

ризующих ниже, вакуумное, состояние системы взаимодействующих квантовых полей.

Первоначально термин «П. в.» возник в квантовой электродинамике (КЭД) и в узком смысле ассоциируется с процессами виртуального превращения фотона в пару  $e^+e^-$  с последующей рекомбинацией (рис. 1). Такие

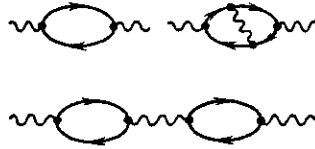
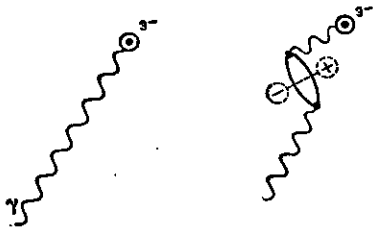


Рис. 1. Диаграммы поляризации вакуума в квантовой электродинамике.

виртуальные переходы в буквальном смысле слова ответственны за поляризацию «пустоты» в окрестности любого электрич. заряда. Рассмотрим их влияние на процесс измерения заряда электрона. Такое измерение реализуется внеш. эл.-магн. полем. На рис. 2 (слева) изображена классич. картина, не учитывающая П. в.; правый рис. описывает ситуацию, когда фотон-пробник

Рис. 2. Диаграммы, изображающие процесс измерения заряда электрона (обозначенного символом  $e^-$ ) внешним полем.



диссоциирует на электрон и позитрон, к-рые образуют виртуальный диполь, эквивалентный поляризации материальной среды. Описанный механизм приводит к возникновению *эффективного заряда* в КЭД.

В совр. литературе термином «П. в.» обозначают широкий круг виртуальных переходов, обусловленных вакуумными флуктуациями, напр. процесс «одевания» цветного кварка, рождённого в глубоко неупругом рассеянии, в результате к-рого он превращается в бесцветный адрон или струю адронов. Д. В. Ширков.

**ПОЛЯРИЗАЦИЯ ВОЛН** — характеристика волн, определяющая пространственную направленность векторных волновых полей. Исторически это понятие было введено в оптике ещё во времена «довекторных описаний» и первоначально основывалось на свойствах поперечной анизотропии волновых пучков (см. *Поляризация света*). Оно распространено на все без исключения типы физ. волновых возмущений (см. *Волны*), но осн. терминология по-прежнему осталась связанной с эл.-магн. (в частности, оптическими) полями.

Различают продольно и поперечно поляризованные волны в зависимости от ориентации вектора поля относительно волнового вектора ( $\mathbf{k}$ ). В электродинамике примером продольных волн служат плоские однородные плазменные волны (см. *Ленгмюровские волны*); к поперечным волнам в первую очередь относятся плоские однородные эл.-магн. волны в вакууме или в однородных изотропных средах. Поскольку в последних электрич. ( $\mathbf{E}$ ) и магн. ( $\mathbf{H}$ ) векторы перпендикулярны волновому вектору ( $\mathbf{k}$ ), то их часто наз. волнами типа *ТЕМ* или *ТЕН* (см. *Волновод*). Причём, если векторы поля ( $\mathbf{E}$ ,  $\mathbf{H}$ ) лежат в фиксиров. плоскостях ( $\mathbf{E}$ ,  $\mathbf{k}$ ) и ( $\mathbf{H}$ ,  $\mathbf{k}$ ), т. е. имеют фиксиров. направления в пространстве, используется термин «волны линейной поляризации». Суперпозиция двух линейно поляризованных волн, распространяющихся в одном направлении ( $\mathbf{k}$ ) и имеющих одинаковую частоту ( $\omega$ ), но отличающихся направленностью векторных полей, даёт в общем случае волну эллиптической поляризации. В ней концы векторов  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{H}$  описывают в плоскости,

