Доклады Академии наук СССР
1973. Том 209, № 2

УДК 519.46

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

С. С. САННИКОВ

К ТЕОРИИ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ГРУППЫ $\widetilde{\mathrm{SL}(2,\ \mathrm{C})}$

(Представлено академиком Н. Н. Боголюбовым 7 IV 1972)

1. Рассматриваются представления группы $\widetilde{\mathrm{SL}(2,\ \mathrm{C})}$ с комплексными весами и отвечающие им поля. Эти поля играют роль «скрытых параметров» в единой теории элементарных частиц и являются основным объектом EQ-теории (теории вакуума). Формальным служит следующее

Определение 1. Под полем в EQ-теории понимается некоторое сечение $f_\alpha{}^{(\dot\lambda,\lambda)}(x)$ расслоения $\mathbf{R}_{3,1}\otimes\Phi'_{\dot\lambda,\lambda}$, $x\in\mathbf{R}_{3,1}$ — пространство Минковского, $f^{(\dot\lambda,\lambda)}\in\Phi'_{\dot\lambda,\lambda}$, удовлетворяющее уравнению

$$p_\mu^{(\alpha)}\frac{\partial}{\partial x_\mu}f_\alpha^{(\dot\lambda,\lambda)}(x)=0. \tag{1}$$

Здесь

$$\Phi'_{\dot\lambda,\lambda}=\bigoplus_{q=-\infty}^{\infty}\Phi'_{(\lambda-\dot\lambda+q,\,0)}=\bigoplus_{q=-\infty}^{\infty}\bigoplus_{p=-\infty}^{\infty}\Phi'_{(\lambda-\dot\lambda+q,\,\lambda+\dot\lambda+1+p)^+}=\bigoplus_{p=-\infty}^{\infty}\Phi'_{(\lambda+\dot\lambda+1+p,\,0)}$$

— бесконечная прямая сумма счетного числа пространств $\Phi'_{(\lambda-\dot\lambda+q,\,\lambda+\dot\lambda+1+p)^+}=\overline{\Phi'_{\bar{\dot\lambda}+(p-q)/2}}\otimes\Phi'_{\lambda+(p+q)/2}$ (черта означает комплексное сопряжение), Φ'_λ, $\overline{\Phi'_{\bar{\dot\lambda}}}$ — пространства обобщенных функций показательного типа [1], 2λ, $2\dot\lambda\in\mathrm{C}$ — внутренние степени свободы поля (λ — комплексный спин). Под сопряженным полем понимается сечение $\dot f_\alpha^{(\dot\lambda,\lambda)}(x)=f_\alpha^{(-\bar\lambda-1,\,-\bar{\dot\lambda}-1)}(x)$, $f^{(-\bar\lambda-1,\,-\bar{\dot\lambda}-1)}\in\Phi'_{-\bar\lambda-1,\,-\bar{\dot\lambda}-1}$. Существует четыре моды поля (1). Им отвечают операторы $p_\mu{}^{(\alpha)}$, $\alpha=1,\ 2,\ 3,\ 4$, действующие в $\Phi'_{\dot\lambda,\lambda}$ и записываемые в виде

$$p_\mu^{(1)}=ik\overline{\psi}\gamma_\mu P_+\psi,\quad p_\mu^{(2)}=ik\overline{\psi}\gamma_\mu P_-\psi,\quad p_\mu^{(3)}=ik\overline{\psi}^c\gamma_\mu P_+\psi,\quad p_\mu^{(4)}=ik\overline{\psi}\gamma_\mu P_-\psi^c,$$

где $\psi^c=C^{-1}\overline{\psi}$, $\overline{\psi}^c=C\psi$, $C=\begin{pmatrix}-\varepsilon^{-1} & 0\\ 0 & \dot\varepsilon^{-1}\end{pmatrix}$, $\varepsilon=\dot\varepsilon=\begin{pmatrix}0 & -1\\ 1 & 0\end{pmatrix}$, $P_\pm={}^1/_2(1\pm\gamma_5)$, γ_μ — матрицы Дирака в представлении Вейля, k — константа (см$^{-1}$), а

$$\psi_k=\bigoplus_{q=-\infty}^{\infty}\bigoplus_{p=-\infty}^{\infty}\begin{pmatrix}1\otimes a_{\dot k}\\ \overline{b^{(\bar{\dot\lambda}+(p-q)/2)\dot k}}\otimes 1\end{pmatrix},\quad \overline{\psi}_k=\bigoplus_{q=-\infty}^{\infty}\bigoplus_{p=-\infty}^{\infty}\left(1\otimes b^{(\lambda+(p+q)/2)k},\ -\bar a_{\dot k}\otimes 1\right)$$

