

Питання №1

Конкуренція мод та причин виникнення багатомодової генерації лазерів

У лекції 9 аналізувалася теоретична межа ког. випромінювання лазера. Припускалося, що лазер працює на одній моді. Як одна з причин перевищення теоретичної межі була вказана нестабільність резонатора, що спостерігається на практиці.

Але забезпечити одномодовий режим — це все проблема! Обговоримо її.

У більшості випадків:

$$\Delta\nu_{k+1} \gg \Delta\nu_e \rightarrow \text{ширина контуру}$$

коєфіцієнта підсилення $K_{\omega}^{(+)} = \left(n_3 - \frac{q_3}{q_2} n_2\right) B_{32} g_{23} \frac{h\nu}{c}$ переважає міжмодову відстань $\Delta\nu_e = c/2L$

В1) Розглянемо випадок однорідного контуру підсилення, а власне: всі квантові частинки „на яких працює лазер” мають однаковий форм фактор спектральної лінії g_{23} (випадок класичної готирівневої схеми створення інверсії)

В2) Потім розглянемо випадок неоднорідного контуру підсилення, а власне: кожна квантова частинка має свій форм фактор:

а) внаслідок різного отоження — наприклад Nd^{3+} в скляних активних елементах

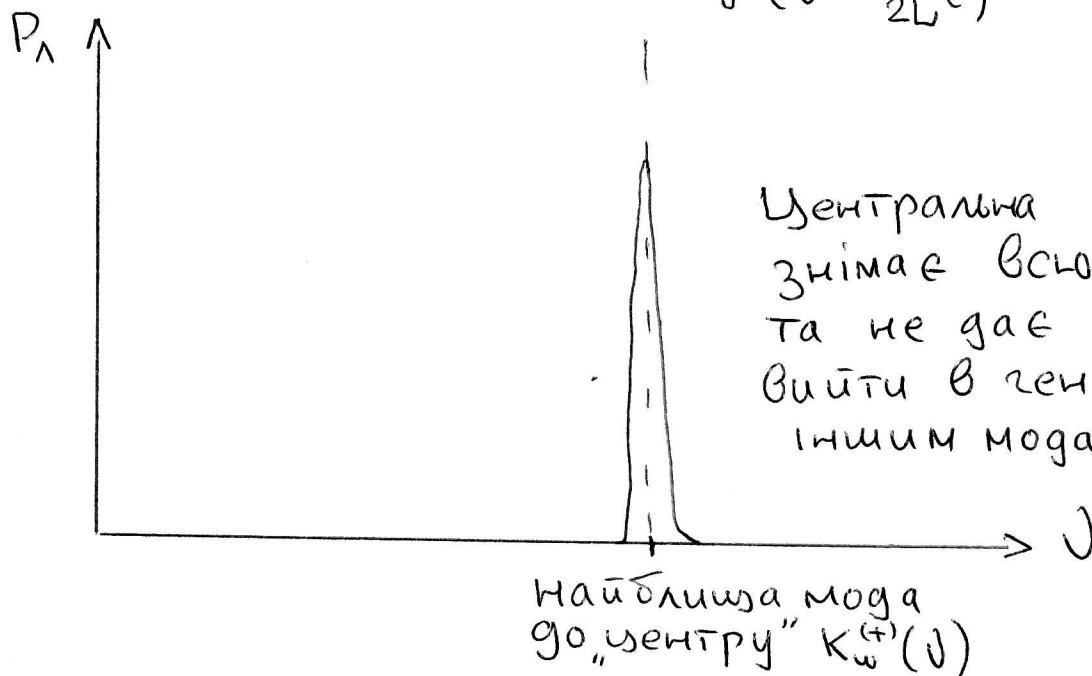
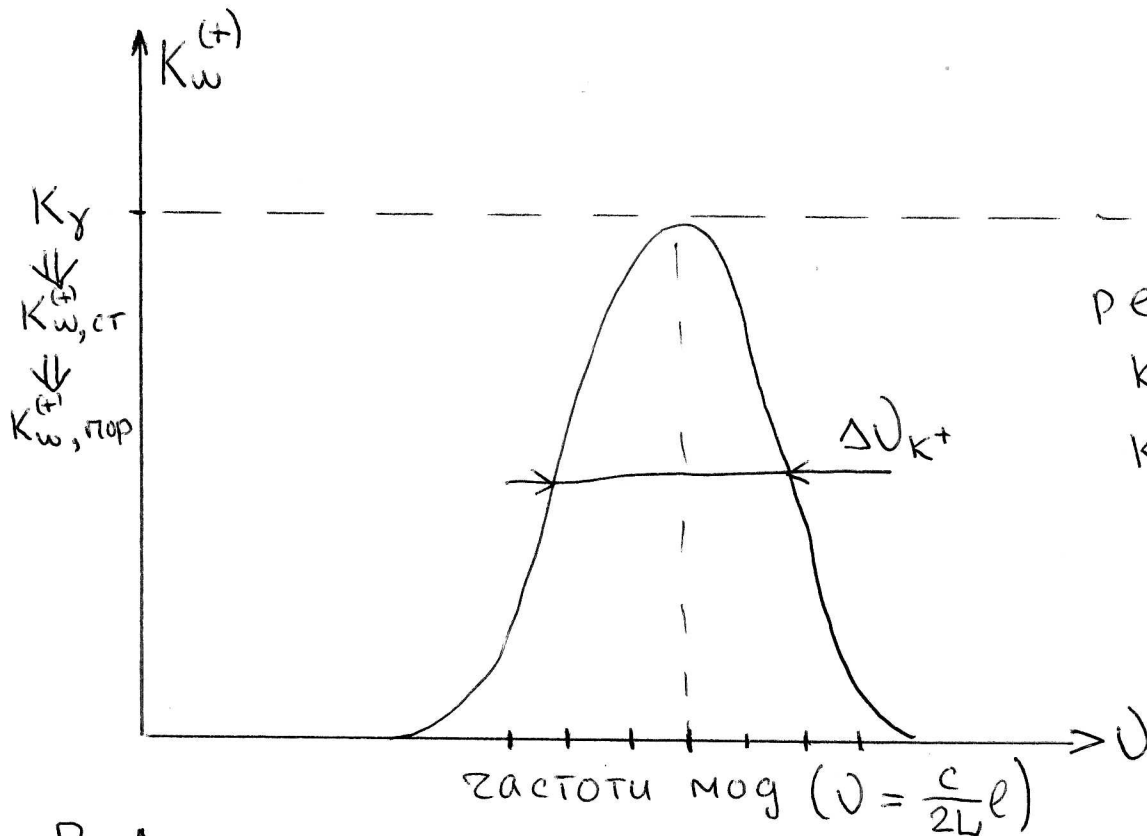
б) внаслідок різної швидкості — ефект Доплера в газорозрядних лазерах

