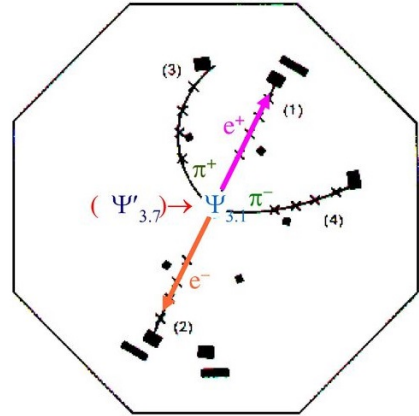

Die J/ψ -Entdeckung

Jan Langer

16.11.2018

Gliederung

1. Einleitung
2. Das J/ψ -Meson
3. Historische Einordnung
4. Theoretische Vorhersage
5. Der experimentelle Wettlauf
6. Namensgebung
7. Nobelpreis und Novemberrevolution
8. Angeregte Zustände
9. Weitere Entdeckungen



[J/psi meson - Wikipedia]

Einleitung

- Entdeckung der J/ψ -Resonanz im Jahr 1974
 - Existenz eines 4. Quarks nachgewiesen
 - Bestätigung der Quark-Theorie
- Nachweis durch 2 unabhängige Gruppen
 - Burton Richter: Stanford Linear Accelerator Center (SLAC)
 - Samuel Chao Chung Ting: Brookhaven National Laboratory (BNL)
- Nobelpreis im Jahr 1976

Das J/ψ -Meson

■ Gebundener Zustand: $c\bar{c}$

- Charmonium (2. leichtester Zustand)
- Flavour-neutrales Meson

■ Eigenschaften

- Masse: $m_0 = 3,096 \text{ GeV}/c^2$
- Lebensdauer: $\tau = 7,2 \cdot 10^{-21} \text{ s}$
- Zerfallsbreite: $\Gamma = 92,9 \text{ keV}$
- Ladung: $q = 0$
- Spin: 1
- Isospin: 0

$J/\psi(1S)$

$$J^G(J^{PC}) = 0^-(1^{--})$$

Mass $m = 3096.916 \pm 0.011 \text{ MeV}$

Full width $\Gamma = 92.9 \pm 2.8 \text{ keV}$ ($S = 1.1$)

$\Gamma_{ee} = 5.55 \pm 0.14 \pm 0.02 \text{ keV}$

$J/\psi(1S)$ DECAY MODES	Fraction (Γ_i/Γ)	Scale factor/ Confidence level (MeV/c)
hadrons	(87.7 \pm 0.5) %	—
virtual $\gamma \rightarrow$ hadrons	(13.50 \pm 0.30) %	—
$g\bar{g}g$	(64.1 \pm 1.0) %	—
$\gamma g\bar{g}$	(8.8 \pm 1.1) %	—
e^+e^-	(5.971 \pm 0.032) %	1548
$e^+e^-\gamma$	[a] (8.8 \pm 1.4) $\times 10^{-3}$	1548
$\mu^+\mu^-$	(5.961 \pm 0.033) %	1545

[K.A. Olive et al. (Particle Data Group), Chin. Phys. C, 38, 090001 (2014) and 2015]

Historische Einordnung

1946 I.I. Rabi: „Who ordered that“

→ Entdeckung von Teilchen der 2. Generation

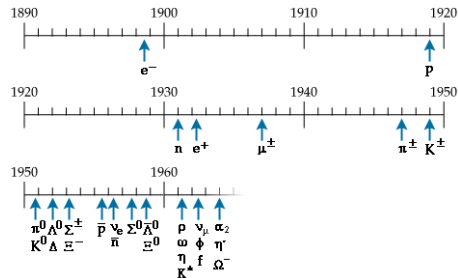
→ Myonen \Rightarrow Leptonen

1947 Entdeckung von π^\pm in der Höhenstrahlung

1949 Entdeckung des K^+ über $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^+ \pi^-$

1953 Gell-Mann/Nishijima: Strangeness und Hadronen

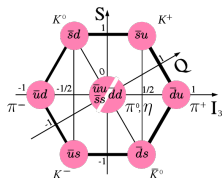
1961 Gell-Mann und Zweig: Der achtfache Weg



