nie poradziły sobie z rozumieniem doświadczenia. Brakowało im propozycji spójnego rozwiązania.

Charakteryzując samą metodę, można wskazać ważne jej elementy: System ma powstać metodą twórczej generalizacji (u Whiteheada – ekstensywnej abstrakcji), czyli wychodzimy od:

1. Doświadczenia. Tu nie ma uprzywilejowanych aspektów czy punktów wyjścia. Nie ma uprzywilejowanych sposobów doświadczania świata zewnętrznego.
2. Następnie budujemy roboczą hipotezę interpretującą to doświadczenie. Do tej interpretacji stosujemy kategorie lub wprowadzamy nowe, utworzone dla tego doświadczenia.
3. Sprawdzamy, jak ustalone hipotezy funkcjonują w obszarach innych doświadczeń.
4. Tak kategorie, jak i hipotezy nie tworzą zbioru zamkniętego. Mogą być ciągle udoskonalane.

Whitehead wprowadza ważne kategorie, według których świat podlega ciągłej ewolucji. Obejmuje ona nie tylko biologię, ale cały Kosmos. Świat jest procesem.

- a. Świat jest jednością. Przyroda, jako całościowy kompleks wrażeniowy, dostępna jest w bezpośrednim doświadczeniu i ujawnia się w nieustannym przepływie.
- b. Wszystkie ciała, chociaż nie wszystkie posiadają zmysły, charakteryzują się percepcją. Według Whiteheada dokładnie jest to zdolność ujmowania. Rzeczywista w swej pierwotności (podstawowym istnieniu) jest zasada, że każdy obiekt posiada zdolność ujmowania. Rzeczy są „wtórne”, nie ma prostego umiejscowienia. Ciało nie znajduje się w ściśle określonym miejscu (mechanika klasyczna).
- c. Fundamentalną cechą świata jest jego kreatywność. Jest to czysta aktywność i przejawia się w każdej nowości i stabilności. Jest ona podstawą wszelkiej aktualności. Kreatywność jest „mocą” dla jednoczenia wielości.
- d. Podstawową kategorią istnienia są byty aktualne (zdarzenia). Można je wyodrębnić, ale nie jako samoistną substancję. Są one aktem stawania się, wchodzenia w rzeczywistość

(tworzenia się i aktualizowania). Nie mają jeszcze określonej struktury. Stawanie się dokonuje się w określonym kwantum czasowym. Końcowym efektem jest spełnienie, ale ono też nie jest trwałe. Czas płynie. Zdarzenia pozostają w relacji do innych zdarzeń.

Co zatem otrzymujemy? Przyrodę, która jest tym, co dostrzegamy w percepcji zmysłowej. W tej percepcji świadomi jesteśmy czegoś, co nie jest myślą, a jest samozwarte dla myśli. Świat jest dany nie poprzez konstrukcje myślowe, ale w całej swojej złożoności i dynamice. W każdej chwili dociera do nas zespół doznań zmysłowych, które nie są jeszcze zinterpretowane. Przyjmujemy do wiadomości zawartość tych doznań, ale nie jest to proces myślowy, lecz dokonuje się w tzw. świadomości zmysłowej. Oprócz tego, że myśl ma swoją świadomość, to świadomość mają również zmysły. Świadomość jest funkcją poznania. Świadomość zmysłowa ujmuje całościowe zdarzenie przyrody, chwytając jej przemijalność. Samozwartość przyrody powoduje, że możemy o niej myśleć, nie uwzględniając, że o niej myślimy.

Według Whiteheada, nauki przyrodnicze zajmują się przedmiotem świadomości zmysłowej. Filozofia musi zinterpretować jej zawartość. Zawartość ta jest faktem ostatecznym. W tym ujęciu np. czas to nie są chwile, ale należy go rozumieć, jako najmniejsze „kawałki” rozciągniętych chwil czasu, które są połączone przedziałami czasowymi (kwantami czasu). To nie są kawałki czasu, „chwile”, ale przedziały dziania się zdarzeń. Żadne zdarzenie nie jest uchwytnie w chwili, a w pewnej już przeszłości. Aby miało znaczenie dla „teraz”, musi mieć rozciągłość czasową. Istotne jest tworzenie szeregu czasowego, gdyż wówczas możliwa staje się nauka.

Przestrzeń. Nie mamy do czynienia z punktami, jako najmniejszymi kawałkami przestrzeni, lecz z objętościami, które takimi kawałkami nie są. Objętość nie jest zestawieniem obok siebie innych objętości czy jej „pokawałkowaniem” na części. Hierarchiczny układ relacji pomiędzy różnymi objętościami tworzy całość. Nie ma przestrzeni dla jednego zdarzenia.

Nie można mówić o czasie i przestrzeni bez uwzględnienia całości. Podstawą dla obu pojęć jest relacja zachodząca między przynajmniej dwoma zdarzeniami. Ujęcie Whiteheada wymaga dalszej interpretacji. Bardzo bliskie jest ono właśnie podejściu strukturalnemu.

PRÓBA WNIOSKÓW

1. Pojęcie materii wymaga nowej definicji , zwłaszcza na gruncie fizyki.
2. Tradycyjne własności przypisywane rzeczom muszą ulec modyfikacji w kontekście teorii fundamentalnych.
3. Nie ma ostatecznej ontologii. Zmieniają się one wraz ze zmianą teorii fizycznych, a właściwie wraz ze zmianą struktury matematycznej teorii naukowej.
4. Interpretacje filozoficzne pojawiające się w kontekście teorii fundamentalnych muszą wyłączać się z tych teorii.
5. Nie ma zadowalającej interpretacji teorii fundamentalnych. Czy np. ontologia strukturalna może być filozoficzną odpowiedzią na przedstawiony problem? Jest to ciekawa propozycja, ale wymaga głębszej analizy filozoficznej.
6. Istotną rolę w ewolucji pojęć odgrywa struktura teorii, a zwłaszcza jej warstwa matematyczna.
7. Istnienia świata (jest to przedzałożenie potrzebne dla filozofii), ale być może wystarczy (również dla nauki) założenie sformułowane w pytaniu: jeśli świat istnieje, to...?
8. Poznawalność świata i jego racjonalność (jest to hipotetyczne przedzałożenie dla nauki, zadziwienie poznawalnością świata jest ważnym czynnikiem dla filozofii nauki).
9. Porządek świata jest niezbędnym warunkiem uprawiania nauki; dla filozofii jest to ważny problem.
10. Uprawianie nauki wymaga przyjęcia pewnej formy metodologicznego naturalizmu (w radykalnym ujęciu jest ważne, aby świat tłumaczyć „światem”), ale dla filozofii ważniejsze

są sformułowania o charakterze ontologicznym. Tych jednak nauka (fizyka) nie postuluje.

11. Ludzka umysłowość, dziedzina pojęć i cały obszar cywilizacyjnego życia człowieka wzajemnie się przenikają oraz współkształtują w nieustannym procesie ewolucji.
12. Racjonalność nie jest niezmiennym modelem naszego świata. Nasze kryteria rozumienia świata muszą być otwarte.
13. Obiektywność obrazu świata nie jest relatywizowana do jakiejś jego części. Świat musimy rozpatrywać jako całość zachodzących w nim procesów.
14. Za Whiteheadem można powiedzieć, że filozofia jest postawą umysłu wobec doktryn nieświadomie życiowych. Postawa filozoficzna jest śmiałym wysiłkiem zmierzającym do szerszego zrozumienia zakresu zastosowań każdego pojęcia, które wkracza w naszą aktualną myśl. Nie zadowala się przy tym konwencjonalnym założeniem, że każda rozsądna osoba zna odpowiedź. W momencie, w którym przyjmie się ostateczną odpowiedź w postaci prymitywnych idei i także wniosków, przestaje się być filozofem.

POSZUKIWANIE OSTATECZNEJ SYNTEZY ODKRYCIE BOZONU HIGGSA Z PUNKTU WIDZENIA TEOLOGII

FILIP KRAUZE

Gdańskie Seminarium Duchowne

WSTĘP

Celem niniejszego opracowania jest próba opisu teologicznych implikacji odkrycia tzw. boskiej cząstki, czyli bozonu Higgsa. Inspiracją do sformułowania tematu *Poszukiwanie ostatecznej syntezy* jest twórczość księdza arcybiskupa prof. Józefa Życińskiego, a konkretnie esej, w którym zawarł on następujące stwierdzenie: „Jedną z podstawowych intelektualnych potrzeb człowieka jest potrzeba całościowej wizji rzeczywistości. W wizji tej jako centralne problemy pojawiają się pytania dotyczące sensu życia, hierarchii wartości, norm etycznych, powstania Wszechświata i jego rozwoju. Aby znaleźć uzasadnione odpowiedzi na te kwestie, trzeba zespolic w spójną całość elementy naukowych teorii i filozoficznych interpretacji, racjonalnych wierzeń i osobistych przekonań”¹.

¹ J. Życiński, *W poszukiwaniu największej syntezy. W kręgu nauki i wiary*, Kalwaria 1989, s. 11-14.

Na wstępie chciałbym omówić samo odkrycie. Omówienie to będzie skrótowe, ponieważ z punktu widzenia uprawianych przez siebie dyscyplin fizyki zajęli się tym bardziej szczegółowo pozostali Autorzy opracowań zawartych w niniejszym tomie. Następnie przejdziemy na teren filozofii nauki i jej nauk pomocniczych, aby umieścić kwestię odkrycia bozonu Higgsa w szerszym kontekście społecznej recepcji odkryć naukowych. Na końcu pojawią się pewne uwagi metodologiczne z zakresu teologii nauki, bazujące na doświadczeniach filozofii nauki uprawianej w Ośrodku Badań Interdyscyplinarnych Papieskiej Akademii Teologicznej w Krakowie.

Leptony:

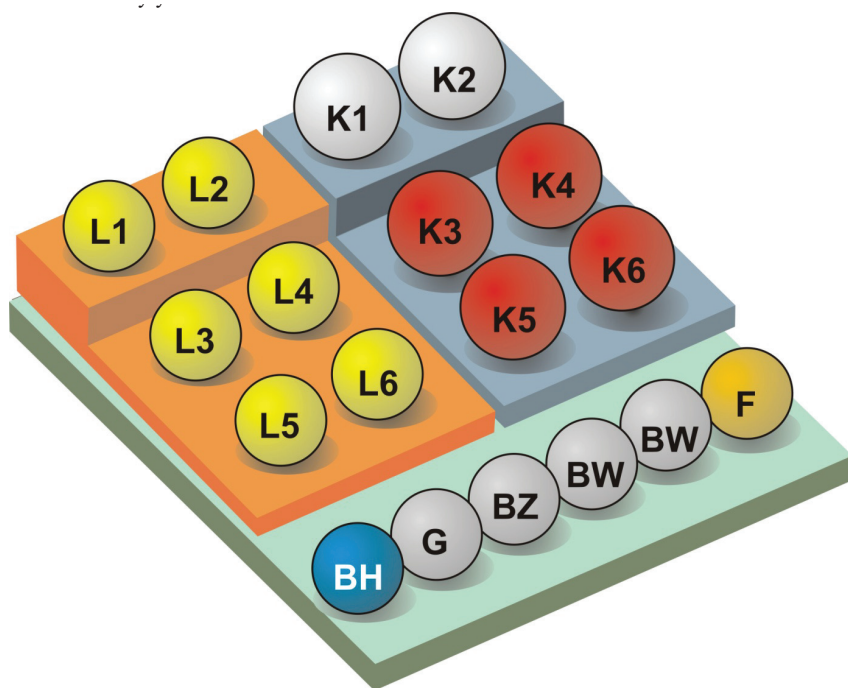
- L1 - Neutrino elektronowe odkryte w 1956 r. - cząstka o małej masie, słabo wchodzi w reakcję z materią.
- L2 - Elektron odkryty w 1897 r.
- L3 - Neutrino mionowe odkryte w 1962 r.
- L4 - Mion - nietrwała cząstka, cięższa od elektronu, odkryta w 1936 r.
- L5 - Neutrino taonowe zaobserwowane w 2000 r.
- L6 - Taon - cięższa od mionu cząstka nietrwała odkryta w 1975 r.

