

являются группа $SO(32)$ и $E_8 \times E_8$ [Д. Гросс (D. Gross) и др., 1985].

Существуют также версии гетерозисной струны, где компактификация происходит непосредственно из 26 в 4 измерения для левых мод и из 10 в 4 для правых [К. Нарайн (K. Narain), 1986]. Калибровочная группа при этом имеет ранг 22. Других ограничений на калибровочную группу в этом случае не возникает. Поэтому таких теорий существует огромное множество. Полной их классификации не существует.

Взаимодействие струн носит локальный характер, несмотря на то, что сами они являются протяжёнными объектами. В первично-квантованной формулировке теории взаимодействие струн описывается квантовыми флуктуациями мировой поверхности струны, причём свободная струна соответствует поверхности без особенностей, а взаимодействующая — топологически нетривиальным поверхностям, содержащим «дырки» (А. М. Поляков, 1981) [см. рис. 1, 2]. Во вторично-квантованном формализме

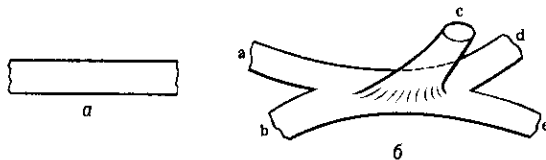


Рис. 1. а — Схематическое изображение свободной открытой струны; б — взаимодействие открытых струн с образованием замкнутой струны. Открытые струны а и б, соединяясь своими концами, образуют одну открытую струну, которая порождает замкнутую струну с и открытые струны d и e.

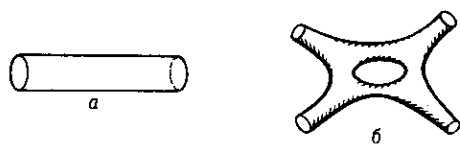


Рис. 2. а — Схематическое изображение свободной замкнутой струны; б — взаимодействие замкнутых струн с образованием «дырки».

для описания струн используются функционалы на мировой поверхности. При этом лагранжиан свободной струны квадратичен по этим функционалам, а взаимодействия струн описываются локальными кубическими по функционалам членами. Для открытых струн возможны также вершины четвертого порядка. Вершины высших порядков отсутствуют [Э. Виттен (E. Witten) и др., 1986].

Взаимодействуя, струны могут рассеиваться, рождают новые струны, а также испускать точечные частицы. В эффективной локальной теории этому соответствуют всевозможные взаимодействия локальных полей.

Теория С. свободна от квантовых калибровочных и гравитационных аномалий и конечна в однопетлевом приближении. Это требование в случае С. типа I выделяет калибровочную группу $SO(32)$, а также удовлетворяется и в теории гетерозисной струны для групп $SO(32)$ и $E_8 \times E_8$. Т. о., в этом подходе калибровочная группа фиксируется условием самосогласованности квантовой теории (Грин и Шварц, 1984).

Переход к наблюдаемой размерности пространственно-времени ($D=4$) в теории С. достигается путём компактификации «лишних» пространственных измерений на расстояниях порядка планковской длины. Установлено, что эффективная локальная теория содержит дополнительные, т. н. чжэньсаймоновские члены [Ш. Чжэнь (S. Chern), Дж. Саймонс (J. Simons)], к-рые совместно с высшими производными в ур-ниях движения приводят к спонтанной компактификации дополнит. измерений. При этом происходит сужение калибровочной группы до группы симметрии низкоэнергетич. теории. Феноменологич. следствия теории С. во многом зависят от механизма компактификации.

Развитие суперструнной картины показало, что эта теория является плодотворным обобщением локальных теорий поля. На таком пути, возможно, удастся построить самосогласованную квантовую теорию всех фундам. взаимодействий. Однако теория С. далека от завершения. Так, напр., открытие явления дуальности между теориями С. привело к пониманию того, что перечисленные типы теорий С. являются разл. предельными формулировками одной теории.