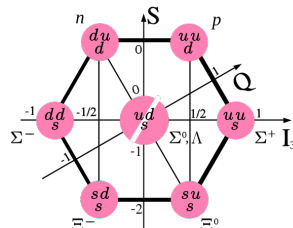
[<http://erlangen.physicsmasterclasses.org/titelseite.html>]

Der achtfache Weg

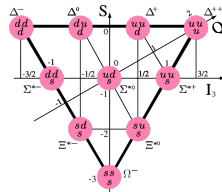
- Symmetrieüberlegungen → Multipletts:
Ladung, Strangeness, Isospin
- $SU(3)$: 9 mögliche $q\bar{q}$ Kombinationen
 - $u, d, s \rightarrow 3 \otimes \bar{3} = 8 \oplus 1$ (Oktett + Singulett)
 - 8 leichte Mesonen ($|q\bar{q}\rangle$) (Oktett)
- 8 leichte Baryonen ($|qqq\rangle$) ($3 \otimes 3$)
- Gell-Mann: Baryonen Dekuplett
 - Alle Teilchen bis auf Ω^- bekannt



[Eightfold Way - Wikipedia]



[Eightfold Way - Wikipedia]



[Eightfold Way - Wikipedia]

Historische Einordnung

1946 I.I. Rabi: „Who ordered that“

- Entdeckung von Teilchen der 2. Generation
- Myonen \Rightarrow Leptonen

1947 Entdeckung von π^\pm in der Höhenstrahlung

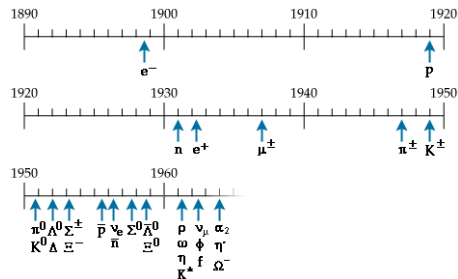
1949 Entdeckung des K^\pm über $K^\pm \rightarrow \pi^\pm \pi^\pm \pi^\mp$

1953 Gell-Mann/Nishijima: Strangeness und Hadronen

1961 Gell-Mann und Zweig: Der achtfache Weg

1964 Entdeckung des 1961 postulierten Ω^-

- Stütze für Symmetrieüberlegungen zum Quarkmodell



[<http://erlangen.physicsmasterclasses.org/titelseite.html>]

Quark Modell von 1964

- Gell-Mann: Hadronen aus Quarks zusammengesetzt (u, d, s)

Quark Modell von 1964

- Gell-Mann: Hadronen aus Quarks zusammengesetzt (u, d, s)
- Meson ($|q\bar{q}\rangle$) und Baryon ($|qqq\rangle$ bzw. $|\bar{q}\bar{q}\bar{q}\rangle$) Zustände
 - Alle Multipletts auf natürlichem Weg möglich

Quark Modell von 1964

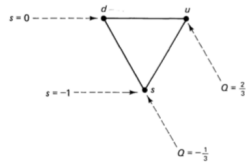
- Gell-Mann: Hadronen aus Quarks zusammengesetzt (u, d, s)
- Meson ($|q\bar{q} \rangle$) und Baryon ($|qqq \rangle$ bzw. $|\bar{q}\bar{q}\bar{q} \rangle$) Zustände
 - Alle Multipletts auf natürlichem Weg möglich
- Greenberg und das Δ^{++} (1964):
 - 3 u -Quarks im selben Zustand nicht möglich (Pauli)
 - Quarks tragen Farbe

Quark Modell von 1964

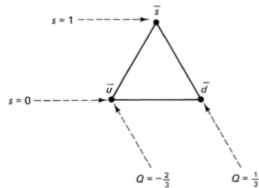
- Gell-Mann: Hadronen aus Quarks zusammengesetzt (u, d, s)
- Meson ($|q\bar{q} \rangle$) und Baryon ($|qqq \rangle$ bzw. $|\bar{q}\bar{q}\bar{q} \rangle$) Zustände
 - Alle Multipletts auf natürlichem Weg möglich
- Greenberg und das Δ^{++} (1964):
 - 3 u -Quarks im selben Zustand nicht möglich (Pauli)
 - Quarks tragen Farbe
- Natürliche Teilchen sind farblos
 - keine $|qq \rangle$ bzw. $|qqqq \rangle$ Zustände

