

$$i = i_0 \frac{\exp(\alpha d)}{1 - \gamma [\exp(\alpha d) - 1]} \quad (2)$$

при вырывании положит. ионами электронов из катода;

$$i = i_0 \frac{(\alpha - \beta) \exp[(\alpha - \beta)d]}{\alpha(1 + \gamma) - (\beta + \alpha\gamma) \exp[(\alpha - \beta)d]} \quad (3)$$

при наличии обоих действий положит. ионов.

Исследование элементарных процессов в разряде показало, что объёмной ионизацией положит. ионами можно пренебречь, поэтому реальной является только ф-ла (2). Л. Лёб (L. Loeb) предположил, что осн. процессом вырывания электронов из катода является *фотоэффект*, вызванный фотонами, возникающими в разрядном промежутке. Ф-ла Лёба имеет вид

$$i = i_0 \exp(\alpha d) \left[1 - \frac{\eta g \theta}{\alpha - \mu} (\exp[(\alpha - \mu)d] - 1) \right]^{-1}, \quad (4)$$

где θ — число фотонов, возникающих при прохождении электроном единицы пути; μ — коэф. поглощения фотонов в газе; g — *геометрический фактор*, определяющий число фотонов, идущих к катоду; η — число фотоэлектронов, приходящихся на один фотон, достигший катода. Обозначая $\eta g \theta / (\alpha - \mu) = \gamma$, можно получить ф-лу, практически не отличающуюся от (2). Эта ф-ла обычно принимается для несамостоятельного Т. р. при его описании и анализе, включая при этом в коэф. γ все процессы, приводящие к вырыванию электронов из катода.

Теория Т. р. позволяет объяснить переход несамостоятельного разряда в самостоятельный. Условием для этого перехода является равенство нулю знаменателя в любой из приведённых ф-л. Математически это означает, что ток в разряде стремится к бесконечности. Такой вывод получается потому, что исключено из рассмотрения время развития разряда. Реально переход несамостоятельного разряда в самостоятельный означает пробой, при к-ром ток разряда неограниченно возрастает, будучи ограничен лишь параметрами цепи. Физически равенство нулю знаменателя, или

$$\gamma \{ \exp[(\alpha - \mu)d] - 1 \} = 1, \quad (5)$$

означает, что взамен одного электрона, покидающего катод, в результате всех процессов в объёме и на поверхности катода появляется новый электрон. Условие (5) выполняется при определ. значениях коэф. Таунсенда, к-рые зависят от напряжённости поля и давления газа; согласно Таунсенду, коэф. α описывается ф-лой

$$\alpha = p c_1 \exp(-c_2 p/E). \quad (6)$$

Хотя анализ реальных элементарных процессов взаимодействия электронов с молекулами газа приводит к более строгому выражению для α , теория Т. р., включая ф-лу (6), позволила обосновать *Пауэна закон*, в частности, объяснить наличие минимума на кривой зависимости напряжения зажигания разряда от pd . Самостоятельный Т. р. наз. также тёмным разрядом.

Дальнейшее развитие теории Т. р. получила в работах В. Роговского (W. Rogowski), учитывающих образование объёмного заряда между электродами и временной ход развития разряда. При повышении тока Т. р. переходит в *тлеющий разряд*.

Лит.: Капцов Н. А., Электрические явления в газах и вакууме, 2 изд., М.—Л., 1950, гл. 13; Лёб Л., Основные процессы электрических разрядов в газах, пер. с англ., М.—Л., 1950, гл. 13; Мик Дж., Крэгс Дж., Электрический пробой в газах, пер. с англ., М., 1960, гл. 1—2; Грановский В. Л., Электрический ток в газе. Установившийся ток, М., 1971, гл. 2; Ховатсон А. М., Введение в теорию газового разряда, пер. с англ., М., 1980, гл. 3. *Л. А. Сеин.*

ТАХИОНЫ — гипотетич. частицы, скорость к-рых превышает скорость света в вакууме c . Т. как объекты, описывающиеся одним из неприводимых представлений *Пуанкаре группы*, впервые введены Ю. Вигнером [1]. Задача о нахождении эл.-магн. поля, создаваемого электрич. зарядом, движущимся со сверхсветовой скоростью, рассматривалась гораздо раньше О. Хевисайдом (O. Heaviside, 1888)

и А. Зоммерфельдом (A. Sommerfeld, 1904). Экспериментально Т. не обнаружены, однако неизвестны и логически неуязвимые теоретич. опровержения их существования.