Kwarki:

- K1 - Kwark dolny odkryty w 1968 r.
- K2 - Kwark górny obserwowany po raz pierwszy w 1968 r.
- K3 - Kwark dziwny odkryty w 1968 r.
- K4 - Kwark powabny odkryty w 1974 r.
- K5 - Kwark niski odkryty w 1977 r.
- K6 - Kwark wysoki odkryty w 1995 r.

Cząstki - nośniki oddziaływań elektromagnetycznych oraz silnych i słabych:

- BH - bozon Higgsa odkryty w 2012 r.
- G - gluon odkryty w 1978 r.
- BZ - bozon Z odkryty w 1983 r.
- BW - bozony W odkryte w 1983 r.
- F - foton odkryty w 1900 r.



Rys. 1. Znane cząstki tworzące materię według tzw. Modelu Standardowego²

1. ODKRYCIE

Istotę odkrycia bozonu Higgsa przedstawia Oświadczenie Komitetu Noblowskiego z dnia 8 października 2013 r.: „Ta cząstka bierze swój początek w niewidocznym polu, które wypełnia całą przestrzeń. Chociaż Wszechświat wydaje się pusty, to pole cały czas jest w nim obecne. Dzięki kontaktowi z tym polem cząstki uzyskują masę. Teoria opracowana przez Englerta i Higgsa opisuje

² Na podstawie: K. Urbański, *Nobel za boską cząstkę*, „Rzeczpospolita” 2013, z 9 października, s. A16–17.

ten proces. [...] Nagrodzona teoria jest kluczowym elementem Modelu Standardowego cząsteczek elementarnych, który wyjaśnia, jak zbudowany jest świat”³.

Należy zaznaczyć, że predykcję dotyczącą elementu „domykającego” standardowy model podstaw organizacji materii, czyli bozonu Higgsa, sformułowało mniej więcej w tym samym czasie kilku uczonych. Można tu wymienić artykuły opublikowane w latach 60. XX w. przez Carla Hagen, Geralda Guralnika i Toma Kibble’a, a także prace Roberta Brouta, François Englerta i samego Petera Higgsa. Opracowania te dotyczyły istnienia mechanizmu nabywania masy przez cząstki elementarne⁴. Problemem było jednak eksperymentalne potwierdzenie tego mechanizmu. Stało się ono technicznie możliwe dopiero w XXI w., m.in. dzięki ogromnym nakładom ludzkim i finansowym zaangażowanym w projekt Wielkiego Zderzacza Hadronów w ramach Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych (CERN) pod Genewą⁵. Laureatami Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki A.D. 2013 nie zostali jednak fizycy zaangażowani w projekt CERN-u- ani większość z wymienionych wcześniej badaczy, a jedynie dwóch z nich, którzy dożyli eksperymentalnego potwierdzenia swoich naukowych przypuszczeń: Peter Higgs (Wielka Brytania) i François Englert (Belgia).

Trzeba jednak przyznać, że uczony, którego imieniem nazwano słynny bozon, doskonale wpisał się swoją biografią w historię wielkich odkryć fizyki subatomowej XIX i XX w. Peter Higgs związał się bowiem studiami, a następnie pracą zawodową, z Uniwersytetem w Edynburgu, w którym studiował wcześniej słynny James

³ Informacja PAP: Nobel za bozon Higgsa. 08.10.2013 Świat, Nagrody Nobla 2013 za: <http://www.naukawpolsce.pap.pl/aktualnosci/news,397463,nobel-za-bozon-higgsa.html> (dostęp 14 lutego 2014 r.).

⁴ D. Spector. Physics Professor Explains Why Other Scientists Involved On The Higgs Boson Didn't Get A Nobel. Business Insider. 9 października 2013. Por. <http://www.businessinsider.com/why-did-only-higgs-and-englert-win-nobel-2013-10> (dostęp 14 lutego 2013 r.).

⁵ Por. <http://home.web.cern.ch/topics/large-hadron-collider> (dostęp 14 lutego 2014 r.).

Clerk Maxwell. Profesorami Higgsa byli Max Born (współtwórca mechaniki kwantowej, laureat Nagrody Nobla z roku 1954), Peter Guthrie Tait (wynalazca teorii węzłów) i Nick Kemmer (odkrywca izospinu). Ten ostatni zatrudnił Petera Higgsa jako wykładowcę, którym był w latach 1960–1996 – aż do emerytury⁶.



Rys. 2. Peter Higgs w początkach pracy na Uniwersytecie w Edynburgu⁷

Jak wspomniano, pracę tytaniczną i decydującą dla potwierdzenia teorii Higgsa-Englerta wykonali uczeni, inżynierowie i cały personel CERN-u. Wielkim świętem był dla nich dzień 4 lipca 2012 r. i pamiętna dla odkrycia konferencja prasowa, na której po latach pracy i wyrzeczeń, także tych, które ponieśli europejscy podatnicy, został ogłoszony niewątpliwy sukces: wstępne domknięcie standardowego modelu organizacji materii. Atmosferę tamtego święta oddają nagrania filmowe, zawierające m.in. wypowiedzi kierowników zespołów odpowiedzialnych za zebranie i opracowanie

⁶ Por. <http://higgs.ph.ed.ac.uk/people> (dostęp 14 lutego 2014 r.).

⁷ http://higgs.ph.ed.ac.uk/sites/default/files/Higgs1954_0.gif

danych liczbowych z Wielkiego Zderzacza Hadronów: Fabioli Gianotti z ATLAS-a i Joe Incandela z CMS⁸.



Rys. 3. Współtwórcy odkrycia: od lewej: Peter Higgs, Rolf Heuer, Joe Incandela, Fabiola Gianotti i Christopher Llewellyn-Smith⁹

Ciężar wstępnego poinformowania opinii publicznej o wadze dokonanego odkrycia wziął na siebie Rolf Heuer – dyrektor generalny CERN-u. Trzeba stwierdzić, iż pytania zadawane wówczas przez dziennikarzy w pewien sposób odzwierciedlały nastroje światopoglądowe towarzyszące „konsumentom spopularyzowanych wersji teorii naukowych” (również i piszącemu te słowa), zapuszczającym się w tajemnicze obszary uczzonej doniosłości. Pytano, skoro jest to tak wielkie osiągnięcie – jakie to ma znaczenie dla laika? Czy to odkrycie otwiera perspektywę dalszych badań? Czy pole Higgsa nadaje masę ludziom? Czy to już koniec badań nad Modelem Standardowym? A może początek nowych odkryć ciemnej materii we wszechświecie?¹⁰

⁸ <http://youtu.be/IuZQgaGCI7c> (dostęp 14 lutego 2014 r.). Materiał zamieszczony przez „Financial Post” zawiera ponad godzinę nagrania, w którym uczeni zaangażowani bezpośrednio w odkrycie bozonu Higgsa udzielają odpowiedzi na pytania dziennikarzy światowych mediów.

⁹ Por. <http://www.rte.ie/news/special-reports/2012/0704/327837-higgs-boson-explanation/> (dostęp 14 lutego 2014 r.).

¹⁰ Tamże.

Rolf Heuer, pragnąc przybliżyć słuchaczom istotę odkrycia bozonu Higgsa, posłużył się obrazem znanym ze stosunków społecznych. Mianowicie: w pomieszczeniu zebrali się dziennikarze oczekujący na ważne oświadczenie. W czasie oczekiwania swobodnie rozmawiają, luźno i równomiernie wypełniając udostępnioną przestrzeń. Jednak w momencie, gdy ktoś z zewnątrz otwiera drzwi, by oznajmić nowinę – jednocześnie wszyscy ruszają z miejsc i gromadzą się wokół niego, „zbijając się” w masę. Podobnie działa bozon Higgsa. Tam, gdzie się pojawia, wzbudza pole, które powoduje, iż pozostałe cząstki nabywają masy¹¹.

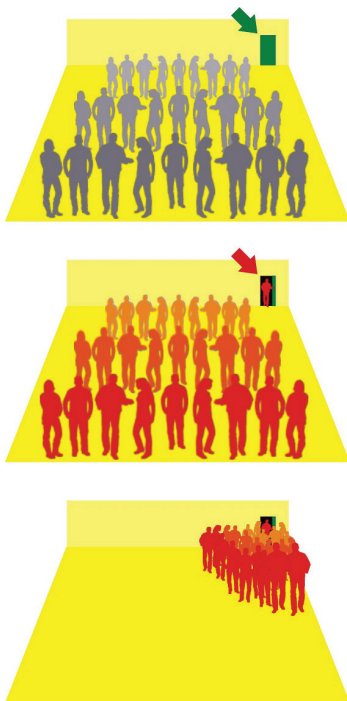
Oprócz pełnego fascynacji zainteresowania odkrycie bozonu Higgsa wywoływało również inne reakcje. Niektórzy uczeni wyrazili np. swoje zaniepokojenie. Steven Weinberg (Nobel A.D. 1979 za unifikację oddziaływań słabych i elektromagnetycznych) stwierdził, iż: „Odkrycie bozonu Higgsa zgodnego z Modelem Standardowym nie wyrwie fizyki z zastoju, ale przeciwnie – wtrąci ją w okres stagnacji” – o ile odkrycie tej cząstki nie dostarczy nowych wskazówek umożliwiających wyjście poza Model Standardowy. Rozwój fizyki byłby jego zdaniem możliwy tylko w przypadku odkrycia ponadstandardowych właściwości bozonu Higgsa¹².

Podsumowując rozważania dotyczące faktu odkrycia bozonu Higgsa, najprościej stwierdzić, iż pytanie Weinberga pozostaje otwarte, a cytowany autor niepokoi się być może nieco na zapas. Jednocześnie stwierdza się niebanalny fakt odkrycia, a zatem rodzą się kolejne pytania: Czy doszło do domknięcia obowiązującego modelu, który zdaje się z powodzeniem opisywać uniwersum obiektów skali subatomowej, czy też należy podjąć badania nad nowym? Czy mamy do czynienia z ostateczną syntezą, jak by

¹¹ Jezus Chrystus, mówiąc w przypowieściach o Królestwie Bożym, dokonywał popularyzacji rzeczywistości trudnej do zmysłowego ogarnięcia. Przed nie mniej trudnym zadaniem stają fizycy, którzy pragnąc spopularyzować najnowsze odkrycia odnośnie obiektów i faktów wyraźnie odbiegających od zdroworozsądkowej skali ludzkiego postrzegania, również posługują się przypowieściami. Wyraz temu dał także Dyrektor CERN-u.