Quark Modell von 1964

- Gell-Mann: Hadronen aus Quarks zusammengesetzt (u, d, s)
- Meson ($|q\bar{q}\rangle$) und Baryon ($|qqq\rangle$ bzw. $|\bar{q}\bar{q}\bar{q}\rangle$) Zustände
 - Alle Multipletts auf natürlichem Weg möglich
- Greenberg und das Δ^{++} (1964):
 - 3 u -Quarks im selben Zustand nicht möglich (Pauli)
 - Quarks tragen Farbe
- Natürliche Teilchen sind farblos
 - keine $|qq\rangle$ bzw. $|qqqq\rangle$ Zustände
- Späte 60er: kein einzelnes Quark beobachtet
 - Confinement



[Griffiths- Introduction to elementary particles]



[Griffiths- Introduction to elementary particles]

Quark Modell von 1970

- Nicola Cabibbo (1963): Postulation des Cabibbo-Winkel θ_c
 - Einheitliche Beschreibung von Strangeness erhaltenden und verletzenden Zerfällen
- Glashow, Iliopoulos und Maiani: GIM-Mechanismus (1970)
 - Vorhersage des c -Quarks



[Nicola Cabibbo - Wikipedia]

GIM-Mechanismus (1970)

■ Ursprüngliches Problem

■ Messung von

$$\frac{\Gamma(K_L^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-)}{\Gamma(K_L^0 \rightarrow \text{all})} = (9,1 \pm 1,9) \cdot 10^{-9}$$

→ Warum so stark unterdrückt?

GIM-Mechanismus (1970)

■ Ursprüngliches Problem

■ Messung von

$$\frac{\Gamma(K_L^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-)}{\Gamma(K_L^0 \rightarrow \text{all})} = (9,1 \pm 1,9) \cdot 10^{-9}$$

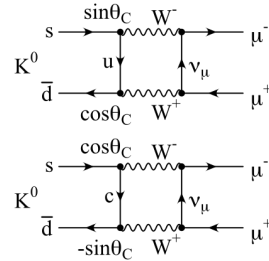
→ Warum so stark unterdrückt?

■ Lösung von Sheldon Lee Glashow, John Iliopoulos und Luciano Maiani

■ Einführung eines 4. Quarks

■ Simple Modifikation

→ Destruktive Interferenz



[GIM-Mechanismus - Wikipedia]



(d)



(e)



(f)

[Glashow, Maiani, Iliopoulos - Wikipedia]

GIM-Mechanismus (1970)

■ Ursprüngliches Problem

■ Messung von

$$\frac{\Gamma(K_L^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-)}{\Gamma(K_L^0 \rightarrow \text{all})} = (9,1 \pm 1,9) \cdot 10^{-9}$$

→ Warum so stark unterdrückt?

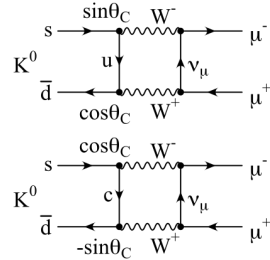
■ Lösung von Sheldon Lee Glashow, John Iliopoulos und Luciano Maiani

■ Einführung eines 4. Quarks

■ Simple Modifikation

→ Destruktive Interferenz

■ Unterdrückung von FCNC in Loop-Diagrammen



[GIM-Mechanismus - Wikipedia]



(g)



(h)



(i)

[Glashow, Maiani, Iliopoulos - Wikipedia]

Quark Modell von 1970

- Nicola Cabibbo (1963): Postulation des Cabibbo-Winkel θ_C
 - Einheitliche Beschreibung von Strangeness erhaltenden und verletzenden Zerfällen
- Glashow, Iliopoulos und Maiani: GIM-Mechanismus (1970)
 - Vorhersage des c -Quarks
- 4-Quark Modell
- Übertragung der Übergänge von Cabibbo auf 2 Familien
- Kobayashi und Maskawa (1973)
 - Erweiterung auf 3 Familien
 - CKM-Matrix



[Nicola Cabibbo - Wikipedia]

Entdeckung

- Entdeckung durch 2 unabhängige Experimente
 - Stanford Linear Accelerator Center (SLAC)
 - Brookhaven National Laboratory (BNL)
- Vorstellung am 11. Nov. 1974
 - Burton Richter (SLAC)
 - Samuel Chao Chung Ting (BNL)
- Veröffentlichung am 2. Dez. 1974
 - Physical Review Letters Vol. 33, Number 23

