

LHC: Bozon Higgsa

Filip J. Baran

AGH WFiIS

14 czerwca 2023

Plan prezentacji



1 Nutka historii

- SSB
- PRL 1964

2 Bozon Higgsa

- Pole Higgsa
- Poszukiwania

Specjalna Służba Bezpieczeństwa (praw fizyki)



AGH

Spontaneous symmetry breaking is a **spontaneous process** of **symmetry breaking**, by which a physical system in a **symmetric** state spontaneously ends up in an asymmetric state.^{[1][2][3]} In particular, it can describe systems where the **equations of motion** or the

Tak jak SB było dziurawe, tak fizyka wyłamuje się spod naszych oczekiwań i dla odpowiednich energii możemy zauważyć *spontaniczne złamanie symetrii*, czyli jak rzeczce powyższa definicja: spontaniczny proces złamania symetrii :).

Przykład: $E = (x^2 - E_p)^2$

O sześciu takich, co napisali listy



Od lewej: Kibble, Guralnik, Hagan, Englert, Brout i Higgs.

Listy nie były takie



BROKEN SYMMETRY AND THE MASS OF GAUGE VECTOR MESONS*

F. Englert and R. Brout

Faculté des Sciences, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgium

(Received 26 June 1964)

BROKEN SYMMETRIES AND THE MASSES OF GAUGE BOSONS

Peter W. Higgs

Tait Institute of Mathematical Physics, University of Edinburgh, Edinburgh, Scotland

(Received 31 August 1964)

GLOBAL CONSERVATION LAWS AND MASSLESS PARTICLES*

G. S. Guralnik,[†] C. R. Hagen,[‡] and T. W. B. Kibble

Department of Physics, Imperial College, London, England

(Received 12 October 1964)

Listy — kamienie milowe



Mechanizm nadawania masy bozonom wektorowym (o spinie równym 1) przez spontaniczne łamanie symetrii, został zaproponowany już przez Andersona w 1962 roku, ale dopiero wymienione zespoły naukowców zdołały zaadoptować taki model w ujęciu relatywistycznym. Późniejsze prace nad *mechanizmem Higgsa* i pokazanie, że dzięki niemu można złamać symetrię elektroslabą doprowadziło do załączków *modelu standardowego* skonstruowanego przez Weinberga.

Ale jaka symetria elektroślaba?



Przy próbie unifikacji oddziaływania elektro-magnetycznego ze słabym, cechowanie pola doprowadziło do opisu oddziaływania za pomocą 4 *bezmasowych* bozonów $W_{1,2,3}$ i B . W rzeczywistości znamy bozony W^\pm , Z^0 oraz γ , z czego dwa ostatnie są kombinacją W_3 i B :

$$Z^0 = W_3 \cos \theta - B \sin \theta \quad \gamma = W_3 \sin \theta + B \cos \theta \quad \sin \theta = \frac{1}{2}$$

Problem jednak w tym, że prócz γ wszystkie mają masę i to całkiem sporą.

Cóżże z tą masą?



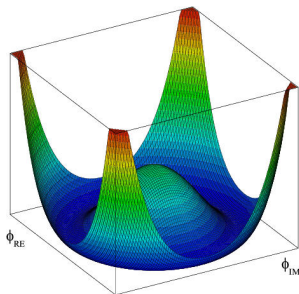
Zaproponowano wprowadzenie skalarnego pola Φ , z którym oddziaływanie byłoby widoczne jako masa cząstki.

$$\Phi = \begin{pmatrix} \varphi_1^+ + i\varphi_2^+ \\ \varphi_3^0 + i\varphi_4^0 \end{pmatrix}$$

$$V(\Phi) = \frac{1}{2}\mu^2 + \frac{1}{4}\lambda\Phi^4$$

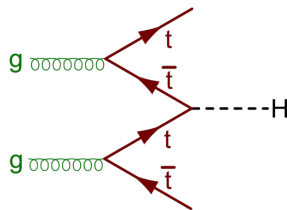
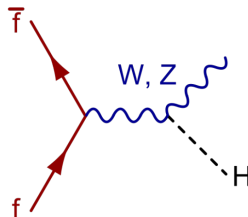
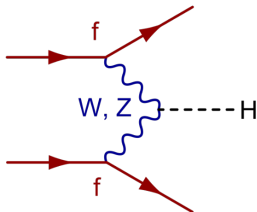
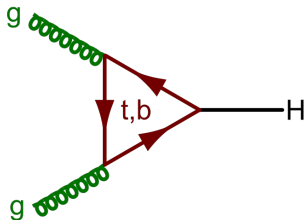
Okazuje się, że dla urojonego μ potencjał ten ma dwa minima — zachodzi łamanie symetrii. Pole Φ jest w istocie **polem Higgsa**.