¹² I. Sample, P. Higgs, *Poszukiwania boskiej cząstki*, Warszawa 2012, s. 340–341.

sugerował tytuł niniejszego opracowania, czy też rodzi się potrzeba transcendowania¹³, czyli badawczego przekroczenia Modelu Standardowego? Te pytania kierują niniejsze rozważania w stronę filozofii nauki wraz z jej naukami pomocniczymi: historią, socjologią i psychologią nauki¹⁴.



Rys. 4. Rolfa Heuera „przypowieść o konferencji prasowej”

¹³ Termin użyty nieprzypadkowo. W teologii i metafizyce transcendencją nazywamy to, co wykracza poza przygodność bytu – a więc byt Boga. Poprzez analogię – potrzeba transcendowania modeli fizycznych wskazuje na dynamizm systematycznych poszukiwań kolejnych odsłon bytu.

¹⁴ Por. M. Heller, *Filozofia nauki. Wprowadzenie*, Kraków 1992, s. 11; J. Życiński, *Elementy filozofii nauki*, Tarnów 1996, s. 18–21; tenże, *Trzy kultury. Nauki przyrodnicze, humanistyka i myśl chrześcijańska*, Poznań 1990, s. 180.

2. KONTEKST ODKRYCIA

Zdaniem Hansa Reichenbacha teorie naukowe (a zatem również towarzyszące im odkrycia) można analizować przynajmniej w dwóch kontekstach: odkrycia i uzasadnienia¹⁵. Chodzi mianowicie o to, na ile powstanie danej teorii było spowodowane wypadkową czynników zewnętrznych (eksternalizm), na ile zaś wewnętrzną logiką odkrycia naukowego (internalizm)¹⁶. Józef Życiński traktował dodatkowo o tzw. kontekście akceptacji poszczególnych twierdzeń naukowych, obecnym szczególnie w wypadku istnienia konkurencyjnych teorii, które przyjmuje się lub odrzuca na podstawie hierarchii przyjmowanych przedzałożeń¹⁷.

W wypadku teorii wyrażonej w Modelu Standardowym do kontekstu odkrycia bozonu Higgsa należy zaliczyć m.in. wspomniany wysiłek ekonomiczny, organizacyjny i osobowy, a także jego wynik – wielkie świętowanie całej społeczności uczonych, znacznie

¹⁵ H. Reichenbach, *Experience and Prediction*, Chicago 1938, s. 6 n.; za: J. Życiński, *Elementy filozofii nauki*, s. 18.

¹⁶ Należy przy tym uwzględnić obydwa konteksty, których wyodrębnienie uznaje się za użyteczne narzędzie metodologiczne, pozwalające utrzymać równowagę pomiędzy eksternalizmem a internalizmem. M. Heller, dz. cyt., s. 64–65.

¹⁷ J. Życiński, *Teizm i filozofia analityczna*, Kraków 1988, t. 2, s. 216–232, zwł. s. 225–227. Rola kontekstu akceptacji dochodzi do głosu szczególnie wówczas, gdy próbuje się określić odpowiedzialność za instytucjonalne spowolnienie lub przyspieszenie procesów rozwoju nauki. Na przykład, w sprawie Galileusza rolę „głównego hamulcowego” postępu przypisuje się inkwizycji i Kościołowi katolickiemu. Uwzględnienie kontekstu akceptacji teorii naukowych odsłania zupełnie inny obraz. Otóż często sam świat nauki okazywał się niegotowy na przyjęcie odkryć, dla których brakowało eksperymentalnego potwierdzenia. Tak było również z teorią heliocentryzmu. Do czasów odkrycia w roku 1728 przez J. Bradleya aberracji światła oraz w 1837 r. paralaksy przez F.W. Besseta, czyli przez co najmniej 96 lat od daty opublikowania przez Galileusza *Dialogu o dwóch systemach*, zwolennicy kopernikanizmu nie posiadali zdecydowanego potwierdzenia obserwacyjnego dla systemu heliocentrycznego. Por. J. Stodółkiewicz, *Astrofizyka ogólna z elementami geofizyki. Podręcznik dla studentów fizyki i geofizyki uniwersytetów*, Warszawa 1967, s. 72–74.

przekraczające satysfakcję pojedynczego badacza. W ramach kontekstu uzasadnienia znajdują się z kolei przyjęte założenia, metody i środki techniczne oraz procedury badawcze, ich wyniki, analiza oraz składowe eksperymentalnego potwierdzenia teorii.

Wspomniano wcześniej o pytaniach, które w kontekście odkrycia bozonu Higgsa zadawali dziennikarze w imieniu „konsumentów spopularyzowanych wersji teorii naukowych”. W jeszcze szerszym odbiorze odkrycie to wywołało również pewne skojarzenia i nadzieje wyrażane w wersji popkulturowej. Przykładem takiego podejścia była lista potencjalnych zastosowań technicznych bozonu Higgsa, zaprezentowana na portalu „33rd Square”, takich jak: budowa mechanizmu lewitacji obiektów, nowe rodzaje napędu, eksploracja czarnych dziur, użytkowanie antymaterii, podróże z prędkością światła etc.¹⁸

Kiedy traktuje się o wpływie czynników pozanaukowych na odkrycia naukowe, nie da się uniknąć analizy zjawiska odwrotnego: społecznego odbioru teorii naukowych. Mamy tu do czynienia ze specyficznym sprzężeniem zwrotnym: do kontekstu odkrycia należałoby zaliczyć nie tylko pozanaukowe czynniki wpływające na formułowanie i rozwijanie nowych teorii naukowych, ale także skutki, jakie niesie ich społeczna popularyzacja. Nauka bowiem, przy całym bogactwie i wieloznaczności tego terminu, oznacza zarówno aktywność poznawczą, proces badania lub uczenia się, wytwór czynności badawczych, ale także naukę jako instytucję¹⁹. Jest to więc pewien byt społeczny, wyrażający się we wspólnocie (łac. *universitas*) poszczególnych uczelni, środowisk specjalistycznych, bibliotek, fundacji, komitetów, stowarzyszeń etc. – zarówno na szczeblu lokalnym, krajowym, międzynarodowym, jak i – coraz częściej – zglobalizowanych.

¹⁸ <http://www.33rdsquare.com/2012/07/higgs-boson-discovery-may-unlock-light.html> (dostęp 14 lutego 2014 r.) Niektórzy z autorów tych twierdzeń nie odróżniają np. „antymaterii” od „ciemnej materii”, stąd językowe i rzeczowe nieporozumienia.

¹⁹ S. Kamiński, *Nauka i metoda. Pojęcie nauki i klasyfikacja nauk*, Lublin 1992, s. 22.



Rys. 5. Radość pracowników nauki zebranych w CERN-ie po ogłoszeniu zwycięstwa „boskiej cząstki” wśród odkryć nominowanych do Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki A.D. 2013²⁰

Nauka to także konsumpcja i rodzące się wokół niej pytania: Jak przekonać społeczeństwo i polityków do wydatków na badania i programy naukowe? Jak popularyzować, żeby nie szkodzić prawdzie odkrycia? Jak odnosić się do prób ideologicznej ekstrapolacji wyników badań naukowych na sfery religii i światopoglądu?

Jeśli chce się traktować o teologicznych implikacjach odkrycia bozonu Higgsa, trzeba umieścić te rozważania w odpowiednim kontekście, którym na pewno nie będzie bezpośrednio zaangażowany w uzyskanie badawczych wyników kontekst uzasadnienia, a właśnie w kontekst odkrycia, i to z uwzględnieniem sprzężenia zwrotnego, jakim jest społeczny odbiór działalności naukowej

²⁰ <http://i.i.cbsi.com/cnwk.1d/i/tim2/2013/11/13/higgs11.jpg> (dostęp 14 lutego 2014 r.).

i jego wpływ na opinię publiczną. Nie istnieje bowiem proste przełożenie typu „nauka-wiara”. Wiara jest aktem osoby, owszem, można mówić także o pewnym depozycie wiary, ale najczęściej okazuje się, że do konfrontacji ze zdaniem formułowanymi przez nauki przyrodnicze stają poglądy teologiczne, a nie wiara jako taka²¹. Natomiast medium pośredniczącym w tym dialogu jest obraz świata, jakiego w danym okresie historycznym dostarczają społeczeństwu nauki przyrodnicze²².

	Przyrodzone	Nadprzyrodzone
Rodzaj poznania	„Empiria” Poznanie empiryczne, wzgl. intelektualne	Wiara Akt osoby niesprzeczny z rozumem
Fenomen społeczny	Nauka - instytucja - produkt poznania - proces poznawczy uspołeczniony	Religia - instytucja - doktryna religijna - wspólnota wierzących
Uszczegółowienie	Nauki przyrodnicze (<i>sciences</i>)	Teologia

Rys. 6. Osie dialogu „nauka-wiara”: „empiria-wiara”, „nauka-religia”, „nauki przyrodnicze-teologia”. Adekwatne są pary tych samych poziomów: rodzajów poznania, fenomenu społecznego lub poznawczego uszczegółowienia

²¹ M. Heller, Z. Liana, J. Mączka, W. Skoczny, *Nauki przyrodnicze a teologia. Konflikt i współistnienie*, Kraków-Tarnów 2002, s. 29; por. M. Heller, *Wszechświat i Słowo*, Kraków 1994, s. 14–15.

²² E. Kałuszyńska, *Czyj obraz? Jaki świat?*, [w:] A. Latawiec A. Lemańska (red.), *Filozoficzne i naukowo-przyrodnicze elementy obrazu świata*, Warszawa 1998, s. 17–18.

Dla zilustrowania kwestii społecznego odbioru odkryć naukowych rozważy się jeszcze dwa przykłady (oprócz omawianego bozonu Higgsa), pochodzące z innych gałęzi fizyki, które dość głęboko „wryły się” w świadomość społeczną.