вместе с $E=\bigoplus_{q=-\infty}^{\infty}\bigoplus_{p=-\infty}^{\infty}\begin{pmatrix}1\otimes 1\\ 1\otimes 1\end{pmatrix}$ порождают ассоциативную алгебру S с соотношениями коммутации

$$[\psi_k,\overline{\psi}_m]=\psi_k\overline{\psi}_m-\overline{\psi}_m\psi_k=\delta_{km}E,\quad [\psi_k,\psi_m]=[\overline{\psi}_k,\overline{\psi}_m]=0,\quad k=1,2,3,4. \tag{2}$$

(операторы $a_{\dot k}$, $b_k^{(\lambda)}$, $k=1,\ 2$, введены в [2]; алгебра S естественным образом вкладывается в $K(z,\ d/dz)\otimes K(\bar z,\ d/d\bar z)$, где $K(z,\ d/dz)$ — тело, рассмотренное в [3]). Коммутативные подалгебры в S, порождаемые $(E,\ P_+\psi,\ \overline{\psi}P_-)$, $(E,\ P_-\psi,\ \overline{\psi}P_+)$, $(E,\ P_+\psi,\ P_-\psi)$ и $(E,\ \overline{\psi}P_-,\ \overline{\psi}P_+)$, обозначим через $S_\alpha p_\mu^{(\alpha)} \in S_\alpha$. Моду с $\alpha = 1$ будем называть основной. Определим еще $L_{\mu\nu} = \bar\psi \Sigma_{\mu\nu}\psi$, $L = \bar\psi\psi$, $L_5 = \bar\psi\gamma_5\psi$, $A_{\mu\nu}^{(1)} = \overline{\psi^c}\Sigma_{\mu\nu}\psi$, $A_{\mu\nu}^{(2)} = \overline{\psi}\Sigma_{\mu\nu}\psi^c$, $w_\mu^{(\alpha)} = \widetilde{L}_{\mu\nu}p_\nu^{(\alpha)}$, $M_{\alpha\beta}^2 = 2p_\mu^{(\alpha)}p_\mu^{(\beta)}$, где $\widetilde{L}_{\mu\nu} = \overline{\psi}\gamma_5\Sigma_{\mu\nu}\psi$, $\Sigma_{\mu\nu} = \frac{1}{4i}[\gamma_\mu, \gamma_\nu]$.

Утверждение 1. *Операторы* $p_\mu^{(\alpha)}, L_{\mu\nu}, A_{\mu i}^{(i)}, L, L_5, \widetilde{L}_{\mu\nu}, \widetilde{A}_{\mu\nu}^{(i)}$ *задают в* $\Phi'_{\dot\lambda,\lambda}$ *представление алгебры Ли 54-параметрической ранга 16 группы Ли G такое, что*

$$w_\mu^{(1,2)} = \pm i\left(\frac{L}{2}+1\right)p_\mu^{(1,2)}, \quad w_\mu^{(3,4)} = \pm\frac{i}{2}L_5 p_\mu^{(3,4)},$$

$$\overline{\psi^c}\psi = \overline{\psi}\psi^c = \overline{\psi^c}\gamma_5\psi = \overline{\psi}\gamma_5\psi^c = \overline{\psi^c}\gamma_\mu\gamma_5\psi = \overline{\psi}\gamma_\mu\gamma_5\psi^c = A_{\mu\nu}^{(i)}A_{\mu\nu}^{(i)} =$$

$$= A_{\mu\nu}^{(i)}\widetilde{A}_{\mu\nu}^{(i)} = w^{(\alpha)^2} = p^{(\alpha)^2} = L_{\mu\nu}A_{\mu\nu}^{(i)} = 0, \; L_{\mu\nu}L_{\mu\nu} = 2L + \frac{1}{2}(L^2 + L_5^2),$$