VOLUME 33, NUMBER 23

PHYSICAL REVIEW LETTERS

2 DECEMBER 1974

Experimental Observation of a Heavy Particle J/ψ

J. J. Aubert, U. Becker, P. J. Biggs, J. Burger, M. Chen, G. Everhart, P. Goldhagen,
J. Leong, T. McCorriston, T. G. Rhoades, M. Rohde, Samuel C. C. Ting, and Sau Lan Wu
*Laboratory for Nuclear Science and Department of Physics, Massachusetts Institute of Technology,
Cambridge, Massachusetts 02139*

and

Y. Y. Lee
Brookhaven National Laboratory, Upton, New York 11973
(Received 12 November 1974)

[Experimental Observation of a Heavy Particle J]

Discovery of a Narrow Resonance in e^+e^- Annihilation*

J. -E. Augustin,† A. M. Boyarski, M. Breidenbach, F. Bulos, J. T. Datin, G. J. Feldman,
G. E. Fischer, D. Fryberger, G. Hanson, B. Jean-Marie,† R. R. Larsen, V. Luth,
H. L. Lynch, D. Lyon, C. C. Morehouse, J. M. Paterson, M. L. Perl,
B. Richter, P. Rapidis, R. F. Schwitters, W. M. Tanenbaum,
and F. Vannucci‡

Stanford Linear Accelerator Center, Stanford University, Stanford, California 94305

and

G. S. Abrams, D. Briggs, W. Chinowsky, C. E. Friedberg, G. Goldhaber, R. J. Hollebeek,
J. A. Kadyk, B. Lulu, F. Pierre,§ G. H. Trilling, J. S. Whitaker,
J. Wiss, and J. E. Zipse

Lawrence Berkeley Laboratory and Department of Physics, University of California, Berkeley, California 94720
(Received 13 November 1974)

[Discovery of a Narrow Resonance in e^+e^- Annihilation]

Geschichtlicher Hintergrund von Ting und dem BNL

- Von 1965-1969 (Ting):
 - Beobachtung der Vektor-Mesonen ρ, ω und Φ

Geschichtlicher Hintergrund von Ting und dem BNL

- Von 1965-1969 (Ting):
 - Beobachtung der Vektor-Mesonen ρ, ω und Φ
- Ting: Wie viele Vektor-Mesonen existieren
 - Masse und andere Eigenschaften?

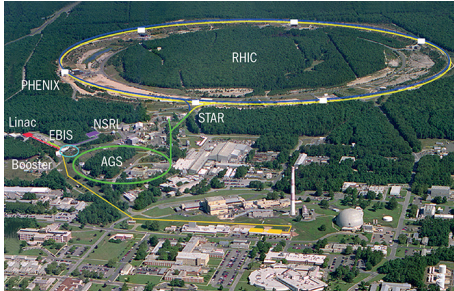
Geschichtlicher Hintergrund von Ting und dem BNL

- Von 1965-1969 (Ting):
 - Beobachtung der Vektor-Mesonen ρ, ω und Φ
- Ting: Wie viele Vektor-Mesonen existieren
 - Masse und andere Eigenschaften?
- Suche nach Vektor-Mesonen in fixed-target Experimenten
 - $p + p \rightarrow V^0 (\rightarrow e^+ e^-) + X$
 - Ting: $e^+ e^-$ -Maschinen nicht der beste Ort für systematische Suche nach schweren Mesonen

Geschichtlicher Hintergrund von Ting und dem BNL

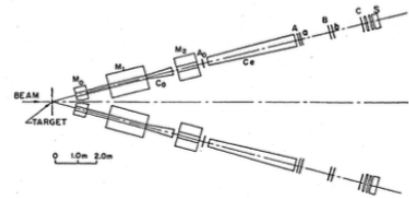
- Von 1965-1969 (Ting):
 - Beobachtung der Vektor-Mesonen ρ, ω und Φ
- Ting: Wie viele Vektor-Mesonen existieren
 - Masse und andere Eigenschaften?
- Suche nach Vektor-Mesonen in fixed-target Experimenten
 - $p + p \rightarrow V^0 (\rightarrow e^+e^-) + X$
 - Ting: e^+e^- -Maschinen nicht der beste Ort für systematische Suche nach schweren Mesonen
- Proposal für Experiment vom CERN und Fermilab abgelehnt
 - Angenommen vom BNL