2.1. Impakty, wymierania i moralna panika

Za pierwszy przykład niech posłużą wyniki badań dotyczących wielkich wymierań ziemskiej fauny, czego przejawem był zanik dinozaurów na granicy kredy i trzeciorzędu, przełomy permu, triasu i jury oraz nowsze (34 mln lat wstecz) – odnotowane w oligocenie i eocenie. W połowie lat 90. ubiegłego wieku doszło do szerszej społecznej świadomości, iż bardzo prawdopodobną przyczyną tych wymierań były zderzenia meteorytów z powierzchnią Ziemi (tzw. impakty od ang. *impact* – ‘uderzenie’)²³. Wyniki symulacji takich zdarzeń kosmicznych zaprezentowało m.in. Narodowe Laboratorium Sandia, Nowy Meksyk USA. Badania autorstwa Davida Crawforda (Wydział Fizyki i Matematyki Obliczeniowej) oraz Arthurine Breckenridge (Wydział Architektury Komputerowej) nie pozostawiają złudzeń, iż nawet niewielki *impact* jest w stanie wywołać globalną katastrofę. Uderzenie niewielkiej komety o średnicę 1,4 km w Ocean Atlantycki 40 km na południe od Nowego Jorku z prędkością 11–70 km/s wygenerowałoby energię przewyższającą dziesięciokrotnie moc szacowanego potencjału jądrowego zgromadzonego przez ludzkość. Skutkowałoby to temperaturami rzędu kilku tysięcy stopni Celsjusza wraz ze zjawiskami towarzyszącymi: tsunami, trzęsieniami ziemi, zimą wywołaną przez pyły blokujące dostęp promieni słonecznych do powierzchni Ziemi. Skutkiem takiego stosunkowo ograniczonego „incydentu” byłyby zagłada czwartej części ludzkości²⁴.

²³ A. Zubek, *Kosmiczne rekolekcje*, „Tygodnik Powszechny” 2012, nr 52; por. http://tygodnik.onet.pl/36,0,72019,kosmiczne_rekolekcje,artykul.html (dostęp 14 lutego 2014 r.).

²⁴ Por. <http://www.sandia.gov/media/comethit.htm> (dostęp 14 lutego 2014 r.).

Chyba nieprzypadkowo przełom wieków XX i XXI obfitował w filmy katastroficzne osnute na motywach popularnonaukowych. Z reguły fabuła odwoływała się do któregoś z elementów naukowego obrazu świata, osnutego na danym odkryciu, a poczesną pozycję wśród dreszczowców *science fiction* zajmują dzieła eksplloatujące motyw zderzenia Ziemi z meteorytem²⁵. Oczywiście reprezentowane są również inne siły przyrody, jak wybuchy wulkanów, trzęsienia ziemi, huragany, globalne ocieplenie i zlodowacenie, katastrofa jądrowa, nieznane wirusy, zmutowane organizmy albo kilka z tych czynników wziętych na raz i powiązanych łańcuchem zaskakujących przyczyn oraz skutków. Czy należy za to winić naukę, oskarżając ją o powodowanie społecznych niepokojów, swoistej paniki moralnej?²⁶ Chodzi raczej o ukazanie, jak potężne efekty w świadomości społecznej powoduje przenikanie do panującego obrazu świata pewnych danych naukowych. Jednocześnie zjawisko to ma znaczenie dla samej nauki i jej społecznego odbioru. Okazuje się bowiem, że kosmos, który nauki badają, może zostać zakwestionowany w wykraczającej poza nauki przyrodnicze warstwie aksjologicznej. W katastroficznym aspekcie rzeczywistości odkrywanych przez nauki nie da się już utrzymać pozytywistycznego triumfalizmu ich osiągnięć, posuniętego aż do ideologicznego ubóstwienia materii. Przełom XX i XXI wieku tym się różni od poprzedniego przełomu stuleci, że przywołane współcześnie interdyscyplinarne elementy nauk, zamiast utwierdzać

²⁵ Oto kilka przykładów popularnych produkcji kinematograficznych, poruszających temat zderzenia meteorytu z Ziemią: R. Neame (reż.), *Meteor*, USA 1979; M. Leder (reż.), *Dzień zagłady*, USA 1998; S. Irvin (reż.), *Siła uderzenia*, Kanada, USA 2005; J. Murlowski (reż.), *Zabójczy żar: Dni zagłady*, USA 2006; K. Boak (reż.), *Uderzenie komety*, Wielka Brytania 2007; F.J. Gutiérrez (reż.), *Trzy dni*, Hiszpania 2008; L. von Trier (reż.), *Melancholia*, Dania, Szwecja, Francja, Niemcy, Włochy 2011.

²⁶ Chodzi o takie problemy, które społeczność przedstawia sobie, tendencyjnie wyolbrzymiając rzeczywiste dane w ramach komunikacji społecznej: medialnej i politycznej. Por. R. Cascioli, A. Gaspari, 2012. *Katastrofizm i koniec czasów*, Kraków 2011, s. 202–203.

społeczeństwo w scjentystycznym samozadowoleniu – odsłaniają wielką kruchość naszego świata, zwłaszcza biosfery.



Rys. 7. Upadek fragmentu meteorytu w Czelabińsku 15 lutego 2013 r., godz. 9.20 rano czasu lokalnego²⁷

Twierdzenie, iż rozwój nauk przyrodniczych prowadzi ludzkość jedynie do moralnej paniki i poznawczej frustracji, byłoby jednak znacznym nadużyciem. Oczywiście wiadomości sensacyjne, budzące niepokój, łatwiej docierają do społecznej świadomości. Jak

²⁷ Źródło: http://i.telegraph.co.uk/multimedia/archive/02482/meteorite_2482025b.jpg (dostęp 14 lutego 2014 r.). Według Rosyjskiej Akademii Nauk nie był to zwyczajny deszcz meteorytów, ale eksplozja 10-tonowego bolidu, który z prędkością 20 km/s przedarł się do niższych warstw atmosfery i eksplodował na wysokości 30–50 km nad ziemią. Zdaniem NASA siła eksplozji odpowiadała detonacji bomby atomowej o mocy 500 kt – 30 razy większej niż w Hiroszimie. Zob. Russia Today – <http://rt.com/news/scientists-explain-chelyabinsk-bolide-337> (dostęp 14 lutego 2014 r.). Nazajutrz po katastrofie naliczono 1142 osoby ranne, w tym 258 dzieci. Główną przyczyną obrażeń była fala uderzeniowa i szkło z rozbitych okien, wepchnięte do wnętrza zabudowań. Straty materialne oszacowano wstępnie na 1 mld rubli (ok. 33 mln USD). Źródło: PAP / Newsweek – <http://swiat.newsweek.pl/coraz-wiecej-rannych-po-deszczu-meteorytow-w-rosji--1142-osoby--w-tym-258-dzieci,101480,1,1.html> (dostęp 14 lutego 2014 r.).

stwierdził David S.F. Portree: „na początku XXI wieku udało się przekonać ludzi, by postrzegali asteroidy jako międzyplanetarny odpowiednik morskich potworów. Często słyszymy rozmowy o «asteroidach-zabójcach», podczas gdy nie ma przekonujących dowodów na to, że zabiły one kogokolwiek w dziejach rodzaju ludzkiego. Być może meteoryt tunguski z 1908 r. mógł stać się przyczyną czyjejś śmierci, w każdym razie nie jest to z pewnością udowodnione. [...] Porównując to ze zwyczajnymi zagrożeniami codzienności, które ludzie są gotowi zaakceptować – np. ryzyko śmierci w wypadku samochodowym – asteroidy są całkowicie niegroźne”²⁸. W kontekście wspomnianej paniki moralnej realistyczne programy naukowe, podejmowane dla zabezpieczenia Ziemi przed intruzami z kosmosu, wydają się być może mniej obiecujące, niż przewiduje ich faktyczny potencjał. Jednym z takich programów jest program NEO (Near-Earth Object) wdrażany przez amerykańską NASA (National Aeronautics and Space Administration)²⁹. W tym wypadku nauka nie tylko definiuje zagrożenia, ale również podaje sposoby rozwiązywania powstałych kryzysów. Problemem może być w tym wypadku osiągnięcie adekwatnej społecznie woli politycznej do realizacji możliwych projektów ochrony Ziemi, zwłaszcza gdy miałyby one angażować znaczne siły i środki.

²⁸ David S.F. Portree. *Earth-Approaching Asteroids as Targets for Exploration* (1978). wired.com 23 marca 2013. <http://www.wired.com/wiredscience/2013/03/earth-approaching-asteroids-as-targets-for-exploration-1978/> (dostęp 14 lutego 2014 r.).

²⁹ <http://neo.jpl.nasa.gov/> (dostęp 14 lutego 2014 r.). Oprócz katastrofalnych skutków egzystencjalnych upadek meteorytu niesie ze sobą również pewne korzyści dla samej nauki. Możliwość badania struktury fizyko-chemicznej „przybysza” z kosmosu, po którego nie trzeba się było wyprawiać, a który „sam” dostarczył się badaczom, stanowi okazję do nowych odkryć, jak też i potwierdzenia istniejących teorii kosmologicznych.

2.2. Cywilizacje pozaziemskie i kosmiczna euforia

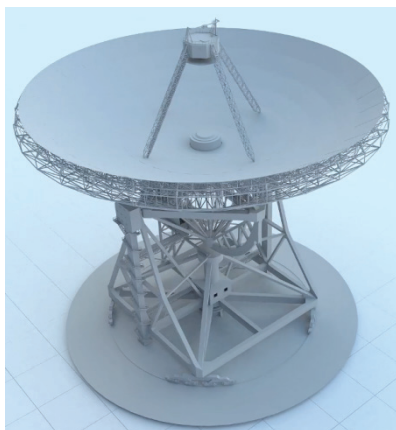
Obraz świata dostarczany społeczeństwu przez spopularyzowane wersje teorii naukowych odnosi się nie tylko do *tremendum* odkrywanego w kosmosie, ale także do zawartego w odkryciach *fascinans*³⁰. Interesującym przykładem nauk badających przyrodę nieożywioną³¹, których wyniki mogą budzić fascynację w odbiorze społecznym, jest radioastronomia, zwana dokładniej radiową interferometrią wielkobazową³². Do imponujących osiągnięć naukowych tego działu astronomii można zaliczyć odkrycie kwazarów (1963), relikтового promieniowania tła (Nobel 1978 dla A. Penziasa i R. Wilsona), pulsarów (1974), dostarczenie dowodów

³⁰ Przytoczone terminy nieprzypadkowo odnoszą się do koncepcji elementów racjonalnych i irracjonalnych w pojęciu bóstwa, której autorem jest R. Otto. Ogrom kosmosu, który w człowieku go kontemplującym może wzbudzić nabożny lęk, niesie ze sobą jednocześnie fascynację. Odczucia lęku i fascynacji wydają się być wspólne zarówno dla doświadczenia kontemplacji kosmosu, jak i jego Stwórcy. Por. R. Otto, *Świętość. Elementy irracjonalne w pojęciu bóstwa i ich stosunek do elementów racjonalnych*, Warszawa 1999, s. 33.: „Według praw, o których będzie jeszcze mowa, to uczucie «czegoś całkiem innego» będzie związane albo okazyjnie wywoływane przez przedmioty, które same z siebie są już «z natury» zagadkowe, wprawiają w osłupienie, frapują: a więc przez zadziwiające i rzucające się w oczy zjawiska, procesy i rzeczy w przyrodzie, wśród zwierząt i wśród ludzi. Ale i tu chodzi o sprowadzenie szczególnego, a mianowicie numinotycznego [dotyczącego właśnie *tremendum* i *fascinans* – lęku i fascynacji – przyp. F.K.] elementu uczuciowego do «naturalnego», a nie o stopniowanie tego ostatniego”.

