

теории суперструны (отвечающем учёту только безмассовых возбуджений) возникают 10-мерные С.

Лит.: 1) Freedman D. Z., van Nieuwenhuizen P., Ferrara S., Progress toward a theory of supergravity, «Phys. Rev.», 1976, v. D13, p. 3214; Deser S., Zumino B., Consistent supergravity, «Phys. Lett.», 1976, v. 62B, p. 335; 2) Огиевецкий В., Сокачев Э., Уравнения движения для суперполей, в кн.: Нелокальные, нелинейные и ненормированные теории поля. Материалы 4-го Международного совещания по нелокальным теориям поля. Алушта, апрель 1976, Дубна, 1976, с. 183; их же, On a vector superfield generated by the supercurrent, Дубна, 1976; их же, On a vector superfield generated by the supercurrent, «Nucl. Phys.», 1977, v. B124, p. 309; 3) Wess J., Zumino B., Superspace formulation of supergravity, «Phys. Lett.», 1977, v. 66B, p. 361; 4) Волков Д. В., Сорока В. А., Эффект Хитца для гольдстоуновских частиц со спином $1/2$, «Письма в ЖЭТФ», 1973, т. 18, с. 529; 5) van Nieuwenhuizen P., Supergravity, «Phys. Repts», 1981, v. 68, p. 189; 6) Nilles H. P., Supersymmetry, supergravity and particle physics, «Phys. Repts», 1984, v. 110, p. 1; 7) Fradkin E. S., Tseytlin A. A., Conformal supergravity, «Phys. Repts», 1985, v. 119, p. 233; 8) Gates S. J., jr., et al. Superspace or one thousand and one lessons in supersymmetry, Reading (Mass.), 1983; 9) Весс Ю., Бергер Дж., Суперсимметрия и супергравитация, пер. с англ., М., 1986; 10) Stelle K. S., West P. C., Minimal auxiliary fields for supergravity, «Phys. Lett.», 1978, v. 74B, p. 330; Ferrara S., van Nieuwenhuizen P., The auxiliary fields of supergravity, «Phys. Lett.», 1978, v. 74B, p. 333; 11) Огиевецкий В., Сокачев Э., Аксиальное суперполе и группа супергравитации, «Ядерная физика», 1978, т. 28, с. 1631; 12) их же, Гравитационное аксиальное суперполе и формализм дифференциальной геометрии, там же, 1980, т. 31, с. 821; 13) Wess J., Zumino B., Superfield Lagrangian for supergravity, «Phys. Lett.», 1978, v. 74B, p. 31; 14) Ferrara S., van Nieuwenhuizen P., Consistent supergravity with complex spin- $3/2$ gauge fields, «Phys. Rev. Lett.», 1976, v. 37, p. 1669; 15) Fradkin E. S., Vasiliev M. A., Minimal set of auxiliary fields in SO(2)-extended supergravity, «Phys. Lett.», 1979, v. 85B, p. 47; de Wit B., van Holten J., van Proeyen A., Transformation rules of $N=2$ supergravity multiplets, «Nucl. Phys.», 1980, v. B167, p. 186; 16) de Wit B., Lauwers P., van Proeyen A., Lagrangians of $N=2$ supergravity — matter systems, «Nucl. Phys.», 1985, v. B255, p. 569; 17) Howe P. S., Supergravity in superspace, «Nucl. Phys.», 1982, v. B199, p. 309; 18) Galperin A. [a. o.], $N=2$ supergravity in superspace, «Class. Quantum Grav.», 1987, v. 4, p. 1235, 1255; 19) Duff M., Nilsson B. E. W., Pope C. N., Kaluza — Klein supergravity, «Phys. Repts», 1986, v. 130, p. 1; 20) Cremmer E., Julia B., Scherk J., Supergravity theory in 11 dimensions, «Phys. Lett.», 1978, v. 76B, p. 409; 21) их же, The SO(8) supergravity, «Nucl. Phys.», 1979, v. B159, p. 141.

Е. А. Иванов, В. И. Огиевецкий.

СУПЕРИОННЫЕ ПРОВОДНИКИ — см. *Ионные суперпроводники*.

СУПЕРМУЛЬТИПЛЕТ — неприводимое представление суперсимметрии, содержащее фермионы и бозоны. В любом С. число бозонных степеней свободы равно числу фермионных.

В простой $N=1$ суперсимметрии при отличной от нуля массе покоя С. характеризуется значением суперспина. При данном суперспине S С. содержит частицы ненулевой массы со спинами $S-1/2$, S , $S+1/2$. Киральный С. имеет суперспин $S=0$ и содержит, соответственно, 2 скалярных поля (спин 0) и одно спинорное (спин $1/2$). Векторный С. обладает суперспином $1/2$ и включает одну скалярную частицу (спин 0), 2 спинорные (спин $1/2$) и одну векторную (спин 1).

