Zeitschrift: Helvetica Physica Acta
Band: 20 (1947)
Heft: II

Artikel: Über die Materialisierung der -Strahlen im Felde eines Elektrons
Autor: Borsellino, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-111793

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

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

Über die Materialisierung der γ-Strahlen im Felde eines Elektrons

von **A. Borsellino**, Phys. Inst. des Politecnico, Milano.

(3. X. 1946.)

Übersicht: Der Aufsatz behandelt die Wahrscheinlichkeit der Bildung von Elektronenpaaren durch Materialisierung eines Photons im Felde eines Elektrons, welcher Vorgang theoretisch von F. PERRIN studiert worden ist. Es werden die Ergebnisse der genauen Rechnung des wirksamen Querschnitts nach der DIRACschen Theorie, in der Approximation von BORN, angeführt, aus denen hervorgeht, dass die Wahrscheinlichkeit des Vorgangs in Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen nach K. ZUBER stets geringer ist, als PERRIN angenommen hatte.

Die Möglichkeit einer Materialisierung der γ-Strahlen im Felde eines Elektrons wurde zuerst von F. PERRIN[1]) erwogen. Dieser wies nach, dass zur Erhaltung der Energie und des Impulses die Energie des Quantums mindestens 4 mc^2 sein muss, d. h. doppelt so hoch als das zur Materialisierung im Felde eines Kerns erforderliche Minimum. Ferner, da die Wirkung dem Quadrat der Ladung, in deren Feld jene zustandekommt, proportional ist, und da die Elektronen in der Materie Z-mal zahlreicher sind als die Kerne, hat PERRIN die Wahrscheinlichkeit des Vorgangs Z-mal kleiner geschätzt als im Falle des Kerns, wobei er annahm, dass angesichts der Strukturgleichheit des Feldes die Abhängigkeit von den anderen Faktoren (Energie des Photons) in beiden Fällen dieselbe sei.

Auf dem Versuchswege ist die Wirkung jedoch seltener festgestellt worden als nach dieser ersten Schätzung anzunehmen war. Gelegentlich konnte — einmal von M. DA SILVA[2]) und zum anderen Mal von SHINOHARA und HATOYAMA[3]) — eine photographische Aufnahme in der Wilsonkammer gemacht werden, die ein Elektronendrilling — ein positives und zwei negative (dasjenige des Paares und das Rückstosselektron) — zeigte; die Energien der Elektronen stimmen gut mit den Gesetzen der Erhaltung überein unter der Voraussetzung, dass es sich in den beiden Fällen um die Materialisierung der Photonen von 2,62, bzw. 6,1 MeV handle.

Immerhin wurden im Laufe der ausgedehnten statistischen Forschungen über die Materialisierung der γ-Strahlen in dem die Wilsonkammer füllenden Gas, die von SIMONS und ZUBER[4]) und von ZUBER allein[5]) bei Verwendung der Photonen von 2,60 MeV

des ThC″ durchgeführt wurden, auf 142 Photographien von in Argongas gebildeten Elektronenpaaren keine Drillinge festgestellt, während nach PERRIN deren ungefähr 8 zu erwarten waren.

Die direkte Errechnung des wirksamen Querschnittes des Vorgangs rechtfertigt jedoch vollkommen dieses negative Ergebnis und beweist eine effektive Überschätzung der Wahrscheinlichkeit des Vorgangs seitens PERRIN. Es ist dies die Folge der Tatsache, dass im vorliegenden Falle wegen der grossen Geschwindigkeit welche die Teilchen (auch das gestossene Elektron) annehmen müssen, die relativistischen Wirkungen der Verspätung der Potentiale und die wechselseitige Spinwirkung, die das Feld schwächen, fühlbar werden, wogegen im Falle des Kerns das Feld als streng coulombisch aufgefasst werden kann, da der Kern nach dem Stoss praktisch stillsteht.

