

Archiv von Heisenbergs Briefen

von: Werner Heisenberg

an: Pauli

Datum: 21.06.1925

Stichworte: Hanle-Effekt. Energie des Oszillators und des Rotators nach der neuen Quantenmechanik

Ursprung: Pauli Archiv in Genf

Kennzeichen im Pauli Archiv in Genf: heisenberg_0017-017r

Meyenn-Nummer: 91

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.

Jüdingen 21. 6. 1925

NACHLASS
PROF. W. PAULI

I

Lieber Pauli!

Noch einmal vielen Dank für Ihre freundliche Aufnahme u. Bewirtung in Hamburg! Mit Ihrem Brief bin ich, was Teil I betrifft, völlig unverständlich, es ist sehr schön, dass Sie sich das Problem so ordentlich durchgedacht haben, u. ich weiß nicht, dass empirisch alles stimmen wird. Nur wundere ich mich darüber, dass Sie sich über das "Versagen der Mechanik" wundern. Wenn etwas, wie die Mechanik, gälte, wird ~~man~~ man nie verstehen können, dass es abnorme gibt; es gibt eben eine andere, eine "Quantenmechanik" und man muss sich nur darüber wundern, dass das Wasserstoffatom zufällig ~~noch~~ hinsichtlich der Energiekonstante mit etwas kleinstem übereinstimmt.

Was Teil II, den Kanteffekt, betrifft, so bin ich genau zum entgegengesetzten Schluss gekommen, wie Sie u. deshalb will ich etwas ausführlicher darüber schreiben. Einigkeit besteht zunächst bei uns darin, dass wir annehmen, es gebe eine Spalteffekt-^{diese Aufspaltung} aufspaltung 25-36; und ich bin überzeugt, dass ^{die} ~~Teil~~ (da es und nicht mit der Frage der Polarisation zu tun hat. Man aber meidet Sie eine Voraussetzung, die nicht falsch scheint: Sie nehmen an, dass im äußeren elektrischen Feld der Spannung $\Delta m = \pm 1$ eine s-Komponente (bzw. irradierte Komponente), der Spannung $\Delta m = 0$ ein p-Komponente gebe. Dies ^{wäre} ~~ist~~ richtig, wenn keine Entartung vorläge. In unserem Falle ist aber eine Entartung vorhanden, in dem Sinne, dass der unentartete Zustand, (der Normalzustand) keine Präzession um die Feldrichtung besitzt. Man kann anwenden, dass diesbezügliche ja eine "zufällige"

Entartung sei und dass für alle Zwischenbahnen weder $j=0$
 u. $j=1$ diese Entartung nicht da sei. Aber man kann doch
 gar nicht sicher sein, ob in der Quantenmechanik nicht stets
 die genannte Entartung sich groß erkennenbar darin zeigt, dass
 die Komponenten $\Delta m = \pm 1, \Delta m = 0$ unpolarisiert sind (bilden
 natürlich nur kein System $\Delta j = 0 \leftrightarrow j = \frac{1}{2}$); ich möchte dies
 glatter u. helter jedenfalls Ihre Argumente nicht für beiderseid.
 [Ganz und gar nicht versteht ich ^{übrigens} Ihre Behauptung, dass die
 σ -Komponente stets linear schwingt; bei ihrer Art der Behauptg.
 müsste sie doch stets zirkulär sein (allerdings eben oft rechts-
 wie links zirkulär), sodass man also auch, wenn diese $F_u \cdot f$
 senkrecht zueinander sind, bei Beobachtungsrichtung $\parallel F$ einen
 Depolarisationseffekt erwarten müsste. Aber, wie gesagt, ich
 halte Ihre Schlussweise nicht für zwingend.] Als Bsp. gegen Beispiel
 für die genannte Entartung könnte man auch an folgendes
 denken: Man nehme ein inhomogenes elektrisches Feld e_z ,
 dass eine ~~kleine~~ große Bahn (sagen wir $k=3, j=3^+$) gegenüber
 sei, dagegen eine kleinere (etwa $k=2, j=2$) nach unten (d.h.
 Antiparallel $\Delta v_{k=2} \leftarrow$ Dämpfung $k=2$; $\Delta v_{k=3} \rightarrow$ Dämpfung $k=3$). Dann ist
 die ~~Beste~~ betreffende Linie, die aus Kombination beider Terme
 entsteht, sicher aufgespalten, weil es das obere Zustand ist. Trotz-
 dem werden die einzelnen Thompsonenten sicher nicht polari-
 siert sein, da wir im ungeraden Zustand gar nichts gegenüber
 ist. In Analogie hierzu glaube ich also auch, dass keine
 Herkeffekt von 2536 die Komponenten unpolarisiert sind.
 Nachdem ~~ka~~ also auf diese Weise meines Erachtens
 kein Schluss auf die Polarisation des Fluor. l. gezogen
 werden kann, will ich es auf andere Weise tun und

Unterschied von Einstein - i. Staat effect eine Einscheidung Standpunkt nicht klar.

