

испускания. Для движущейся дипольной системы, обладающей конечной массой, возникает квантовый эффект отдачи, определяемый законами сохранения энергии и импульса в элементарном акте излучения одного фотона. На характер излучения движущегося диполя существенно влияет также наличие внеш. среды с показателем преломления $n(\omega) \neq 1$.

Поскольку каждый фотон обладает фиксированным моментом и чётностью, то, согласно закону сохранения момента и чётности, имеются определённые ограничения (*отбора правила*) на характеристики квантовых состояний, между к-рыми возможны переходы с Д. и. Квантовые переходы, сопровождаемые Д. и., наз. дипольными. Они играют осн. роль в испускании света молекулами. Если эти переходы запрещены правилами отбора, то, как и в классич. системе, приобретают значение др. переходы, для к-рых отличны от нуля, напр., к.-л. элементы матрицы квадрупольного или магн. дипольного момента.

Наряду со спонтанным Д. и. существует *вынужденное испускание* возбуждённой дипольной системы, напр. молекулы. Оно возникает под действием внеш. эл.-магн. поля резонансной частоты, совпадающей с одной из возможных частот спонтанного Д. и. данной молекулы. Вероятность вынужденного излучения пропорциональна интенсивности внеш. излучения. При попадании резонансного фотона в неравновесную среду возбуждённых молекул (т. н. *активную среду*) испускаются фотоны, в свою очередь играющие роль новых резонансных фотонов. В результате в протяжённой активной среде число испущенных фотонов лавинообразно растёт. На этом свойстве вынужденного излучения основано действие квантовых усилителей, а также квантовых генераторов эл.-магн. излучения — *мазеров* и *лазеров*. В отсутствие внеш. излучения его роль может сыграть спонтанное излучение отд. молекул среды. Соответствующий процесс вынужденного усиления спонтанного излучения наз. *сверхлюминесценцией*. В естеств. условиях он реализуется, например, в космических лазерах, его используют также в сверхлюминесцентных лазерах.

Вынужденное Д. и. осциллирующих электронов широко используют в электронике для усиления и генерации микроволнового излучения (см. *Гиротрон*, *Мазер на циклотронном резонансе*, *Лазеры на свободных электронах*, *Ондулятор*).

Спонтанное Д. и. приобретает качественно новые свойства в макроскопич. системе, состоящей из достаточно плотно упакованных дипольных излучателей (возбуждённых молекул), взаимодействующих посредством резонансного эл.-магн. поля. В такой системе могут самопроизвольно возникать взаимно сфазированные дипольные колебания изначально не колебавшихся молекул. В результате они начинают излучать когерентно, т. е. возникает коллективное спонтанное Д. и. молекул, мощность к-рого существенно превышает мощность обычного спонтанного излучения такого же числа изолиров. молекул. При этом все молекулы переходят из возбуждённого состояния в состояние с более низкой энергией за время, значительно меньшее времени спонтанного перехода изолиров. молекулы. Такой коллективный нестационарный когерентный процесс получил название *сверхизлучения* Дикке, он принципиально отличается от процесса сверхлюминесценции.

Сверхизлучение используют для создания сверхизлучающих мазеров и лазеров, генерирующих ультракороткие импульсы с большой мощностью излучения в отсутствие резонатора. Сверхизлучающий и сверхлюминесцентный способы генерации излучения особенно важны для рентг. и УФ-диапазонов, в к-рых трудно осуществить многократное прохождение излучения через активную среду из-за малого времени жизни возбуждённых состояний частиц среды и отсутствия хороших резонаторов.

Лит.: Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Теория поля, 6 изд., М., 1973; Давыдов А. С., Квантовая механика, 2 изд., М., 1973; Файн В. М., Ханин Я. И., Квантовая радиофизика, М., 1965; Релятивистская высокочастотная электродинамика, Г., 1979; Андреев А. В., Емельянов В. П., Ильинский Ю. А., Коллективное спонтанное излучение (сверхизлучение Дикке), «УФН», 1980, т. 131, с. 653; Яриш А., Квантовая электроника, пер. с англ., 2 изд., М., 1980.

