

жидкостей под действием γ -излучения. Эксперименты Черенкова, предпринятые по инициативе С. И. Вавилова, выявили характерные особенности излучения: 1) свечение наблюдается у всех чистых прозрачных жидкостей, причём его яркость мало зависит от их хим. состава; 2) излучение имеет поляризацию с преим. ориентацией вектора напряжённости электрич. поля вдоль направления первичного пучка; 3) в отличие от люминесценции, не наблюдается ни температурного, ни примесного тушения. На основании этих данных Вавилов сделал основополагающее утверждение, что обнаруженное явление — не люминесценция, свет же излучают движущиеся в жидкости быстрые электроны, образующиеся при облучении вещества. Ч.—В. и. характерно не только для жидкостей, но и для твёрдых тел и газов. Свечение, вызываемое γ -излучением, некие учёные наблюдали и раньше (напр., М. Л. Малле, в 1926—29 получивший фотографии его спектра). Однако то, что наблюдаемое излучение — новое, ещё не изучавшееся явление, оставалось непонятым; не было установлено и наиб. характерное его свойство, обнаруженное Черенковым в 1936, — направленность излучения под острым углом к скорости частицы.

В 1937 И. Е. Таммом и И. М. Франком были предложены механизм Ч.—В. и. и количеств. теория, основанная на ур-ниях классич. электродинамики. К тем же результатам пришёл в 1940 В. Л. Гинзбург, осуществивший квантовое рассмотрение эффекта.

Условие возникновения Ч.—В. и. и его направленность могут быть пояснены с помощью принципа Гюйгенса. Каждую точку (A, B, C, D на рис. 1 и 2) траектории заряж. частицы следует считать источником волны, возникающей в момент прохождения через неё частицы. В оптически изотропной среде такие парциальные волны будут сферическими, распространяющимися со скоростью $u=c/n$, где n — показатель преломления среды. Допустим, что частица, двигаясь равномерно и прямолинейно со скоростью v , в момент наблюдения находилась в точке E . За время t до этого она проходила через точку A ($AE=vt$). Волна, испущенная из A , к моменту наблюдения представится сферой радиусом $R=ut$; на рис. 1 и 2 ей соответствует окружность 1, а волнам, испущенным из B, C, D , — окружности 2, 3, 4. По принципу Гюйгенса в результате интерференции парциальные волны гасят друг друга всюду, за исключением их общей огибающей, к-рой соответствует волновая поверхность света, распространяющегося в среде.

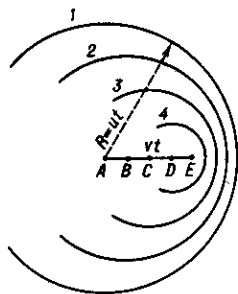


Рис. 1. Движение заряженной частицы в среде со скоростью $v < u$. Сферы 1, 2, 3, 4 — положение парциальных волн, испущенных частицей из точек A, B, C, D соответственно.

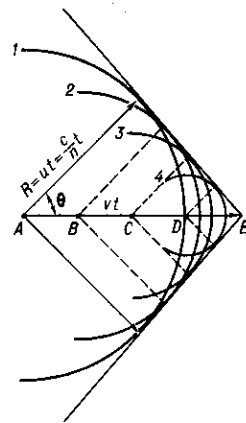
Пусть $v < u$ (рис. 1), тогда световые волны будут обгонять частицу на тем большее расстояние, чем раньше они испущены. Общей огибающей парциальные волны при этом не имеют — все окружности 1, 2, 3, 4 лежат одна внутри другой; следовательно, электрич. заряд при равномерном и прямолинейном движении со скоростью $v < u$ свет не излучает.

Если же частица движется быстрее, чем распространяются световые волны, т. е. при

$$v > u = c/n \text{ или } \beta n > 1 \quad (1)$$

(где $\beta = v/c$), то соответствующие волнам сферы пересекаются (рис. 2), их общая огибающая (волновая поверхность) представляет собой конус с вершиной в точке E , совпадающей с мгновенным положением частицы, а нор-

Рис. 2. Движение заряженной частицы в среде со скоростью $v > u$. Угол между направлениями волнового вектора возникающего излучения и скоростью частицы равен θ .



мали к образующим конуса определяют волновые векторы, т. е. направления распространения света. Угол θ , к-рый составляет волновой вектор с направлением движения частицы, удовлетворяет отношению

$$\cos \theta = u/v = c/nv = 1/\beta n. \quad (2)$$

Такой же метод рассмотрения можно провести и для оптически анизотропной среды (в частности, для прозрачных кристаллов, см. *Оптическая анизотропия*), в к-рой парциальные волны не являются сферами. В этом случае обыкновенному и необыкновенному лучам будут соответствовать разные конусы и излучение будет возникать под разными углами θ к направлению распространения частицы, согласно соотношению (2). Условие (1) для оптически анизотропных сред формулируется несколько иначе. Во всех случаях осн. ф-лы теории хорошо согласуются с опытом.

Расчёт показывает, что в оптически изотропной среде частица с зарядом e , прошедшая расстояние в 1 см со скоростью $v > u$, излучает энергию

$$\mathcal{E} = \frac{e^2}{c^2} \int_{\beta n(\omega) > 1} \omega \left[1 - \frac{1}{\beta^2 n^2(\omega)} \right] d\omega \quad (3)$$

($\omega = 2\pi c/\lambda$ — круговая частота света, λ — длина волны излучаемого света в вакууме). Подынтегральное выражение отражает распределение энергии в спектре Ч.—В. и.

В жидкостях и твёрдых веществах условие (1) начинает выполняться для электронов уже при энергиях $\sim 10^5$ эВ, для протонов, масса к-рых в ~ 2000 раз больше электронной, — при энергиях $\sim 10^8$ эВ. На основе Ч.—В. и. разработаны широко применяемые эксперим. методы для регистрации частиц высоких энергий, измерения их скорости. Приборы, применяемые для этой цели, наз. *черенковскими счётчиками*. Эти методы позволяют также рассчитывать массу частиц (это, напр., было использовано при открытии антипротона).

Ч.—В. и. может наблюдаться в чистом виде только в идеальных случаях, когда заряж. частица движется с пост. скоростью в радиаторе неогранич. длины. В тонком радиаторе, удовлетворяющем условию (1), Ч.—В. и. неотделимо от *переходного излучения*, возникающего при пересечении частицей границы раздела двух сред с разными коэф. преломления.

В 1940 Э. Ферми обобщил теорию Ч.—В. и., приняв во внимание, что реальная среда обладает способностью поглощать свет, по крайней мере, в нек-рых областях спектра. Полученные им результаты внесли существ. уточнения в теорию ионизац. потерь заряж. частицами (эффект поляризации среды).

Ч.—В. и. является примером оптики «сверхсветовых» скоростей и имеет принципиальное значение. Ч.—В. и. экспериментально и теоретически изучено не только в оптически изотропных средах, но и в кристаллах, теоретически рассмотрено излучение электрич. и магн. диполей и мультиполей. Ожидаемые свойства излучения движущегося магн. заряда были использованы для поиска *магнитного монополя*. Рассмотрено излучение частицы в канале внутри среды (напр., излучение пучка частиц внутри волновода) и др. Новые особенности приобретает *Доплера эффект* в среде: появляются т. н. аномальный и сложный