

Archiv von Heisenbergs Briefen

von: Werner Heisenberg

an: Pauli

Datum: 26.11.1934

Stichworte: Vertauschungsrelationen der Löchertheorie könnten
Feinstrukturkonstante bestimmen

Ursprung: Pauli Archiv in Genf

Kennzeichen im Pauli Archiv in Genf: heisenberg_0017-084r

Meyenn-Nummer: 395

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. 11. 34,

NACHLASS
PROF. W. PAULI

Lieber Pauli!

PLC 0017, 084 r
1.2) gl. (1), (2) *abgeschw. und*
Abgeschw. und

3.3 Selbstenergie

Obwohl ich Deinen letzten Brief noch nicht beantwortet habe, will ich dies noch aufschreiben und die heute schon einige Versuche berichten, die ich in der letzten Zeit unternommen habe. Diese Versuche sind vielleicht völliger Kussinn, aber auf jeden Fall will ich Deine Meinung darüber hören; sie zielen nämlich auf die Bestimmung von $\frac{c^2}{tc}$ ab.

In der Lückentheorie nach Sierac sind die Singularitäten der Riemannsche durch das Feld bestimmt, daher ist es auch umgekehrt leicht möglich, die Potentiale und die Feldstärken aus Grenzprozessen aus der Riemannsche zu berechnen. Sei $(X^k | R_s | X^q | k^q)$ die Riemannsche, so findet man aus der Sieracschen u. meiner Arbeit „Lücken“ folgende Ausdrücke:

$$(1) \quad A^S(x') = \frac{\hbar c}{e} \frac{3\pi^2}{2} \sum_{k', k''} \alpha^S \int dx'' |x' - x''|^2 (x' k' | R_S | x'' k'') \cdot \delta(x' - x'').$$

Die hier eingehende Funktion $\delta(r'-r'')$ ist gemeint als eine kugelsymmetrische Funktion von $(r'-r'')$, die schliesslich im Grenzwert einer δ -Funktion entspricht. (zu integrieren ist in r'' über den ganzen Raum) Eigentlich müsste man auf der rechten Seite von (1) also eher $\lim_{\Delta \rightarrow \delta} \int \dots$ schreiben.

Ebenso für die Feldstärken:

$\frac{1}{2}$

$$\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial x'} (x'' - x')^2 \delta(x' - x'')$$

$$(2) \quad \vec{F}^{S^0}(\vec{r}) = \frac{\hbar c}{e} \frac{3}{\pi^2} \sum_{k'k''} \sum_{\substack{r \neq s \\ \neq 0}} (\alpha_{\sigma}^{\sigma} \alpha_{\sigma}^{\sigma'})_{k''} \int d\vec{x}'' (\vec{x}'' - \vec{r}')_{\rho} (\vec{r}' k' | R_S | \vec{r}'' k'') \delta(\vec{r}' - \vec{r}'').$$

Diese beiden Formeln sind unmittelbare Konsequenzen der Lichtentheorie. Nun kann man fragen: Welches sind die V.R. von A^S und F^{S^0} ? Man erkennt, dass man diese V.R. ausrechnen kann aus den V.R. der Dichtematrix R_S ,

da die V.R. der Feldstärken u. Potentiale unabhängig von denen der R_S gewählt werden können. (Das hat man bisher völlig vernachlässigt.) (Man zeigt die Rechnung,

dass man in der Tat die wichtigen V.R. der Feldstärken

u. Potentiale bekommt, jedoch nur dann, wenn $\frac{e^2}{\hbar c}$ eine

bestimmte Bedingung erfüllt. Der Gang der Rechnung ist der

folgende: Man bilde die Divergenz von $A^S(\vec{r})$ mit

$\int F^{S^0}(\vec{r}') d\vec{r}'$, wobei $\vec{r}$ den Punkt $\vec{r}$ entweder enthält oder nicht

enthält. Auf der rechten Seite benutzt man die Relationen

$$\begin{aligned} \left[(\vec{r} k' | R_S | k'' \vec{r}'') (\vec{r}''' k''' | R_S | k'''' \vec{r}''') \right] &= \delta_{k'k''''} \delta(\vec{r} - \vec{r}''') (\vec{r}''' k''' | R_S | k'' \vec{r}'') \\ &= \delta_{k'k''''} \delta(\vec{r} - \vec{r}''') (\vec{r}' k' | R_S | k'''' \vec{r}'''). \end{aligned}$$

