Archiv von Heisenbergs Briefen

von: Werner Heisenberg
an: Pauli
Datum: 31.07.1928
Stichworte: Ising Modell. Diracs Theory of Dispersion
Ursprung: Pauli Archiv in Genf
Kennzeichen im Pauli Archiv in Genf: heisenberg_0017-055r
Meyenn-Nummer: 204

Institut für theoretische Physik
der Universität

LEIPZIG C 1, den 31. 7. 28.
Linnéstr. 5

Lieber Pauli!

Deine Arbeit hab ich studiert und ich bin mit allem sehr einverstanden. Bei dem Wahrscheinlichkeitsansatz[1)]

$\frac{1}{k} S = \sum_n v_n \left(\log g_n - \log v_n \right)$ musste ich erst etwas nachdenken, bis ich ihn verstand, vielleicht erläuterst Du ihn noch etwas (oder ist dieser Ansatz allgemein bekannt?). An einer Stelle würde ich den Sachverhalt anders darstellen, aber über diesen Punkt war ich auch mit Bohr nie ganz einig (er ist übrigens nicht sehr wesentlich): Auf S. 16 unten schreibst Du: „So entspricht der Begriff des station. Zustandes dem Grenzfall des abgeschlossenen Systems, da dessen Energie E als vollkommen bestimmt angesehen werden muss, ..." Ich halte diese Darstellung für schief, weil die Abgeschlossenheit eines Systems mit der Frage, welche Grössen bestimmt u. welche unbestimmt sind, m. E. nicht das geringste zu tun hat. Man könnte genau so schliessen: „Da der Ort des Elektrons zur Zeit $t = t_0$ als vollkommen bestimmt angesehen werden muss, ..." und kommt dann zum entgegengesetzten Resultat. Auch der Begriff „stationärer Zustand" ist nach meiner Ansicht

Ist jeder phys. Begriff"

wesentlich an Beobachtungen geknüpft, nicht an abgeschlossene Systeme, denn solange nicht beobachtet wird, hat das

Eingriffe schwach

Wort „stationär" gar keinen Sinn. Du machst hier, soviel ich sehe, ~~den~~ einen ähnlichen Schluss wie Neumann in der von Dir so beschimpften Arbeit, indem Du das Wort „stationär" ~~[illegible]~~ anwendest auf Dinge, in denen die Zeit garnicht physikalisch vorkommt, nämlich auf abgeschlossene Systeme. Also es scheint mir sehr willkürlich, die allgemeinen (nichtperiod.) Lösungen der Wellengl. erst zuzulassen, wenn gemessen wird, die period. aber schon vorher. Der Satz: „ein ~~System~~ ~~[illegible]~~ abgeschloss. System befindet sich stets in einem stationären Zustand" ist doch sicher ebenso richtig und ebenso falsch wie der andere: „in einem abgeschloss. System befindet sich das Elektron z. B. $t = t_0$ an einer bestimmten Stelle". — — Sonst find ich aber Deine Arbeit sehr schön. — —

Für die Sommerfeldfestschrift hab ich noch eine zweite Arbeit über Ferromagnetismus geschrieben, in der die Wechselwirkung mehrerer Valenzelektronen per Atom behandelt wird. Ein sehr unerfreulicher Schwindel scheint mir nach wie vor die Gaussverteilung, aber ich bin mathematisch in der Auswertung von $\sum_l e^{-\frac{E_l}{kT}}$ nicht weitergekommen; wenn Weyl dieses Problem versuchen wollte, wär ich sehr froh, ich habs ganz aufgegeben. Wichtig scheint mir die ganze Frage wegen der Ähnlichkeit meines Modells mit dem von Ising. Nach meiner jetzigen Ansicht müsste auch Ising Ferromagnetismus bekommen haben, wenn

Institut für theoretische Physik
der Universität

LEIPZIG C 1, den
Linnéstr. 5

er hinreichend viele Nachbarn (etwa $z \geq 8$) ~~annimmt.~~ angenommen hätte. Nach der Argumentation, die Ising für das räumliche Modell publiziert hat, scheint es mir überhaupt, alsob er seine Arbeit garnicht verstanden hätte. Solange man nicht zum limes $n \to \infty$ übergeht, ist es nämlich trivial, denn für $H = 0$ auch $J = 0$ wird und zwar wird bei (Parallelstellung aller Magnete) ~~völliger~~ ~~Sättigung~~ natürlich[1] J prop $Tg(na)$.