При нулевой массе покоя в $N=1$ суперсимметрии каждый С. состоит из пары состояний, спиральности λ к-рых отличаются на $1/2$ и обозначаются $(\lambda, \lambda-1/2)$. Так, калибровочный С. $(1, 1/2)$ состоит из безмассового фотона ($\lambda=1$) и фотино ($\lambda=1/2$), гравитац. мультиплет $(2, 3/2)$ содержит гравитон ($\lambda=2$) и гравитино ($\lambda=3/2$).

В расширенных суперсимметриях с N спинорными генераторами С. с нулевой массой покоя включают состояния со следующими значениями спиральности и кратностью:

спиральность	λ_0	$\lambda_0-1/2$	λ_0-1	...	$\lambda_0-\frac{k}{2}$...	$\lambda_0-\frac{N}{2}$
кратность (число состояний)	1	N	$\frac{N(N-1)}{2}$...	$\frac{N!}{k!(N-k)!}$...	1

При CPT -сопряжении знак спиральности меняется, поэтому в любой релятивистски-инвариантной теории такой мультиплет будет выступать в паре с CPT -сопряжённым, т. е. содержащим состояния с той же кратностью, но с противоположными по знаку значениями спиральностей. Напр., в $N=3$ расширенной суперсимметрии С. (-1) , $(-1/2)^3$, $(0)^3$, $(+1/2)$ будет сопровождаться С. 1 , $(1/2)^3$, $(0)^3$, $(+1/2)$, так что полный калибровочный С. будет содержать одно векторное поле, 4 спинорных и 6 скалярных.

Т. н. максимальные супермультиплеты самосопряжены относительно CPT . К ним относятся $N=4$ калибровочный С., начинающийся с $\lambda_0=+1$:

спиральность	+1	+1/2	0	-1/2	-1
кратность	1	4	6	4	1

и $N=8$ гравитационный С. с $\lambda_0=+2$:

спиральность	+2	+3/2	+1	+1/2	0	-1/2	-1	-3/2	-2
кратность	1	8	28	56	70	56	28	8	1

С. для массивных частиц в расширенной N суперсимметрии устроен сложнее. Спектр спинов частиц в нём простирается

$$\text{от } S_{\text{макс}} = I + \frac{N}{2} \text{ до } S_{\text{мин}} = \max\left(0, I - \frac{N}{2}\right),$$

где I — целое или полуцелое число. Отсюда следует, что в случае $N=2$ любой массивный С. содержит частицы, по крайней мере, со спином 1, в случае $N=3$ — со спином $3/2$ и т. д. По этой причине рассмотрение массивных частиц в точных расширенных суперсимметриях лишено особого смысла, масса должна возникнуть либо за счёт нарушения суперсимметрии, либо за счёт её модификации центральными зарядами. В расширенных суперсимметричных моделях с центр. зарядами значение наибольшего спина в массивном С. может уменьшаться. Напр., при чётном N и одном центр. заряде макс. спин простейшего С. с $I=0$ равен $(1/4)N$, т. е. половине $S_{\text{макс}}$ без центр. заряда. Структура массивных С. оказывается такой же, как и в суперсимметрии с $(1/2)N$ без центр. зарядов, однако число состояний при этом удваивается. Центр. заряд преобразует друг в друга состояния из каждой такой пары.

Вне массовой поверхности суперсимметрия имеет естеств. реализацию на полях, к-рые также можно группировать в С. Поскольку число компонент спинорных полей в два раза превышает число соответствующих состояний с полуцелым спином на массовой поверхности, для соблюдения равенства числа бозонных и фермионных степеней свободы полевые С. должны с необходимостью включать вспомогат. поля. Последние обеспечивают замыкание алгебры суперсимметрии вне массовой поверхности и являются естеств. образом в суперполях (см. *Суперпространство*). На массовой поверхности существует взаимнооднозначное соответствие между представлениями на полях и одночастичных состояниях.

Лит.: Огиевецкий В., Мезинческу Л., Симметрия между бозонами и фермионами и суперполя, «УФН», 1975, т. 117, в. 4, с. 637; Sohnius M. F., Introducing supersymmetry, «Phys. Repts», 1985, v. 128, p. 39.

Е. А. Иванов, В. И. Огиевецкий.

СУПЕРОБЪЕДИНЕНИЕ — объединение сильного, эл.-магн., слабого и, возможно, гравитац. взаимодействий в рамках теории суперсимметрии. Стандартная модель великого объединения, включающая в себя единую теорию электрослабого взаимодействия с энергетич. шкалой ~ 100 ГэВ и квантовую хромодинамику, подтверждена опытом во всех своих предсказаниях. При переходе к теории С. возникает шкала существенно др. порядка (10^{15} ГэВ). Это ведёт к т. н. проблеме иерархии, т. е. трудностям в сосуществовании столь разных шкал. Масса скалярных Хиггса бозонов в стандартной модели должна быть порядка $(10^2 - 10^3)$ ГэВ. Такое значение массы трудно по-