Alternating Gradient Synchrotron und der experimentelle Aufbau



[<https://www.bnl.gov/rhic/news2/news.asp?a=6425&t=today>]

- Protonenergie bis 33 GeV
- Detektor: Zwei-Arm-Spektrometer



(a) Plan view

[The discovery of the Jparticle: A personal recollection - Samuel Ting]

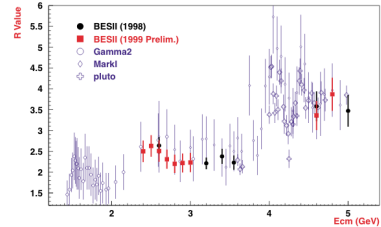
- Proton-Synchrotron-Strahl
- fixed-target

Geschichtlicher Hintergrund Mark1(SLAC)

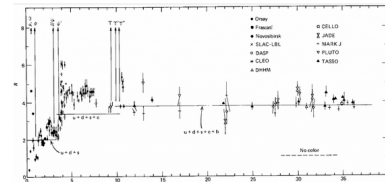
- Richter: Interesse an Hadronproduktion in e^+e^- -Speicherring
- 1965: Proposal des SLAC für Maschine mit 3 GeV Strahlenergie
- SPEAR Gruppe untersuchte hauptsächlich das Verhältnis

$$R = \frac{\sigma(e^+e^- \rightarrow \text{hadrons})}{\sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-)}$$

- Verhältnis steigt im Bereich von 2 GeV bis 5 GeV von 2 auf 6 (Juni 1974)
 - 3 Quark-Modell-Vorhersage: $R = 2$

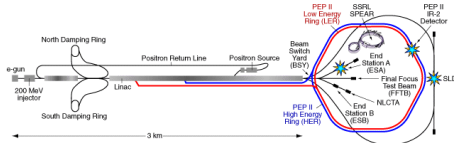


[R Values in Low Energy e^+e^- -Annihilation - Zhengguo Zhao]



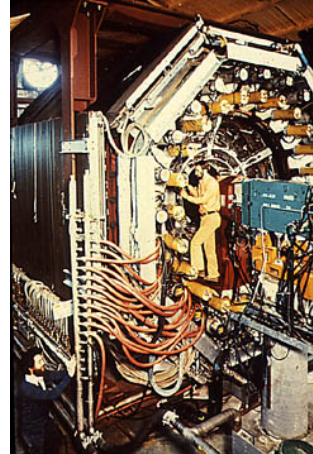
[<https://www.quantumdiaries.org/tag/r-value/>]

SLAC und der Mark1-Detektor



[http://erlangen.physicsmasterclasses.org/exp_forsc/exp_forsc_11.html]

- e^+e^- -Maschine
- $E_{\text{CMS}} = 2,6 \text{ GeV} - 8 \text{ GeV}$
- Mark1: 4π Detektor



[<http://www.slac.stanford.edu/history/markphotos.shtml>]

Zeitlicher Ablauf der Veröffentlichung

- 22. August: Datennahme zwischen 2 GeV und 4 GeV startet (TING)
 - 2 unabhängige Analyseteams begannen nach 2 Wochen Datennahme die Arbeit
 - Beide sahen Peak bei 3,1 GeV

Zeitlicher Ablauf der Veröffentlichung

- 22. August: Datennahme zwischen 2 GeV und 4 GeV startet (TING)
 - 2 unabhängige Analyseteams begannen nach 2 Wochen Datennahme die Arbeit
 - Beide sahen Peak bei 3,1 GeV
- Drängen der Gruppenmitglieder auf Veröffentlichung
 - Ting: Doppelte Überprüfung der Ergebnisse

Zeitlicher Ablauf der Veröffentlichung

- 22. August: Datennahme zwischen 2 GeV und 4 GeV startet (TING)
 - 2 unabhängige Analyseteams begannen nach 2 Wochen Datennahme die Arbeit
 - Beide sahen Peak bei 3,1 GeV
- Drängen der Gruppenmitglieder auf Veröffentlichung
 - Ting: Doppelte Überprüfung der Ergebnisse
- 17.-18. Oktober: Veröffentlichung während des MIT-Festivals im letzten Moment abgesagt