³¹ Przyjęcie takiej kategoryzacji może jednak oznaczać pewien paradoks. Jak to wyniknie z dalszej części niniejszego paragrafu, badania przyrody nieożywionej mogą niespodziewanie przerodzić się w badania domniemyanych wytworów istot żywych, np. sygnałów radiowych nadawanych przez obce cywilizacje.

³² Zagadnienie w syntetyczny i przystępny sposób omawia np. prof. dr hab. Andrzej Kus z Obserwatorium Radioastronomicznego Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. W listopadzie 2012 r. stanął on na czele konsorcjum, mającego na celu wybudowanie w Borach Tucholskich jednego z największych na świecie polskiego radioteleskopu o średnicy przekraczającej 90 m – por. rys. 8. http://torun.gazeta.pl/torun/1,35576,12812790,Torunski_astronom_na_czele_potężnego_konsorcjum.html Por. A. Kus, *Wszechświat na falach radiowych*, „Przegląd Telekomunikacyjny”, czerwiec 2006, s. 204–209. http://www.astro.uni.torun.pl/index.php?page=wszechswiat_na_falach_radiowych (dostęp 14 lutego 2014).

obserwacyjnych na istnienie masywnych czarnych dziur (1989), odkrycie pierwszego pozasłonecznego układu planetarnego (1992) czy odkrycie podwójnego pulsara i dowód na istnienie fal grawitacyjnych (Nobel 1993 dla L. Hulse'a i J. Taylora)³³. Ostatnie z wymienionych odkryć zbliża się do tematyki obecnej w odkrywaniu bozonu Higgsa, co daje jeden z przykładów interdyscyplinarnego i unifikacyjnego charakteru teorii łączących z pozoru bardzo odległe dziedziny badań fizycznych, prowadzonych na obiektach w skali mikro i makro.



Rys. 8. Wizualizacja planowanej przez Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu inwestycji – największego w Polsce światowej klasy radioteleskopu RT 90+³⁴

Istnieje jednak pewien aspekt, w którym odkrycia radioastronomii, same w sobie niezwykle interesujące dla świata nauki, mogą zainteresować, a nawet zelektryzować opinię publiczną. Chodzi mianowicie o gałąź poszukiwań radioastronomicznych, sformalizowaną w ramach projektu SETI (Search for Extra Terrestrial Intelligence). Uчени zrzeczeni w SETI podejmują systematyczne wysiłki

³³ A. Kus. dz. cyt.

³⁴ Zob. Centrum Radioastronomii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu: <http://www.astro.uni.torun.pl/index.php?page=rt90simulation>.

dla zdobycia dowodów na istnienie cywilizacji pozaziemskiej posługującej się techniką skutkującą wysyłaniem w przestrzeń kosmiczną fal radiowych. Założeniem eksperymentu jest badanie emisji w wąskich pasmach częstotliwości. Bowiem obiekty naturalne – jak pulsary, kwazary, czy też wzburzone, acz rozrzedzone gazy Drogi Mlecznej – emitują sygnały w pasmach o wiele szerszych. Można więc przyrównać uchwycenie wąskopasmowej emisji radiowej do delikatnego obracania pokrętkiem radioodbiornika i „trafienia” na radiostację „wbitą klinem” pośród szerokopasmowych szumów³⁵. W dziejach SETI zdarzyło się kilka intrygujących i niewyjaśnionych sygnałów, wykrytych podczas rutynowych eksperymentów. Niewątpliwie najbardziej znanym był sygnał „Wow!” odnotowany przez Radioobserwatorium Stanowe w Ohio w roku 1977. Nie powtórzył się on jednak, a pracownicy nauki zaangażowani w SETI doskonale zdają sobie sprawę, że aby mówić o dowodzie, należy uzyskać pewną eksperymentalną powtarzalność³⁶. Opisane odkrycie dobrze koresponduje z wysypem filmów *science fiction* dotyczących spotkań z „obcymi” i wszelkiej tematyki „ufologicznej” (UFO – ang. Unidentified Flying Object – pl. NOL – Niezidentyfikowany Obiekt Latający). Nie są to bynajmniej same

³⁵ Por.: <http://www.seti.org/faq> (dostęp 14 lutego 2014).

³⁶ Tamże. Odkrycie tzw. sygnału „Wow!” zawdzięczamy 37-letniemu wówczas Jerry’emu Ehmanowi. Dnia 15 sierpnia 1977 r. radioteleskop Uniwersytetu Stanowego w Ohio „Big Ear” („Wielkie Ucho”) zarejestrował sygnał reprezentowany w systemie komputerowym jako „6EQUJ5”. To właśnie Ehman przy użyciu czerwonego długopisu pozostawił na wydruku słynny komentarz „Wow!” – oznaczający w jęz. angielskim okrzyk zdumienia pełnego podziwu. Zdumienie Ehmana, jak też i pozostałych pracowników i kierownictwa laboratorium wynikało z faktu, iż sekwencja zarejestrowana z kierunku Gwiazdozbioru Strzelca nosiła znamiona sygnału silnie modulowanego, a więc potencjalnie o pochodzeniu techniczno-cywilizacyjnym, w przeciwieństwie do rejestrowanego zazwyczaj szerokopasmowego szumu obiektów naturalnych. Ponadto sygnał został przesłany na częstotliwości promieniowania atomu wodoru, co dokładnie odpowiadało przypuszczeniom badaczy co do parametrów technicznych potencjalnej transmisji pozaziemskiej. Por. Patrick J. Kiger, *What is the Wow! Signal?*, „National Geographic” <http://channel.nationalgeographic.com/channel/chasing-ufos/articles/what-is-the-wow-signal/> (dostęp 14 lutego 2014).

horror – zdarzają się również komedie, przykłady kina rodzinnego czy nawet obrazy o wydźwięku obyczajowym. Popkulturowy odbiór tematyki cywilizacji pozaziemskich wydaje się bardziej ambiwalentny, niż w poprzednio omówionym przypadku zagrożenia ziemi przez meteoryty. Owszem, wiele produkcji filmowych porusza tematykę inwazji obcych, ale nie jest ona jedyna³⁷.

Jaki związek zachodzi jednak pomiędzy popkulturowym a naukowym odbiorem znaków potencjalnie istniejących cywilizacji pozaziemskich? Nie chodzi bynajmniej o to, by w sygnale z Ohio upatrywać przyczyn znacznego wzrostu zainteresowania popkulturą „zielonymi ludzikami”. Przyczyną może być raczej podbój kosmosu przez człowieka, zapoczątkowany w roku 1961 i pojawiające się przy okazji pytanie: „Co też nowego możemy spotkać w niezbadanej dotąd przestrzeni kosmicznej”?³⁸ Także zimnowojenna izolacja supermocarstw i obserwowane przypadkiem testy nowych broni lub nieznanymi ogółowi maszyn zwiadowczych mogły przyczynić się do rozwoju „legendy UFO”³⁹. Jaka więc rola przypada w tym kontekście SETI? Otóż poszukiwanie

³⁷ Przykładowe dzieła: S. Spielberg (reż.), *Bliskie spotkania trzeciego stopnia*, USA, Wielka Brytania 1977; J. Girault (reż.), *Żandarm i kosmici*, 1979 Francja; tenże, *Kapusińszak*, Francja 1981; W. Petersen (reż.), *Mój własny wróg*, USA 1985; A. Kondratiuk (reż.), *Big Bang*, Polska 1986; S. Mizushima (i in. Reż.), *Neon Genesis Evangelion* (serial), Japonia 1995–1996; R. Zemeckis (reż.), *Kontakt*, USA 1997; B. Levinson (reż.), *Kula*, USA 1998; M.N. Shyamalan (reż.), *Znaki*, USA 2002; G. Rydstrom, *Nie przeszkadzać*, USA 2006; N. Blomkamp (reż.), *Dystrykt 9*, Kanada, Nowa Zelandia, RPA, USA 2009; J. Liebesman (reż.), *Inwazja: Bitwa o Los Angeles*, USA 2011;

³⁸ Za prekursora popularyzacji problematyki podróży kosmicznych można uznać słynnego J. Verne, z jego powieścią *Z ziemi na księżyc* (oryg. *De la Terre à la Lune*) z roku 1865.

³⁹ Obszerne studium nieudanych prób wyjaśnienia fenomenu UFO oraz jego wykorzystania w zimnowojennej walce psychologicznej zostało przedstawione przez D. Clarke’a i A. Robertsa w książce *Out Of The Shadows: UFOs, the Establishment and the Official Cover Up* (Wyjście z cienia: niezidentyfikowane obiekty latające, władza i urzędowa dezinformacja) – Londyn 2002. Zob. recenzję P. Harrisa, *Cold War hysteria sparked UFO obsession, study finds*, „The Guardian”, z 5 maja 2002. Por. <http://www.theguardian.com/science/2002/may/05/spaceexploration.research> (dostęp 14 lutego 2014).

sygnałów cywilizacji pozaziemskich, prowadzone systematycznie przez uczonych – radioastronomów – dostarcza naukowej legitymacji dla tej części społeczeństwa, która podziela wiarę w dokonane kontakty ziemian z cywilizacjami pozaziemskimi. Skoro bowiem w sprawę, przynajmniej w pewnym wymiarze, zaangażował się autorytet nauki, trudno jednoznacznie odrzucić poszukiwanie kontaktów z „obcymi” jako nienaukowe⁴⁰.

Przytoczone przykłady społecznej recepcji odkryć naukowych ukazują wielowymiarowość omawianego zjawiska. Istotny efekt zamierzonych (i nie tylko) działań popularyzatorskich zaznacza się w kilku przynajmniej obszarach życia społecznego. Chodzi m.in. o: medialne zainteresowanie społeczeństwa i rządzących pracą uczonych (finansowanie badań), inspirowanie uzdolnionej młodzieży do celowego treningu poznawczego i podejmowania badań naukowych (ciągłość międzypokoleniowa nauki), nadanie odpowiedniej wagi etosowi uczonego, jako tego, który pozwala rozwiązywać wszelkie wyzwania stojące przed człowiekiem w środowisku przyrodniczym (prestż nauki). Warto przy tym nie tracić z pamięci stwierdzenia, że zbyt marketingowo potraktowana popularyzacja może przynieść efekt wręcz odwrotny, szkodzący nauce. Jeśli spopularyzowana wizja świata wynikająca z odkryć naukowych okaże się apokaliptyczna, może to prowadzić do zniechęcenia społeczeństw i odwrotu od usystematyzowanego wysiłku poznawania przyrody. Po co bowiem poznawać świat, skoro jest on tak kruchy, iż w każdej chwili może nastąpić koniec, przekreślający wszelkie dotychczasowe wysiłki, z poznawczymi włącznie?

⁴⁰ Zdaniem L. Speigela z Huffington Post prawie połowa (48%) Amerykanów wierzy, iż niezidentyfikowane obiekty latające związane są z odwiedzinami przedstawicieli cywilizacji pozaziemskich. Jedynie 35% zdecydowanie odrzuca tę ideę. Badanie przeprowadzono na grupie 1000 dorosłych w dniach 6–7 września 2013 r. przez portale Huffington Post oraz YouGov. Zob. L. Spiegel, *48 Percent Of Americans Believe UFOs Could Be ET Visitations*, Huffington Post, 11 września 2013. Por. http://www.huffingtonpost.com/2013/09/11/48-percent-of-americans-believe-in-ufos_n_3900669.html (dostęp 14 lutego 2014).