в) внаслідок неоднорідності активного середовища за різних причин

В1 - випадок високої конкуренції мод, оскільки вони „працюють” одночасно на всіх кв.г.

2

Графічно це виглядає так:



В генерацію виходить мода з найбільшим $K_w^{(+)}$. Навіть за збільшення накачки (P_n) нічого не змінюється:

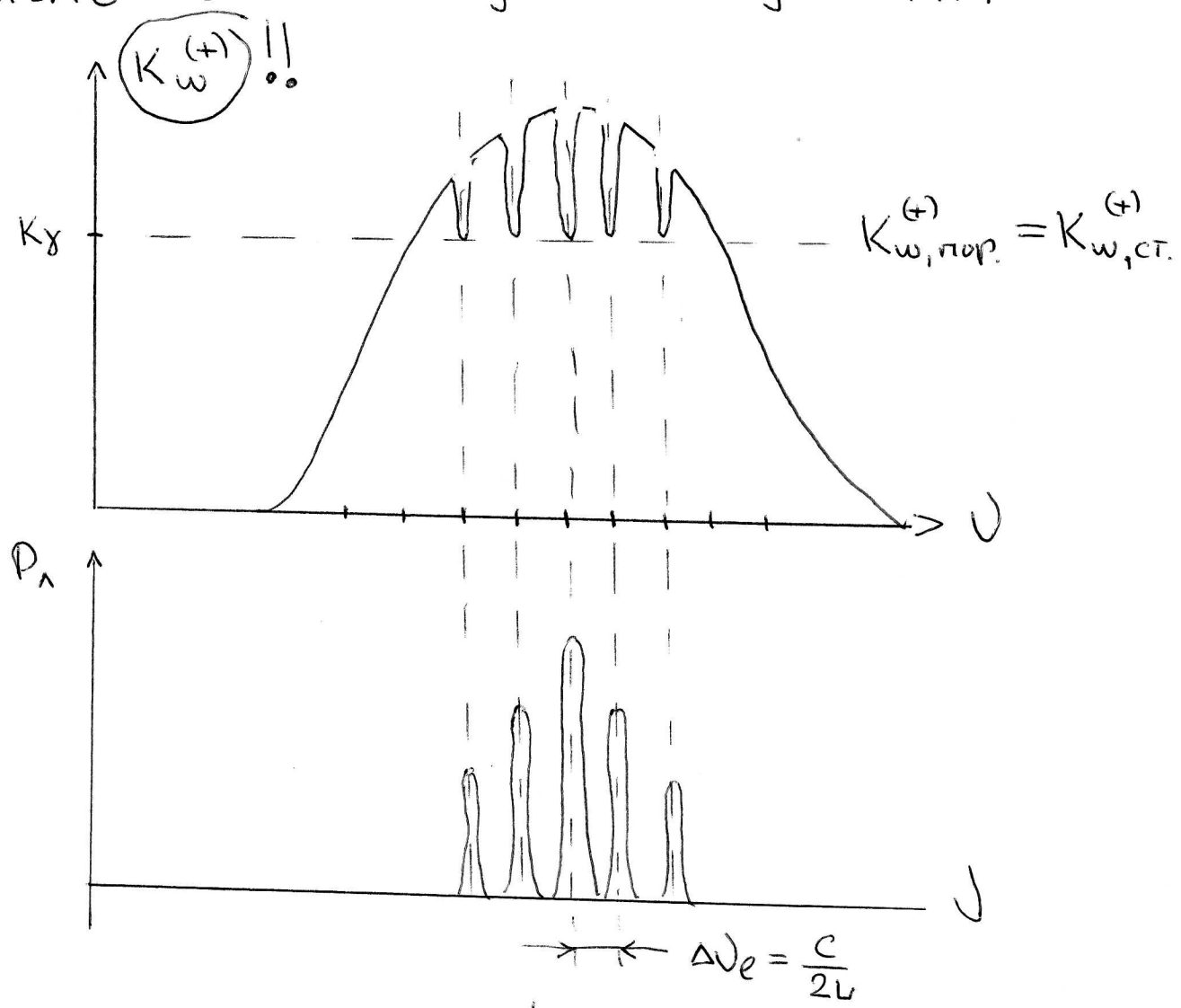
в стаціонарному режимі

$$K_{w, \text{пор}}^{(+)} = K_{w, \text{ст}}^{(+)} = K_y$$

В2 - випадок низької

конкуренції мод, оскільки є розподіл „праці“

Графічно це виглядає так для $P_H \uparrow$



Моди не конкурують! Багатомодова генерація!

