

ГЛАВА 9

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ И ДИФРАКЦИЯ

9.1. Введение

Большинство задач, которые мы до сих пор рассматривали, являлись одномерными в том смысле, что существовал только один путь, по которому волна, испущенная из одного места, могла перейти в другое. Теперь мы перейдем к рассмотрению случаев, когда существует несколько различных путей распространения волн от излучателя к детектору. Это рассмотрение приведет нас к явлениям *интерференции* и *дифракции*, которые возникают из-за конструктивной и деструктивной суперпозиции волн, имеющих в зависимости от выбранного пути распространения различные фазы.

В п. 9.2 мы рассмотрим суперпозицию (в месте расположения детектора) волн, испущенных двумя точечными источниками и имеющих одинаковую частоту и постоянную разность фаз. Примерами могут служить водяные волны, образованные двумя стержнями на поверхности воды, или свет, испущенный двумя щелями, освещенными линейным или точечным источником (домашний опыт 9.18), или, наконец, звуковые волны, испущенные двумя громкоговорителями, подключенными к одному звуковому генератору.

В п. 9.3 мы рассмотрим интерференцию между двумя независимыми источниками, т. е. между источниками, разность фаз которых не остается постоянной. Мы увидим, что в этом случае интерференционная картина постоянна лишь в течение интервала времени порядка $(\Delta\nu)^{-1}$, где $\Delta\nu$ — полоса частот источника. Тем не менее, проводя достаточно «быстрые» эксперименты, можно зафиксировать интерференционную картину.

В п. 9.4 мы определим, насколько большим может быть источник, все еще оставаясь «точечным», если он состоит из независимо излучающих частей, а детектор регистрирует среднее излучение за продолжительный временной интервал [т. е. за интервал, большой по сравнению с $(\Delta\nu)^{-1}$]. В полученном здесь результате можно убедиться, выполнив несложный домашний опыт 9.20. Другой домашний опыт (9.21) иллюстрирует когерентность зеркала Ллойда.

В п. 9.5 будет показано, что пучок с пространственной шириной D имеет угловое расхождение порядка $\Delta\theta \approx \lambda/D$ относительно основного направления распространения. Этот результат математически связан (через фурье-преобразование) с тем, что у импульса продолжительностью Δt ширина частотного спектра имеет порядок $(\Delta t)^{-1}$.

В п. 9.6 для нахождения интерференционной картины от одной и многих щелей используется построение Гюйгенса. Основное внимание здесь обращено на оптические и электромагнитные явления, а в домашних опытах, выполненных с помощью дифракционных решеток, исследуются различные дифракционные картины. Для выполнения этих опытов мы рекомендуем достать лампу с чистым стеклянным баллоном и прямой нитью накаливания длиной около 7 см. В большинстве опытов такая лампа служит линейным источником света.

В п. 9.7. рассмотрена так называемая геометрическая оптика. Вначале мы выводим закон зеркального отражения и закон преломления Снеллиуса, исходя из волновых свойств света, а затем переходим к зеркалам, призмам и тонким линзам.

9.2. Интерференция между двумя точечными когерентными источниками

Когерентные источники. В качестве простейшего примера рассмотрим интерференцию от двух одинаковых точечных источников, расположенных в разных местах и испускающих гармонические бегущие волны одинаковой частоты в открытую однородную среду. Если каждый источник имеет вполне определенную частоту (а не конечную полосу частот вблизи основной), то относительная фаза двух источников (разность между их фазовыми постоянными) не меняется со временем. В этом случае говорят, что два источника относительно когерентны или просто *когерентны*. (Даже если источники имеют различные частоты, они будут «когерентными», если каждый из них монохроматичен, так как в этом случае их разность фаз всегда полностью определена.) Если каждый источник имеет одинаковую основную частоту и конечную полосу частот $\Delta\nu$, то разность фаз обоих источников (при условии, что они независимы) будет оставаться постоянной только в течение времени порядка $(\Delta\nu)^{-1}$. Однако постоянство разности фаз может быть сохранено, если на источник действует общая внешняя вынуждающая сила. В этом случае, даже если фазовая постоянная каждого источника в течение интервала времени $(\Delta\nu)^{-1}$ будет меняться неконтролируемым образом в диапазоне $0 \div 2\pi$ ($\Delta\nu$ — частотная полоса возмущающей силы), разность фаз будет оставаться постоянной. В этом случае также говорят, что источники когерентны, хотя они уже не монохроматичны.

В качестве примера двух когерентных источников волн рассмотрим систему из двух стержней, касающихся поверхности воды.