Archiv von Heisenbergs Briefen

von: Werner Heisenberg
an: Pauli
Datum: 19.04.1934
Stichworte: Antwort auf Paulis Kritik am Entwurf vom 10.04.1934, Vakuumpolarisation=0
Ursprung: Pauli Archiv in Genf
Kennzeichen im Pauli Archiv in Genf: heisenberg_0017-073r
Meyenn-Nummer: 370

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.

PLC 0017,073r

Leipzig 19.4.37

NACHLASS
PROF. W. PAULI

Lieber Pauli!

Die Diracsche Matrix w ist durch die Forderung, es solle

$$(x't'|B|x''t'') = u\frac{t+\alpha_s x_s}{(t'-x'')^2} + \frac{v}{t'-x''} + w\log(t'-x'')$$

sein, natürlich eindeutig festgelegt, es ist nicht wie v unbestimmt. Man sieht dies auch ~~[illegible]~~ aus der Definition von R_F:

$$(x't'|R_F|x''t'') = u(t+\alpha_s x_s)\,\delta'(t'-x'') + v\delta(t'-x'') + w\cdot f(t'-x^2),$$

wobei $f(z) = 0 \quad z<0$

$\qquad\quad = 1 \quad z>0$

R_F ist anschaulich etwa ein t'', x'' Raum ein Wellenpaket, das zur Zeit $t''=t'$ durch $\delta_{\sigma}\cdot\delta(x'-x'')$ gegeben war. Dieses Wellenpaket hat erstens auf dem Lichtkegel Singularitäten; zweitens ist es aber noch im ganzen Vergangenheits- und Zukunftraum von Null verschieden und ist eben dort durch die Grösse w gegeben. – Ich habe w nach der Methode von Dirac stromformig ausgerechnet bis incl. ~~[illegible]~~ zu den in t und x linearen Gliedern. Das ziemlich grausige Resultat ist folgendes:

$$
\begin{aligned}
4\hbar^2 w = & -\alpha_4 \frac{m^3 u i}{2\hbar} - \alpha_4 \frac{m u e}{4}\Big[2\alpha_r F_{0r} - \alpha_s \alpha_t F_{st} + \frac{1}{12}\Big(t\frac{\partial}{\partial\tau} + x_r \frac{\partial}{\partial \xi_r}\Big)\Big(2F_{0s}\alpha_s - \alpha_t \alpha_s F_{ts}\Big) \\
& + \frac{1}{12}\Big(\frac{\partial}{\partial\tau} + \alpha_r \frac{\partial}{\partial\xi_r}\Big)\Big(F_{0t}x_t + \alpha_t F_{0t} t - \alpha_s x_r F_{rs}\Big)\Big] \\
& + \frac{u e^2}{8}\Big[t\Big(-\tfrac{2}{3}F_{0s}F_{0s} + \tfrac{1}{3}F_{sl}F_{ls} - \tfrac{4}{3}F_{0l}\alpha_s F_{sl} + \alpha_s\alpha_r\alpha_t F_{0s}F_{rt}\Big) + x_r\Big(\tfrac{2}{3}\alpha_r F_{0s}F_{0s} + \tfrac{1}{3}\alpha_r F_{st}F_{ts} - \tfrac{4}{3}F_{0r}\alpha_l F_{0l} - \tfrac{4}{3}\alpha_t F_{rl}F_{lt} \\
& - \alpha_s\alpha_l\alpha_t F_{rs}F_{lt} - F_{0r}\alpha_s\alpha_t F_{st} - \tfrac{2}{3}F_{rs}F_{0s}\Big)\Big] \qquad s\neq l\neq t \\
& + \frac{u e i m}{8\hbar}\Big[1 + \frac{\hbar^2}{6m^2}\Big(\frac{\partial^2}{\partial\tau^2} - \xi_r\frac{\partial^2}{\partial\xi_r^2}\Big)\Big]\Big(2\alpha_r\alpha_s x_r F_{0s} - t\alpha_s\alpha_l F_{sl} - \alpha_r\alpha_s\alpha_l x_r F_{sl}\Big) \qquad r\neq s=l \\
& - \frac{u e i t}{6}\Big[-\frac{\partial F_{0s}}{\partial\xi_s} + \alpha_l\Big(\frac{\partial F_{0l}}{\partial\tau} + \frac{\partial F_{rl}}{\partial\xi_r}\Big)\Big] - (t + \alpha_s x_s)\frac{m^4 u}{8\hbar^2}
\end{aligned}
$$

Du siehst, ich bin auch fleissig gewesen. Das Gesamtresultat ist je schliesslich ~~[illegible]~~ sehr einfach: man hat erstens ~~[illegible]~~ die Grösse $u \cdot B_0$ abzuziehen, wobei der Faktor u aus Lichtvariangründen trivial ist (vgl. unser Gespräch in Zürich). Zweitens hat man aber bei Bildung irgendeiner physikalischen Grösse wie Ladungsdichte, Energiedichte etc. auch noch $\frac{e^2}{3\hbar c\pi}$ ~~[illegible]~~ $\log(-u^2)$ mal den Maxwellschen Anteil der betreffenden Grösse abzuziehen. –

Dass die Polarisation des Vakuums nicht Null ist, folgt einerseits aus der Gl (7) meines vorletzten Briefs, in der der $\log(-u^2)$ im Nenner ~~[illegible]~~ steht und daher endliche Beträge des Zählers erschlägt, andererseits aus der Definition des Begriffs Ladung, die hier wegen der Gültigkeit der Maxwellschen

NACHLASS
PROF. W. PAULI

0017,073 r

Gleichungen anwendbar bleibt. Richtiger sollte man vielleicht sagen: es ist in dieser Theorie garnicht definierbar, was man mit dem Wort: Polarisation des Vakuums meinen könnte. – Das Diracsche Manuskript hätte ich noch ein wenig behalten zu dürfen, da ich in Cambridge mit Dirac diskutieren und über die Positronen vortragen will. Wenn Du es brauchst, will ich es Dir bis Ende nächster Woche (da bin ich wieder zurück) gern schicken.

Die einzige Frage, die in der Löchertheorie noch zu klären ist, scheint mir die nach einem praktisch anwendbaren Störungsverfahren zu sein. Ob ein solches ~~trotz~~ trotz der Selbstenergiedivergenzen existiert, weiss ich nicht; eigentlich ist der abzuziehende Term $\frac{e^2}{4c} \log(-r^2) \cdot (\dot{\xi}^2 + \dot{\eta}^2)$ genau dasselbe, wie eine unendliche Selbstenergie.

Übermorgen abend fahre ich nach L. und komme acht Tage später nach Leipzig zurück.

Viele Grüsse

Dein

W. Heisenberg.