Archiv von Heisenbergs Briefen

von: Werner Heisenberg
an: Pauli
Datum: 19.02.1923
Stichworte: Scheitern der Bohr-Sommerfeld-Theorie bei der Berechnung
des Helium-Atoms
Ursprung: Pauli Archiv in Genf
Kennzeichen im Pauli Archiv in Genf: heisenberg_0017-006r
Meyenn-Nummer: 31

München 19.2. ? 1923 ?

Lieber Hendi!

Leider komme ich erst jetzt dazu,
Ihnen zu antworten, wo ich weiter.
gehend für zwei Tage in München bin.
Morgen nachmittag bin ich wieder
in Göttingen. Also für Ihren Brief
vielen Dank. Hinsichtlich der Stabilität
der Schalen haben Sie natürlich völlig
recht — es war ein dummer Rechen-
fehler von mir, denn es kommt
nur auf das Minimum von
$$\frac{2\pi k}{\frac{1}{2}\frac{\delta^2 k_0}{\delta \gamma^2}}$$
an, wie man sofort sieht.
In Göttingen habe ich die Formel völlig
falsch geschrieben. Auch über das K kann
ich natürlich noch nichts entscheiden.
ich halte es aber für möglich, dass
es trotzdem stabil ist, weil man
nicht nur über eine flüchtige, sondern

über die ganze Sache mitteilen
muß. Daß die Stabilitätsfrage
für H_2 zu einer Katastrophe führt,
zeigt eigentlich eher, daß aber die
Stabilitätsforderung falsch ist, als,
daß die Mechanik falsch ist. Zur Stabilität
benützt man ja immer die Me-
chanik noch in den nicht periodischen
Zuständen (nämlich dann, die kleine
Schwingungen ausführen). Aber ich
habe noch einen schweren Einwand
gegen die mathematische Defini-
tion der Stabilität. Wenn die
zwei H-Atome in der
"stabilen" Ruhe stehen können, so
sollen, wie man weiß, kleine
Schwingungen mit beschränkter
Amplitude auf. Berücksichtigt man

jedoch den Brechungswiderstand,
so wird, wie ich aus hydrodynami-
schen Erfahrungen bestimmt ver-
mute, die Amplitude dieser
Schwingungen ungefährdet.

Leider kann ich dies noch nicht
beweisen; wenn es aber wahr ist,
was soll man denn machen?
Sodann muss ich Ihnen von einer
zweiten Rücksprache erzählen.
Born u. ich haben jetzt das allge-
meine umgekehrte He-Modell
nach allen Seiten u. Kanten durch-
gesprochen — noch in größerer Ausführung
sogar, als Bohr der Ortschlinien, indem
wir außer dem Rigolylind noch
das mit $\frac{1}{23}$ berücksichtigten und
finden, dass die Energie sicher sehr

herauskommt. Es war ziemlich
leicht, alle möglichen Berührungs-
typen zu übersehen, es gibt, wie
zu erwarten, nur die gewöhnten
theoretisch möglichen Klassen
von Berührungen (die Bohr'sche Orts- u.
Geschwindigkeit, außerdem die unge-
wöhnliche Ortsgeschwindigkeit), ferner
ein paar Quantenlösungen,
bei denen das innere Elektron Kreis
den Kern läuft (oder dies wenigstens
für $k \to \infty$ tut). Die ersten drei
Klassen hängen ferner alle stetig
untereinander zusammen, sodaß
man nach $\to$ Korresp.-Pr. das getrennten
Kreis- u. Ortsgeschwindigkeit nicht
kaum verstehen könnte. Für
die drei Klassen kann man

allgemein die Energieformel hinschrei-
ben. Bei alledem setze ich natürlich voraus,
daß wir uns nicht verrechnet haben,
was möglich, aber hoffentlich nicht
der Fall ist. Die Rydbergkorrektion lautet:

$$\delta = \frac{q}{4z^2 k^2}\left(-\frac{p}{2} + \frac{1-p^2}{4k}\right) + \frac{z-1}{8z^2 k^3}\left(5 + 3p^2\left(1+\frac{p}{k}\right) - 6\Delta\right).$$

dies gilt bis auf Größen der Ordnung $\frac{1}{k^5}$.

Hierin ist $j = k + p$; j Gesamtimpulsdrehimpuls,
k Impulsdrehimpuls der äußeren Elektronen,
Δ ließe sich mit elliptischen Integralen nur
k^+, der Impulsdrehimpuls der inneren
Elektronen, berechnen und gibt für den
quanten theoretisch allein interessanten Fall $k^+ = 1$

$$\Delta = 1 + \frac{p(1-p^2)}{2k}.$$ j, k u. k^+ müssen natürlich
die Bedingungen genügen.

$$\left|\frac{j^2 - k^2 - k^{+2}}{2kk^+}\right| \leqq 1 \quad ; \quad |k^+| \leqq 1.$$

Für Bohrs Wasserstoffwerte ist $p = 1$, $k^+ = 1$,
für Bohrs Parhel $p = 0$, $k^+ = 1$.

Die Übereinstimmung mit der
Erfahrung ist schlecht nicht vorhanden,
nur bei P-Term und p-Term ist
sie verhältnismäßig gut. In der Tat
zeigen auch die ungestörten S-Terme
von p zum d, bzw. P_2 D-Term einen
unständige, theoretisch kaum
eher ganz mit Hypothesen zu ver-
stehende Unstetigkeit. — Auch den
Einfluss der Relativität haben wir
noch untersucht u. gefunden, daß sie
noch von $n = 100$ ab die Berechnungen
merklich ändern kann (n-Quant-
zahrung des äußeren Elektrons).

Das Resultat scheint mir, wenn nicht
doch noch irgendwo Fehler stecken sollten,
sehr schlimm für unsere bisherigen Vor-
stellungen; man muß doch wohl ganz
neue Hypothesen einführen — entweder
neue Grundannahmen, oder Abän-
derungsvorschläge für die Mechanik.

Hinsichtlich des Bohrschen Orthohelium
habe ich noch eine besondere Frage:
Kann man es nicht mit irgend einer
Kreuzdimensionsfrage bringen? Denn näm-
lich das äußere Elektron mit stärkeren
ist, so daß das immer schwerer unter
einem Starkeffekt (2. Ordnung gegen Relativi...),
beim Orthohelium befindet sich das immer
Elektron aber zuerst in einer größe-
ren Starkeffekt sehen. Also müßte man

es, so scheint mir, doch durch Festhalten
der äußeren Faktoren u. Zurückführung
der Felder zum Zusammenstoß dorthin
kommen. — Bohr u. ich wollen uns noch die
Aufgabe stellen — ich weiß nicht, ob Sie es
für zweckvoll halten — unter Annahme,
daß die Formel für δ wenigstens qualita-
tiv stimmen, zu versuchen, wie die Faktoren
etwa aussehen müßten, damit die
Energie richtig herauskäme. Für Repulsiv-
ist es dafür sicher, daß man nur „absorb."
Wechselwirkung suchen würde.

Um alles doch zusammenzufassen:
„es ist ein Jammer." Für Ihre und des Bohr's
Meinung würde ich mich sehr interessie-
ren; was man jetzt anfangen soll, müssen
Sie wissen. Ich würde mich gern mit Ihnen
besprechen — kommen Sie nicht mal wieder
hierher? Allerdings bleibe ich, um Bohr
1. März zu erreichen, wohl auch nicht länger hier.
  Mit Gruße Ihr W. Heisenberg.