

г. е.

$$z = (0,36L) \frac{A_1 A_2}{A_1^2 + A_2^2} \cos(\omega_2 - \omega_1) t. \quad (5)$$

Почему частота излучения является частотой биений. Электрон заряжен ($q = -e$), поэтому он будет испускать электромагнитное излучение той же частоты, с которой он колеблется. Из уравнения (5) мы видим, что среднее положение заряда колеблется с частотой биений $\omega_2 - \omega_1$. Поэтому частота излучения равна частоте биений между двумя стационарными состояниями:

$$\omega_{\text{изл}} = \omega_2 - \omega_1. \quad (6)$$

Д.7. Время когерентности и оптические биения

Можно получить интерференцию между волнами различных частот. Это справедливо как для оптических, так и для других явлений. Предположим, что имеем две световые волны 1 и 2, образующие электрические поля E_1 и E_2 . Пусть оба поля поляризованы по \hat{x} (поэтому можно опустить обозначение вектора.) Полное поле в фиксированной точке пространства z будет суперпозицией E_1 и E_2 . Используя комплексное представление колебаний, напишем следующее выражение для суперпозиции:

$$E_c(t) = E_1 e^{i\omega_1 t} e^{i\varphi_1} + E_2 e^{i\omega_2 t} e^{i\varphi_2}. \quad (1)$$

Поток энергии, который можно измерить фотоумножителем (выходной ток фотоумножителя пропорционален падающему потоку энергии), пропорционален среднему значению величины $E^2(t)$ за период T «быстрых» колебаний, происходящих со средней частотой:

$$\langle E^2(T) \rangle = \frac{1}{2} |E_c(t)|^2 = \frac{1}{2} \{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos[(\omega_1 - \omega_2)t + (\varphi_1 - \varphi_2)]\}. \quad (2)$$

Ток фотоумножителя, который меняется с относительно медленной частотой биений $\omega_1 - \omega_2$, можно измерить. Какие требования накладываются на частотный диапазон? Напомним, что наша точка зрения состоит в том, что амплитуды и фазовые постоянные медленно изменяются непредсказуемым образом. Фаза φ_1 , например, дрейфует совершенно произвольно в диапазоне порядка 2π в течение интервала времени, равного времени когерентности. Это время в свою очередь является величиной, обратной частотному диапазону колебаний 1:

$$t_1(\text{ког}) \approx (\Delta\nu_1)^{-1}, \quad (3)$$

$$t_2(\text{ког}) \approx (\Delta\nu_2)^{-1}. \quad (4)$$

Ясно, что если мы наблюдаем биения, то отдельные компоненты должны сохранять свои фазы грубо постоянными в течение периода биений. Поэтому для наблюдения биений необходимо, чтобы оба времени когерентности были больше периода биений, т. е. чтобы полосы частот обоих колебаний были меньше частоты биений:

$$\left. \begin{aligned} \Delta\nu_1 < |\nu_1 - \nu_2|, \\ \Delta\nu_2 < |\nu_1 - \nu_2| \end{aligned} \right\} \text{ для наблюдаемых биений.} \quad (5)$$

Мы должны, разумеется, уметь регистрировать ток фотоумножителя, меняющийся с частотой биений. Такой опыт требует большого искусства. Он был выполнен весьма изящным образом *).

Д.8. Почему небо голубое?

В п. 7.5 мы говорили, что голубой цвет неба определяется рассеянием света отдельными молекулами воздуха. Здесь мы приведем рассуждения, из которых как будто бы следует, что небо должно быть невидимым.

* См. А. Т. Forrester, R. A. Gudmundsen, P. O. Johnson, Photoelectric Mixing of Incoherent Light (Фотоэлектрическое смешение некогерентного света), Phys. Rev. **99**, 169 (1955).