Квантовые эффекты в поперечной диэлектрической проницаемости максвелловской электрон-ионной плазмы и лево-преломляющие среды

Векленко Б.А.

Объединенный институт высоких температур РАН, г. Москва, Россия,
VeklenkoBA@yandex.ru

Исследование электромагнитных свойств максвелловской электрон ионной плазмы в состоянии термодинамического равновесия выполнено с учетом квантовых свойств как электронного, так и электромагнитного полей [1]. Особое внимание уделено поперечному электромагнитному полю. Расчеты выполнены с использованием математического аппарата квантовой электродинамики, в частности, уравнений Дайсона. Если учет поляризационного оператора, определяющего диэлектрическую проницаемость плазмы, в отсутствие массового оператора приводит к хорошо известным результатам, то учет массового оператора до сих пор оставался вне поля зрения исследователей. Учет массового оператора существенным образом сказывается на виде поляризационного оператора и диэлектрической проницаемости плазмы [2]. Физический смысл массового оператора заключается в следующем, он определяет обратное воздействие термического фона вторично квантованных ленгмюровских волн на волновые функции плазменных электронов, превращая электроны в квазичастицы. Такое влияние оказывается очень существенным, и носит резонансный характер. Возникшие таким образом квазиэлектроны формируют диэлектрическую проницаемость плазмы. В поперечной диэлектрической проницаемости появляется характерная квантовая частота, обратно пропорциональная постоянной Планка. Это обстоятельство исключает аналитический переход теории к ее классическому пределу, и позволяет утверждать, что классической теории максвелловской электрон ионной плазмы не существует. Термический фон ленгмюровских волн в районе характерной квантовой частоты деформирует дисперсионное соотношение, в частности, поперечных ленгмюровских волн, приводя в этой области к отрицательной групповой скорости с относительно малым коэффициентом поглощения. Среды с отрицательной групповой скоростью, как известно, обладают отрицательным углом преломления. Вопрос о возможности существования однородных и изотропных оптических сред с отрицательным углом преломления до сих пор остается открытым. Возникшее таким образом состояние плазмы представляет собой пример однородной среды с отрицательным углом преломленния.

Литература

1. International Journal of Optics. 2012. Vol.2012, Article ID 648741.
2. Векленко Б.А. Инженерная физика. 2016, 7,73-85.