В. В. Кочаровский, Ва. В. Кочаровский, М. А. Миллер.
ДИПОЛЬНЫЙ МОМЕНТ — м у л ь т и п о л ь н ы й момент 1-го порядка (ранга), одна из интегр. характеристик источников (возбудителей) поля (эл.-магн., акустич. и т. п.). Напр., источниками пост. электрич. поля являются скалярные плотности электрич. зарядов; Д. м. огранич. системы зарядов, распределённых в пространстве с плотностью $\rho(\mathbf{r})$, наз. в е к т о р \mathbf{P}_e , определяемый интегралом:

$$\mathbf{P}_e = \int \rho(\mathbf{r}) \mathbf{r} dV \quad (1)$$

(см. *Диполь электрический*).

Набор из n точечных зарядов Q_i , сосредоточенных в точках \mathbf{r}_i , характеризуется распределением

$$\rho(\mathbf{r}) = \sum_{i=1}^n Q_i \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}_i),$$

где $\delta(\mathbf{r})$ — дельта-функция Дирака; в этом случае интеграл (1) вырождается в ряд

$$\mathbf{P}_e = \sum_{i=1}^n Q_i \mathbf{r}_i. \quad (2)$$

Если суммарный заряд (монопольный момент) равен нулю, $\int \rho(\mathbf{r}) dV = 0$, то Д. м. (1) или (2) инвариантен относительно выбора начала отсчёта (точки $\mathbf{r} = 0$). Если суммарный заряд отличен от нуля, то Д. м. существенно зависит от системы отсчёта, в которой избранной системе Д. м. равен нулю.

Источниками пост. магн. поля служат векторные плотности электрич. токов; Д. м. (магн. моментом) произвольного распределения токов с плотностью $\mathbf{j}(\mathbf{r})$ наз. п с е в д о в е к т о р \mathbf{P}_m , определяемый интегралом:

$$\mathbf{P}_m = \frac{1}{2c} \int [\mathbf{r} \mathbf{j}(\mathbf{r})] dV. \quad (3)$$

Здесь используется *Гаусса система единиц* (см. *Диполь магнитный*). Независимость от выбора начала отсчёта соблюдается при условии $\int \mathbf{j}(\mathbf{r}) dV = 0$, т. е. для любых вихревых токов, когда $\text{div } \mathbf{j} = 0$.

Выражения (1) и (3) пригодны и для перем. полей, однако при этом возбуждаются не чисто электрич. или магн. поля, а эл.-магн. поле, способное, в частности, уносить энергию от источника; соответствующее излучение наз. дипольным (см. *Дипольное излучение*).

Аналогично вводится Д. м. для полей любой физ. природы.

М. А. Миллер.
ДИПОЛЬНЫЙ МОМЕНТ МОЛЕКУЛЫ — характерист. свойства молекулы. Д. м. м. μ равен: $\mu = \sum q_i \mathbf{r}_i$, где q_i — заряды составляющих молекулу частиц, \mathbf{r}_i — их радиусы-векторы относительно произвольно выбранного начала координат (см. *Дипольный момент*). В этом случае заряды считают точечными, однако электронный заряд в молекулах распределён непрерывно, поэтому, строго говоря, суммирование нужно заменить интегрированием. Д. м. м. можно представить иначе: суммарный положит. заряд (+Q) электронейтральной молекулы и её суммарный отрицат. заряд (-Q) можно стянуть в нек-рые точки (их положение определяется аналогично нахождению положения центра масс твёрдого тела); если расстояние между +Q и -Q равно l (принятое направление отрезка l от +Q к -Q), то $\mu = Ql$. Д. м. м. измеряется в *дебаях* и обычно имеет порядок 1 Д.