Лит.: Барбашов Б. М., Нестеренко В. В., Суперструны — новый подход к единой теории фундаментальных взаимодействий. «УФН», 1986, т. 150, в. 4, с. 489; Казаков Д. И., Суперструны, или За пределами стандартных представлений, там же, с. 561; Грин М., Теория суперструн в реальном мире, там же, с. 577; Энтони С., Суперструны: всеобъемлющая теория?, там же, с. 579; Грин М., Шварц Дж., Виттен Э., Теория суперструн, пер. с англ., т. 1—2, М., 1990.

Д. И. Казаков.

СУРЬМА (Stibium), Sb.—хим. элемент V группы периодич. системы элементов, ат. номер 51, ат. масса 121,75. Природная С.—смесь ^{121}Sb (57,3%) и ^{123}Sb (42,7%). Известна с древности. Конфигурация внеш. электронных оболочек $5s^2 p^3$. Энергии последовательной ионизации равны 8,64, 16,5, 25,3, 44,1 и 60 эВ соответственно. Радиус атома С. 0,161 нм, иона Sb^{3+} 0,208 нм, иона Sb^{5+} 0,090 нм, иона Sb^{2+} 0,062 нм. Значение электроотрицательности 1,82. Работа выхода электронов 4,08 эВ.

Существует неск. кристаллич. и аморфных модификаций С. В обычных условиях устойчива модификация, обладающая ромбоэдрич. решёткой с параметрами $a = 0,45064$ нм и углом $\alpha = 57,1^\circ$. При высоком давлении обнаружены кубическая и гексагональная модификации С. Известны 3 аморфные модификации: жёлтая, чёрная и взрывчатая С. Устойчивая при обычных условиях кристаллич. модификация — серебристо-белые с синеватым оттенком звездчатобразные кристаллы, её плотность 6,690 кг/дм³ (при 20 °С), $t_{\text{пл}} = 630,5$ °С (при плавлении плотность С. уменьшается лишь на 1,4% — до 6,550 кг/дм³), $t_{\text{кип}} = 1634$ °С. Темп-ра Дебая 204 К. Теплоёмкость $c_p = 25,2$ Дж/(моль · К), теплота плавления 20 кДж/моль, теплота испарения 124 кДж/моль. Темп-ра перехода в сверхпроводящее состояние 2,6—2,7 К. С.—диамагнетик, магн. восприимчивость $-0,81 \cdot 10^{-9}$ (при 20 °С). Уд. электр. сопротивление 0,39 мкОм · м (при 0 °С), термич. коэф. электр. сопротивления $5,1 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$, теплопроводность 18,84 Вт/(м · К). Термич. коэф. линейного расширения кристаллич. модификации С. $9,2 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ при 0 °С, $10,3 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ при 600 °С. Тв. по Бринеллю техн. С. 320—580 МПа. Модуль сдвига 20 ГПа, модуль нормальной уругости 56 ГПа (20 °С).

В хим. соединениях С. проявляет степени окисления +3, +5 и −3, обладает как металлич., так и неметаллич. свойствами. На воздухе при обычных темп-рах кристаллич. С. не окисляется. При нагревании реагирует со мн. веществами.

С. применяется как компонент разл. сплавов (гарт, баббиты, т. н. твёрдый свинец для аккумуляторных пластин и т. д.). Сплавы с нек-рыми металлами (In, Ga, Al, Cd и др.) являются полупроводниками. Антимонид индия InSb характеризуется наивысшей среди всех известных полупроводниковых материалов подвижностью носителей заряда. Искусств. радионуклид ^{124}Sb ($T_{1/2} = 60,20$ сут, β^- -распад сопровождается испусканием высокоэнергетич. γ -квантов) используют как источник γ -излучения в дефектоскопии и в нейтронных источниках.

С. С. Бердосов.

СУТКИ — всесистемная ед. времени, соответствующая периоду обращения Земли вокруг своей оси относительно выбранной точки на небе. Различают: звёздные С.— промежуток времени между двумя последоват. верх. кульминациями точки весеннего равноденствия (23 ч 56 м 4,09053 с); истинные солнечные С.— промежуток времени между двумя последоват. ниж. кульминациями центра Солнца, продолжительность меняться в течение года — зимой они длиннее, чем летом; средние солнечные С., равные ср. продолжительности истинных солнечных С. за год (24 ч).