

**Bozon Higgsa – prawda**

**czy kolejny fakt prasowy?**

# 1. Standardowy model cząstek elementarnych

**Model Standardowy** to obecnie obowiązująca teoria **cząstek elementarnych**, które są składnikami materii. Występują w nim trzy oddziaływania: elektromagnetyczne, słabe i silne. Pod względem matematycznym opiera się na koncepcji pól Yanga-Millsa.

Model powstawał w latach 60. i 70. ubiegłego wieku. Większość jego przewidywań potwierdzono do lat 80. ale przez długi czas nie udawało się potwierdzić ostatniego przewidywania modelu – istnienia tzw. **bozonu Higgsa**. 4 lipca 2012 r. dwa zespoły uczonych z CERN ogłosiły, że odkryły nowy bozon o takich właściwościach, jakie powinien mieć bozon Higgsa.

## 2. Podstawowe przewidywania MS

Według Modelu Standardowego, podstawowe cząstki w przyrodzie występują w postaci cząstek należących do dwóch kategorii: **bozonów** i **fermionów**. Bozony i fermiony są opisywane różnymi statystykami (Bosego-Einsteina i Fermiego-Diraca); różnica jest m.in. taka, że w przypadku fermionów obowiązuje tzw. **zakaz Pauliego** a w przypadku bozonów – nie.

Fermiony są podstawowym budulcem materii i dzielą się na leptony i kwarki. Leptony:

⇒ elektron i neutrino elektronowe

⇒ mion i neutrino mionowe

⇒ taon i neutrino taonowe

Kwarki:

⇒ górny  $u$  (+2/3) i dolny  $d$  (-1/3)

⇒ powabny  $c$  (+2/3) i dziwny  $s$  (-1/3)

⇒ szczytowy (prawdziwy)  $t$  (+2/3) i denny (piękny)  $b$  (-1/3)

Bozony są cząstkami pośredniczącymi w oddziaływaniach

⇒ elektromagnetycznych: fotony

⇒ słabych: bozony  $W^+$ ,  $W^-$  i  $Z^0$

⇒ silnych: gluony przenoszące pewne liczby kwantowe, tzw. kolory.

Kolory to są liczby kwantowe pozwalające odróżnić od siebie kwarki. Są trzy kolory (czerwony  $r$ , zielony  $g$  i niebieski  $b$ ), dzięki czemu w skład jednej cząstki elementarnej mogą wchodzić aż trzy kwarki tego samego typu, np.  $ddd$ . Gluony zwykle są w postaci par kolor-antykolor (np.  $r\bar{g}$ ) ale istnieją również dwa bardziej skomplikowane gluony:  $\frac{1}{\sqrt{2}}(r\bar{r} - b\bar{b})$  i  $\frac{1}{\sqrt{6}}(r\bar{r} + b\bar{b} - 2g\bar{g})$ .

Po wyemitowaniu lub zaabsorbowaniu gluonu kwark może zmienić kolor, np. kwark czerwony po wyemitowaniu gluonu  $r\bar{g}$  zmienia kolor na zielony.

### 3. Problemy Modelu Standardowego

W pierwotnych wersjach Modelu Standardowego wszystkie cząstki były bezmasowe. Aby nadać im masy, trzeba było w jakiś sposób wprowadzić tzw. **spontaniczne złamanie symetrii**. Zdecydowanie najbardziej popularnym sposobem było wprowadzenie dodatkowej cząstki – **bozonu Higgsa**. Oprócz tego model:

- ⇒ ma aż 19 swobodnych parametrów (głównie masy cząstek)
- ⇒ nie wyjaśnia fazy inflacyjnej (lub mechanizmu odbicia)
- ⇒ nie wyjaśnia braku antymaterii we Wszechświecie
- ⇒ nie wyjaśnia ilości materii
- ⇒ nie uwzględnia grawitacji
- ⇒ w podstawowej wersji nie uwzględnia mas neutrin.