$$L_{\mu\nu}\widetilde{L}_{\mu\nu} = 2L_5\left(\frac{L}{2}+1\right), \quad A_{\mu\nu}^{(2)}A_{\mu\nu}^{(1)} = 2L - (L^2 + L_5^2), \; A_{\mu\nu}^{(2)}\widetilde{A}_{\mu\nu}^{(1)} = -2L_5(L-1),$$

$$M_{12,21}^2 = -k^2[L^2 - L_5^2 + 4(L \pm L_5)],$$

$$M_{34,43}^2 = k^2[L^2 - L_5^2 + 4(L+2) \mp 4(L+2)].$$

Остальные $M_{\alpha\beta}^2$ *равны нулю.*

Группа G имеет четыре подгруппы $\mathfrak{P}^{(\alpha)}$ ($\mathfrak{P} = T_4 \times \mathrm{SL}(2, C)$ — накрывающая группы Пуанкаре), пересекающиеся по подгруппе $\mathrm{SL}(2, C)$. $\mathfrak{P}^{(\alpha)}$ связаны с полями $f_\alpha^{(\lambda,\dot\lambda)}(x)$. Нас интересует, что происходит с представлением группы G в $\Phi'_{\dot\lambda,\lambda}$ при сужении $G \supset \mathfrak{P}^{(\alpha)}$.

Теорема 1. *В* $\Phi'_{\dot\lambda,\lambda}$ *реализуется представление цепного расслоения* * $\mathfrak{P}(\Phi')$ *в виде* $\bigoplus_{q=-\infty}^{\infty}(\lambda - \dot\lambda + q, 0)$, $\alpha = 1, 2$, *или в виде* $\bigoplus_{p=-\infty}^{\infty}(\lambda + \dot\lambda + 1 + p, 0)$, $\alpha = 3, 4$, *где* $(\lambda, 0)$ — *неприводимое представление* $\widetilde{\mathfrak{P}}$. *При сужении* $\widetilde{\mathfrak{P}} \supset \widetilde{\mathrm{SL}(2, C)}$ *имеем* ([2])

$$(\lambda - \dot\lambda + q, 0) = \bigoplus_{p=-\infty}^{\infty}\overline{\left(\bar{\dot\lambda} + \frac{p-q}{2}, \bar{\dot\lambda} + \frac{p-q}{2} + 1\right)^+} \otimes$$

$$\otimes\left(\lambda + \frac{p+q}{2}, \lambda + \frac{p+q}{2} + 1\right)^+ = \bigoplus_{p=-\infty}^{\infty}(\lambda - \dot\lambda + q, \lambda + \dot\lambda + 1 + p)^+; \tag{2}$$

аналогично

$$(\lambda + \dot\lambda + 1 + p, 0) = \bigoplus_{q=-\infty}^{\infty}(\lambda - \dot\lambda + q, \lambda + \dot\lambda + 1 + p)^+,$$

где $(\lambda, \lambda+1)^+$, $\overline{(\bar{\dot\lambda}, \bar{\dot\lambda} + 1)^+} = (\dot\lambda, \dot\lambda + 1)^-$, $(\lambda - \dot\lambda, \lambda + \dot\lambda + 1)^+$ — *неприводимые представления* $\widetilde{\mathrm{SL}(r, C)}$ *в* Φ'_λ, $\Phi'_{\bar{\dot\lambda}}$, $\Phi'_{(\lambda-\dot\lambda,\, \lambda+\dot\lambda+1)^+}$.

На $\Phi'_{(\lambda-\dot\lambda+q,\, \lambda+\dot\lambda+1+p)^+}$ *операторы* $^1/_2 L + 1$ *и* $^1/_2 L_5$ *принимают значения* $\lambda - \dot\lambda + q$ *и* $\lambda + \dot\lambda + 1 + p$.

Замечание 1. Представления $(\lambda, \lambda+1)^+$, $\overline{(\bar{\dot\lambda}, \bar{\dot\lambda}+1)^+}$, $(\lambda - \dot\lambda, \lambda + \dot\lambda + 1)^+$ генерируются операторами $L_{\mu\nu}^{(+)} = \overline{\psi}P_+\Sigma_{\mu\nu}\psi$, $L_{\mu\nu}^{(-)} = \overline{\psi}P_-\Sigma_{\mu\nu}\psi$, $L_{\mu\nu}$.