Man bekommt dann die wichtigen V.R. und die Relation

$$(3) \quad \frac{e^2}{\hbar c} = 3\pi \int d\vec{r}' \int d\vec{r}'' \int d\vec{r}''' \frac{(\vec{r} - \vec{r}')^2 \cdot (\vec{r}'' - \vec{r}''') \cdot (\vec{r}' - \vec{r}''')}{|\vec{r}' - \vec{r}''|^4} \delta(\vec{r} - \vec{r}') \delta(\vec{r}'' - \vec{r}''') \delta(\vec{r} - \vec{r}''').$$

~~Man erhält~~

$$\frac{(\vec{r} - \vec{r}')^2 \cdot (\vec{r}'' - \vec{r}''', \vec{r}' - \vec{r}''')}{|\vec{r}' - \vec{r}''|^4}$$

Bis hierher sieht also alles sehr einfach aus. Man aber kommen die Schwierigkeiten: Der Wert der rechten Seite von (3) hängt leider von der Art ab, wie man die δ -Funktion approximiert, der gesuchte Grenzwert lässt sich also nicht etwa so berechnen, dass man z. B. Gaussfunktionen für die δ -F. einsetzt und das Resultat berechnet; für andere als Gaussfunktionen bekommt man etwas anderes. Es fragt sich nun weiter, ob nicht physikalisch ein bestimmter Grenzwert ausgerechnet sei. Ich habe da folgendes versucht, bin aber noch nicht damit fertig: Man ersetze die δ -Funktion in (1) und (2) durch den Ausdruck $\psi^*(x) \psi(x) + \psi(x') \psi^*(x')$, bestimme also nochmal die V. R. der ψ .

Dann erhält man für die A^{ρ} u. entspr. für die $F^{\rho\sigma}$ Ausdrücke der folgenden Form:

$$(4) \quad A^{\rho}(x) = \frac{\hbar c}{e} \frac{3\pi^2}{2} \sum_{k' k'' k'''} k'^{\rho} \alpha_{k''}^{\rho} \int d^4x'' |x'' - x'|^2 \left[\psi^*(x' k') \psi(x'' k'') \psi^*(x'' k'') \psi(x' k''') - \right. \\ \left. - \psi(x'' k'') \psi^*(x' k') \psi(x' k''') \psi^*(x'' k'') \right]$$

entspr. für $F^{\rho\sigma}$.

Wenn man dann nur die V. R. für beliebige endliche Volumina (über A^{ρ} u. $F^{\rho\sigma}$ ausrechnet, so bekommt man einen wohldefinierten Zahlenwert; die Integrale, die rechts auftreten, konvergieren dann

in jeder Weise anständig. Leider ist die mathematische Berechnung dieses Zahlenwerts so kompliziert, dass sie mir bisher nicht offen-
gelungen ist; aber es werde ~~eben~~ diese Verhältnisse noch weiter
studieren.

Bem^{rechnet} ~~erachtet~~ man die V.R. der Feldstärken untereinander aus
den Gl. (2), so erhält man auch die übrigen V.R. und
eine etwas anders aussehende Gleichung für $\frac{e^2}{\hbar c}$; für bestimmte
einfache Grenzbezüge liess sich auch die Identität der
beiden Grenzwerte nachweisen, jedoch nicht allgemein. Et die
nach der Gl. (4) bestimmten Grenzwerte gleich werden, hat es
noch nicht fest gestellt.

Im Ganzen möchte ich glauben oder für möglich halten, dass
die V.R. der R_S und die Relationen (4) bzw. (1) u. (2) ~~eben~~ auch
in einer andglühigen Theorie ~~eben~~ vorkommen werden. Denn in
dieser Theorie Materie u. Lichtfelder nicht mehr ^{prinzipiell} getrennt
werden können, sieht man ~~persönlich~~ ohne weiteres. Die Gl. (1) u. (2)
sind gewissermaßen die einfache Ausführung des Programms, das
ich damals - ebenso wie Bloch - ~~hierin~~ für die An. Gl. Dyn. aufge-
stellt hatte. Auch die de Broglieschen Gedanken kommen zu ihrem
Recht, wenn man mit (1) u. (2) die Maxwellgl. ausdrückt.

Doch will ich über diese Einzelheiten zunächst nicht mehr
schreiben, solange die Frage nach dem Zahlenwert für $\frac{e^2}{\hbar c}$

-3-

noch ungeklärt ist. Dass dieser Zahlenwert schon in der An. Gl. Dgn.
bestimmt wird (denn also z. B. die Idee von Lewis mit der
 $\frac{e^-}{h\nu}$ Formel von Lewis verknüpft ist), halte
ich jetzt für absolut sicher.

Von meinst du in diesem ganzen Bezug?

Herzliche Grüße!

Dein V. Keisenberg.