

весь разрядный промежуток. Важными здесь являются процессы рекомбинации положит. и отрицат. ионов.

Неустойчивости Т. р., вызывающие волны и домены, можно приближительно разбить на 3 больших класса: электродинамические, тепловые и доменные. Электродинамические неустойчивости (упоминавшиеся выше) проявляются в виде шнуrowания тока на электродах в КС и АС и связаны с отрицат. дифференц. сопротивлением этих слоёв. Во мн. случаях эти неустойчивости приводят к появлению тепловых неустойчивостей из-за резкого увеличения скорости ионизации вследствие нагрева газа и его прорежения либо из-за возбуждения колебат. или электронных уровней молекул и атомов. На рис. 5 хорошо видно прорастание токового канала из катодного пятна в импульсном несамостоятельном Т. р. Этот токовый канал может приводить к более быстрому замыканию межэлектродного канала по сравнению с неустойчивостью, однородной вдоль электр. поля. Это связано с тем, что на головке канала может существенно усиливаться электр. поле, как в обычном стримере, что приводит к ускоренному распространению канала. В Т. р. в потоке газа такие шнуры выносятся потоком и снова возникают в межэлектродном пространстве. Они являются причиной низкочастотных (\sim кГц) колебаний.

Доменная неустойчивость (см. *Низкотемпературная плазма*) в Т. р. приводит к возбуждению высокочастотных (МГц) колебаний, связанных с образованием слоёв с повышенным сопротивлением, бегущих вдоль электр. поля. Из-за N -образной зависимости дрейфовой скорости электронов от поля могут возбуждаться домены, аналогичные доменам Гапа в полупроводниках. В электроотрицат. газах (имеющих отрицат. ионы) с увеличением E сильно растёт скорость прилипания электронов, что приводит к возникновению неустойчивости. Эта неустойчивость во многом аналогична рекомбинационным доменам в полупроводниках. Домены большой амплитуды движутся от катода к аноду с большой скоростью ($\sim 10^6$ см/с) и существенно изменяют нек-рые характеристики ПС Т. р.: $\langle E/p \rangle$ и т. д.

По внеш. проявлению на доменную неустойчивость похожи *страты*. Однако они имеют др. природу и объясняются действием разл. механизмов усиления ионизации, напр. за счёт ступенчатой ионизации и электрон-электронных соударений.

Лит.: Браун С., *Элементарные процессы в плазме газового разряда*. [пер. с англ.], М., 1961; Грановский В. Л., *Электрический ток в газе*. Установившийся ток, М., 1971; Веленов А. А., *Физика электроразрядных CO₂-лазеров*, М., 1982; Баранов В. Ю., Напартович А. П., Старостин А. Н., Тлеуший разряд в газах повышенного давления, в кн.: *Итоги науки и техники, сер. Физика плазмы*, т. 5, М., 1984; Велихов Е. П., Ковалев А. С., Рахимов А. Т., *Физические явления в газоразрядной плазме*, М., 1987; Райзер Ю. П., *Физика газового разряда*, М., 1987; Голубев В. С., Пашкин С. В., Тлеуший разряд повышенного давления, М., 1990; Королев Ю. Д., Месяц Г. А., *Физика импульсного пробоя газов*, М., 1991. Г. Г. Гладыш.

ТОЖДЕСТВЕННОСТИ ПРИНЦИП — фундаментальный принцип квантовой механики, согласно к-рому состояния системы, получающиеся друг из друга перестановкой тождественных частиц местами, неразличимы и должны рассматриваться как одно физ. состояние. Тождественными частицами (ТЧ) считаются частицы, обладающие одинаковыми массой, спином, электр. зарядом и др. внутр. характеристиками (*квантовыми числами*); ТЧ являются, напр., все электроны Вселенной.

Т. п. — одно из осн. положений квантовой механики, отличающих её от классической. В рамках последней в принципе всегда можно проследить за движениями отд. частиц по их траекториям и, следовательно, отличить их друг от друга. В квантовой механике ТЧ полностью лишены индивидуальности, неразличимы. Волновая функция ψ частицы, описывающая её состояние, позволяет лишь определить вероятность $|\psi|^2$ нахождения частицы в данной точке пространства. Если волновые ф-ции ТЧ перекрываются (т. е. перекрываются области возможного обнаружения ТЧ), то говорить о том, какая из частиц находится в дан-

ной точке, нет смысла, можно лишь оценить вероятность нахождения в этой точке одной из этих частиц.