Представления подгруппы T_4 генерируются $p_\mu^{(\alpha)}$. Отображение $(a, v) \to T_\alpha^{(\dot\lambda,\lambda)}(a, v) = \exp(iP^{(\alpha)}a)T^{(\dot\lambda,\lambda)}(v)$, где

$$T^{(\dot\lambda,\lambda)}(v) = \bigoplus_{q=-\infty}^{\infty}\bigoplus_{p=-\infty}^{\infty}\overline{T_{\bar{\dot\lambda}+(p-q)/2}(v)} \otimes T_{\lambda+(p+q)/2}(v), \; a \in T_4, \; v \in \mathrm{SL}(2, C)$$

будет обозначать представление $\widetilde{\mathfrak{P}}$ в $\widetilde{\Phi}'_{\lambda,\dot\lambda}$.

* Под цепным расслоением $\widetilde{\mathfrak{P}}(\Phi')$ (над группой $\mathfrak{P}$) понимается группа 1-цепей $\widetilde{\mathfrak{P}}$ топологией, индуцируемой топологией пространства представления Φ'.

Замечание 2. Представление $\overline{\mathrm{SL}(2, \mathbf{C})}$ в Φ' расширяется до представления $\overline{M(2, \mathbf{C})}$, где $M(2, \mathbf{C})$ — моноид 2×2-комплексных матриц, в частности до $\overline{\mathrm{GL}(2, \mathbf{C})}$ и $\overline{\mathrm{I}(2, \mathbf{C})}$, где

$\mathrm{GL}(2, \mathbf{C}) = \mathrm{SL}(2, \mathbf{C}) \otimes U(1) \otimes H(1) = M - I$, а $I = \{g \in M \mid \det g = 0\}$.

Для $g \in I$ удобно выбрать параметризацию $g = \begin{pmatrix} \overline{\dot\varphi^2} & \varphi_1 \\ -\overline{\dot\varphi^1} & \varphi_{\dot 2} \end{pmatrix} = -\overline{\dot\varphi'} \times$ $\times \begin{pmatrix} \sigma & -\sigma\tau \\ 1 & -\tau \end{pmatrix}$, где $\sigma = \varphi_1/\varphi_{\dot 2} = -\overline{\dot\varphi^2}/\overline{\dot\varphi^1}$, $\tau = \varphi_{\dot 2}/\overline{\dot\varphi^1} = -\varphi_1/\overline{\dot\varphi^2}$.

Через $|n\lambda]$, $n = 0, 1, 2, \ldots$, будем обозначать базис Картана — Вейля представления $(\lambda, \lambda+1)^+$ в Φ_λ'. В реализации Фока — Баргмана ([1])

$$|n\lambda] = i^n 2^{-n} z^{2n} \sqrt{\Gamma(-2\lambda)/n!\,\Gamma(n - r\lambda)}, \quad z \in C,$$

$$T_\lambda(g)\,|n\lambda] = \sqrt{\Gamma(n-2\lambda)/n!\,\Gamma(-2\lambda)}\,(\overline{i\dot\varphi^1}/\varphi_{\dot 2})^n (\varphi_{\dot 2})^{2\lambda}\, {}_1F_1\left(-n; -2\lambda; -\frac{z^2 \det g}{2\varphi_{\dot 2}\overline{\dot\varphi^1}}\right) \times$$

$$\times \exp\left(\frac{1}{2}\frac{\varphi_1}{\varphi_2} z^2\right), \quad g \in M(2, \mathbf{C}),$$

где ${}_1F_1$ — вырожденная гипергеометрическая функция.

Утверждение 2. *Оператор $T_\lambda(g)$, $g \in I$, проектирует Φ_λ' на одномерное подпространство, натянутое на элемент*

$$\exp({}^1\!/_2\sigma z^2) \in \Phi_\lambda': \; T_\lambda(g\sigma_1) f^{(\lambda)}(z) = (\overline{-\dot\varphi^1})^{2\lambda} \exp({}^1\!/_2\sigma z^2) f^{(\lambda)}(\tau),$$

где $f^{(\lambda)}(z)$ и $f^{(\lambda)}(\tau)$ — представления элемента $f^{(\lambda)} \in \Phi_\lambda'$ в реализации Фока — Баргмана и τ-реализации, $\sigma_1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$.

