

Эволюция понятия плотности состояний в квантовой физике и оптике.

Хильманович Валентина Николаевна¹

Аспирант

Гродненский государственный университет им. Я. Купалы, г. Гродно, Беларусь

E-mail: valentina-gr@yandex.ru

Понятие плотности состояний является, несомненно, важным в современной физике, так как используется во многих её разделах. История возникновения и развития понятия интересна как в физическом, так и в историческом плане. Понятие плотности состояний является одним из основных в квантовой физике, оно применяется при описании свойств квантовых частиц, расчете вероятностей квантовых переходов, описании электронных процессов в конденсированных средах, а также процессов взаимодействия квантовых систем с электромагнитным излучением. Понятие плотности состояний возникло впервые в оптике при описании электромагнитных волн, затем было перенесено на квантовые частицы, а в последние годы в связи с развитием нанoeлектроники и нанооптики это понятие играет все большую роль в современных исследованиях и наполняется новым содержанием. В связи с этим представляется целесообразным проследить историю возникновения и трансформации понятия плотности состояний.

Впервые оно было введено в оптику лордом Рэлеем в 1900г.[1]. Дальнейшее развитие определил М. Планк. Первые заметки о связи понятия плотности состояний с выделенной в пространстве элементарной ячейкой с объемом h , в работах М.Планка восходят к 1906г.[2]. и продолжены в 1911г.[3] и 1916г.[4]. С 1923г. впервые применено понятие плотности состояний к атомам в работах де Бройля [5]. Обнаружена связь плотности состояний с коэффициентами для спонтанных и вынужденных переходов в работах А.Эйнштейна [6]. С 1924г. плотность состояний была введена в статистическую физику благодаря работам С.Н.Бозе [7]. Далее и А.Эйнштейн (1924г.) и Э.Ферми (1926г.) использовали плотность состояний для построения квантовой теории одноатомного газа. П.Дирак применил формулу плотности состояний для электронов и расчета вероятности спонтанных переходов [8]. В.Гейзенберг, М.Борн и П.Иордан использовали плотность состояний для расчета флуктуаций энергии электромагнитного излучения. Интересно отметить, что ученые в этот промежуток времени активно использовали выражение плотности состояний, но избегали специального обозначения. На существование связи плотности состояний и соотношения неопределенностей указывал также В.Гейзенберг [9]. Значимость и важность плотности состояний подчеркивается и далее, например, в пионерской работе Е.М.Парселла 1946г. и Р. Лоудона в «Квантовой теории света» 1973г. Р.Фейнман в «Квантовой электродинамике» 1961г. употребляет термин «плотность состояний» применительно к фотонам. В.М.Файн в «Квантовой радиофизике» в разделе о понятии плотности числа фотонов применяет термин «плотность состояний» к модам электромагнитного поля. Применительно к излучению термин «плотность состояний» в последние десятилетия стал общепринятым после того, когда исследование испускания света в сложных неоднородных структурах с пространственной локализацией электромагнитных волн потребовало явного расчета спектральной плотности мод вместо функций для свободного пространства.

Таким образом, получив развитие в теории электромагнитных волн, понятие «плотность состояний» впоследствии было перенесено на частицы в квантовой механике, введено в статистическую физику, получило широкое применение в квантовой теории твердого тела. В последнее время обобщено на сложные среды, его развитие во многом определяет прогресс в области нанофотоники.

Литература

1. Lord Rayleigh (Stratt J.W.) Philos. Mag., 49, 539-540, (1900). Рус. пер. в кн.. Шёпф Х-Г. От Кирхгофа до Планка (Москва: Мир 1981) с.164-166.
2. Plank M. Theorie der Warmestrahlung, Leipzig, 1906, 122-127.
3. Планк М. Законы теплового излучения и гипотеза элементарного кванта действия, доклад, прочитанный на I Сольвеевском конгрессе в 1911г., Избранные труды, Москва: Наука-1975 с.282-309.
4. Plank M. Ann. Phys., 1916, 50, 385-418/ Планк М. Избранные труды Москва: Наука-1975 с.339-369
5. De Broglie L. Compt. Rend. 1923, 177, 630/ Де Бройль Л. 1967, УФН, т.93, в.1, с.182-183.
6. Einstein A. Phys. Ges., 1916,18, 318-323/ Эйнштейн А. Собрание научных трудов, т.3, Москва: Наука – 1966 с.386-392.
7. Бозе С.Н. Закон Планка и гипотеза световых квантов / Эйнштейн А. Собрание научных трудов, Приложение, т.3, Москва: Наука – 1966 с.475-478.
8. Dirak P.A.M. Proc. Roy.Soc. A. 1927,114, 243-265/ Дирак П.А.М. Собрание научных трудов, т.2, Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2003, с.285-307.
9. Heisenberg W. Zs. Phys. 1927,43,172 / УФН 1977, 122, 651-671

¹ Автор выражает признательность доктору физ.-мат. наук, член-корр. НАН РБ Гапоненко С.В. за помощь в подготовке тезисов.