

Zeitschrift: Helvetica Physica Acta
Band: 22 (1949)
Heft: II

Artikel: Zur Frage des Spins der -Mesonen
Autor: Wentzel, Gregor
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-111992>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 21.12.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Zur Frage des Spins der π -Mesonen

von Gregor Wentzel

Institute for Nuclear Studies, University of Chicago

(19. I. 1949.)

Herrn Edgar Meyer zum 70. Geburtstag.

Es werden Effekte diskutiert, die zum Nachweis eines eventuellen Spins des π -Mesons dienen könnten.

Seit die Existenz mehrerer Mesonen-Arten experimentell sichergestellt ist¹⁾, hat die Frage, ob eine Identifizierung der beobachteten Teilchen mit den «Mesonen» der Yukawaschen Theorie der Kernkräfte möglich ist, einen neuen Sinn bekommen. Die schon länger bekannten μ -Mesonen, deren Masse rund 200 Elektronenmassen beträgt, kommen als Yukawa-Partikel nicht mehr in Betracht, nachdem durch die Versuche von CONVERSI, PANCINI und PICCIONI²⁾ festgestellt ist, dass ihre Wechselwirkung mit Atomkernen viel schwächer ist, als für die Träger der Kernkräfte angenommen werden muss. Dagegen besteht durchaus die Möglichkeit, dass die σ - und π -Mesonen als Yukawa-Teilchen anzusprechen sind; denn sie zeigen nicht nur, durch die häufige «Stern»-Erzeugung, eine starke Wechselwirkung mit der Kernmaterie, sondern auch ihre Masse von rund 300 Elektronenmassen passt sehr gut zur Reichweite der Kernkräfte, wie sie aus der Proton-Proton-Streuung bestimmt worden ist³⁾. Wir wollen daher versuchsweise den σ - und π -Mesonen die Eigenschaften von Yukawa-Mesonen zuschreiben, was insbesondere die Annahme ganzzahligen Spins einschliesst. Nach der Skalar- oder Pseudoskalartheorie wäre der Mesonspin 0, nach der Vektortheorie 1. Wenn der Spin nicht null ist, sind Polarisierungseffekte zu erwarten, die vielleicht einer Beobachtung zugänglich sind. Da jede Auskunft über den Mesonspin erwünscht ist, soll hier auf solche Möglichkeiten hingewiesen werden.

¹⁾ Vgl. C. M. G. LATTES, G. P. S. OCCHIALINI, C. F. POWELL, Nature **160**, 453 u. 486 (1947).

²⁾ M. CONVERSI, E. PANCINI, P. PICCIONI, Phys. Rev. **71**, 209 (1947); vgl. auch die theoretische Diskussion von E. FERMI, E. TELLER, V. WEISSKOPF, Phys. Rev. **71**, 314 (1947), E. FERMI, E. TELLER, Phys. Rev. **72**, 399 (1947).

³⁾ L. E. HOISINGTON, S. S. SHARE, G. BREIT, Phys. Rev. **56**, 884 (1939).

Nach der Vektormesonentheorie, die wir als Diskussionsgrundlage benutzen, gibt es zwei verschiedene Kopplungsansätze, nach denen – bei unrelativistischen Nukleongeschwindigkeiten – entweder nur die longitudinal – oder nur die transversal-polarisierten Mesonen mit den Nukleonen in Wechselwirkung stehen⁴⁾. Nach beiden Ansätzen besteht also eine ausgesprochene Spin-Bahn-Kopplung, die zu beobachtbaren Effekten Anlass geben könnte. Freilich ist auch eine Mischung der beiden Kopplungen (lineare Superposition mit beliebigen Koeffizienten) möglich, was zu einer Verringerung der Polarisierungseffekte führen würde.

Die Erzeugung der σ - und π -Mesonen erfolgt im Berkeley-Cyclotron durch Nukleon-Nukleon-Zusammenstöße, und dies dürfte auch in der Höhenstrahlung ein häufiger Prozess sein. Nach den genannten Theorien ist anzunehmen, dass die entstehenden Mesonen polarisiert sind, longitudinal oder transversal zu ihrer Bewegungsrichtung; der Polarisationsgrad wird in erster Linie von der Art der Meson-Nukleon-Kopplung abhängen und ausserdem eine Funktion der Stossenergien sein. Wenn die Mesonen, wie in der Berkeley-Anordnung, ein Magnetfeld H durchlaufen, so präzediert der Polarisationsvektor um die Feldachse mit der Winkelgeschwindigkeit $geH/2mc$ ($e, m =$ Ladung und Masse des Mesons); g ist der theoretisch nicht bestimmte Landé-Faktor, der vermutlich die Grössenordnung 1 hat. Wenn es also gelingt, längs der Bahn des Mesons einen Effekt zu beobachten, der genügend stark polarisationsabhängig ist, so muss sich die Präzessionsbewegung in beobachtbarer Weise äussern, und der g -Faktor muss bestimmbar sein.