3. Поле $f_\alpha^{(\dot\lambda,\lambda)}(x)$ ассоциировано с $\mathrm{I}(2, \mathbf{C})$.

Утверждение 3. *Решения уравнений* (1) *имеют структуру*

$$f_\alpha^{(\dot\lambda,\lambda)}(x) = E_\alpha^{(\dot\lambda,\lambda)}(x)\, V_{\alpha'}, \tag{3}$$

где $E_\alpha^{(\dot\lambda,\lambda)}(x) = \exp(iP^{(\alpha)}x) \int \hat T^{(\dot\lambda,\lambda)}(g\sigma_1)\, dg$, $g \in I$, $dg = |\dot\varphi'|^2 d(\dot\varphi')\, d(\sigma)\, d(\tau)$,

$$\hat T_{(\dot\lambda,\lambda)}(g) = \bigoplus_{q=-\infty}^{\infty} \bigoplus_{p=-\infty}^{\infty} [(\lambda - \dot\lambda + q)^2 - (\lambda + \dot\lambda + 1 + p)^2]\, T_{(\lambda-\dot\lambda+q,\ \lambda+\dot\lambda+1+p)} + g$$

($d(\tau) = d(\mathrm{Re}\,\tau)\, d(\mathrm{Im}\,\tau)$; *для сопряженного поля* g', σ', τ', φ''); $V_{\alpha'}$ — *элементы, представимые в виде*: $V_{\alpha'} = s_{\alpha'}(\varkappa, \dot\varkappa) f_0^{(\dot\lambda,\lambda)}$, $s_{\alpha'} \in S_{\alpha'}$ (*например,*

$$s_1(\varkappa, \dot\varkappa) = \prod_{j=1}^{\dot\varkappa} \overline{a^{k_j}} \otimes \prod_{i=1}^{\varkappa} a_{k_j}\Big), \; f_0^{(\dot\lambda,\lambda)} \in \Phi'_{\dot\lambda,\lambda}.$$

Замечание 3. На структуре $E^{(\dot\lambda,\lambda)}(0)$ имеем $\sigma(\tau)$ — реализацию алгебры S, т. е. при действии на $E^{(\dot\lambda,\lambda)}(0)$ элементами из S слева имеем

$$P_+\psi = \bigoplus_{q=-\infty}^{\infty} \bigoplus_{p=-\infty}^{\infty} \begin{pmatrix} \sigma \\ 1 \end{pmatrix}, \quad \overline{\psi} P_+ = \bigoplus_{q=-\infty}^{\infty} \bigoplus_{p=-\infty}^{\infty} \begin{pmatrix} \sigma \dfrac{\partial}{\partial\sigma} - (2\lambda + p + q) \\ \dfrac{\partial}{\partial\sigma} \end{pmatrix},$$

$$\overline{\psi} P_- = -\overline{P_+\psi}, \quad P_-\psi = \overline{\overline{\psi} P_+},$$

а справа

$$P_+\psi = \bigoplus_{q=\infty}^{\infty} \bigoplus_{p=-\infty}^{\infty} \begin{pmatrix} \dfrac{\partial}{\partial\tau} \\ \tau\dfrac{\partial}{\partial\tau} - (2\lambda + p + q) \end{pmatrix}, \quad \overline{\psi}P_+ = \bigoplus_{q=\infty}^{\infty} \bigoplus_{p=\infty}^{\infty} \begin{pmatrix} 1 \\ \tau \end{pmatrix},$$

$$P_-\psi = \overline{\overline{\psi}P_+}, \quad \overline{\psi}P_- = -\overline{P_+\psi}.$$

Определение 2. Преобразования из $T_4 \times \mathrm{SL}(2, \mathrm{C})$ назовем кинематическими, если они действуют на g в (3) слева.

