©2022 YHAL, YITP, Kyoto University
京都大学基礎物理学研究所　湯川記念館史料室
Research Institute for Fundamental Physics
Kyoto University

N87
63-01-28 29 30 の内

素粒子に関する考え方の変遷 (1)

July 4, 1962
東大・物理教室にて

I, 原子
原子と空虚

エーテル
宇宙の渦

大きさのない原子
Newtonの力学
質点
光の粒子説

拡がった原子

光の波動説
電磁場

数学

物質粒子の singularity

Lorentzの電子論

非局所場

電子力学

連続性
非局所性

場の量子論
繰込み
時空概念
での連続性

離散構造

構造をもった
素粒子

point singularity

singular curve or surface in complex space

ether
urmaterie
chaos
の違った運動
の mode

有 → 保存するもの
無 虚なるもの

可能態

有
無
現在
可能態

実在 ↔ 潜在
統合

No. 5. 1957. 10. 20,000

©2022 YHAL, YITP, Kyoto University
京都大学基礎物理学研究所　湯川記念館史料室

(高林: 素研 21 (1960), Nr. 6, 723)

(2)

II. Particle with extended structure

i) non-local field
bilocal field $(x', x'') \to (X, r)$

ii) rigid body or rotator
non-relativistic　回転自由度 3.

l, l_3
l', l'_3　　$l(l+1) = l'(l'+1)$

translation 自由度 3　v

$\boxed{\text{half integer はどうしてでるか}}$

body fixed point ~~が~~ y が initially に $y_k^{(0)}$ であったものが $y_i = A_{ik} y_k^{(0)}$ となる。ここで

$$\left.\begin{aligned} A_{il}A_{kl} &= \delta_{ik} \quad \text{or} \quad AA^T = 1 \\ \det(A_{ik}) &= +1 \end{aligned}\right\}$$

これが rigidity の条件, $= a_i^k$

このような A_{ik} を与えることによって回転自由度が決定される。その parameter の数は 3.

Euler angle (θ, φ, ψ) あるいは
unit 2-comp. spinor $\xi = \begin{pmatrix}\xi^1 \\ \xi^2\end{pmatrix}$

$$a_k^1 = \mathrm{Re}(\tilde{\xi}\sigma_k\xi)$$
$$a_k^2 = \mathrm{Im}(\tilde{\xi}\sigma_k\xi)$$
$$a_k^3 = \xi^*\sigma_k\xi$$
$$\xi^*\xi = 1.$$

$\xi_1 = \beta$, $\xi_2 = \alpha^*$ とおくと　$\begin{pmatrix}\xi^1 = \xi_2 \\ \xi^2 = -\xi_1\end{pmatrix}$

$$U = \begin{pmatrix}\alpha & \beta \\ -\beta^* & \alpha^*\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}\xi^{1*} & \xi_1 \\ \xi^{2*} & \xi_2\end{pmatrix}$$

は unitary unimodular　$\alpha\alpha^* + \beta\beta^* = 1$

$$UU^\dagger = 1$$

$$U^{-1}\sigma_i U = A_{ij}\sigma_j$$

©2022 YHAL, YITP, Kyoto University
京都大学基礎物理学研究所　湯川記念館史料室

$$\alpha = e^{\frac{i}{2}(\varphi+\psi)} \cos\frac{\theta}{2}$$
$$\beta = i e^{\frac{i}{2}(\psi-\varphi)} \sin\frac{\theta}{2}$$

で Euler angle と結びつける.

spherical isotropic rotator

$$L = \frac{I}{4}(\dot{A}_{ik})^2 = \frac{I}{4}\dot{a}_k^r \dot{a}_k^r$$

角運動量の laboratory frame への成分 → spin
body frame への成分 → isospin
と identify しても、両者の絶対値は等しく、
Λ, Σ, K などではなく、π さえも理解出来ない。
ただし nucleon には適当

~~relativistic~~ rotator

integer eigenstate → 一回転して、もとの configuration
half-integer → 一回転すると、符号がかわる.