Chociaż odkrycie bozonu Higgsa zdaje się nie wywoływać tak głębokiego oddźwięku społecznego, jak wspomniane idee kosmicznych zagrożeń czy cywilizacji pozaziemskich, to jednak wpisuje się ono w naukowy obraz świata, którym karmi się kultura masowa. Jeśli więc chodzi o oddźwięk społeczny odkrycia dokonanego w CERN-ie istotna będzie jego metanaukowa interpretacja, a więc próba filozoficzno-światopoglądowego opisu domknięcia standardowego modelu organizacji materii. Omówienie przykładów interpretacji tego typu nastąpi w kolejnym paragrafie.

3. UWAGI METODOLOGICZNE TEOLOGII NAUKI⁴¹

Omówiono powyżej przykłady odkryć naukowych oraz wpływu ich popularyzacji na świadomość społeczną, czyli na obraz świata funkcjonujący we współczesnej kulturze. Ich analiza pozwala sformułować tezę, iż odkrycia te wkrótce po opuszczeniu laboratoriów zaczynają „żyć własnym życiem” – nieraz w sposób nieprzewidziany przez samych uczonych. W tym wypadku szczególnie odpowiedzialność spoczywa na popularyzatorach nauki. Natomiast teolog powinien sformułować pewne uwagi w celu wyjaśnienia i usystematyzowania dyskusji oraz pojawiających się nieporozumień w kontekście wzajemnych odniesień teologii i nauk przyrodniczych.

⁴¹ Teologia nauki jest to nowa dyscyplina teologiczno-filozoficzna, postulowana przez M. Hellera. Chodzi w niej przede wszystkim o uzyskanie przez teologię chrześcijańską pełnej metodologicznej samoświadomości. Zdaniem tegoż autora współczesna teologia zarówno katolicka, jak i protestancka „jest zbyt silnie zrośnięta z nieaktualnym już obrazem świata, odziedziczonym po fizyce newtonowskiej, a niekiedy sięgającym jeszcze średniowiecza. W dużej mierze ten właśnie fakt odbiera atrakcyjność teologii w oczach dzisiejszego człowieka”. M. Heller, *Moralność myślenia*, Tarnów 1993, s.78. Por. tenże, *Naukowy obraz świata a zadanie teologa*, [w:] S. Wszolek (red.), *Refleksje na rozdrożu. Wybór tekstów z pogranicza wiedzy i wiary*, Tarków 2000, s. 227–228. Zob. także F. Krauze, *Jedna prawda dwie księgi*, Kraków 2008, s. 170–185.



Rys. 9. Okładki książek popularyzujących w Polsce problematykę odkrycia bozonu Higgsa. Wydawnictwo „Prószyński i s-ka”

Szersze grono polskich czytelników mogło się zaznajomić z tematyką bozonu Higgsa na podstawie dwóch pozycji książkowych: *Boska cząstka*⁴² (dwa wydania) oraz *Peter Higgs*⁴³ – obydwa pod egidą Wydawnictwa „Prószyński i S-ka”. Stwierdzenie, iż któraś z cząstek konstytuujących materię nazywana jest „Boską”, w oczywisty sposób powinno zainteresować teologa. Trzeba jednak od razu zaznaczyć, że trop ten jest fałszywy. Wszelkie domysły co do teologicznej konotacji wyrażenia „Boska cząstka” zdaje się przecinać Joseph Lykken z Laboratorium Fermiego w Illinois. Stwierdził on, iż owszem: „Nasz poprzedni dyrektor, Leon Ladermann (Nobel 1988 – neutrino mionowe), nazwał Bozon Higgsa «Boską cząstką»”. Jednakże „Nie był to w założeniu komentarz religijny, nazwa służyła bardziej wyrażeniu naszego pojęcia o funkcjonowaniu Wszechświata. Uważamy, że po pierwsze, bez bozonu Higgsa nie byłoby Wszechświata”⁴⁴.

⁴² L. Laderman, D. Teresi, *Boska cząstka. Jeśli Wszechświat jest odpowiedzią, jak brzmi pytanie?*, Warszawa 1996, 2012.

⁴³ I. Sample, *Peter Higgs. Poszukiwania boskiej cząstki*, Warszawa 2012.

⁴⁴ R. Harris, *Is The Hunt For The 'God Particle' Finally Over?*, NPR News July 02, 2012. Por. <http://www.npr.org/2012/07/02/155994840/is-the-hunt-for-the-god-particle-finally-over> (dostęp 14 lutego 2014 r.).

Co na to autor „Boskiej cząstki”? Sam Leon Ladermann podał dwa wyjaśnienia tytułu swojej książki popularyzującej poszukiwania bozonu Higgsa. Pierwsze, dość rubaszne: cząstka Boska, bo nie diabelska. Drugie, w pewnym sensie uzasadnione teologicznie: w nawiązaniu do Księgi Rodzaju (Rdz 11,1-9) cząstka została nazwana Boską, ponieważ jej działanie prowadzi do zróżnicowania materii. Tak właśnie stało się pod Wieżą Babel z językami – Bóg sprawił, iż one się zróżnicowały (pomieszały). Dlatego zróżnicowanie materii jest, według analogii zastosowanej przez tegoż autora, dziełem zasługującym na nazwę „Boskie”⁴⁵.

3.1. Dwa spojrzenia, dwa naturalizmy

Oświadczenia Lykkena i Ladermana nie zamknęły teologicznego wątku dyskusji nad „Boskim” wymiarem bozonu Higgsa⁴⁶. Do przedstawicieli dwóch głównych nurtów tej debaty można zaliczyć np. z jednej strony Lawrence’a M. Kraussa z Uniwersytetu Stanowego w Arizonie, z drugiej – Guya Consolmagno SJ z Obserwatorium Watykańskiego. Co ciekawe, obydwu cechuje pewna wewnętrzna ambiwalencja zajmowanych stanowisk.

I tak Krauss twierdzi, iż „Możliwe, że cząstka Higgsa jest bardziej odpowiednia do opisu świata niż Bóg, który nie mieści się w naukowej historii stworzenia. Ludzie z ich wspaniałymi narzędziami i umysłami mogliby właśnie uczynić ogromny krok, by zastąpić metafizyczną spekulację wiedzą weryfikowalną empirycznie”⁴⁷. Jednocześnie jednak ten sam autor ujmuje rzeczywistość

⁴⁵ L. Laderman, D. Teresi, *Boska cząstka*, Warszawa 1996, s. 41-43.

⁴⁶ Przykładem może być publikacja Huffington Post z 14 lipca 2012 r. zatytułowana *Boska cząstka rozpala dyskusję nad religią i nauką*. Por. http://www.huffingtonpost.com/2012/07/14/higgs-boson-god-particle-religion-science_n_1672741.html (dostęp 14 lutego 2014 r.).

⁴⁷ L.M. Krauss, *W jaki sposób bozon Higgsa otwiera nową historię naszego stworzenia*, „Newsweek Magazine” z 9 lipca 2012. Por. <http://mag.newsweek.com/2012/07/08/how-the-higgs-boson-posit-a-new-story-of-our-creation.html> (dostęp 14 lutego 2014 r.).

w sposób emocjonalny, daleko wykraczający poza zwyczajny dyskurs naukowy. Stwierdza bowiem: „Jednym z najbardziej poetyckich faktów znanych mi o Wszechświecie jest to, że w istocie każdy atom naszych ciał znajdował się w środku eksplodującej gwiazdy. Co więcej, atomy w twojej lewej ręce przybyły prawdopodobnie z innej gwiazdy, niż te w prawej. Wszyscy jesteśmy, dosłownie, dziećmi gwiazd, a nasze ciała powstały z gwiazdnego pyłu”⁴⁸.

Z drugiej strony mamy Guya Consolmagno – katolickiego duchownego, jezuitę, a jednocześnie uczonego astronoma, pracownika Obserwatorium Watykańskiego, które prowadzi badania empiryczne za pomocą teleskopu zlokalizowanego w Tuscon Arizona⁴⁹. Jego zdaniem poszukiwanie prawdy zarówno o mikro-, jak i makroświecie może pobudzać do kontemplacji Boga, bez potrzeby usuwania Go ze sfery poznania: „Tajemnice odsłanianie przez naukę współczesną są nieustannym przypomnieniem, iż rzeczywistość przerasta naszą codzienność. A chociaż fizyka cząstek może się wydawać niewyobrażalnie odległa, każdy może podziwiać gwiazdy i być poruszonym do kontemplacji. Jak powiedział Papież Pius XI, poświęcając w 1935 r. nasze teleskopy na dachu jego letniej rezydencji, że «z żadnej innej części stworzenia nie wpływa bardziej wymowne i silniejsze zaproszenie do modlitwy i adoracji»”⁵⁰. Jednocześnie Consolmagno, podobnie zresztą jak Lykken, odcina się zdecydowanie od teologicznych konotacji terminu „Boska cząstka”: „Nie, «boska cząstka» nie ma nic do czynienia z Bogiem – w ostatnim tygodniu, po ogłoszeniu przez CERN możliwości odkrycia bozonu Higgsa, musiałem powtarzać to po dziesiątki razy zarówno przyjaciółom, jak i dziennikarzom”⁵¹.

⁴⁸ Tamże.

⁴⁹ <http://vaticanobservatory.org/> (dostęp 14 lutego 2014 r.).

⁵⁰ G. Consolmagno, *Czy „boska cząstka” może prowadzić nas do Boga?*, „Washington Post” z 11 lipca 2012. Por. http://www.washingtonpost.com/blogs/guest-voices/post/can-the-god-particle-lead-us-to-god/2012/07/11/gJQA4BaCdW_blog.html (dostęp 14 lutego 2014 r.).

⁵¹ Tamże.

Czy istnieje jakakolwiek płaszczyzna porozumienia pomiędzy „poetyzującym empirystą” a „urealnionym metafizykiem”? Wydaje się, iż mogłoby nią być odpowiednio zdefiniowane i skategoryzowane pojęcie naturalizmu. Ksiądz arcybiskup Józef Życiński uznał rozróżnienie pomiędzy sformułowaniami naturalizmu metodologicznego i ontologicznego za ważny czynnik, chroniący przed eskalacją pozornych konfliktów pomiędzy nauką a religią. Naturalizm metodologiczny (pozytywizm metodologiczny⁵², naturalizm przyrodniczy) jest bowiem nieodzowną strategią nauk przyrodniczych w ich obecnym paradygmacie i może być przyjmowany zarówno przez wierzących, jak i niewierzących. Zasada ta orzeka, iż w perspektywie poznania przyrodniczego zjawiska należące do przyrody należy wyjaśniać wyłącznie za pomocą innych zjawisk przyrodniczych, nie należy natomiast zjawisk fizycznych tłumaczyć przez odwołanie do czynników pozafizycznych⁵³. Jednocześnie, z punktu widzenia filozofii chrześcijańskiej, a co za tym idzie, teologii nauki, nie da się przyjąć naturalizmu ontologicznego. Takie stanowisko prowadziłoby bowiem do całkowicie monistycznej i ateistycznej interpretacji świata⁵⁴.