## 4. Poszukiwanie bozonu Higgsa

- ⇒ Pierwotne przewidywania: masa cząstki Higgsa powinna być rzędu 10 lub nieco powyżej 15  $\text{GeV}/c^2$  (dla porównania: masa protonu to  $0.931 \text{ GeV}/c^2$ ).
- ⇒ Eksperymenty prowadzone w latach 1990-2000 przy użyciu akceleratora LEP w CERN: jeśli istnieje to musi mieć masę powyżej  $114 \text{ GeV}/c^2$ .
- ⇒ Do listopada 2011 r. na poziomie ufności 95% wykluczono obecność bozonu w zakresie mas  $141\text{-}476 \text{ GeV}/c^2$  (a w zakresie  $146\text{-}443 \text{ GeV}/c^2$  na poziomie 99%).
- ⇒ W grudniu 2011 r. stwierdzono, że jeśli bozon Higgsa istnieje, to w zakresie mas  $116\text{-}130 \text{ GeV}/c^2$  (eksperyment ATLAS) lub  $115\text{-}127 \text{ GeV}/c^2$  (eksperyment CMS).

4 lipca 2012 r. CERN ogłosił wyniki danych zebranych przez eksperymenty ATLAS i CMS, wskazujące na odkrycie bozonu o masie  $125.3 \pm 0.6 \text{ GeV}/c^2$ . Wielu uczonych sądzi, że jest to ów wyczekiwany bozon Higgosa, ale na ostateczne potwierdzenie trzeba jeszcze poczekać.

31 lipca kierownictwo eksperymentu ATLAS przedstawiło wyniki analizy pomiarów aż do czerwca włącznie, a dotyczące badania hipotetycznych kanałów rozpadu bozonu Higgosa powstałego w wyniku zderzeń p-p:

$$H \longrightarrow ZZ^{(*)} \longrightarrow 4l$$

$$H \longrightarrow \gamma\gamma$$

$$H \longrightarrow WW^{(*)} \longrightarrow e\nu\mu\nu$$



Potwierdzono zaobserwowanie nowej cząstki o masie  $126 \pm 0.4 \pm 0,4 \text{ GeV}/c^2$  na poziomie istotności  $5.9\sigma$ . Wynik ten – o ile nie jest wynikiem błędu – świadczyłby o tym, że prawdopodobieństwo, iż jest on wynikiem np. fluktuacji tła, jest na poziomie poniżej  $1.7 \times 10^{-9}$ . Kierownictwo eksperymentu zastrzegło, że **potrzebne są dalsze badania w celu jednoznacznej identyfikacji cząstki**.

Większość środowiska naukowego uważa, że w zasadzie można przyjąć, że bozon Higgsa został odkryty choć, oczywiście, trzeba prowadzić dodatkowe badania w celu potwierdzenia tego odkrycia.

## 5. Wątpliwości

Niektórzy uczeni przestrzegają przed zbytnim triumfalizmem. Sceptyków można podzielić na dwie kategorie: powątpiewających w istnienie cząstki Higgsa oraz uważających, że cząstka Higgsa ma inne właściwości niż to się na ogół przyjmuje.

Sceptycy zwracają uwagę na fakt, że cząstkę Higgsa odkryto niemal „w ostatniej chwili”, po wyeliminowaniu w zasadzie wszystkich innych możliwych wartości masy. W ostatnich latach było wiele sensacyjnych doniesień o odkryciu nowych cząstek lub dziwnych efektów, które nie zostały potwierdzone albo które zostały zdementowane (jak np. rzekome neutrina poruszające się szybciej od światła).

Inni wskazują na to, że odkryta cząstka może być czymś jeszcze bardziej egzotycznym, np. może być **więcej niż jeden** bozon Higgsa albo że miałyby inne kanały rozpadu.

## 6. Podsumowanie

- ⇒ Uważa się, że Model Standardowy dobrze opisuje zachowanie cząstek elementarnych.
- ⇒ Brakującym elementem Modelu Standardowego jest bozon Higgsa.
- ⇒ Ogłoszono odkrycie cząstki o podobnych właściwościach...
- ⇒ ... ale jeśli nawet to prawda, to czy jest to cząstka Higgsa?