Из релятивистского соотношения между энергией \mathcal{E} и импульсом частицы $p = \mathcal{E}u/c^2$ (u — скорость частицы) вытекает выражение для квадрата собственной массы M Т.:

$$M^2 = \mathcal{E}^2 c^{-4} - p^2 c^{-2} = (1 - u^2 c^{-2}) \mathcal{E}^2 c^{-4},$$

т. е. при $u > c$ $M^2 < 0$. Т. о., собственная масса Т. оказывается мнимой: $M = i\mu$, а его энергия с увеличением скорости убывает:

$$\mathcal{E} = \mu c^2 (u^2 c^{-2} - 1)^{-1/2}.$$

Существованию свободных Т. противоречит принцип причинности, согласно к-рому временная последовательность событий, связанных физ. сигналом, не может быть обращена никаким выбором системы отсчёта (причина всегда предшествует во времени следствию). Для пояснения рассмотрим пространственно-временные события (x_1, t_1) и (x_2, t_2) , связанные тахионным сигналом, т. е.

$$\frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = u > c, \quad t_2 > t_1.$$

Тогда в системе отсчёта, к-рая движется со скоростью u , удовлетворяющей условию $c/u < v/c < 1$, имеем, согласно преобразованию Лоренца,

$$t_2 - t_1 = (t_2 - t_1)(1 - uv/c^2)(1 - v^2/c^2)^{-1/2} < 0,$$

т. е. причина и следствие меняются местами в противоречии с принципом причинности.

Однако принцип причинности, возможно, нарушается на микроскопич. масштабах (см. *Причинности принцип*, *Нелокальная квантовая теория поля*), и, следовательно, на таких масштабах существование Т. не исключается.

Идея о возможности существования Т. на макроскопич. масштабах впервые опубликована Я. П. Терлецким в 1960 [2, 3]. Он предположил, что в основе физ. принципа причинности должно лежать *второе начало термодинамики* — закон возрастания энтропии. Поскольку второе начало может нарушаться во флуктуациях, то сверхсветовые процессы вполне допустимы как явления флуктуацион. характера (в частности, и на макроуровне).

Т. должны обладать необычными свойствами. Хотя они не могут переносить информацию (негэнтропию; см. *Теория информации*), но вполне могут связывать события, если эту связь понимать не как следствие во времени (причинность), а как взаимную обусловленность (обобщённую причинность), выражающуюся в равноправии связываемых событий. Т. о., нельзя говорить отдельно о поглощении или испускании Т. в к.-л. точках, а следует рассматривать это как единый процесс испускания-поглощения, связывающий две точки. Необходимо подчеркнуть принципиальное отличие Т. от обычных частиц, состоящее в том, что Т. не только никогда не может находиться в покое, но в нек-рой системе отсчёта его скорость оказывается бесконечной. Действительно, скорость v такой системы находится из условия $t_2 = t_1$, откуда $v = c^2/u$. В указанной системе отсчёта Т. выглядит как на мгновение возникающий объект, вытянутый вдоль прямой линии, соединяющей точки испускания-поглощения.

К процессам, в к-рых могли бы участвовать Т., можно отнести, напр., обмен *виртуальными частицами* или перенос возбуждений внутри частиц как протяжённых объектов (нелокальная теория поля, теория солитонов). Т. как переносчики подобных взаимодействий и как реальные частицы рассматривались многими авторами. Одними из первых это сделали С. Танака [4], О. Биланюк, В. Дешпанд и Е. Сударшан [5], Г. Фейнберг [6], Э. Рекамы [7, 8] и др. В частности, Танака впервые построил непротиворечивую квантовую теорию Т. В его теории Т. появляются только во взаимодействиях с др. частицами (в промежуточных состояниях), но не в свободном состоянии, что приводит теорию в соответствие с принципом причинности.