II

feststellen, dass das Dispersionsglied (für Frequenzen untenhalb der Resonanzlinie!) zweifellos 100% Q polarisiert ist. ~~Dennoch~~ ~~da~~ ~~die~~ ~~Polarisation~~ ~~des~~ ~~Dispersionsglieds~~ ~~hängt~~ ~~zusammen~~ ~~mit~~ ~~dem~~ ~~Vorzeichen~~ ~~eines~~ ~~Präzessions~~ ~~in~~ ~~dem~~ ~~betrachteten~~ ~~Zustand~~, ~~hier~~ ~~dem~~ ~~Normalzustand~~, ~~wie~~ ~~e. B.~~ ~~dass~~ ~~das~~ ~~Arbeit~~ ~~von~~ ~~Kramer~~ ~~u.~~ ~~mit~~ ~~herausgeht~~. ~~Wenn~~ ~~ohne~~ ~~Feld~~ ~~ist~~ ~~dies~~, ~~so~~ ~~ist~~ ~~der~~ ~~Fall~~; ~~und~~ ~~wenn~~ ~~man~~ ~~ohne~~ ~~Feld~~ ~~mit~~ ~~zwei~~ ~~Frequenzen~~ ν_1 ~~und~~ ν_2 ~~einstrahlt~~ (verschiedener Polarisationen), so wird man auch genau dasselbe ^{als Dispersionsglied} ~~wieder~~ ~~bekommen~~. Wenn nun $\nu_1 = 0$ ist, so bleibt alles beim alten und die Dispersionsschicht: von ν_2 ist immer noch 100% polarisiert qu. e. d. Auch in dem erwähnten Beispiel des inhomogenen Feldes wird es für ^{$l=2, j=2$} das Dispersionsglied des unteren Zustandes (ganz unbedeutend sein, ob der obere gequadrant ist, oder nicht, gibt es keine Unterschiede kommt man auf die Präzession des ~~oben~~ unteren an. Was aber für das Dispersionsglied recht ist, muss nach Pauli auch für die Fluoreszenz bedeutend sein, also auch hier 100% bei Hg.
 | Eben vorausgesetzt, was wir beweisen war: dass Dispersion ^{im unteren Zustand} vom oberen Zustand nicht beeinträchtigt wird.

Was schließlich die Größenordnung des ^{nach Ihnen} zu erwartenden Effektes betrifft, so kann man die Größenordnung dieser u. kommt zum Resultat, dass Kanell den Ihren Effekt sehr voll beobachten müsste. Es wird nämlich bei der Aufspaltung des 2p₂ Termes von der Größenordnung der 1/2 Polarisierbarkeit $\propto F^2$ (höchstens etwa 3-4 mal kleiner) sein; die Polarisierbarkeit ist von der Größenordnung $\frac{1}{11} \cdot \frac{a^2 \cdot 4\pi \epsilon^2}{h}$, wo a etwa der Radius der Bahn, Av die Wasserstoffunähnlichkeit (nämlich in bestimmter der Periheldrehung) bedeutet; dies gibt ($a_0 =$ Wasserstoffradius)

$$\alpha \approx \frac{2a_0^3 n^4 \cdot e^2}{4 \cdot 2a_0 h} = \frac{2a_0^3 \cdot 2^4 \cdot 109000}{17000} = 32 \cdot 6,5 \cdot 0,5^3 \cdot 10^{-24} = 4 \cdot 6,5 \cdot 10^{-24} = 26 \cdot 10^{-24}$$

Man müsste erwarten, dass Kunde eine Depolarisation bekommt,
 wenn $\frac{\alpha}{2} F^2 \approx \frac{e}{4\pi mc} \cdot h \cdot H$, wo für H etwa 2 Gauss gesetzt
 werden, denn bei zwei Gauss hat Kunde schon föhlig starke
 Depolarisation. Das ergibt:

$$F \approx \sqrt{\frac{2}{\alpha} \cdot \frac{e}{4\pi mc} \cdot h \cdot H} = \sqrt{\frac{2}{26} \cdot 10^{24} \cdot 4,7 \cdot 10^{-5} \cdot 6,5 \cdot 10^{-27} \cdot 3 \cdot 10^{10}}$$

$$= \sqrt{7 \cdot 10^2} \approx 2,62 \cdot 10 = 26 \text{ (C. G. S. Ein.)}$$

$$= 26 \times 300 \frac{\text{V}}{\text{cm}} = 7800 \frac{\text{V}}{\text{cm}}$$

Wenn nun selbst die Aufspaltung noch 5 mal kleiner ist,
 so ändert das an F nur einen Faktor 2, Kunde ist aber
 jetzt mit seinen Experimenten so weit, dass er sicher
 sagen kann, dass bei 40000 $\frac{\text{V}}{\text{cm}}$ noch kein Effekt da ist;
 er kann in der nächsten Tagen wohl noch bis 90000 $\frac{\text{V}}{\text{cm}}$ kommen.

— In meinen Besuchen, eine Quantenmechanik zu febr-
 zieren, gehts mir langsam weiter, aber ich werd mit gar nichts
 denn kümmern, wie weit ich mich von der Theorie der bedingt-
 periodischer Systeme entferne. z. B. bleibt, was ich neulich sagte,
 richtig, dass schon die Energie des Oszillators $(n + \frac{1}{2}) h\nu$, dass
 die des Rotators $(n + \frac{1}{2}) \cdot \frac{h^2}{8\pi^2 A}$ sein müsse. Ich glaube durchaus
 nicht, dass dies der Erfahrung irgendwo widerspricht (n und
(man hat nicht mehr die Wahl, wie bei der korrekteren der bisherigen Theorien)
 m müssen ganzrahlig sein, sonst wird hier alles ein Los), beim
 ersten Ansatz nicht prüfen, beim letzten sprechen
 die Banden der Kalogenwasserstoffe (wo der Elektronenimpuls sicher
 Null ist) eher dafür. Übrigens ist der neue „Formalismus“ gar nicht
 so furchtbar formal, z. B. kann man sich auf Grund desselben
 die Formeln über die Kinematik der Quantenmechanik wiederlegen.
 Gute Grüsse aus ganzem Hamburger Herbst!

H. Kustenberg.