

Stała Fermiego

Arkadiusz Popczak

22.11.2018

Agenda

1. Teoria Fermiego

1.1 Rozpad β^-

1.2 Doświadczenie Wu

1.3 Stała Fermiego - Definicja

2. Eksperymenty

2.1 Lata 80

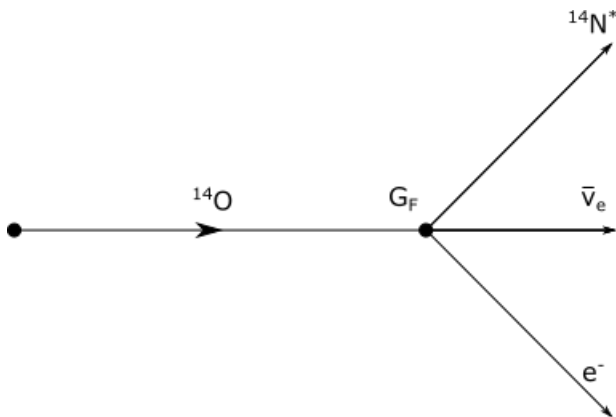
2.2 Eksperyment FAST

2.3 Eksperyment MuLan

Teoria Fermiego

Rozpad β^-

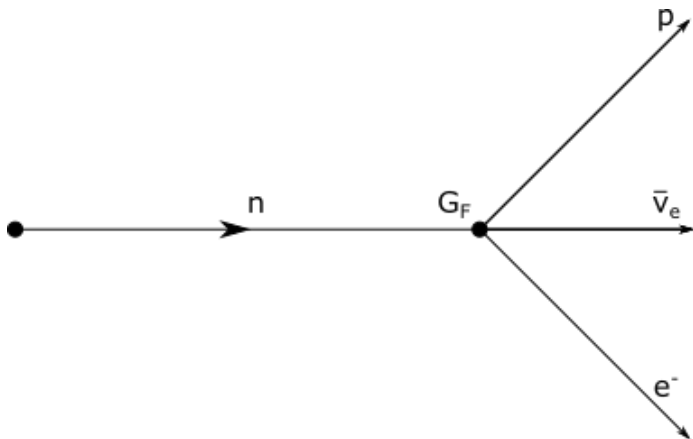
W roku 1933 Enrico Fermi [1] zaproponował opis rozpadu β^- . Na poziomie atomowym:



Teoria Fermiego

Rozpad β^-

Na poziomie nukleonów:



Teoria Fermiego

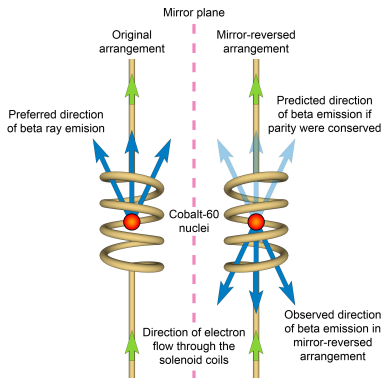
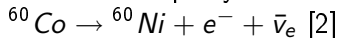
Rozpad β^-

Uniwersalne sprzężenie punktowe pozostawiło nam jeden wolny parametr G_F . Teoria Fermiego zakładała, że oddziaływania słabe mają tę samą symetrię co oddziaływania elektromagnetyczne. Zmieniło się to w roku 1957.

Teoria Fermiego

Doświadczenie Wu

Pani C.S.Wu zaobserwowała łamanie parzystości w rozpadzie:



Stała Fermiego

Definicja

Stała Fermiego G_F jest zdefiniowana poprzez równanie:

$$\tau_\mu^{-1} \equiv \frac{G_F^2 m_\mu^5}{192 \pi^3} (1 + \Delta q),$$

Gdzie Δq jest obliczana z lagranżjanu teorii Fermiego i zawiera poprawki QCD i QED. [3]

Eksperymenty

Lata 80

W latach 90 przeprowadzono dwa eksperymenty:

1. Oba przeprowadzono w 1984 roku.
2. Przez 20 lat nie otrzymano lepszego wyniku.
3. Ograniczenia teoretyczne.

Pozwoliło to oszacować stałą Fermiego na poziomie $\frac{\Delta G_F}{G_F} = 18 \text{ ppm}$.