Pole Higgsa

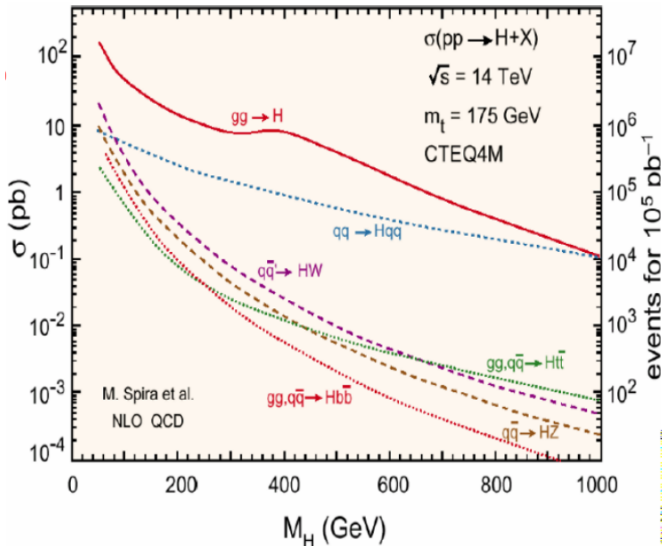


Po dodaniu do lagranżjanu masowego członu $V(\Phi)$ i zbadaniu stanu o najniższej możliwej energii okazuje się, że pole to ma wartość różną od zera. Mówimy wtedy o *degeneracji próżni* $V(\Phi_{\min}) = -\mu^4/4\lambda$. Niezerowe pole w próżni oznacza **obecność cząstki!**

Produkcja



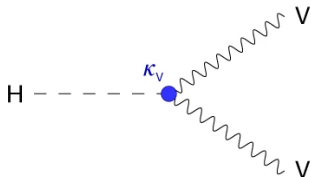
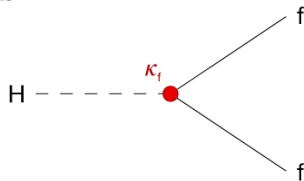
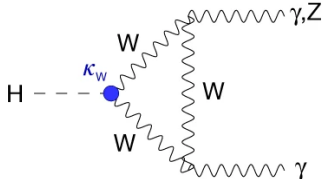
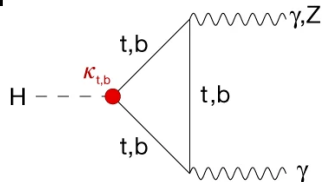
Produkcja



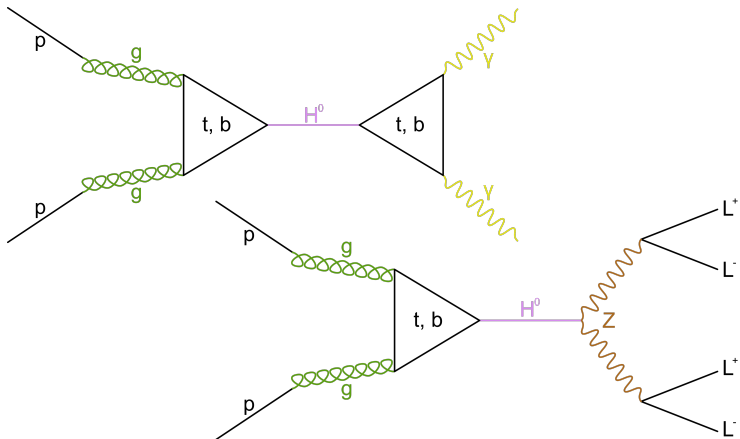
Obserwacja



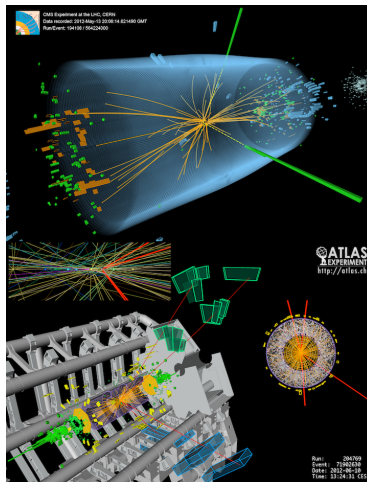
Higgs boson decay channels

a**b****c****d**

Odkrycie



Odkrycie



Odkrycie



Bibliografia



F. Englert, R. Brout.

Broken symmetry and the mass of gauge vector mesons.
Phys. Rev. Lett., 13:321–323, Aug 1964.



G. S. Guralnik, C. R. Hagen, T. W. B. Kibble.

Global conservation laws and massless particles.
Phys. Rev. Lett., 13:585–587, Nov 1964.



P. W. Higgs.

Broken symmetries and the masses of gauge bosons.
Phys. Rev. Lett., 13:508–509, Oct 1964.