

Paritätsverletzung

Dennis Schröder

15.5.2013

Überblick

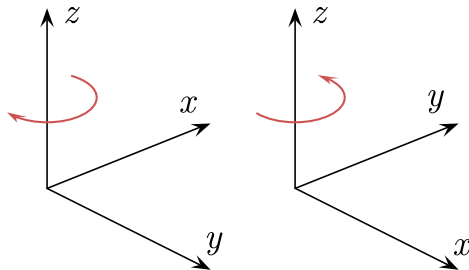
- 1 Parität
 - Paritätsverletzung
 - Paritätsoperation
 - Klassifikation physikalischer Größen
 - Vermutung von Yang und Lee
- 2 Wu-Experiment
 - Idee
 - Experiment
 - Ergebnis
- 3 Interpretation
 - Helizität
 - Erklärung
- 4 CPT-Invarianz
 - Erste Vermutung: CP-Invarianz
 - CPT-Invarianz

Parität

- Spiegelbild eines Experiments und Ergebnis des gespiegelten Experiments sind nicht gleich
- Keine Entsprechung im Alltag
z.B. Gravitation, Elektrodynamik

Parität

- Inversion einer Koordinaten, z.B. $(x_1, x_2, x_3) \mapsto (-x_1, x_2, x_3)$
- Determinante -1
- Nicht durch Drehung erreichbar (Determinante +1)



[1]

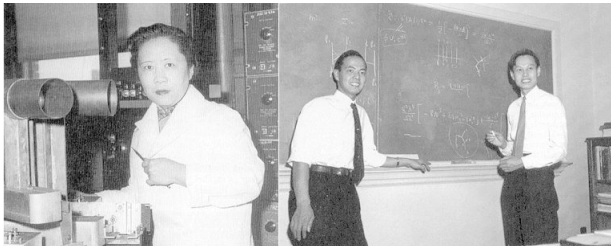
Parität

- Klassifikation physikalischer Größen, VZ bleibt bei Parität erhalten (+1) oder nicht (-1)
- Skalare (+1), z.B. Zeit, Länge
- Pseudoskalare (-1), z.B. magnetischer Fluss
- Polare Vektoren (-1), z.B. Ort, Geschwindigkeit
- Axiale Vektoren (+1), z.B. Drehimpuls, Spin

Vermutung von Yang und Lee

Parität

- Starke und elektromagnetische Wechselwirkung sowie Gravitation: Parität erhalten
- Chen-Ning Yang und Tsung-Dao Lee 1956: Parität bei schwacher Wechselwirkung nicht erhalten
- Mehrere direkte Experimente vorgeschlagen
- Wandten sich an Chien-Shiung Wu



C. S. Wu

T. D. Lee

C. N. Yang

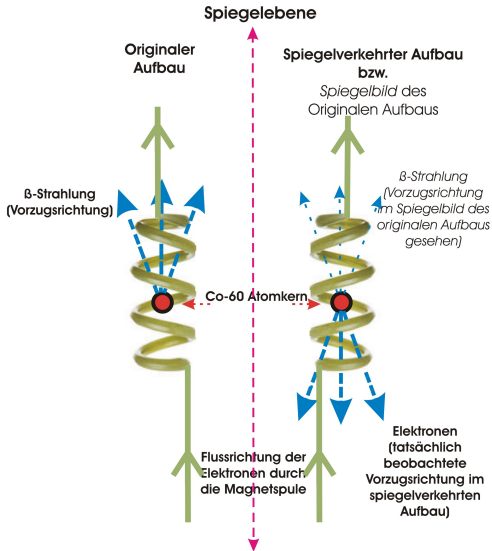
Wu-Experiment

- Überprüfe Paritätserhaltung bei β^- -Zerfall von ^{60}Co
Kernspin $5\hbar$
- Problem: Koorsinatensystemwahl darf nicht willkürlich sein
- Richte dazu magnetisches Moment des Kerns entlang einer definierten Achse aus.

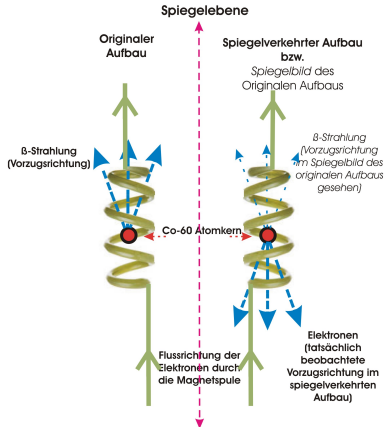
Wu-Experiment

- Richte Kern parallel zu \vec{B} -Feld aus
- Temperatur muss niedrig genug sein (10 mK)
- Messe Anzahl der emittierten e^- parallel und antiparallel zu \vec{B}
- Paritätsoperation durch Umschalten der \vec{B} -Richtung.

Wu-Experiment



- Geschwindigkeit: Axialer Vektor
Erwartung: Bei Parität VZ-Wechsel
- Resultat: Es werden *in jedem Fall* mehr e^- gegen den Kernspin emittiert!
Vorzeichen ändert sich also nicht
- Spiegelbild des Experiments kommt nicht vor



Interpretation

- Helizität $h := \frac{\langle s|p \rangle}{|s| |p|}$
mit Spin s und Impuls p
- linkshändig: $h = -1$
- rechtshändig: $h = +1$

Interpretation

- e^- haben Vorzugsrichtung
- Gesamtspin des Systems ist erhalten
- Erklärung durch Helizität
Goldhaber-Experiment: Antineutrinos haben immer $h = +1$
- Antineutrino wird also immer in Richtung des Kernspins emittiert
- Impulserhaltung: Elektron muss entgegen dem Kernspin emittiert werden

CPT-Invarianz

- P ist keine Symmetrieoperation für physikalische Gesetze
- Operation S gesucht, sodass alle Gesetze invariant unter PS
- Lev Landau 1957: Gesuchte Operation ist C
 C : *Charge conjugation*, ersetze Teilchen durch Antiteilchen
- Spätere Experimente mit β^+ -Strahlern unterstützen die Vermutung

CPT-Invarianz

- Es gibt Vorgänge, die nicht CP -invariant sind (Kaon-Zerfall)
- Lösung: Nehme Operation T (Zeitumkehr) hinzu

- Alle bekannten Prozesse sind CPT -invariant

Quellen

- 1 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e2/Cartesian_coordinate_system_handedness.svg
- 2 http://www.futura-sciences.com/uploads/tx_oxcsfutura/Wu_Lee_Yang.jpg
- 3 http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Parity_violation_principle_Wu_experiment.jpg
- 4 Lee, Yang: Question of Parity Conservation in Weak Interactions, Originalpaper,
http://prola.aps.org/pdf/PR/v104/i1/p254_1