**Archiv von Heisenbergs Briefen**

von: Werner Heisenberg
an: Pauli
Datum: 02.07.1955
Stichworte: Die Begriffe kovariant, kontrainvariant, adjungiert, Operator $\eta$ in der Diractheorie
Ursprung: Pauli Archiv in Genf
Kennzeichen im Pauli Archiv in Genf: heisenberg_0017-1502r
Meyenn-Nummer: 2124

Göttingen 2.7.55.



Lieber Pauli!

Vielen Dank für die Übersendung Deiner Note für die Pisa-Akten. Ich bin mit dem Inhalt völlig einverstanden und habe mich über die in alter Frische formulierte Kritik gefreut, insbesondere auch über den Satz von dem „real understanding". Man könnte über den letzteren Begriff einige philosophische Betrachtungen anstellen. Ich will mich aber heute auf ein paar formale Bemerkungen beschränken. Zunächst: die Unterscheidung kovariant u. kontravariant stammt nicht von mir und ist wahrscheinlich nicht genau identisch mit „adjungiert". Sie soll laut Feldverein aus einer amerikanischen Arbeit stammen und besagt folgendes: Man kann einen Zustand $\Phi$ etwa charakterisieren durch Anwendung der $\psi$-Operatoren aufs Vakuum. Z.B.

$$\Phi = \Big\{ \int dx\, \psi(x) f(x) + \int dx_1 dx_2 dx_3\, \psi(x_1) \psi^{+}(x_2) \psi(x_3) f(x_1 x_3 | x_2) + \int dx_1 \dots dx_5\, \psi(x_1) \psi(x_2) \psi(x_3) \psi^{+}(x_4) \psi^{+}(x_5) f(x_1 x_2 x_3 | x_4 x_5) + \dots \Big\} |\Omega\rangle$$

Dann nennt man die ~~Gesamtheit der~~ Funktionen

$f(x)$, $f(x_1 x_3 | x_2)$, $f(x_1 x_2 x_3 | x_4 x_5)$ ....

die kovarianten Komponenten von $\Phi$.

Oder man kann die Funktionen

$g(x) = \langle \Phi | \psi(x) | \Omega \rangle$ ; $g(x_1 x_2 | x_3) = \langle \Phi | \psi(x_1) \psi(x_2) \psi^{+}(x_3) | \Omega \rangle$

u.s.w.

definieren u. zur Darstellung von $\Phi$ benützen. Dann nennt man $g(x), \ldots$ die kontravarianten Komponenten von $\Phi$.

Ich glaube nicht, dass man diesen Sachverhalt durch Begriffe wie adjungiert ersetzen kann, fühle mich aber nicht als Fachmann und füge mich daher dankbar dem Urteil der Fachgelehrten.

Deinen Einwand gegen die Erwähnung der sehr grossen Masse M finde ich voll berechtigt. Ich muss gestehen, dass ich die Masse M trotzdem nicht aus den Korrekturen (die ich in diesen Tagen lese) gestrichen habe; teils, um nicht zu mogeln, teils aber auch, weil ich immer noch das Gefühl habe, dass es ein besonders erfreulicher Zug der Tamm-Dancoffmethode ist, in einer endlichen Näherung immer nur Zustände bis hinauf zu einer endlichen Masse zu liefern. Zu anderen Worten: Wenn man später die Frage nach der Konvergenz des Verfahrens untersucht, wird man den Gedanken einer Grenzmasse, über die man nicht zu gehen braucht, vielleicht gut verwenden können.

Etwas gewundert habe ich mich darüber, dass Du so besonders betonst: von den klassischen Lösungen werde in meiner Theorie später nichts weiter verwendet, als das Verhalten auf dem Lichtkegel. Ich hatte mir eingebildet, dies auch selbst gebührend betont zu haben, und kann mir auch allgemein nicht vorstellen, dass man klassische Lösungen in einer Quantentheorie jemals zu mehr verwenden könnte als zu qualitativen korrespondenzmässigen Schlüssen. Mir kam das ganz selbstverständlich vor und ich war daher überrascht darüber, dass es Dir offenbar unerwartet war.

Über den Operator $\eta$ in der Diractheorie hab ich inzwischen etwas herumgerechnet und bin zu dem Schluss gekommen, dass es zwar zulässig ist, zu sagen: „$\psi^+$ entsteht aus $\psi$ durch Umkehrung des quantentheoretischen $i$, ohne dass dabei $j$ (in $x_4 = jct$) mitumgekehrt wird", dass aber dieser Prozess selbst sehr sorgfältig behandelt werden muss und einige zusätzliche Definitionen, z. B. über den zunächst unbestimmten konstanten Faktor u. seine Abhängigkeit von $j$, erfordert. Es ist dann sozusagen ein glücklicher Zufall der Diractheorie, dass in ihr $\eta = \gamma_4$ gesetzt werden kann.

In meiner Theorie kann man zunächst nur $\eta^2 = 1$ sicher hinschreiben; ob man aber $\eta$ noch in irgendeiner Weise durch die übrigen Variablen ausdrücken kann, weiss ich nicht. Falls es in meiner Theorie

so etwas wie einen Hamiltonoperator gibt, so
würde sich wahrscheinlich herausstellen, dass $\eta$ nicht
mit $H$ vertauschbar ist, dass aber die Vertauschung
von $\eta$ mit $H$ einen Ausdruck gibt, der den Faktor
$1-\eta$ enthält, sodass der Wert $\eta = 1$ mit der Diagonali-
sierung von $H$ verträglich ist. (Also ähnlich wie beim
Drehimpuls: $M_x$ ist zwar nicht mit $M_y$ u. $M_z$
vertauschbar, es können aber doch alle drei gleichzeitig
den Eigenwert $0$ haben).

Viele Grüsse!

Dein W. Heisenberg