In den photographischen Emulsionen, die zum Nachweis der Mesonen verwendet werden, werden die Teilchen zunächst durch die elektrische Wechselwirkung mit der Materie verlangsamt; dieser Prozess, ebenso wie die gleichzeitige Vielfachstreuung, kann nicht in nennenswerter Weise polarisationsempfindlich sein. (Eine Ausnahme macht vielleicht die Coulombstreuung in schweren Atomen bei höheren Energien.) Am Ende der Reichweite sieht man die σ - oder π -Mesonen in «Sternen» enden, während die π^+ -Mesonen, welche die Gamow-Barriere nicht durchdringen können, in μ -Mesonen und neutrale Teilchen zerfallen. Die Depolarisation, die die Mesonen während ihrer Abbremsung erleiden, kann durch Vergleich mit dem gleichzeitigen Energieverlust abgeschätzt werden und ergibt sich als überraschend gering und belanglos⁵⁾. Im Falle der negativen Teilchen findet die letzte Einfangung im Coulombfeld

4) Vgl. z. B. G. WENTZEL, Quantentheorie der Wellenfelder, Wien 1943, § 14.

5) Diese Überlegung verdanke ich Herrn EDWARD TELLER.

eines Kernes und die Absorption im Kern selbst (nach FERMI und TELLER, l. c.) so schnell statt, dass für eine merkliche Depolarisation oder Präzession keine Zeit bleibt. Bei den positiven Mesonen dagegen ist zu bedenken, dass sie vor dem μ -Zerfall noch eine mittlere Lebensdauer von etwa 10^{-8} sec. haben⁶⁾.

Theoretisch ist es, sowohl bei der Sternerzeugung wie beim μ -Zerfall sehr wohl denkbar, dass eine starke Spin-Bahn-Kopplung zu einer Anisotropie in der Richtungsverteilung der entstehenden Teilchen – Sternpartikeln bzw. μ -Mesonen – Anlass gibt, so dass eine Bestimmung der Polarisationsrichtung und ihrer Änderung längs der π -Mesonbahn möglich erscheint. Im Falle der Sterne wird man eine solche Anisotropie am ehesten bei den längsten Protonspuren erwarten, aus der Erwägung heraus, dass deren Richtungen am wenigsten durch sekundäre Vorgänge im Kerninnern beeinflusst sein werden.

Andererseits ist an die Möglichkeit zu denken, dass ein π -Meson während der Dauer der Abbremsung, d. h. *vor* dem Ende der Reichweite, einen Stern erzeugt oder eine andere Kernwechselwirkung, wie eine nukleare Streuung (Weitwinkelstreuung), erleidet. Solche Prozesse müssen zwar ziemlich selten sein, selbst wenn die Wirkungsquerschnitte nicht viel kleiner als die geometrischen Kernquerschnitte sind; doch könnte hier schon eine grobe Statistik wichtige Aufschlüsse geben. Als Beispiel sei der folgende einfache Stern-erzeugungsprozess erwähnt:



die beiden in entgegengesetzten Richtungen auslaufenden Protonspuren sollten verhältnismässig leicht erkennbar sein, und schon wenige Aufnahmen könnten etwa zeigen, ob eine Anisotropie der Richtungsverteilung besteht. Allerdings kommen hierfür nur positive Mesonen in Betracht, die noch genug Energie besitzen, um die Gamow-Barriere des Deuterons zu überwinden. Ähnlich einfache Prozesse sind denkbar, je nachdem welche leichten Atome in photographisch empfindliche Schichten eingebaut werden können.

Der Wirkungsquerschnitt solcher nuklearer Prozesse, sofern sie genügend weit vor dem Ende der Reichweite des Mesons eintreten, ist nach den beiden eingangs erwähnten Vektormesontheorien stark abhängig von dem Winkel, den die Spinrichtung mit der Bewegungsrichtung des Mesons bildet. Im Magnetfeld H dreht sich der Spinvektor, wie schon bemerkt, mit der Winkelgeschwindigkeit $geH/2mc$,

⁶⁾ Wenigstens ist dies die Lebensdauer der sternerzeugenden π -Mesonen gegenüber dem μ -Zerfall; vgl. J. R. RICHARDSON, Phys. Rev. **74**, 1720 (1948).

die Bewegungsrichtung dagegen mit der Winkelgeschwindigkeit eH/mc ; d. h. der Winkel zwischen beiden Richtungen ändert sich längs der Bahn des Mesons, ausser wenn $g = 2$ ist. Daher ist mit der Möglichkeit zu rechnen, dass der Wirkungsquerschnitt der nuklearen Prozesse merklich variiert, wenn man die photographische Registrierung an verschiedenen Punkten der Bahn vornimmt. Würde ein solcher Effekt beobachtet werden, so wäre dies ein Beweis für die Existenz eines Mesonspins, und aus quantitativen Daten wären Rückschlüsse zu ziehen auf die Art der Polarisierung (longitudinal oder transversal), die Art der nuklearen Kopplung, und den Wert des g -Faktors.

Es ist klar, dass die vorstehenden Betrachtungen sehr spekulativ sind wegen der Unsicherheit der theoretischen Diskussionsgrundlage sowie auch der Einschätzung der experimentellen Möglichkeiten; sie mögen trotzdem nicht überflüssig sein in Anbetracht der Wichtigkeit der Frage nach dem Spin der neuen Teilchen.
