

ется сечением рассеяния,  $\kappa$ -рое определяется спектральной плотностью флуктуаций проницаемости

$$\sigma(\theta) = \frac{\omega^4 \pi}{2c^4} \Phi_{\kappa}(\mathbf{k}_1 - \mathbf{k}_2) \sin^2 \chi.$$

Величина  $\sigma(\theta)$  определяет интенсивность рассеяния единицей рассеивающего объема в единичный телесный угол,  $\mathbf{k}_1, \mathbf{k}_2$  — волновые векторы падающей и рассеянной волн,  $\theta$  — угол между ними (угол рассеяния),  $\omega$  — круговая частота волны,  $\chi$  — угол между вектором электрич. поля в первичной волне и вектором  $\mathbf{k}_2$ . Спектральная плотность  $\Phi_{\kappa}(\chi)$  является фурье-преобразованием корреляц. ф-ции флуктуации диэлектрич. проницаемости.

На практике Р. р. играет двойную роль. С одной стороны, оно приводит к ослаблению первичной волны, с другой — рассеянные в разл. направлениях волны вызывают увеличение поля в пунктах, куда оно не проникает в отсутствие рассеяния вообще, и могут, т. о., быть использованы для радиосвязи. Напр., благодаря Р. р. на флуктуациях электронной плотности в ионосфере возможна загоризонтная КВ-связь на расстояниях более 2000 км, что значительно превышает возможности чисто дифракц. проникновения поля за горизонт (см. *Загоризонтное распространение радиоволн*). Аналогично рассеяние волн на турбулентных неоднородностях тропосферы также способствует увеличению поля далеко за горизонтом. Явление Р. р. широко используется для целей дистанц. исследования свойств среды. Напр., Р. р. на тепловых флуктуациях электронной плотности позволяет измерить концентрацию электронов, ионную и электронную темп-ры в ионосферной и лаб. плазмах. Неоднородности тропосферы эффективно исследуются с помощью рассеяния «назад» импульсов радиолокаторов.

Если в среде возможно распространение неск. типов волн, то процесс рассеяния сопровождается трансформацией энергии волн одного типа в энергию волн др. типа. Так, эл.-магн. волна в неоднородной плазме порождает рассеянные плазменные волны (и наоборот). Волна с одним типом поляризации порождает волну с др. типом поляризации. В нерегулярных волноводах из-за рассеяния происходит трансформация энергии одних мод в энергию других.

Термин «Р. р.» употребляется не только в случае взаимодействия волн с неоднородностями, распределенными по объему. О рассеянии говорят при отражении радиоволн от шероховатых поверхностей (от взволнованной поверхности моря, от поверхности Земли и т. д.), при описании дифракции на отд. объектах (от следа ракеты, самолёта, облака и т. п.). Р. р. на метеорных следах используется для целей кратковрем. связи, работающей в течение жизни метеорного следа. Рассеяние на искусств. образованиях и структурах широко применяется в физике и технике. Примером может служить Р. р. на возмущении, порождаемом в атмосфере мощным звуковым импульсом. Доплеровское смещение частоты рассеянного сигнала позволяет определить скорость звука и, следовательно, высотное распределение темп-ры. Аналогично рассеяние волн на квазинериодич. структурах, возникающих при воздействии на ионосферу мощных радиоволн, служит для определения параметров верх. атмосферы (см. *Распространение радиоволн*).

Лит.: Татарский В. И., *Распространение волн в турбулентной атмосфере*, М., 1967; Введение в статистическую радиофизику, ч. 2 — Рытов С. М., Крайнов Ю. А., Татарский В. И., *Случайные поля*, М., 1978; Исмаилов А., *Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах*, пер. с англ., т. 1—2, М., 1981.

Ю. А. Рыжов.