Remark:
素粒子の波動函数としては、half-integer はさしつかえない。(もしも個々の素粒子が half-integer spin をもっているなら)
最初から continuous body と考えれば double valued eigenfn は exclude してもよい。
これは一個の Fermi 素粒子の double valued function による記述の可能と同等の論理においてもいえる.
しかし、剛体の場合、すでに classical の段階で spinor ξ で記述され、q.m. 波動函数は

$$\psi(x, \xi_\rho \ldots)$$

これに対し素粒子の q.m. 波動函数は $\psi = \xi_\rho(x)$

No. 5. 1957. 10. 20,000

©2022 YHAL, YITP, Kyoto University
京都大学基礎物理学研究所　湯川記念館史料室

mass level: 回転による変化は

$$m = m_0 + \frac{\hbar^2}{2I} l(l+1)$$

$$m_\Sigma - m_\Lambda = \frac{\hbar^2}{I} \sim 145\, m_e$$

$$I = 4 \times 10^{-44}\ \mathrm{gm.cm^2}.$$

Relativistic Rotator

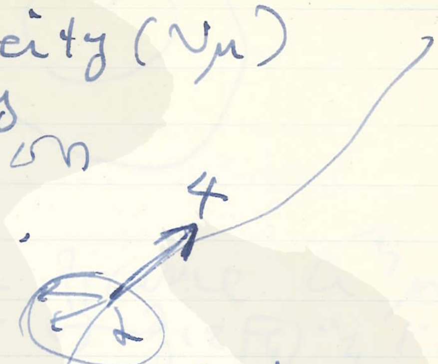
= 棒の向きが運動によってかわらぬということの

→ 少し緩めて body に fix した任意の二つの方向の間の角が (~~rest frame で見て~~)
(body の center の orbital motion に関する rest frame から見て) 運動によってかわらぬ。

→ ~~con~~ covariant formulation が可能。

→ 回転は一般に orbital motion の ~~worldline~~ world-line に normal な三次元空間で起きる

→ orbital motion の velocity (v_μ) と共に kinematically に couple ~~sh~~ した rotation の自由度として 6 個ある。



→ p_μ は v_μ に parallel でなくなる。

→ $p_k = 0$, $p_4 = im$ になる rest frame では particle は quasi-periodic precession を行なっている。

→ 波動函数は ~~x~~ x, v の configuration space で雲のようにひろがる:

$$a^\lambda_\mu a^\nu_\mu = \delta_{\lambda\nu} \qquad (a^4_\mu = -iv_\mu)$$

例えば

$$L = \frac{I}{4} \dot{a}^\nu_\mu \dot{a}^\nu_\mu + \frac{K}{4} \dot{a}^4_\mu \dot{a}^4_\mu \quad (\cdot \text{ は } \tfrac{d}{d\tau})$$

©2022 YHAL, YITP, Kyoto University
京都大学基礎物理学研究所　湯川記念館史料室

この model では spin・isospin が互に独立，対応に~~…~~ … といふ制約がなく，Λ, Σ, K ~~…~~ は入る余地がない，
→ 5次元への拡張によって，この制約はとれる
(Nakano 等)
→ Heisenberg 一元論？

拡張の拡張の方向.
1. deformability
2. composite structure → Vigier model

Vigier model:
gyroscope
external frame に対して第一の rotator が
a^ξ_μ
で表されるとする
(a^4_μ は第一の rotator の velocity)

第一の rotator に固定した frame a^ξ_μ に対して，第二の rotator の…に固定した frame が c^η_ξ で表される，
external frame に関する第二の rotator の frame は
$$b^\eta_\mu = c^\eta_\xi a^\xi_\mu$$
となる，
c^η_ξ は内部運動：自由度 6，

j^+_T j^- $j^3_{T_3}$ j^3 $+S/2$

$j' = j'^+ + j'^-$, j_3 $-B/2$

$$Q = j_3^+ + j_3^- - j_3'^+ - j_3'^-$$

©2022 YHAL, YITP, Kyoto University
京都大学基礎物理学研究所　湯川記念館史料室

第一の rotator と第二の rotator の複合を考えることもできる。
内部運動に関して finite repres. を与える → indefinite metric
complete でない。
従って第一の表現と第二の表現の積は既約表現の linear combination になっていない。

other model
Fukutome.
$a^{\xi}_{\mu}(x)$

holonom
non-holonom

subquantum level ?

complex Lorentz transformation ?