Volume 137B, number 1,2

PHYSICS LETTERS

22 March 1984

A NEW MEASUREMENT OF THE POSITIVE MUON LIFETIME

G. BARDIN, J. DUCLOS, A. MAGNON, J. MARTINO

Service de Physique Nucléaire à Haute Energie, CEN Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

E. ZAVATTINI

CERN, Geneva, Switzerland

A. BERTIN, M. CAPPONI, M. PICCININI

*Dipartimento di Fisica dell'Università di Bologna, Bologna, Italy
and Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Bologna, Italy*

and

A. VITALE

*Sezione Fisica del Dipartimento di Energetica dell'Università di Firenze, Florence, Italy
and Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sezione di Bologna, Italy*

Received 20 January 1984

Eksperymenty

Lata 80

Wykorzystano strumień pionów, które po rozpadzie na mion zatrzymywały się na tarczy a następnie do rozpaday się na pozyton. Najważniejsze informacje:

1. Pulsacyjna wiązka pionów o energii 140 MeV w Linaku w Saclay
2. Jako tarczy użyto siarki
3. Kształt i ułożenie tarczy tak aby miony przed rozpadem zatrzymały się na tarczy

Eksperymenty

Lata 80

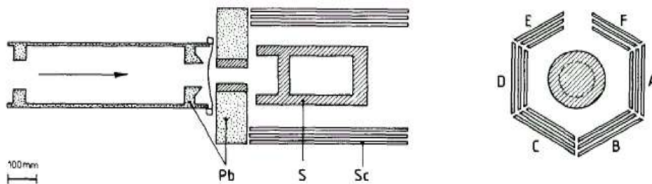
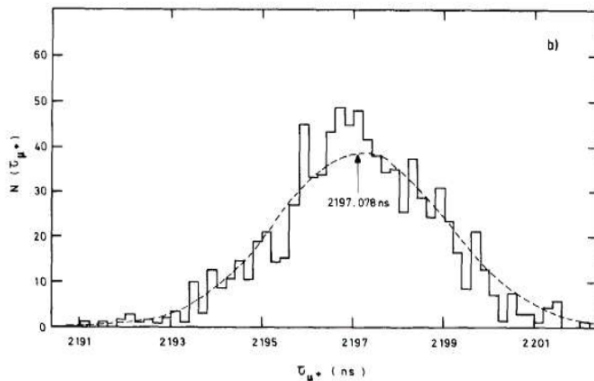


Fig. 1. Simplified scheme of the experimental set-up: Pb = lead collimator, S = sulphur target, Sc = plastic scintillator telescopes, placed at the positions A, B, C, D, E and F around the target.

Eksperymenty

Lata 80



PHYSICAL REVIEW D

PARTICLES AND FIELDS

THIRD SERIES, VOLUME 29, NUMBER 3

1 FEBRUARY 1984

Mean life of the positive muon

K. L. Giovanetti,* W. Dey,[†] M. Eckhause, R. D. Hart,[‡] R. Hartmann,[§] D. W. Hertzog,** J. R. Kane,
W. A. Orance,^{††} W. C. Phillips, R. T. Siegel, W. F. Vulcan, R. E. V
Department of Physics, The College of William and Mary, Williamst

Eksperymenty

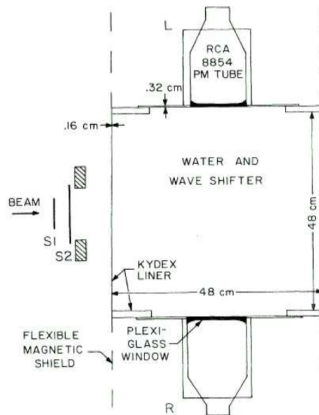
Lata 80

Eksperyment odbył się w Kanadzie. Wiązka pionów wpadała do detektora Cherenkova gdzie zachodził rozpad $\pi^+ \Rightarrow \mu^+ \Rightarrow e^+$ co pozwoliło wyznaczyć czas rozpadu.

1. Piony o energii 140-170 MeV
2. Zatrzymywane w wodzie badano dystrybucje czasową pozytonów
3. Dwa detektory z lewej i prawej strony

Eksperymenty

Lata 80



Eksperymenty

Lata 80

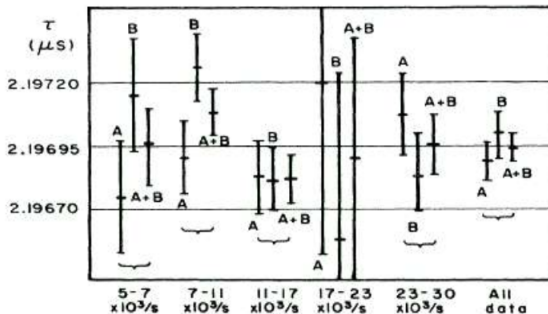


FIG. 4. Values of τ and their standard deviations determined from data obtained with beam intensities in five different ranges, and from all of the data. For each, there are shown separately the results from timing channel A, from timing channel B, and from the combination A + B.

