

изображающей двумерную поверхность, «заметаемую» двигающимися объединяющимися и разрывающимися струнами a, b, c и d в прямом канале процесса $a+b \rightarrow c+d$ или в перекрёстном канале $a+\bar{d} \rightarrow \bar{b}+c$. В струнных моделях адронов концепция Д. находит естественное объяснение. Существует глубокая связь между суперсимметричными (см. *Суперсимметрия*) и супергравитационными (см. *Супергравитация*) теориями поля и взаимодействием безмассовых частиц в дуальных струнных моделях [2]. Подробный анализ дуальных (струнных) моделей содержится в обзоре [3].

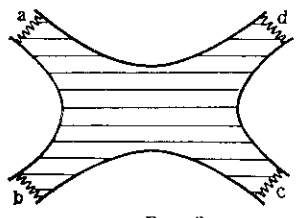


Рис. 3.

Подход, основанный на Д., важен при феноменологич. анализе эксперим. данных по рассеянию адронов. Он обеспечивает условия самосогласованности, к-рым должны подчиняться резонансы в конкретном процессе. Д. предсказывает существование растущих траекторий Редже с прибл. одинаковым наклоном, а также очень быстрый рост числа уровней (резонансов) с увеличением энергии. В концепции Д. естественно возникает универсальный масштаб размерности длины, к-рый определяется наклоном траекторий Редже $\alpha'(0)$. Основанный на Д. подход несомненно явился существ. шагом в развитии теории сильного взаимодействия.

В *глубоко неупругих процессах* понятие, аналогичное Д., используется для установления связи между усреднённым по интервалу Д. сечением рождения *кварков* и *глюонов* и сечением рождения адронов. Д. в этом случае (кварк-адронная Д.) существенна для возможности описания адронных процессов в рамках *квантовой хромодинамики*.

Лит.: 1) Veneziano G., Construction of a crossing-symmetric, Reggebehaved amplitude for linearly rising trajectories, «Nuovo Cim.», 1968, v. A 57, p. 190; 2) Gliozzi F., Scherk J., Olive D., Supersymmetry, supergravity theories and the dual spinor model, «Nucl. Phys.», 1977, v. B 122, p. 253; 3) Марниов М. С., Релятивистские струны и дуальные модели сильных взаимодействий, «УФН», 1977, т. 124, с. 377; Schwartz J. H., Superstring theory, «Phys. Repts», 1982, v. 89, p. 223.

ДУАЛЬНЫЕ ТЕНЗОРЫ — антисимметричные тензоры T^{\dots} и $(*T)^{\dots}$ типа $(k, 0)$ и $(0, n-k)$ в n -мерном римановом или псевдоримановом пространстве, связанные соотношением

$$(*T)_{i_{k+1} \dots i_n} = \frac{1}{k!} \sqrt{|g|} \epsilon_{i_1 \dots i_n} T^{i_1 \dots i_k},$$

где $g = \det g_{ij}$ — определитель метрич. тензора, $\epsilon_{i_1 \dots i_n}$ — *Левы-Чивиты символ*. При этом $(*T) = (-1)^k (n-k) \text{sign}(g) T$, а один из T и $*T$ является псевдотензором (меняет знак при отражении). Тензор и его Д. т. принадлежат ортогональным подпространствам n -мерного пространства. Благодаря этому переход к Д. т. позволяет ковариантно обобщить на неевклидовы случаи понятие потока через поверхность и *Гаусса — Остроградского формулу*, а в евклидовом случае — упростить тензорные выражения. Напр., если $d\sigma^{1 \dots n-1}$ — элемент $(n-1)$ -мерной гиперповерхности Σ , то поток вектора T^i через неё (интеграл по Σ от проекции T на ортогональное к ней направление) равен $\int_{\Sigma} T^i (*d\sigma)_i$.

