Heisenberg,

Heisenberg は Dirac の理論を少しく変化し、之を Quantenelektrodynamik へ erweitern しようとした。

I. Anschauliche Theorie der Materiewellen.

Dirac の relativistic な Dichtematrix

$$(x't'k'|R|x''t''k'') = \sum_n \psi_n^*(x't'k')\psi_n(x''t''k'')$$

は

$$R^2 = R \qquad \text{für } t' = t''.$$

$$\mathcal{H}R = 0$$

を満足する。この代りに

$$R_S = R - \tfrac{1}{2}R_F$$

をとる。

Dirac によれば、field がない時、neg. energy state が凡て occupy され、positive energy state が凡て空である様な R_S ~~operator~~ は Lichtkegel 上に singularity を有する。で ~~field~~ の有る時の solution として、同様な singularity を有する solution を求め、singular な部分を除いてその大が physical な意味を有すると考へる。

即ち、

$$(x'k'|R_S|x''k'') = u\,\frac{\alpha^\rho x_\rho}{(x^\lambda x_\lambda)^2} - \frac{v}{x^\lambda x_\lambda} + w\,\log|x^\lambda x_\lambda|$$

なる形と assume すると、

$$u = -\frac{i}{2\pi^2}\, e^{-\frac{ei}{c\hbar}\int_{P'}^{P''} A^\lambda dx_\lambda} \qquad \text{等}$$

となることを Dirac はいっているが、之は正しくない。

$v=0$ とおく。

∴ field のない時の limiting case に於て negative energy state が occupy されている様な state に converge しない。(Dirac によれば、之に $b(1-\alpha_s x_s)$ なる項のことをいう。ここの方から ~~…~~ をひいておかねばならない)

故
$$r = R_S - S$$
として
$$S = e^{-\frac{ei}{\hbar c}\int_{P'}^{P''} A^\lambda dx_\lambda} \cdot S_0 + \frac{a}{x_\lambda x^\lambda} + b \log\left|\frac{x_\lambda x^\lambda}{C}\right|$$

如き形にとらねばならぬ。

但し S_0 は Dirac の求めた函数。

a, b は regular な函数である。然るに於て Ladungs-, Strom- und Energiedichte 丈が問題になるから、之を x の power series に expand した時に $x \to 0$ なる limit に於て、Lad-, Str-, Energiedichte に contribute する様なもの丈を考えればよい。

かかる expansion の各 order は Dirac の方法によって求めることが出来る。

C なる const. は r によって与えられる Materiefeld の Gesamtladung が Verschwinden する様にとる。

(S. 215 脚注参照)

かくして S を fix すれば、effective な Dichtematrix は
$$\mathcal{H} r = -\mathcal{H} S$$
なる inhomogeneous な式を満足せねばならぬことになる。

(Dirac に於ては $\mathcal{H} S$ は完全に零なる)

$$\left(i\hbar\frac{\partial}{\partial x_\lambda}+\frac{e}{c}\varphi_\lambda\right)\left(\tilde{\psi}(\mathcal{H}\psi)\right)-\left(+i\hbar+\cdots\right)\left(\psi(\tilde{\mathcal{H}}\tilde{\psi})\right)$$

DEPARTMENT OF PHYSICS
OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

DATE ....

NO. 3

1) Die Erhaltungssätze

$$\mathcal{H}\psi = 0.$$

$$\tilde{\psi}(\mathcal{H}\psi) - \psi(\tilde{\mathcal{H}}\tilde{\psi}) = \hbar\sum_\mu \frac{\partial}{\partial x_\mu}(\tilde{\psi}\alpha_\mu\psi) = 0.$$

$$\frac{c}{2}\left(\tilde{\psi}\frac{\partial}{\partial x_\lambda} - \frac{\partial\tilde{\psi}}{\partial x_\lambda}\right)\mathcal{H}\psi + \frac{c}{2}\left(\psi\frac{\partial}{\partial x_\lambda} - \frac{\partial\psi}{\partial x_\lambda}\right)\tilde{\mathcal{H}}\tilde{\psi} + ie\varphi_\lambda\sum_\mu\frac{\partial \rho_\mu}{\partial x_\mu}$$