Zeitlicher Ablauf der Veröffentlichung

- 22. August: Datennahme zwischen 2 GeV und 4 GeV startet (TING)
 - 2 unabhängige Analyseteams begannen nach 2 Wochen Datennahme die Arbeit
 - Beide sahen Peak bei 3,1 GeV
- Drängen der Gruppenmitglieder auf Veröffentlichung
 - Ting: Doppelte Überprüfung der Ergebnisse
- 17.-18. Oktober: Veröffentlichung während des MIT-Festivals im letzten Moment abgesagt
- 22. Oktober: Treffen mit Mel Schwartz (Stanford)
 - Wette um 10 Dollar

Zeitlicher Ablauf der Veröffentlichung

- 22. August: Datennahme zwischen 2 GeV und 4 GeV startet (TING)
 - 2 unabhängige Analyseteams begannen nach 2 Wochen Datennahme die Arbeit
 - Beide sahen Peak bei 3,1 GeV
- Drängen der Gruppenmitglieder auf Veröffentlichung
 - Ting: Doppelte Überprüfung der Ergebnisse
- 17.-18. Oktober: Veröffentlichung während des MIT-Festivals im letzten Moment abgesagt
- 22. Oktober: Treffen mit Mel Schwartz (Stanford)
 - Wette um 10 Dollar
- 9. November: SLAC geht zurück auf 3,1 GeV (anstatt 4,5 GeV-6 GeV)
- 10. November: SLAC bestätigt ungewöhnlich schmale Breite bei 3,095 GeV

Zeitlicher Ablauf der Veröffentlichung

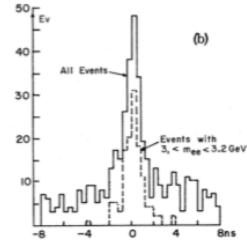
- 22. August: Datennahme zwischen 2 GeV und 4 GeV startet (TING)
 - 2 unabhängige Analyseteams begannen nach 2 Wochen Datennahme die Arbeit
 - Beide sahen Peak bei 3,1 GeV
- Drängen der Gruppenmitglieder auf Veröffentlichung
 - Ting: Doppelte Überprüfung der Ergebnisse
- 17.-18. Oktober: Veröffentlichung während des MIT-Festivals im letzten Moment abgesagt
- 22. Oktober: Treffen mit Mel Schwartz (Stanford)
 - Wette um 10 Dollar
- 9. November: SLAC geht zurück auf 3,1 GeV (anstatt 4,5 GeV-6 GeV)
- 10. November: SLAC bestätigt ungewöhnlich schmale Breite bei 3,095 GeV
- 10. November: Ting kommt zufällig für ein Meeting am SLAC an
- 11. November: Veröffentlichung am SLAC

Ergebnisse BNL

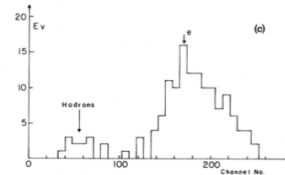
■ $p + p \rightarrow e^- + e^+ + X$ Reaktionen

■ Trennung von Signal und Untergrund

- Spurrekonstruktion zwischen den Armen
- Time-of-flight-Spektrum
- Pulshöhenspektrum



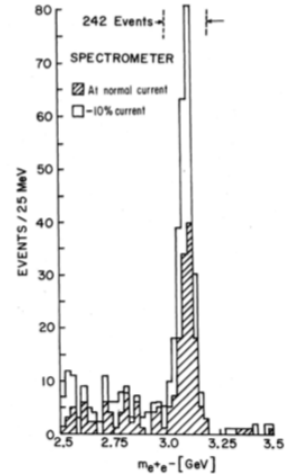
[Experimental Observation of a Heavy Particle]



[Experimental Observation of a Heavy Particle]

Ergebnisse BNL

- Durchführung vieler cross-checks
 - Magnetströme um 10 % reduziert
 - Targetdicke verändert
 - Veränderung der Strahlintensität
 - Und weitere



[Experimental Observation of a Heavy Particle J]