Утверждение 4. *При кинематических преобразованиях*

$$s_\alpha(k,\dot{k})f_\alpha^{(\lambda,\dot{\lambda})}(x) \to T^{\left(\dot{\lambda}+\dot{\varepsilon}_\alpha\frac{k}{1},\ \lambda+\varepsilon_\alpha\frac{k}{2}\right)}(v)\, s'_\alpha(k,\dot{k})f_\alpha^{(\dot{\lambda},\lambda)}(\Lambda^{-1}(x+a)),$$

где $s'_\alpha(k,\dot{k}) = D_{\left(\frac{\dot{k}-k}{2},\ \frac{\dot{k}+k}{2}+1\right)}(v)\, s_\alpha(k,\dot{k})$, $D_{\left(\frac{\dot{k}-k}{2},\ \frac{\dot{k}+k}{2}+1\right)}(v)$ — *матричные элементы конечномерного неприводимого представления группы* $\mathrm{SL}(2,\mathrm{C}) \ni v = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$ *веса* $\left(\dfrac{\dot{k}-k}{2},\ \dfrac{\dot{k}+k}{2}+1\right)$, $\varepsilon_\alpha = (-1)^\alpha$, $\dot{\varepsilon}_\alpha = (-1)^{[\alpha/2]+1}$, ($[a]$ — *целая часть числа* a), $\Lambda \in \mathrm{SO}(3,1)$; $\sigma \to \dfrac{a\sigma+b}{c\sigma+d}$, $\overline{\varphi}' \to \overline{\varphi}'(c\sigma+d)$, τ — *кинематический инвариант.*

4. Из полей $f_\alpha^{(\dot{\lambda},\lambda)}(x)$ конструируются материальные поля (волновые функции), описывающие элементарные частицы.

Определение 3. Под материальными полями мы понимаем функционалы в EQ-теории

$$\Psi^{(\alpha)}(x) = \langle s_\alpha f_\alpha^{(\dot{\lambda},\lambda)}(x), s_1 f_1^{(\dot{\lambda},\lambda)}(x)\rangle, \tag{4}$$

где

$$\langle \Phi'_{\dot{\lambda},\lambda}, \Phi'_{\dot{\lambda},\lambda}\rangle = \sum_{q=-\infty}^{\infty}\sum_{p=-\infty}^{\infty} [\Phi'_{(\bar{\lambda}-\bar{\dot{\lambda}}+q,\ -\bar{\lambda}-\bar{\dot{\lambda}}-1-p)+}, \Phi'_{(\lambda-\dot{\lambda}+q,\ \lambda+\dot{\lambda}+1+p)+}],$$

$\dot{\Phi}'_{\dot{\lambda},\lambda} = \Phi'_{-\bar{\lambda}-1,\ -\bar{\dot{\lambda}}-1}$, а $[\cdot,\ \cdot]$ — полуторалинейный функционал, рассматривавшийся в [1] (В реализации Фока — Баргмана это интеграл на C с мерой $d\mu(z) = |z|^2 d(z)/2\pi$.)

Утверждение 5. *Имеют место соотношения*: $\psi^+ = \overline{\psi}\gamma_4$, $\psi^+ = \gamma_4\psi$, *где* $+$ *обозначает сопряжение относительно* $\langle .,.\rangle$.

Следствие из утверждения 4 и определения 3. *При кинематических преобразованиях* $\Psi^{(\alpha)}(x) \to D(v)\Psi^{(\alpha)}(\Lambda^{-1}(x+a))$, *где* $D = \overline{D(l_0^{(\alpha)'}, l_1^{(\alpha)'})} \otimes D(l_0^{(1)}, l_1^{(1)})$, $l_0 = \dfrac{\dot{k}-k}{2}$, $l_1 = \dfrac{\dot{k}+k}{2}+1$.

5. Алгебра S (2) и поля (3) — основные объекты шредингеровского представления EQ-теории. Построим гайзенберговское представление $S^{(H)}$ алгебры S: $S^{(H)} \ni s^{(\alpha,\beta)}(x) = \exp(-ip^{(\beta)+}x)\, s \exp(ip^{(\alpha)}x)$.

При условии (1) для $s^{(\alpha,\beta)}(x)$ имеют место некоторые дифференциальные уравнения типа нелинейных уравнений Гайзенберга [4].

Автор выражает признательность акад. Н. Н. Боголюбову за одно замечание, относящееся к этой заметке.

Физико-технический институт
Академии наук УССР
Харьков

Поступило
19 III 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] С. С. Санников, Представления группы вращений с комплексным спином и некоторые их применения, Харьков, 1968. [2] С. С. Санников, Укр. физ. журн., 12, 872 (1967). [3] С. С. Санников, ДАН, 176, 801 (1967). [4] В. Гейзенберг, Введение в единую полевую теорию элементарных частиц, М., 1968.