Операция $*$ перехода к Д. т. используется для ковариантного обобщения дивергенции δ_i (понижающей ранг тензора): $\delta_i := (*)^{-1} (\partial/\partial x^i) *$. Для тензора $T^{i \dots}$ типа $(k, 0)$ имеем

$$(\text{div } T)^{\dots} = \delta_i T^{i \dots} = \frac{1}{\sqrt{|g|}} \frac{\partial}{\partial x^i} (\sqrt{|g|} T^{i \dots}).$$

В *чётномерном пространстве* с помощью операции $*$ вводят понятие *самодуального тензора*, используемое

для построения частных решений в теории калибровочных полей.

ДУАНТ — полый ускоряющий электрод в *циклотроне* или *фазотроне* D-образной формы, служащий для подачи ускоряющего напряжения и экранировки частиц при фазе поля, неблагоприятной для ускорения.

ДУАПЛАЗМОТРОН — устройство для получения *ионных пучков* высокой плотности. Подробнее см. в ст. *Полный источник*.

ДУБЛЕТЫ спектральные (от франц. doublet, от double — двойной) — группы (пары) близко расположенных спектральных линий, возникновение к-рых обусловлено дублетным расщеплением уровней энергии (см. *Мультиплетность*) в результате *спин-орбитального взаимодействия*. Наиб. характерны для спектров атомов щелочных металлов, линии *главной серии* к-рых представляют собой Д.

ДУГА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ — широко употребляющаяся в быту общее название *дугового разряда*. Первоначально Д. э. наз. только дуговой разряд в воздухе, горящий между угольными электродами при пост. силе тока в несколько А. Д. э. наблюдалась впервые в 1802 В. В. Петровым, а в 1808 независимо Г. Дэви (H. Davy). В первых опытах источником питания служил вольтов столб. Д. э. горела между горизонтально расположенными электродами, и восходящие конвекц. потоки воздуха дугообразно изгибали столб разряда (отсюда и название). Первое практич. применение Д. э. шло в осветит. дуговых лампах («свеча Яблочкова»). Известно большое число разновидностей Д. э., к-рые широко применяются в науке и технике для создания плазмы, в качестве газоразрядных источников света, в т. ч. эталонных, в плазмохимич. реакторах, для сварки и обработки материалов и т. д.

Лит.: Финкельнбург В., Меккер Г., Электрические дуги и термическая плазма, пер. с нем., М., 1961. В. Н. Колесников.

ДУГОВОЙ РАЗРЯД — самостоятельный квазистационарный *электрический разряд в газе*, горящий практически при любых давлениях газа, превышающих $10^{-2} \div 10^{-4}$ тор, при постоянной или меняющейся с низкой частотой (до 10^8 Гц) разности потенциалов между электродами и отличающийся высокой плотностью тока на катоде ($10^2 \div 10^8$ А/см²) и низким катодным падением потенциала (не превышает эфф. потенциала ионизации среды в разрядном промежутке). Известно много разновидностей Д. р., каждая из к-рых существует только при вполне определённых внеш. и граничных условиях. Почти во всех видах Д. р. ток на катоде стянут в малое очень яркое катодное пятно, беспорядочно перемещающееся по всей поверхности катода. Темп-ра поверхности в пятне достигает величины темп-ры кипения (или возгонки) материала катода. Поэтому значительную (иногда главную) роль в катодном механизме переноса тока играет *термоэлектронная эмиссия*. Над катодным пятном образуется слой положит. объёмного заряда, обеспечивающего ускорение эмитируемых электронов до энергий, достаточных для ударной ионизации атомов и молекул среды. Т. к. толщина слоя крайне мала (менее длины *свободного пробега* электрона), создаётся высокая напряжённость поля у поверхности катода, особенно вблизи естеств. микрон неоднородностей поверхности, благодаря чему существенной оказывается и *автоэлектронная эмиссия*. Высокая плотность тока в катодном пятне и «перескоки» пятна с точки на точку создают условия для проявления *взрывной электронной эмиссии*. Известны и др. катодные механизмы Д. р. (факельный вынос, *плазменный катод*, термокатод и т. д.). Относит. роль каждого из них зависит от конкретного вида Д. р.

Непосредственно к зоне катодного падения потенциала примыкает *положительный столб*, простирающийся до анодной области. Прианодного скачка потенциала чаще не наблюдается. На аноде обычно формируется яркое анодное пятно, несколько ббльших размеров и