Można więc dyskutować, czy przyjęty przez Consolmagno naturalizm metodologiczny, który pozwala jednocześnie być otwartym na tajemnicę i trzymać się metodologicznej spójności nauki, nie daje lepszej perspektywy poznawczej, niż poetycki, ale jednocześnie wycofany na pozycje dawnego pozytywizmu i empiryzmu ton Kraussa, skutkujący metafizycznymi ekstrapolacjami o wydźwięku ateistycznym. Ostatni z wymienionych autorów poruszył zresztą w swojej wypowiedzi inną ważną kwestię: konkurowanie Boga i natury w opisie rzeczywistości. To rodzi kolejny problem wymagający wyjaśnienia.

⁵² Tym terminem posłużył się autor w opracowaniu: *Granice racjonalności. Eseje z filozofii nauki*, Warszawa 1993, s. 160–165.

⁵³ Dz. cyt., s. 161.

⁵⁴ J. Życiński, *Bóg i ewolucja. Podstawowe pytania ewolucjonizmu chrześcijańskiego*, Lublin 2002, s. 65. Por. J. Herbut, *Naturalizm*, [w:] tenże (red.), *Leksykon filozofii klasycznej*, Lublin 1997, s. 379–80.

3.2. Bóg białych plam a światopogląd

Cytowane już zdanie: „Ludzie z ich wspaniałymi narzędziami i umysłami mogliby właśnie uczynić ogromny krok, by zastąpić metafizyczną spekulację wiedzą weryfikowalną empirycznie”⁵⁵ stanowi dobrą ilustrację problemu konkurencyjności modeli heurystycznych we współczesnym przyrodoznawstwie. Nie da się zaprzeczyć, iż także w historii nauki nowożytnej pojawiały się próby wyjaśniania zjawisk fizycznych za pomocą komentarzy religijnych. Przykładem takiej postawy stał się nie kto inny, jak sir Isaac Newton, co dotyczy zwłaszcza takich dzieł, jak *Optyka* oraz *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*⁵⁶. Niekoniecznie musi to świadczyć o dewocji czy metodologicznej niezborności odkrywcy praw fizyki nowożytnej. Można raczej przypuszczać, że uczony dawał w ten sposób wyraz swemu przekonaniu o boskim porządku świata, zaś wiara w akt stwórczy Boga dodawała jego pracy motywacji nadprzyrodzonej. Przykładem inspirowanych wiarą badań przyrody, spełniających wymogi autonomiczności metody, były XII-wieczne prace twórców związanych z tzw. Szkołą w Chartres. I tak Teodoryk z Chartres swoje wyjaśnienia procesu stwarzania w sześciu dniach opiera nie na Biblii, ale na funkcjonującej wówczas w przyrodoznawstwie greckiej teorii czterech żywiołów. Z kolei Wilhelm z Conches w swojej antropogenezie odwołuje się głównie do przyczyn naturalnych, nie zaś tylko do autorytetu Pisma Świętego⁵⁷. Nie wydaje się przypadkiem, iż Marie-Dominique Chenu, skutecznie promujący na Soborze Watykańskim II ideę słusznej autonomii rzeczywistości ziemskich,

⁵⁵ L.M. Krauss, dz. cyt.

⁵⁶ J. Życiński, *W poszukiwaniu teologii nauki*, [w:] *Nauka – Religia – Dzieje. Seminaria Interdyscyplinarne w Castel Gandolfo*, t. 2, s. 81–82.

⁵⁷ M. Heller, Z. Liana, J. Mączka, W. Skoczny, *Nauki przyrodnicze a teologia...*, dz. cyt., s. 77–78.

w tym nauk, interesował się w swoich wcześniejszych badaniach właśnie szkołą w Chartres⁵⁸.

W aspekcie teologii katolickiej za kres fizykoteologii⁵⁹ można uznać nauczanie Jana Pawła II, wyrażone w liście z okazji 300-lecia wydania *Principiów* I. Newtona⁶⁰. Ocenę omawianego zjawiska można podsumować następującym stwierdzeniem: „«Łatwa» wiara religijna, w której nawet odkrycie nauki świadczy o istnieniu Boga, zapomina, że kryteria metodologiczne tak nauki, jak i teologii zakazują takich skrzyżowań. Bóg nie jest hipotezą do zapełniania luk w naszej przyrodniczej wiedzy („God of the gaps” – jak nazywa się go czasem), a nauka powinna własnymi siłami starać się znaleźć na nie odpowiedź”⁶¹. Warto przy tej okazji przyrzeć się przestrzeni, w której owe „białe plamy” miałyby powstawać. Skoro bowiem Bóg nie przynależy, przynajmniej bezpośrednio, do domeny badań nauk przyrodniczych, w jaki sposób Jego hipoteza miałaby przenikać w te miejsca teorii naukowych, które nie zostały jeszcze potwierdzone eksperymentalnie? Można wysnuć przypuszczenie, iż „zapełnianie białych plam Bogiem” nie odbywa się bezpośrednio na terenie nauki. Jak już bowiem wielokrotnie zaznaczano, procesy poznawcze pozostają głęboko uwikłane w kontekst odkrycia, a więc w to wszystko, co stanowi otoczkę społeczną nauki⁶². W tym momencie przychodzi z pomocą współczesne rozumienie terminu „światopogląd”, które w obecnie przyjmowanych

⁵⁸ Zob. M.-D. Chenu, *Nature ou Histoire? Une controverse exégétique sur la création au XIIe siècle*, [w:] „Archives d'histoire doctrinale et littéraire du Moyen Age” 28:1953, s. 25; Por. P. Rabczyński, *Znaki czasów według Marie-Dominique Chenu*, Olsztyn 2007, s. 69.

⁵⁹ Chodzi o zasygnalizowaną wcześniej postawę nieuprawnionego, z punktu widzenia dzisiejszej metodologii, odwoływania się w naukach przyrodniczych do wyjaśnień na bazie przyczyn nadprzyrodzonych. Termin opisany przez E. McMullin, *Ewolucja i stworzenie*, tłum. J. Rodzeń, Kraków 1990, s. 42–50. Oryg. Introduction: *Evolution and Creation*, [w:] tenże, *Evolution and Creation*, Indiana 1984, s. 1–56.

⁶⁰ Por. „Zagadnienia Filozoficzne w Nauce” 1990, nr 12, s. 2–12.

⁶¹ W. Skoczny, *Dziedzictwo fizyko teologii we współczesnej myśli chrześcijańskiej*, „Zagadnienia Filozoficzne w Nauce” 1991, nr 13, s. 84.

⁶² Por. paragraf 2. niniejszego opracowania.

znaczeniach zaczęli stosować Joseph J. von Görres i Wilhelm von Humboldt. Na gruncie języka niemieckiego rozróżnia się pojęcia – „Weltanschauung” i „Weltbild”, co oznacza w języku polskim odpowiednio: „światopogląd” oraz „(naukowy) obraz świata”. Jednocześnie zakres znaczeniowy „Weltanschauung” jest szerszy, uwzględnia bowiem czynniki wybiegające poza metodę nauk przyrodniczych⁶³. Zdaniem Michała Hellera kwestia obrazu świata, a co za tym idzie, światopoglądu inspirowanego odkryciami nauk przyrodniczych, odegrała istotną rolę w długotrwałym konflikcie, za którego uczestników uznano nauki przyrodnicze i teologię. Tymczasem konflikt ten okazał się być w dużej mierze konfliktem obrazów świata dostępnych w myśli judaistyczno-chrześcijańskiej, antycznej i w nowożytnym przyrodoznawstwie. Bowiem „Z tradycją chrześcijańską zrosło się wiele przekonań, które do niej należą jedynie na skutek mniej lub bardziej przypadkowych zakrętów historii”, jak choćby przekonanie Arystotelesa o „niezmienności niebios”⁶⁴. Jednocześnie, zgodnie ze wspomnianym i heurystycznie uzasadnionym naturalizmem metodologicznym, „słusznie wyklucza się wypowiedzi religijne z repertuaru uzasadnień przyrodniczych, dzięki czemu możliwe jest poszukiwanie nowych uzasadnień dla nieznanych dotąd zjawisk”⁶⁵.

Oprócz funkcji zwornika różnych dziedzin poznania człowieka światopogląd pełni także istotną rolę egzystencjalną. Należy go bowiem uznać za swoiste centrum spajające w człowieku wiedzę i działanie. Jest to więc teoretyczno-praktyczne umocowanie ludzkiej działalności, w którym aksjologiczna dyrektywa spleta się z jej motywacją także pozanaukową – metafizyczną i religijną⁶⁶.

⁶³ M. Rusecki *Ku pojęciu światopoglądu*, [w:] tenże (red.), *Z zagadnień światopoglądu chrześcijańskiego*, Lublin 1989, s. 11–13.

⁶⁴ M. Heller, *Naukowy obraz świata a zadanie teologa*, [w:] M. Heller, S. Budzik, S. Wszolek (red.), *Obrazy świata w teologii i naukach przyrodniczych*, Tarnów 1996, s. 13–27.

⁶⁵ Tenże, *Wszechświat i Słowo*, Kraków 1994, s. 45–48.

⁶⁶ Z. Krzyszowski, M. Rusecki, *Światopogląd*, [w:] M. Rusecki (red.), *Leksykon teologii fundamentalnej*, Lublin-Kraków 2002, s. 1195–1196.

Do centralnych zagadnień światopoglądu należą kwestie samotności i przyjaźni, miłości, wierności i cierpienia; tymczasem chociaż nauki mogą okazać się pomocne w poszukiwaniu pewnych odpowiedzi na te kwestie, to raczej wprost o nich metodycznie milczą, a poszukiwane rozwiązanie zależy bardziej od przyjmowanych w interpretacji świata uzasadnień filozoficznych i teologicznych⁶⁷. Zdaniem J. Życińskiego, ocena sensowności działań wynikających z przyjmowanych postaw etycznych (w tym postaw wobec prawdy) zależy od podstawowych idei wchodzących w skład danego światopoglądu. Autor podkreślił w tym kontekście, że człowiek potrafi ponosić nawet wielkie wyrzeczenia, jeśli dostrzega ich sens w podporządkowaniu wyższym wartościom, bowiem jest on „istotą, która karmi się sensem i transcendentaliąmi”, jest odkrywcą sensu w świecie, będącym z pozoru sumą wymiernych wartości materialnych⁶⁸. W tym kontekście jeszcze mocniej wybrzmiewają postawione w drugim paragrafie pytania o sensowność nauki, o badanie świata, który z powodu swojej kruchości, katastroficznie opisanej przez kulturę masową, może przestać być wart badania i poszukiwania jego „ostatecznej syntezy”. Owszem, Bóg „nie nadaje się” do tworzenia kontekstu uzasadnienia poszczególnych zjawisk fizycznych. Zresztą mówienie o „Bogu zapchajdziurze” brzmi dość arogancko, nie tylko zresztą w uszach teologa. Inaczej jednak ma się rzecz z ostatecznym uzasadnieniem wszelkiej ludzkiej działalności, także poznawczej. Światopogląd „czysto naukowy” okazuje się w tym kontekście dotkliwie niewystarczający. Naukę można bowiem porównać do mapy, która wprawdzie ukazuje świat, nie mówi jednak, dokąd mamy wędrować, bo to zależy od naszych wyborów hierarchii wartości oraz imperatywów postępowania etycznego, uwarunkowanych światopoglądowo⁶⁹.