Während hinsichtlich der Rechnungsdurchführung anderwärts[6]) verwiesen wird, sei hier lediglich das Ergebnis angeführt. Bezeichnet man mit σ_K und σ_E die wirksamen Querschnitte „pro Atom" der Materialisierungsvorgänge des Quantums von $h\nu$ Energie im Kernfeld, bzw. im Felde eines beliebigen atomischen Elektrons, so ergibt sich:

$$\sigma_K = Z^2 \cdot \frac{1}{137{,}3} \left(\frac{e^2}{mc^2}\right)^2 \cdot F_K(\alpha)$$

$$\sigma_E = Z \cdot \frac{1}{137{,}3} \left(\frac{e^2}{mc^2}\right)^2 \cdot F_E(\alpha)$$

α	4	4,4	5,2	6	10	20	50	(100)
F_K	0,32	0,35	0,67	0,89	1,94	3,75	6,4	(8,4)
F_E	0	0,0044	0,038	0,102	0,627	2,05	4,78	(7,15)

wobei $\alpha = \frac{h\nu}{mc^2}$ ist und die Zahlenwerte von $F(\alpha)$ die in der Tabelle angegebenen sind. (Die Werte der ersten Zeile sind die von HEITLER in „Quantum Theory of Radiation", 1936, Seite 200, gegebenen.) Wie man sieht, ist das Verhältnis der beiden Wahrscheinlichkeiten stets kleiner als das von PERRIN angenommene Verhältnis $1/Z$, insbesondere für niedrige Energien. Im Falle der ZUBERschen Versuche, bei welchen $\alpha = 5{,}2$ und $Z = 18$ ist, findet man z. B. $\sigma_E = (1/320)\,\sigma_K$. Bei hohen Energien nähert sich das Verhältnis F_E/F_K, wenn auch langsam, dem Grenzwerte 1 und die Wahrscheinlichkeit folglich dem von PERRIN angegebenen Wert. Es muss jedoch bemerkt werden, dass für hohe Energien die vorliegenden Ergebnisse zu gross sind und die Abhängigkeit von Z komplexer ist, da die

angegebenen Ausdrücke nur bei „engen" Stössen (den bei niedrigen Energien einzig möglichen) mit grosser Impulsübertragung auf das gestossene Teilchen Gültigkeit haben, wobei daher im Falle des Kerns die Schirmwirkung und im Falle des Elektrons die atomische Bindung vernachlässigt wird; im letzteren Falle sind folglich die Stösse, welche bei Übertragung eines kleinen Impulses auf das Atomelektron das Atom im Erregungszustand belassen können, nicht berücksichtigt worden, welche Stösse dagegen bei hohen Energien die wahrscheinlichsten werden[7]).

Die oben angeführten Ergebnisse können bei den kleinsten vorkommenden Energien als hinreichend genau betrachtet werden, da die Bornsche Approximation gültig ist. Man sieht, dass für die Photone des ThC″ keine „Absorption seitens der Masse" (proportional zu Z), wie sie von einigen Autoren anscheinend festgestellt wurde[8])[9]), auch nicht für leichte Elemente, in merkbarem Ausmass erwartet werden kann, was mit den über die Materialisierung in der Wilsonkammer angeführten Messungen und mit den von anderen erzielten Ergebnissen[10])[11]) übereinstimmt.

Literatur.

[1]) F. Perrin, C. R. Paris **197**, 1100 (1933).

[2]) M. Da Silva, Ann. de Phys. **11**, 504 (1939).

[3]) K. Shinohara und M. Hatoyama, Phys. Rev. **59**, 461 (1941).

[4]) L. Simons und K. Zuber, Proc. Roy. Soc. London **159**, 383 (1937).

[5]) K. Zuber, H. P. A. **11**, 207 (1938); ib. **15**, 38 (1942).

[6]) Diese Arbeit, die 1943 in den Atti dell'Accademia d'Italia veröffentlicht werden sollte, ist gegenwärtig in Vorbereitung zur Veröffentlichung in „Revista de la Univ. nac. de Tucuman". Auch an dieser Stelle spreche ich Herrn Prof. G. Racah meinen Dank für seine wertvolle Ratschläge aus.

[7]) J. A. Wheeler und W. E. Lamb, jun., Phys. Rev. **55**, 858 (1939).

[8]) S. de Benedetti, Ric. Scient. **14**, 192 (1936).

[9]) D. Bocciarelli, Ric. Scient. **15**, 238 (1937).

[10]) S. Franchetti, Ric. Scient. **16**, 161 (1938).

[11]) L. Groshew, C. R. Mosca **26** (1940).