Существо Т. п. составляет тот факт, что в природе реализуются лишь 2 класса волновых ф-ций для систем ТЧ: симметричные волновые ф-ции, знак к-рых не меняется при перестановке пространственных и спиновых координат любых двух ТЧ, и антисимметричные, — знак к-рых при подобной перестановке изменяется. Согласно квантовой теории поля, симметричные волновые ф-ции описывают частицы с целым спином (фотоны, π -мезоны и т. д.), а антисимметричные — частицы с полуцелым спином (электроны, протоны, нейтроны и т. д.), для к-рых справедлив *Паули принцип*.

Т. п. и вытекающие из него требования симметрии волновых ф-ций для системы ТЧ приводят к важнейшему квантовому эффекту, не имеющему аналога в классич. механике, — существованию *обменного взаимодействия*. Т. п. явился основанием для объяснения В. Гейзенбергом (W. Heisenberg) наличия 2 состояний атома гелия — орто- и парагелия.

Лит. см. при ст. *Квантовая механика*.

А. Б. Говорков.

ТОК в квантовой теории поля — матем. выражение, описывающее превращение одной частицы в другую или рождение пары частиц — античастица. Представляет собой оператор (оператор плотности 4-мерного тока), преобразующийся как 4-мерный вектор при *Лоренца преобразованиях*. Различают: 1) *векторный ток* и аксиально-векторный, или *аксиальный ток*, отвечающие превращениям (переходам) соответственно с изменением и без изменения *внутренней чётности* и *зарядовой чётности*; 2) *электромагнитный ток* и слабый Т., описывающие переходы за счёт эл.-магн. и слабого взаимодействия; 3) *адронный* и *лептонный Т.*, описывающие переходы адронов и лептонов; 4) *заряженный ток* и *нейтральный ток*, описывающие переходы соответственно с изменением электр. заряда (или рождение заряженной пары) и без изменения заряда (или рождение пары с нулевым суммарным зарядом); 5) *странный* и *нестранный Т.*, описывающие переходы с изменением и без изменения *странности*. Так, в процессе бета-распада нейтрона $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$, переход $n \rightarrow p$ и рождение пары e^- и $\bar{\nu}_e$ описываются слабыми заряженными нестранными векторным и аксиальным соответственно адронным и лептонным Т. А. В. Ефремов.

ТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ — см. *Электрический ток*.

ТОКАМАК (сокр. от «тороидальная камера с магн. катушками») — устройство для удержания высокотемпературной плазмы с помощью сильного магн. поля. Идея Т. была высказана в 1950 академиками И. Е. Таммом и А. Д. Сахаровым; первые эксперим. исследования этих систем начались в 1956.

Принцип устройства ясен из рис. 1. Плазма создаётся в тороидальной вакуумной камере, к-рая служит как бы

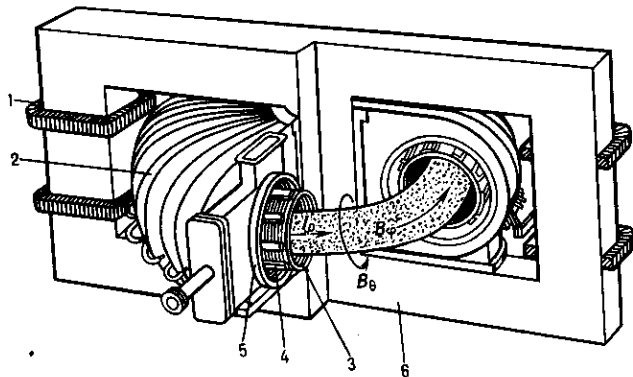


Рис. 1. Схема токамака: 1 — первичная обмотка трансформатора; 2 — катушки тороидального магнитного поля; 3 — лайнер, тонкостенная внутренняя камера для выравнивания тороидального электрического поля; 4 — катушки полоидального магнитного поля; 5 — вакуумная камера; 6 — железный сердечник (магнитопровод).