⁶⁷ J. Życiński, *W poszukiwaniu największej syntezy...*, dz. cyt., s. 12.

⁶⁸ Tamże.

⁶⁹ Jw. Zob. także S. Wszolek, *Nadużycia agnostyków i apologetów*, „Znak” 1998, nr 522, s. 111–121.

3.3. Zanurzenie w kulturze

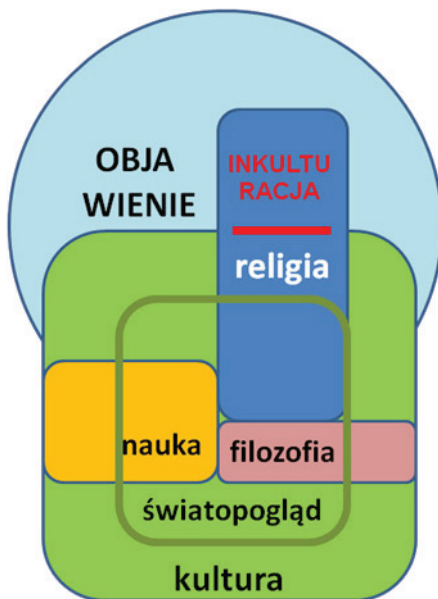
W poprzednim podpunkcie dokonano analizy znaczenia światopoglądu, jako indywidualnie zachodzącej komunikacji pomiędzy poznaniem naukowym i pozanaukowym człowieka oraz wpływu, jaki ona posiada na jego egzystencję. Jak to już zasygnalizowano przy końcu paragrafu 2, chodziło o próbę filozoficzno-swiatopoglądowego opisu domknięcia standardowego modelu organizacji materii, czyli o metanaukową interpretację odkrycia bozonu Higgsa. Analizy te byłyby niepełne bez omówienia pewnej struktury nadrzędnej w stosunku do poszczególnych indywidualnych światopoglądów, a mianowicie kultury, w ramach której one się komunikują.

Termin „kultura”, w potocznym jego rozumieniu, często utożsamiany jest z pewnymi artystycznymi, „luksusowymi” przejawami twórczości człowieka – sztuką, względnie umiejętnością społecznie aprobowanych zachowań⁷⁰. Pośród mnóstwa definicji kultury szczególnie bliskim współczesnej teologii katolickiej może być określenie podane w Konstytucji Duszpasterskiej o Kościele w świecie współczesnym: „Mianem kultury w sensie ogólnym oznacza się wszystko, czym człowiek doskonali i rozwija wielorakie uzdolnienia swego ducha i ciała...”⁷¹. Zresztą w tej samej Konstytucji został potwierdzony ważny moment stosunku Kościoła do nauk przyrodniczych, jakim było uznanie słusznej ich autonomii w ramach rzeczywistości ziemskich, co postulował wspomniany

⁷⁰ Autor jest świadom bogactwa tego terminu i jego zróżnicowanego rozumienia w obszarze języka francuskiego (*vs.* cywilizacja) i pozostałych. Por. C. St. Bartnik, *Kultura*, [w:] *Encyklopedia katolicka*, t. 10, Lublin 2004, s. 188–201.

⁷¹ Ciąg dalszy: „[...] stara się drogą poznania i pracy poddać sam świat pod swoją władzę; czyni bardziej ludzkim życie społeczne tak w rodzinie, jak i w całej społeczności państwowej przez postęp obyczajów i instytucji; wreszcie w dziełach swoich w ciągu wieków wyraża, przekazuje i zachowuje wielkie doświadczenia duchowe i dążenia na to, aby służyły one postępowi wielu, a nawet całej ludzkości”, Konstytucja Duszpasterska o Kościele w świecie współczesnym, nr 53. Por. Sobór Watykański II. Konstytucje. Dekrety. Deklaracje. Poznań 1986, s. 537–619.

już teolog Marie-Dominique Chenu⁷². Chodzi więc nie tylko o jakiś „artystyczny luksus”, ale o całokształt środków wszechstronnego rozwoju człowieka, który jest nie tylko ich odbiorcą, ale i twórcą.



Rys. 10. Schemat wzajemnych relacji składników światopoglądu i kultury

Na załączonej ilustracji przedstawiono propozycję ujęcia wzajemnych relacji składników występujących w światopoglądach poszczególnych osób, a co za tym idzie, także we współtworzonej

⁷² Wyrażne poparcie dla badań naukowych, niezaburzonych przez ideologiczną ekstrapolację metody, znajdujemy w numerze 36 tejże Konstytucji: „Badanie metodyczne we wszelkich dyscyplinach naukowych, jeżeli tylko prowadzi się je w sposób prawdziwie naukowy i z poszanowaniem norm moralnych, naprawdę nigdy nie będzie się sprzeciwiać wierze, sprawy bowiem świeckie i sprawy wiary wywodzą swój początek od tego samego Boga. Owszem, kto pokornie i wytrwale usiłuje zbadać tajniki rzeczy, prowadzony jest niejako, choć nieświadomie, ręką Boga, który wszystko utrzymując, sprawia, że rzeczy są tym, czym są”.

przez nie kulturze. Ciemnozielona linia przedstawia granicę pomiędzy światopoglądem danej osoby a otaczającą ją kulturą. Jest to rodzaj powierzchni „osmotycznej”, pozwalającej na przenikanie w obydwie strony zdań, obrazów świata czy gotowych idei. Dzięki temu osoba nie jest monadą, ale uczestnikiem, partycypantem kultury, komunikującym ze światopoglądami innych osób w ramach bytów społecznych nauk (w tym nauk przyrodniczych i filozofii) oraz religii. Z kolei religia, istniejąc w kulturze, częściowo ją przekracza, czerpiąc ze źródeł Objawienia⁷³ – zbawczego udzielania się Boga przekraczającego domenę kultury. Na pograniczu Objawienia i kultury dochodzi do zjawiska inkulturacji, czyli wyrażania się danej religii w języku zastanej kultury. W ten sposób Objawienie, nie wkraczając bezpośrednio w domenę kultury, zostaje w niej zapośredniczone poprzez religię. Tak więc do zetknięcia „empirii” z Objawieniem dochodzi na terenie danego światopoglądu, co następnie wyrażane jest poprzez dialog nauki i religii w kulturze. Natomiast możliwość znalezienia się w danym światopoglądzie treści zarówno o charakterze religijnym, jak i naukowym wynika z ich przekazywalności poprzez *milieu* kultury.

Przedstawione rozwiązanie zachowuje zarówno autonomię poszczególnych składowych kultury i światopoglądu, jak też możliwość ich współwystępowania, bez obawy o zachwianie autonomią którejkolwiek z nich. Jednocześnie unika redukowania Objawienia i religii do samej kultury, wskazując na pewną ich „nadwyżkę znaczeniową”. Zanurzenie poszczególnych

⁷³ „Objawienie” w ramach dyskursu teologicznego pisze się zwyczajowo z wielkiej litery, m.in. dla rozróżnienia pomiędzy tym, co uważa się za Objawienie Boże (depozyt Objawienia), a tym, co stanowi objawienia prywatne. W Objawieniu Bożym definicyjnie chodzi o udzielanie się Boga ludziom, aby ci otrzymali przez Chrystusa dostęp do Ojca w Duchu Świętym: „Spodobało się Bogu w swej dobroci i mądrości objawić siebie samego i ujawnić nam tajemnicę woli swojej (por. Ef 1,9), dzięki której przez Chrystusa, Słowo Wcielone, ludzie mają dostęp do Ojca w Duchu Świętym i stają się uczestnikami boskiej natury (por. Ef 2,18, 2 P 1,4)”. Por. Konstytucja dogmatyczna o Objawieniu Bożym Soboru Watykańskiego II nr 2. Por. Sobór Watykański II. Konstytucje. Dekrety. Deklaracje, Poznań 1986.

światopoglądów w kulturze tłumaczy także, dlaczego nieprzyjmowanie przez niektóre osoby treści religijnych nie musi jednocześnie oznaczać całkowitej absencji religii w kulturze czy też negować możliwość Objawienia. Bez względu na to, czy będzie chodziło o odkrycie bozonu Higgsa, czy też zmienność niebios lub gatunków, dialog pomiędzy twierdzeniami nauki i religii odbywa się na płaszczyźnie indywidualnego światopoglądu i uspołecznionej kultury wzajemnie ze sobą powiązanych.

ZAKOŃCZENIE

W podsumowaniu dotychczasowych rozważań powraca cytowany na początku esej autorstwa księdza arcybiskupa Józefa Życińskiego⁷⁴. Tytuł *W poszukiwaniu największej syntezy* stał się inspiracją do zatytułowania tegoż artykułu: „W poszukiwaniu ostatecznej syntezy”. Choć powyższe wyrażenia wydają się równoznaczne, to jednak drugie z nich kładzie większy nacisk na pewną skończoność ludzkich badań i poszukiwań. Pytanie o tę skończoność wydaje się uzasadnione wspomnianymi wcześniej wątpliwościami Stevena Weinberga – czy oto domknięcie Modelu Standardowego organizacji materii poprzez odkrycie bozonu Higgsa nie wpędzi fizyki w stagnację? Tutaj chodzi jednak bardziej o pytania z zakresu kontekstu odkrycia niż kontekstu uzasadnienia. Odbiorcą danych, zarówno pochodzących z naukowego obrazu świata, jak też i z danych Objawienia, jest zawsze człowiek, skończony w swojej bytowej czasowości, wciąż pytający o swój cel ostateczny. Szansę na ostateczną syntezę naukowych i religijnych obrazów świata daje omówiona wcześniej, dobrze wyważona koncepcja integralnego światopoglądu, osadzona w szerszym kontekście kultury, jako całokształtu środków służących rozwojowi człowieka.

⁷⁴ J. Życiński, *W poszukiwaniu największej syntezy...*, dz. cyt., s. 11-14.

Niniejsze analizy można by trafnie zakończyć kolejnym zdaniem ze wspomnianego eseju, cytatem stanowiącym kontynuację frazy przytoczonej na początku artykułu: „Jeżeli wyrażenie «światopogląd naukowy» potraktujemy ściśle, wówczas nie może istnieć światopogląd naukowy, gdyż nauka nie przynosi odpowiedzi na wiele pytań podstawowych dla naszego światopoglądu. Jeśli potraktujemy je przerośnię, wówczas każdy światopogląd można uznać za naukowy, gdy tylko pozostaje on spójny ze zbiorem twierdzeń przyjmowanych w nauce danego okresu”⁷⁵. I na tym właśnie powinna chyba polegać owa ostateczna synteza – nauki i religii w światopoglądzie i kulturze.

⁷⁵ Tamże.