$$-\sum_\mu \frac{\partial T_{\lambda\mu}}{\partial x_\mu} = \sum_\mu \rho_\mu\left(\frac{\partial\varphi_\lambda}{\partial x_\mu} - \frac{\partial\varphi_\mu}{\partial x_\lambda}\right) = 0$$

$$\therefore\quad S_\lambda(\xi) = e\sum_{k'k''}\alpha^\lambda_{k'k''}(\xi k'|R|\xi k'')$$

$$U^\mu_\nu(\xi) = \lim_{x\to 0}\left\{ic\hbar\frac{\partial}{\partial x_\mu} - \frac{e}{2}\left[A^\mu\left(\xi+\frac{x}{2}\right) + A^\mu\left(\xi-\frac{x}{2}\right)\right]\right\}\sum_{k'k''}\alpha^\nu_{k'k''}\left(\xi+\frac{x}{2},k'|R|\xi-\frac{x}{2},k''\right)$$

之れは Erhaltungssatz を満足している。
即ち

$$\frac{\partial T^\mu_\nu(\xi)}{\partial \xi_\nu} = 0$$

$$T^\mu_\nu(\xi) = U^\mu_\nu + V^\mu_\nu(\mathrm{Feld}).$$

2. Anwendung. (i) Skalar Potential を得るに apply して得られる Materie の Dichte.

$$\rho = -\frac{1}{15\pi}\frac{e^2}{\hbar c}\left(\frac{\hbar}{\mu c}\right)^2\Delta\rho_0.$$

この Gesamtladung は 0 になる。これは physical な意味はない。

äußeredichte ρ_0 と之から求める。

○ Polarisation des Vakuums

äußeredichte が time と共に変る時は; Gesamtladung は 0 になる。(S. 222) が その内で、time と共に変らぬ部分は

$$\rho = -\frac{1}{15\pi}\frac{e^2}{\hbar c}\frac{\hbar^2}{(mc)^2}\rho_0.$$

Compton wave length では すこぶる 小さい。[illegible]の1 の order。(S. 223)

○ Lichtwelle について も matteriefeld の Ladungs and Stromdichte は 0。(∵ ± charge は symmetric)
しかし Energiedichte は 0 でない。(Pairproduction)

II. Quantentheorie der Wellenfelder

$$R = \psi^*(x'k')\,\psi(x''k'')$$

$$R_S = \frac{1}{2}\left[\psi^*(x'k')\,\psi(x''k'') - \psi(x''k'')\,\psi^*(x'k')\right]$$

[illegible] $R = -\hbar S$.

S の中には nichtvertauschbar なるものが入っているが、Ladungs-Stromdichte 大きさ等では それは きいてこない。

両者を Korrespondenzmäßig に取扱う。

Licht と Materie の Wechselwirkung を小さいとして、Störungsverfahren を apply する。そうすれば、S を e の power に expand する。nullte Näherung においては、$S = S_0$.

DEPARTMENT OF PHYSICS
OSAKA IMPERIAL UNIVERSITY.

DATE

NO. 5

Oppenheimer 等の議論に就て.
Energieimpulstensor から Gesamtenergie を作り.
これを Hamiltonian とし. e の power に開く.

$$H = \underbrace{H_0 + H_1}_{} + H_2 + H_3 + H_4$$

H_2 は. Impuls の同じ二つの Quanten の entstehen, verschwinden のみに関係する. (S. 228)
H_3 は Impulssumme null の3個の Lichtquanten に関係している.
H_4. Streuung von Licht an Licht
H_5, H_6 等は凡て. $x=0$ の limit に於て 0 になる.

○ Anwendungen. (S. 228 下の方)
第一. Licht の Selbstenergie. (これは H_1, H_2 が関係する)
H_1 による其の項は unendlich.
H_2 を加へると一部分は compensate するが, 一部分残る.

$$\lim_{p\to\infty} g \cdot c \cdot M_{g.e} \frac{e^2}{\hbar c} \log \frac{p}{mc}$$

故に, Quantentheorie への Übergang はもっと違った方法でやらないといけない.
つまり, 本当は, Materiefeld と Elmag. feld とは夫々わけられぬ, と考へられる.