

§ 2.12. ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЕТКА

Увеличивая число щелей, мы получим новый замечательный оптический прибор — дифракционную решетку.

Дифракционная решетка представляет собой совокупность большого числа очень узких щелей, разделенных непрозрачными промежутками (рис. 2.35). Хорошая решетка изготавливается

с помощью специальной делительной машины, наносящей на стеклянной пластине параллельные штрихи. Число штрихов доходит до нескольких тысяч на 1 мм; общее число штрихов превышает 100 000. Просты в изготовлении желатиновые отпечатки с такой решеткой, зажатые между двумя стеклянными пластинами. Наилучшими качествами обладают так называемые отражательные решетки. Они представляют собой чередование участков, отражающих свет и рассеивающих его. Рассеивающие свет штрихи наносятся резцом на отшлифованной металлической пластине.



Рис. 2.35

Если ширина прозрачных щелей (или отражающих полос) a , а ширина непрозрачных промежутков (или рассеивающих свет полос) b , то величина $d = a + b$ называется периодом решетки (или постоянной решетки).

Число щелей в решетке обозначим через N . Тогда за решеткой интерферируют N когерентных световых пучков. Положения главных максимумов не зависят от числа щелей и по-прежнему определяются условием

$$d \sin \varphi = k\lambda, \text{ где } k = 0, 1, 2, \dots \quad (2.12.1)$$

Остаются на своих местах и первичные минимумы, характерные для одной щели. Но появляются новые дополнительные минимумы, характерные для N щелей. Положение этих минимумов определяется из условия, что разности фаз колебаний от отдельных щелей равны $\frac{2\pi}{N}$. Векторы, изображающие эти колебания, имеют равные амплитуды и повернуты друг относительно друга на углы $\frac{2\pi}{N}$. Сумма таких векторов равна нулю. Следовательно, разность хода между волнами в различных пучках должна быть равна: $\frac{\lambda}{N}, 2\frac{\lambda}{N}, 3\frac{\lambda}{N}, \dots, \frac{N-1}{N}\lambda^*$.

Углы, определяющие направления на дополнительные минимумы, находятся из условия:

$$d \sin \varphi = \frac{\lambda}{N}, 2\frac{\lambda}{N}, 3\frac{\lambda}{N}, \dots, \frac{N-1}{N}\lambda. \quad (2.12.2)$$

* Разности хода $\frac{N}{N}\lambda$ соответствует главный максимум.

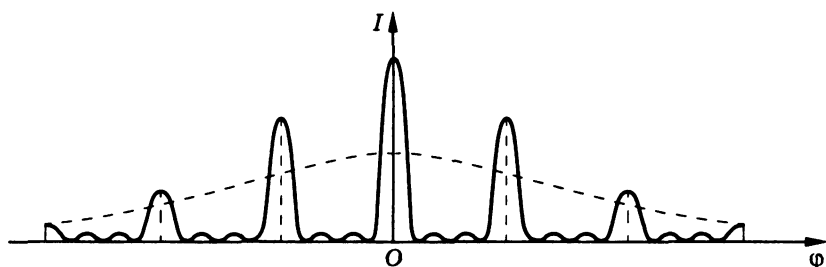


Рис. 2.36

Теперь между двумя главными максимумами располагается $N - 1$ дополнительных минимумов. Это приводит к тому, что главные максимумы очень резко очерчены и интенсивность света в них велика. На рисунке 2.36 приведена примерная зависимость интенсивности от угла дифракции. Пунктирная кривая показывает распределение интенсивности для одной щели. Вторичные максимумы между дополнительными минимумами слабы.

Увеличение числа щелей не меняет положение главных максимумов, но делает их более интенсивными. Наиболее интенсивным остается центральный максимум ($\varphi = 0$). Распределение интенсивности между максимумами существенно зависит от соотношения периода решетки и ширины щели. Так, например, при $d = 2b$ все четные главные максимумы исчезнут, так как условие для главных максимумов (2.12.1) совпадает в этом случае с условием для первичных минимумов (2.11.1).

Так как положение максимумов (кроме центрального, соответствующего $\varphi = 0$) зависит от длины волны, то решетка разлагает белый свет в спектр (рис. II, 1 на форзаце). Чем больше λ , тем дальше располагается тот или иной максимум, соответствующий данной длине волны, от центрального максимума (рис. II, 2, 3 на форзаце). Каждому значению k соответствует свой спектр.

С помощью дифракционной решетки можно производить очень точные измерения длины волны. Если период решетки известен, то определение длины волны сводится к измерению угла φ , соответствующего направлению на максимум.

Наши ресницы с промежутками между ними представляют собой грубую дифракционную решетку. Поэтому, если посмотреть, прищурившись, на яркий источник света, то можно обнаружить радужные цвета. Белый свет разлагается в спектр

при дифракции вокруг ресниц. Долгоиграющая пластинка с ее бороздками, проходящими близко друг от друга, подобна отражательной дифракционной решетке. Если вы посмотрите на отраженный ею свет от электрической лампочки, то обнаружите разложение света в спектр. Можно наблюдать несколько спектров, соответствующих разным значениям k . Картина будет очень четкой, если свет от лампочки падает на пластинку под большим углом.