перпендикулярной  $\mathbf{k}$ , эллиптич. траектории, ориентированные по правому или по левому вращению в направлении  $\mathbf{k}$  в зависимости от знака и величины разности фаз ( $\Delta\varphi$ ) между исходными линейно поляризованными составляющими. Соответственно, такая волна наз. право- или левополяризованной, что не совпадает с терминологией, принятой в оптике, где отсчёт направления вращения вектора поля ведётся в направлении  $(-\mathbf{k})$ , т. е. в направлении на источник. В частном случае вырождения эллипсов в окружности волны становятся циркулярно поляризованными. Иногда именно волны с циркулярной (круговой) поляризацией выбирают в качестве нормальных мод среды. Линейно, эллиптически и циркулярно поляризованные волны являются полностью поляризованными волнами. Неполаризов. волны имеют в отличие от них некоррелированное во времени случайное направление векторов полей ( $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{H}$ ) (в оптике — естественный свет). Когда в волновом поле наряду со случайной присутствует ещё и поляризов. составляющая, то говорят о частично поляризованных волнах, количественно характеризуемых степенью поляризации, равной отношению средней по времени интенсивности поляризованной части излучения к полному её значению (см. *Когерентность*).

Весьма сложными поляризац. свойствами обладают пространственно неоднородные волны, к-рые в принципе можно рассматривать как суперпозицию однородных плоских волн (см. *Волновод*). При этом характер поляризации векторов  $\mathbf{E}$  и  $\mathbf{H}$  часто оказывается различным. Так, если в бегущих вдоль оси  $x$  волнах типа *ТМ* поле  $\mathbf{H}$  ориентировано в поперечной к  $\mathbf{k}$  плоскости ( $\mathbf{H} \perp \mathbf{k}$ ), а поле  $\mathbf{E}$  образует эллипс поляризации в плоскости ( $\mathbf{E}$ ,  $\mathbf{k}$ ), то в волнах типа *ТЕ* данное свойство видоизменяется ( $\mathbf{E} \rightarrow \mathbf{H}$ ,  $\mathbf{H} \rightarrow -\mathbf{E}$ ). Для чисто стоячих волн приходится всегда указывать, относительно какого направления ориентированы эллипсы поляризации.

В неоднородных средах, как правило, описать поляризацию волновых полей очень трудно. Обычно ограничиваются рассмотрением лишь случая кусочно-однородных сред, в частности задачи о падении плоской волны на резкую границу раздела двух однородных изотропных сред (см. *Френеля формулы*).

В анизотропных средах волны разной поляризации имеют разл. скорости распространения и разл. коэф. затухания. Поэтому при падении волн на границу раздела с анизотропной средой могут возникать сразу неск. преломлённых волн, распространяющихся под углами, отличными от устанавливаемых *Снелля законами*. Такие свойства анизотропных сред лежат в основе многих *поляризационных приборов* (разл. поляризаторов, деполаризаторов, поляризац. анализаторов, компенсаторов и т. п.).

Лит.: Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Теория поля, 7 изд., М., 1988; Гинзбург В. Л., Распространение электромагнитных волн в плазме, 2 изд., М., 1967; Борн М., Вольф Э., Основы оптики, пер. с англ., 2 изд., М., 1973. А. А. Жаров, А. И. Смирнов.

**ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА** — физ. характеристика оптич. излучения, описывающая поперечную анизотропию световых волн, т. е. неэквивалентность разл. направлений в плоскости, перпендикулярной световому лучу. Первые указания на поперечную анизотропию светового луча были получены в 1690 Х. Гюйгенсом (Ch. Huygens) при опытах с кристаллами исландского шпата. Понятие «П. с.» введено в оптику в 1704—06 И. Ньютоном (I. Newton). Существ. значение для понимания П. с. имело её проявление в эффектах *интерференции света* и, в частности, тот факт, что два световых луча с взаимно перпендикулярными плоскостями поляризации непосредственно не интерферируют. П. с. нашла естеств. объяснение в эл.-магн. теории света, разработанной в 1865—73 Дж. К. Максвеллом (J. C. Maxwell), позднее — в квантовой электродинамике.

Поперечность эл.-магн. волны лишает её осевой симметрии относительно направления её распространения из-за наличия выделенных направлений (вектора  $\mathbf{E}$  —