Ergebnisse SLAC

■ Messungen des Wirkungsquerschnittes

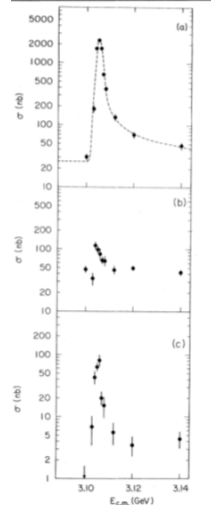
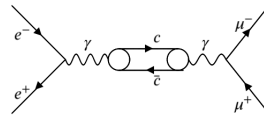
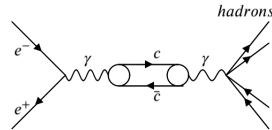
$\sigma(e^+e^- \rightarrow \text{hadrons})$

- Erhöhung bei 3,1 GeV, 3,2 GeV
- 3,2 GeV Wert stammt aus Strahlungskorrekturen

■ Feinere Schritte und Normierung auf Bhabha-Streuung

- a)** Hadronische Endzustände
- b)** e^+e^- Endzustände
- c)** $\mu^+\mu^-$, $\pi^+\pi^-$, K^+K^-

→ Wirkungsquerschnitt (a)) steigt von 25 nb auf (2300 ± 200) nb



[Discovery of a Narrow Resonance in e^+e^- Annihilation]

Ergebnisse und Veröffentlichung

■ BNL

- $m = 3,1 \text{ GeV}$
- $\Gamma \approx 0$

■ SLAC

- $m = (3,105 \pm 0,003) \text{ GeV}$
- $\Gamma \leq 1,3 \text{ MeV}$

Ergebnisse und Veröffentlichung

■ BNL

- $m = 3,1 \text{ GeV}$
- $\Gamma \approx 0$

■ SLAC

- $m = (3,105 \pm 0,003) \text{ GeV}$
- $\Gamma \leq 1,3 \text{ MeV}$

- Gemeinsame Pressekonferenz am 11. November am SLAC

Ergebnisse und Veröffentlichung

■ BNL

- $m = 3,1 \text{ GeV}$
- $\Gamma \approx 0$

■ SLAC

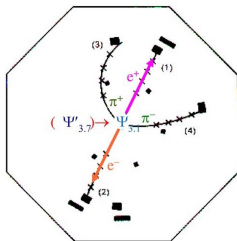
- $m = (3,105 \pm 0,003) \text{ GeV}$
- $\Gamma \leq 1,3 \text{ MeV}$

- Gemeinsame Pressekonferenz am 11. November am SLAC
- Schmale Breite bzw. hohe Lebensdauer mit bisherigen Quarks unerklärbar
 - Deutung Tings: Theoretisch vorhergesagtes c -Quark, Z_0 , o.a.
 - Innerhalb eines Jahres, nach vielen theor. Spekulationen, war klar: $c\bar{c}$

Namensgebung

■ Burton Richter

- Benennung nach der Erstellung der Simulation des Dreikörperzerfalls



[J/psi meson - Wikipedia]

■ Samuel Chao Chung Ting

- Schriftzeichen des Familiennamens sieht J sehr ähnlich

Character: Chinese Simplified
Pronunciation: Hanyu Pinyin
(Mandarin = Standard Chinese)



丁
dīng

© HanTrainerPro.com

[https://woerterbuch.hantrainerpro.de/chinesisch-deutsch/bedeutung-ding_population.htm]

Nobelpreis und Novemberrevolution

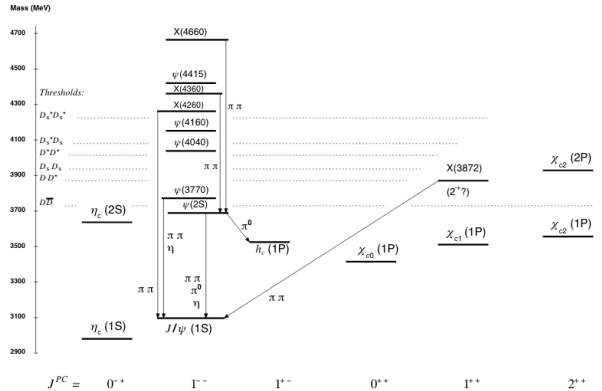
- Nobelpreis 1976
- „Für ihre führenden Leistungen bei der Entdeckung eines schweren Elementarteilchens neuer Art“
- Zeit der Entdeckung bekannt als Novemberrevolution
- Wenige Tage nach der Entdeckung werden weitere Teilchen entdeckt



