

Archiv von Heisenbergs Briefen

von: Werner Heisenberg

an: Pauli

Datum: 26.05.1936

Stichworte: Höhenstrahlungsschauer, Vielteilchenerzeugung in Fermis Theorie, Abschätzung von Wirkungsquerschnitten

Ursprung: Pauli Archiv in Genf

Kennzeichen im Pauli Archiv in Genf: heisenberg_0017-096r

Meyenn-Nummer: 429

Veröffentlichung mit freundlicher Genehmigung der Familie Heisenberg und des Pauli-Archivs in Genf.

Copyright (c) Heisenberg-Gesellschaft e. V., München, VR 204617, 2016

Reproduktion (auch auszugsweise) nur mit Erlaubnis der Rechteinhaber.

Leipzig 26.5. (1936):

PLC 0017, 096 r

NACHLASS
PROF. W. PAULI

Lieber Pauli!

Seit meinem letzten Brief, in dem ja nicht viel stand, bin ich auf einen sehr merkwürdigen Zusammenhang gestoßen, den ich, alter Gewohnheit entsprechend, dir zur Kritik gleich schreibe.

Ich beginne mit einem typischen Unterschied der An.-d. Dyn. von der Fermischen β -Zerfallstheorie. Führt man sich begreiflicherweise dimensionale Feldfunktionen ein, deren D. R. nur die δ -Funktion angibt, also statt $\mathcal{R}$ und $\mathcal{F}$
 $\varphi = \frac{\mathcal{R}}{\sqrt{\hbar c}}$ und $\bar{\psi} = \frac{\mathcal{F}}{\sqrt{\hbar c}}$, ferner setzt die Energie $\mathcal{E} = \frac{E}{\hbar c}$, so bekommt $\mathcal{E}$ die Dimension cm^{-1} und die Kernmatrixfunktion der An.-d. Dyn. wird angegeben:
$$\mathcal{E} = \int \left(\psi^\dagger \alpha_i \frac{\partial}{\partial x_i} \psi \right) + \frac{mc}{\hbar} \psi^\dagger \beta \psi + \frac{1}{2} (\pi^2 + \varphi^2) dV.$$

$(\pi_p \varphi_p) = \delta_{pp'}$; $(\psi_p^\dagger \psi_p) = \delta_{pp'}$
den kann in einer solchen Theorie ohne Schwierigkeiten und $m = 0$ setzen, was also für große Energien inwieweit. Bei Krümmungsverfahren bleibt dabei stets eine Entwicklung nach $\frac{e^2}{\hbar c}$. Dem entspricht es, dass z. B. in der Theorie der Paarzeugung die Wahrscheinlichkeit für die Erzeugung von n Paaren stets um den Faktor $\left(\frac{e^2}{\hbar c}\right)^{n-1}$ unwahrscheinlicher ist, als die von einem Paar. Dies gilt ganz unabhängig von der Energie der Teilchen.

Ganz anders in der Fermischen β -Theorie. Wenn man doch etwa nach Heisenberg-Kopp. einsetzt

$$\mathcal{E} = \int \left(\psi^\dagger \alpha_i \frac{\partial}{\partial x_i} \psi + \dots + \frac{g}{\hbar c} \psi^\dagger_{\text{part}} \psi_{\text{neut}} \psi_{\text{el}} \frac{\partial}{\partial x} \psi_{\text{neut}} \right) dV$$

so behält die Konstante $g' = \frac{g}{\hbar c}$ die Dimension cm^3 .

Das bedeutet bei grossen Energien, wo man die Ruheenergien der Teilchen erreichen kann: Jedes Kollisionsverfahren ist eine Entwicklung nach $\frac{g'}{\lambda^3}$, wobei λ die Wellenlänge der beteiligten Teilchen bedeutet. Daraus folgt man: Für grosse Energien wird das Wechselwirkungsglied entscheidend; insbesondere werden Prozesse, bei denen sehr viele Teilchen auf einmal entstehen werden, ^{herausragt} (unwahrscheinlicher als Prozesse, bei denen nur ein ^{od. zwei} Teilchen entstehen werden; von Wellenlängen $\lambda = \sqrt[3]{g'}$ ab sind also "Scherer" von Teilchen zu erwarten. Es scheint mir also, dass man die Existenz der Höhenstrahlungsdauer unmittelbar aus der Fermionen β -Rivie verstehen kann. Ist bei der Berechnung, dass die mathematische Durchführung ergibt wird, dass Partikel unmerklich grosser Energie sich bei Zusammenstössen im allgemeinen in viele kleine Teilchen kleiner Energie spalten, ~~von~~ wobei die ^{mittlere} Energie der einzelnen Scherer $\frac{\hbar c}{\sqrt[3]{g'}}$ ist. Numerisch wird diese Energie $\frac{\hbar c}{\sqrt[3]{g'}}$, wenn man $\hbar$ die β -Zerfallsenergien der besten zu Grunde legt, etwas reichlich gross: $g \sim 10^{-60} \text{ erg} \cdot \text{cm}^4$, also $\frac{\hbar c}{\sqrt[3]{g/\hbar c}} \approx 6 \text{ Mc}^2$. Nimmt man statt dessen einen Wert von

g , der die Austauschintegrale richtig liefert, so kommt man etwa einer Schwerkraftstiefe und damit nahe an die Billigkeit. Das gleiche kann man dadurch merken, dass man noch mehr Ableitungen in die Wechselwirkungsenergie schreibt. Wichtig ist hierin im Augenblick wohl nur der qualitative Zusammenhang: Die mittlere Energie der Schwerkraftfelder ist durch die Konstante g gegeben.

Ich habe an den Wirkungsquerschnitten schon etwas herumgerechnet und folgende Grössenordnung der oben. abg. gefunden: Ein Proton fliegt an einem Kern vorbei (Lad. Z) und verwandelt sich in

1.) Neutr. + Pos. + Neutrino

$$Q \sim \left(\frac{Ze^v}{\hbar c}\right)^2 \left(\frac{g}{\hbar c}\right)^2 \frac{1}{\lambda^4}$$

2.) Prot + El + Neutrino + Pos. + N. neutr.

$$Q \sim \left(\frac{Ze^v}{\hbar c}\right)^2 \left(\frac{g}{\hbar c}\right)^4 \frac{1}{\lambda^{10}}$$

3.) Neutr. + ^{zwei} Pos. + El. + ~~höchstens~~ drei Neutrinos

$$Q \sim \left(\frac{Ze^v}{\hbar c}\right)^2 \left(\frac{g}{\hbar c}\right)^6 \frac{1}{\lambda^{16}}$$

4. Neutr. + ~~n~~ Positronen, $(n-1)$ Elektronen, $(n-1)$ Neutrinos: $Q \sim \left(\frac{Ze^v}{\hbar c}\right)^2 \left(\frac{g}{\hbar c}\right)^{2(n+1)} \frac{1}{\lambda^{4+6n}}$

λ bedeutet sich die mittlere Wellenlänge der ausgetauschten Teilchen.

Nun möchte ich wissen, was Sie zu dieser Theorie der Schwerkraft meinen!

Viele Grüsse

Dein V. Weissenberg.