**РАССЕЯНИЕ СВЕТА** — рассеяние волн оптич. диапазона, заключающееся в изменении пространственного распределения, частоты, поляризации оптич. излучения при его взаимодействии с веществом. Часто Р. с. в.з. только преобразование угл. распределения свето-

вого потока, обусловленное пространственными неоднородностями показателя преломления среды и воспринимаемое как её несобств. свечение, напр. при визуализации лучей света в пыли, отражение и преломление света на поверхности тел и т. п. Р. с. может проявляться как поглощение в виде ослабления лучей — *экстинкции*. Если частота рассеянного света  $\omega'$  равна частоте падающего  $\omega$ , то Р. с. наз. упругим или *рэлеевским*, в остальных случаях Р. с. — *неупругим* и процесс с перераспределением энергии между излучением и рассеивающей частицей и, следовательно, с изменением частоты. Если  $\omega' < \omega$ , то Р. с. наз. *стоксовым*, при  $\omega' > \omega$  — *антистоксовым*. При упругом Р. с. сохраняются фазовые соотношения между падающей и рассеянной волнами (*когерентное рассеяние света*); при неупругом Р. с. происходит фазовый сбой рассеянной волны (*некогерентное Р. с.*).

**Квантовая теория рассеяния света.** Последоват. описание Р. с. возможно только квантовой теорией взаимодействия света с веществом (в *квантовой электродинамике*). В этой теории элементарный акт Р. с. трактуется как поглощение веществом падающего фотона с энергией  $\hbar\omega$ , импульсом  $\hbar\mathbf{k}$  и поляризацией  $\mu$ , а затем спонтанное испускание рассеянного фотона с энергией  $\hbar\omega'$ , импульсом  $\hbar\mathbf{k}'$  и поляризацией  $\mu'$ . Вместе с таким процессом идёт и другой, когда вначале испускается фотон с характеристиками  $\hbar\omega', \hbar\mathbf{k}'$  и  $\mu'$  (рассеянный), а затем поглощается падающий. Оба процесса наглядно изображаются соответствующими диаграммами Фейнмана (рис. 1), в к-рых квантовые состояния

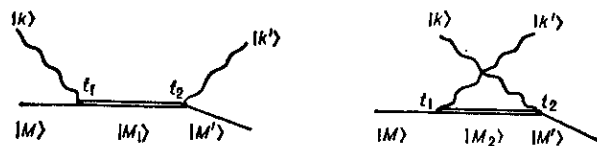


Рис. 1. Диаграммы Фейнмана для процесса однократного рассеяния света в веществе.

вещества и фотона до взаимодействия обозначены  $|M\rangle$  и  $|k\rangle = |\omega, \mathbf{k}, \mu\rangle$ , а после взаимодействия  $|M'\rangle$  и  $|k'\rangle = |\omega', \mathbf{k}', \mu'\rangle$  соответственно. В промежутке между моментами поглощения  $t_1$  и испускания  $t_2$  вещество находится в состояниях  $|M_1\rangle$  и  $|M_2\rangle$ , к-рые могут быть виртуальными или реальными и меняющимися из-за взаимодействий в веществе и с излучением.

Если эти изменения велики, так что к моменту  $t_2$  «забывается» состояние, сформированное в момент  $t_1$ , т. е. рассеянный фотон статистически не связан с падающим, то такое Р. с. наз. *некогерентным*. Большие возмущения в промежуточных состояниях могут обусловить разного рода вторичные свечения, напр. *фотолюминесценцию*, к-рую традиционно не считают Р. с. Феноменологич. особенностью этого свечения — инерционность, задержка или затягивание свечения (рассеяния), независимость спектра люминесценции от быстрых изменений характеристик падающего излучения.

В элементарном акте Р. с. закон сохранения энергии и импульса имеет вид

$$\hbar\omega + \mathcal{E}_M = \hbar\omega' + \mathcal{E}_{M'}; \hbar\mathbf{k} + \mathbf{p}_M = \hbar\mathbf{k}' + \mathbf{p}_{M'}, \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}_{M, M'}$  и  $\mathbf{p}_{M, M'}$  — энергия и импульс атома (молекулы) в соответствующем  $M$  и  $M'$  состояниях.

**Классическая теория рассеяния света.** В рамках классической, волновой, теории света считается, что рассеянное излучение генерируется электрич. токами, вызываемыми в веществе падающим излучением. В классич. теории часто применяется дипольное приближение, в к-ром источником излучения считается электрич. диполь с моментом  $\mathbf{p}(t) = \text{Re } p \exp(i\omega t)$ . В этом при-