[<https://www.symmetrymagazine.org/article/november-2014/the-november-revolution>]

Angeregte Zustände - Charmonium

- Innerhalb von 10 Tagen nach J/ψ
→ $\psi'(3695) = \psi(2S)$ (SLAC)
- $\eta_c(1S)$ 1980 (SLAC, Mark2)
- $\eta_c(2S)$ 2002 (BELLE)



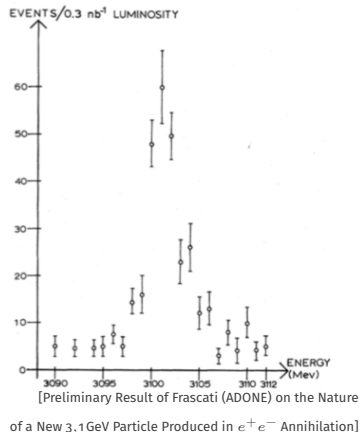
[K.A. Olive et al. (Particle Data Group), Chin. Phys. C, 38, 090001 (2014) and 2015]

Experimentelle Bestätigung

- 3 Experimente bestätigen Messung von Ting und Richter (2. Dez. 1974)

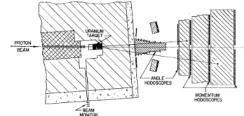
- Gamma-Gamma-Group
- Magnet Experimental Group (ADONE)
- Baryon-Antibaryon Group

→ Alle beobachten stark erhöhte Zählrate

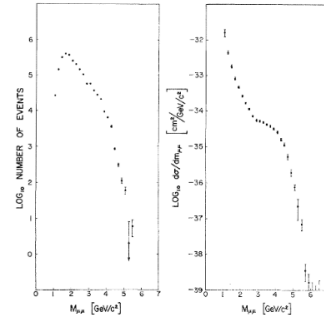


Verpasste Entdeckung

- Jim Christenson und Leon Lederman verpassten Entdeckung knapp
- $p + U \rightarrow \mu^+ \mu^- + X$ (fixed-target)
- Ähnlicher Aufbau zu Ting
- Betrachtung von Myon-Massenverteilungen in pp -Kollisionen
- Schlechte Massenauflösung ließ $3,09 \text{ GeV}$ $J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$ Resonanz wie Breite Schulter in der Massenverteilung aussehen
 - ➔ Schlechtes Detektordesign



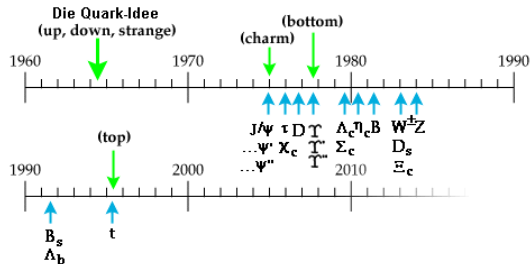
[Observation of Massive Muon Pairs in Hadron Collisions]



[Observation of Massive Muon Pairs in Hadron Collisions]

Weitere Entdeckungen

- 1975** Entdeckung des tau-Leptons (τ , SLAC)
- 1977** Entdeckung des bottom-Quarks (b , Fermilab)
- 1983** Nachweis des W -Bosons (UA1 und UA2)
- 1995** Entdeckung des t -Quark (DØ und CDF)



[<http://erlangen.physicsmasterclasses.org/titelseite.html>]

Zusammenfassung

■ Wettlauf bei der Suche nach neuen Teilchen

- $\frac{\Gamma(K_L^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-)}{\Gamma(K_L^0 \rightarrow \text{all})} = (9,1 \pm 1,9) \cdot 10^{-9}$
- $R = \frac{\sigma(e^+ e^- \rightarrow \text{hadrons})}{\sigma(e^+ e^- \rightarrow \mu^+ \mu^-)} \neq 2$

■ Simultane Entdeckung des J/ψ -Mesons

- Burton Richter: Stanford Linear Accelerator Center
- Samuel Chao Chung Ting: Brookhaven National Laboratory

■ Später: J/ψ ist $c\bar{c}$ -Bindungszustand

→ Entdeckung des c -Quarks

■ Entdeckung vieler neuer Teilchen möglich

→ Novemberrevolution

Ende