

WAS IST EIN ATOM ?

- DER WEG ZUR QUANTENTHEORIE

LITERATUR: D. TER HAAR, QUANTENTHEORIE, WTB 56 (1970)
G. LUDWIG, WELLENMECHANIK, WTB 55 (1970)

- WIRKUNGSQUANTUM 1900 M. PLANCK
- WIRKUNGSQUANTISIERUNG 1913 N. BOHR
- WELLENMECHANIK 1926 E. SCHRÖDINGER
- QUANTENMECHANIK ALS MATH. THEORIE 1925/30 W. HEISENBERG, P. JORDAN, H. BORN, J. V. NEUMANN

→ PHILOSOPHISCHE PROBLEME: PROBLEM, ZU VERSTEHEN WAS DIE QUANTENTHEORIE AUSSAGT.

LÖSUNG: ~~KLASSISCH PHYS. DENKEN~~ → NEUE PRINZIPIEN, DURCH DIE MATERIE DIKTIERT.

ENERGIEDICHTE
DER HOHLRAUM-
STRAHLUNG :

$$E = \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{k_B T} - 1}}$$

h -

KONSEQUENZ
DES EXPERIMENTS !



DAS STRAHLUNGSFELD EINES HOHL-
RAUMSTRAHLERS IST "WIRKUNGSQUANTISIERT".

$$E/\nu = E \cdot \tau = N h$$

M. PLANCK , 1900

ATOME : e - A - 'BINDUNGSZUSTÄNDE'

(EXPERIMENT)

RUTHERFORD etc.

BINDUNG : KLASSISCH : COULOMB-FELD

MECHANISCHE BEWEGUNG DER ELEKTRONEN
IM KERNFELD

QUANTISIERUNG DER ÜBERGANGSENERGIE

$$W_1 - W_2 = h\nu = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^2} \left[\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right]$$

↑ !

QUANTISIERUNG DES DREHMIMPULSES

$$|M| = m a^2 (2\pi\omega) = \tau \hbar, \quad \hbar = h / 2\pi$$

\vdots
 M_z



QUANTISIERUNG ALLER KOMMENSURABLEN OBSERVABLEN.



HAMILTON-JACOBI GLEICHUNGEN DES KLASSISCHEN ATOMS

$$J_k = \oint p_k dq_k = n_k \hbar$$

\downarrow
 M_z
 M^2
 E
 S

SOMMERFELD,
WILSON 1915



QUANTENBAHNEN

WARUM SIND QUANTENBAHNEN "BEWEGUNGSLINIEN" FÜR STRAHLUNGSLOSEN UMLAUF?

ENDE DER SEMIKLASSISCHEN PHYSIK!

NEUE PHYSIK :

GRUNDLAGE:

(EINSTEIN) HEISENBERG : 1925

EINE PHYSIKALISCHE THEORIE IST EINE BESCHREIBUNG
EXPERIMENTELLER TATSACHEN.

- $|\text{ZUSTAND}\rangle = |E, \vec{M}^2, M_z, S\rangle$
- PHYS. GESETZ : BESCHREIBUNG VON ZUSTANDS-DYNAMIK

bsp.: $|\psi_1\rangle \rightarrow |\psi_2\rangle + |\gamma\rangle$

$$|\gamma\rangle + |\psi_3\rangle \rightarrow |\psi_4\rangle$$

PHILOSOPHIE: SEIN BESTIMMT BEWUSSTSEIN.

KEINE QUANTENBAHNEN! \Rightarrow QUANTENGESETZE BLEIBEN

\exists STABILE ZUSTÄNDE ; s, p, d, f, ...

: ZUSTÄNDE $|\psi\rangle$ ALS HILBERTRAUMVEKTOREN

: TRANSFORMATION $|\psi'\rangle = A|\psi\rangle$

: MESSWERT $a_{ij} = \langle \psi_i | A | \psi_j \rangle$

: A - OBSERVABLE

: $|\psi\rangle \rightarrow \psi(x)$ (SCHRÖDINGER)

$|\psi_i|^2 \sim w_i$ - WAHRSCHEINLICHKEITSDICHTE (BORN)

ORBITALE

RAUM, FÜR DEN GILT:

$$\int_0^r dx |\psi_i(x)|^2 = \xi < 1$$

↑ HILFSBILD!

WO IST DAS ELEKTRON IM ORBITAL?

SINNLOSE FRAGE! $e^- A^+$ IST IM ZUSTAND $|\psi\rangle$
 $= |E, M^2, M_z, S\rangle$

HIERBEI IST e^- GEGEN A^+ NICHT UNBEDINGT
LOKALISIERT.

ENERGIE

&

MASSE

SP. RELATIVITÄTSTHEORIE:

$$\vec{P} = (E; \vec{p}) \rightarrow \vec{P}^2 = E^2 - \vec{p}^2 = M_0^2 \quad (c=1)$$

RUHESYSTEM: $\vec{p} = 0$

$$E = M_0$$

BEWEGTES SYSTEM:

$$m = M_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

($E := m$) \Leftrightarrow ($m := E$)

ENERGIE IST MASSE , MASSE IST ENERGIE

ENERGIE IST TRÄGE & SCHWER , etc. , etc.

ENERGIEERHALTUNG: KONSEQUENZ DER HOMOGENEITÄT DER ZEIT (SRT)

VERLETZT IN ART !