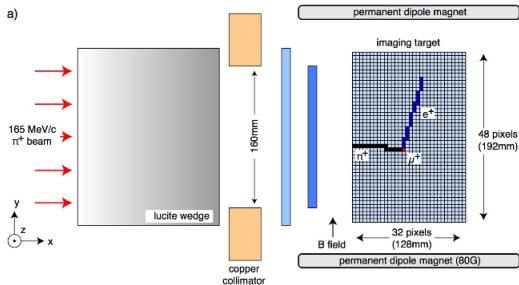
Eksperymenty

Eksperyment FAST

Fibre Active Scintillator Target (FAST) miał za zadanie zmniejszyć niepewność czasu rozpadu mionu. Odbывał się w Paul Scherrer Institute (PSI) i trwał od roku 1999 do roku 2006. Artykuł z wynikami opublikowano w 2007 roku.

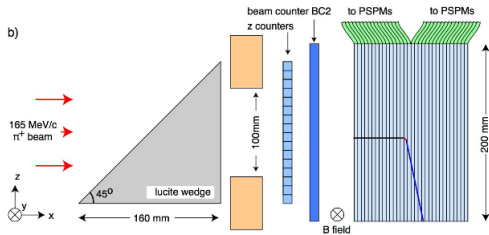
Eksperymenty

Eksperyment FAST



Eksperymenty

Eksperyment FAST



Eksperymenty

Eksperyment FAST

Source of systematic error	$\Delta\tau_\mu$ (ppm)
1. Fit method	-5.2
2. Reference time (π vs. μ)	+1.8
3. Detector uniformity	+7.6
4. Time stability	< 1
5. Beam rate	< 1
6. TDC performance	< 1
7. Muon spin rotation	< 1
Total	± 6.5

Eksperymenty

Eksperyment FAST

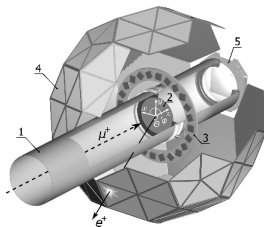
Wyniki eksperymentu:

1. $\tau_\mu = 2.197083(32)(15)\mu s$
2. $G_F = 1.166353(9) \times 10^{-5} GeV^{-2}$
3. Dokładność pomiaru osiągnęła 8 ppm
4. Przez dalszą obróbkę danych (możliwe akwizycję większej ilości) eksperyment chce zejść do granicy 1 ppm

Eksperymenty

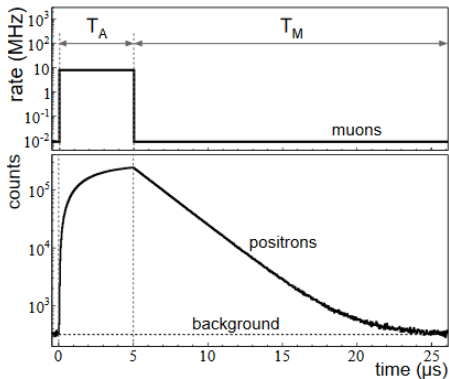
Eksperyment MuLan

Eksperyment MuLan czy raczej μLAN zaproponowany został w tym samym roku co FAST i trwał do roku 2007 w PSI. Ostatnia publikacja z wynikami pojawiła się w 2013 roku.



Eksperymenty

Eksperyment MuLan



Eksperymenty

Eksperyment MuLan

Wyniki eksperymentu:

1. $\tau_\mu = 2196980.3(2.1)(0.7)ps$
2. $G_F = 1.1663787(6) \times 10^{-5} GeV^{-2}$
3. Dokładność pomiaru osiągnęła 0.5 ppm!
4. Taki wynik umożliwia badanie oddziaływań słabych z większą precyzją.



Bibliografia

- [1] Yang, C. N "Fermi's β -decay Theory". Asia Pacific Physics Newsletter. 1 (01): 27–30
- [2] Wu, C. S.; Ambler, E; Hayward, R. W.; Hoppes, D. D.; Hudson, R. P. (1957). "Experimental Test of Parity Conservation in Beta Decay". Physical Review. 105 (4): 1413–1415.
- [3] T. van Ritbergen and R. G. Stuart, Nucl. Phys.B564,343 (2000); T. van Ritbergen and R. G. Stuart, Phys.Lett.B437, 201 (1998); T. van Ritbergen and R. G. Stuart, Phys. Rev. Lett.82, 488 (1999).
- [4] V. Tishchenko, et al., Detailed Report of the MuLan Measurement of the Positive Muon Lifetime and Determination of the Fermi Constant, Phys.Rev. D87 (5) (2013) 052003, arXiv:1211.0960, doi:10.1103/PhysRevD.87.052003.
- [5] A. Barczyk, et al., Measurement of the Fermi Constant by FAST, Phys.Lett. B663 (2008) 172–180.arXiv:0707.3904, doi:10.1016/j.physletb.2008.04.006.