Bei der Isingschen linearen Kette tritt ~~völlige~~ ~~sättige~~ Parallelstellung aller Spinvektoren ein, bei wenn $e^{-\frac{2\varepsilon}{kT}} \sim \frac{1}{n}$, also wenn $T\,(= \Theta) \sim \frac{2\varepsilon}{k \lg n}$ wird; der Curiepunkt (Θ) ist hier also sozusagen von n abhängig und geht mit wachsendem n gegen Null. Für das wilde räumliche Modell von Ising wäre aber $\Theta \sim \frac{2\varepsilon \cdot n^{\frac{2}{3}}}{kT \lg n}$, Θ würde mit wachsendem n gegen unendlich gehen d.h. es wäre immer (Parallelstellung aller Magnete) ~~Sättigung~~ vorhanden. Dass Ising dieses Modell als Argument gegen den Ferromagnetismus auffasst, scheint mir also ein Zeichen dafür, dass er seine eigene ~~Θ~~ Arbeit nicht entfernt verstanden hat. Was meinst Du dazu?

Das traurigste Kapitel der modernen Physik ist

1) Man wendet eben auf den Magnetstab als Ganzes die Langevinsche Theorie an!

aber nach wie vor die Diracsche Theorie; ich hab nicht viel daran arbeiten können und bin ~~deshalb~~ auch in der Frage des Massenverhältnisses nicht weitergekommen. Nur hab ich mir einige Schwierigkeiten bei Dirac genauer überlegt. 1.) Die Matrixelemente, die dem Übergang $+mc^2 \to -mc^2$ entsprechen, sind in der Ortskoordinate von der Ordnung $a_0 \cdot \alpha$ (a_0 = Wasserstoffradius, α = Feinstrukturkonst.), in der Geschwindigkeitskoordinate von d. Ordng. c, in der Beschleunigg $\frac{mc^3}{h}$. Die spontanen ~~Über~~ Strahlungsübergänge $+mc^2 \to -mc^2$ sind also viel häufiger als irgendwelche anderen spontanen Übergänge. 2.) Für Stossprozesse sind die Übergangswahrsch. tatsächlich von der Ordnung α^4. 3.) Man wende die Diracsche „theory of dispersion" auf ~~das~~ sein Magnetelektron an; dann fällt seine „wahre Dispersion" ganz fort. Also muss auch die Thomsonsche Streuung des freien Elektrons in dem zweiten Teil der Streuformel (Absorption u. Reemission)

$$P_r = E \frac{e^2}{h} \frac{1}{4\pi^2 \nu_s^2} \left| \sum_{J''} \frac{x_r(J'J'')\,x_s(J''J')}{\nu(J''J') - \nu_s} + \frac{x_s(J'J'')\,x_r(J''J')}{\nu(J''J') + \nu_s} \right|$$

enthalten sein. In der früheren Theorie wäre dies unmöglich, weil das freie Elektron keine Absorptionslinien hat; hier aber hat es die Absorptionsfrequenz $\frac{2mc^2}{h}$, die dem berüchtigten Übergang $mc^2 \to -mc^2$ entspricht. Da nur dieses eine $\nu(J'J'')$ vorkommt und außerdem ν_s hiergegen vernachlässigt werden kann (Gültigkeitsbereich der Diracschen Dispersionstheorie),

Institut für theoretische Physik
der Universität

LEIPZIG C 1, den
Linnéstr. 5

so folgt $P_r = E \frac{e^2}{4\pi^2 h} \frac{1}{r_s^2} \left| \frac{\sum_{J''} \left(\dot x_r (J'J'') \dot x_s (J''J') + \dot x_s (J'J'') \dot x_r (J''J') \right)}{2mc^2/h} \right|$;

ferner ist $\dot x_r = \dot x \cos\alpha_{xr} + \dot y \cos\alpha_{yr} + \dot z \cos\alpha_{zr}$; ausserdem

$\dot x = \frac{\partial H}{\partial p_x} = \alpha_x c$ (α_x = Diracsche Matrizen); also

$\dot x_r \dot x_s + \dot x_s \dot x_r = 2 c^2 \cdot (\cos\alpha_{xr}\cos\alpha_{xs} + \cos\alpha_{yr}\cos\alpha_{ys} + \cos\alpha_{zr}\cos\alpha_{zs}) = 2c^2\cos\alpha_{rs}$

wegen der Vertauschungsrelationen der α_x von Dirac.

also schliesslich $P_r = E \frac{e^2}{h} \frac{1}{4\pi^2 r_s^2} \left| \frac{2c^2}{2mc^2/h} \cos\alpha_{rs} \right| = E \frac{e^2 \cos\alpha_{rs}}{4\pi^2 m r_s^2}$,

~~Da~~ d.h. die Thomsonsche Formel. Es ist doch sehr amüsant, dass diese Formel gerade erst auf Grund der verrückten Übergänge herauskommt. – Also sonst ist mir nichts Gescheits eingefallen, hoffentlich gehts nach den Ferien besser; Jordan soll über dem Magnetelektron trübsinnig geworden sein, erzählte Gordon in Kiel. Man kanns eigentlich verstehn. – Also ~~[illegible]~~ unabhängig davon aber recht schöne Ferien! Von morgen ab bin ich in München (Hohenzollernstr. 110) zu erreichen; später ab Mitte August überhaupt nicht, dann wieder in Mü.

Viele Grüsse

Dein

W. Heisenberg.