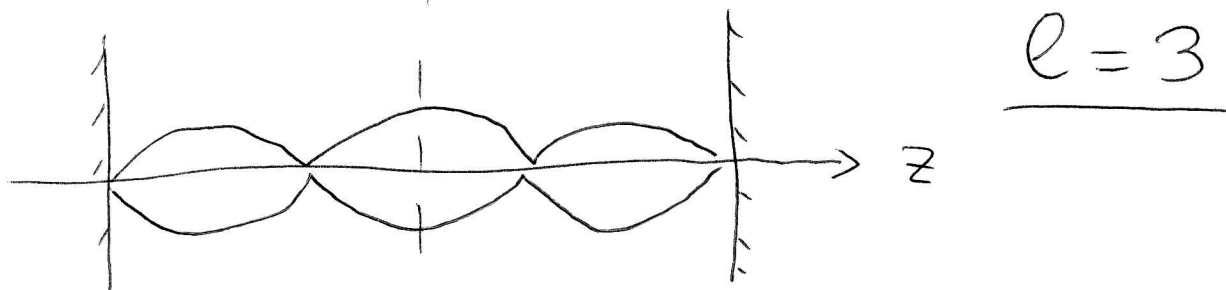
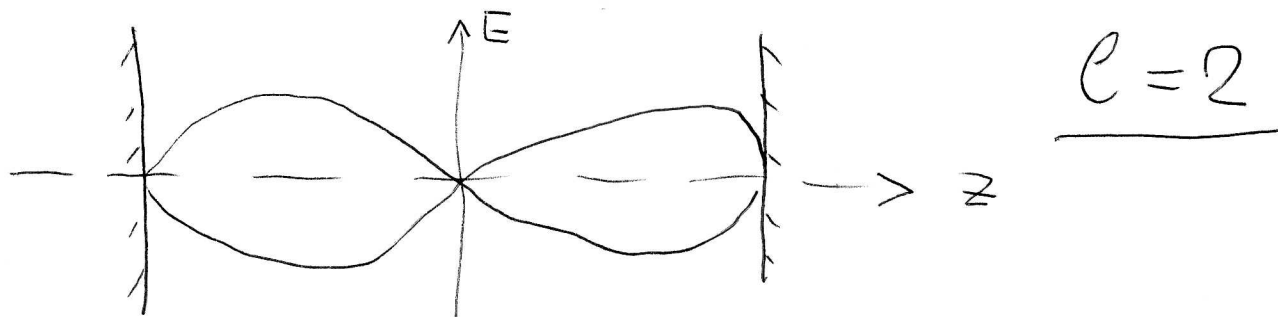
Така залежність $K_w^{(+)} !!$ отримала назву
„Ефект застотного випалювання
дірок у контурі
коефіцієнта підсилення“

В дійсності ситуація складніша, оскільки

В1 та В2 накладаються
?! та є „Ефект просторового випалювання
дірок у контурі коефіцієнта
підсилення“

?! Коефіцієнт K_{ω}^+ залежить не тільки від частоти, але ще від координати вздовж осі лазера

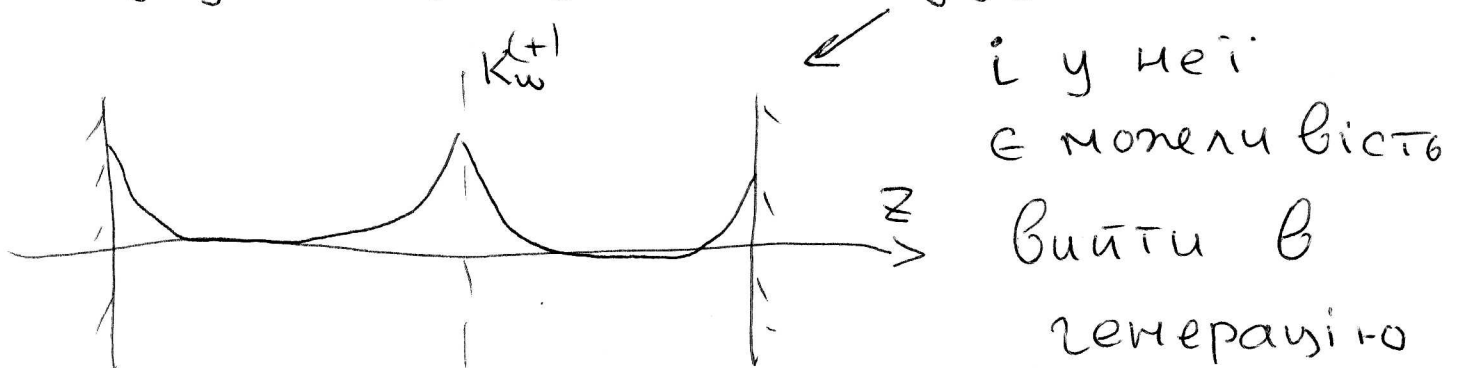
Розглянемо спрощений випадок для стоячої хвилі у резонаторі



Електромагнітна хвиля залишає інверсію в своїх вузлах для інших мод що спричиняє можливість їх виходу в „генерацію“

Мода з $l=2$ залишає інверсію в центрі резонатора та на межах

Тому для моди з $l=3$ буде



„Ефект просторового випалювання“

Резонатори для одночастотної генерації та перебудови частоти лазера

Звичайний резонатор на основі двох дзеркал не може забезпечити одномодовий (одночастотний) режим генерації оскільки

$$\Delta\nu_{k+1} > \Delta\nu_c = \frac{c}{2L}$$

і тільки для дуже коротких резонаторів з довжиною

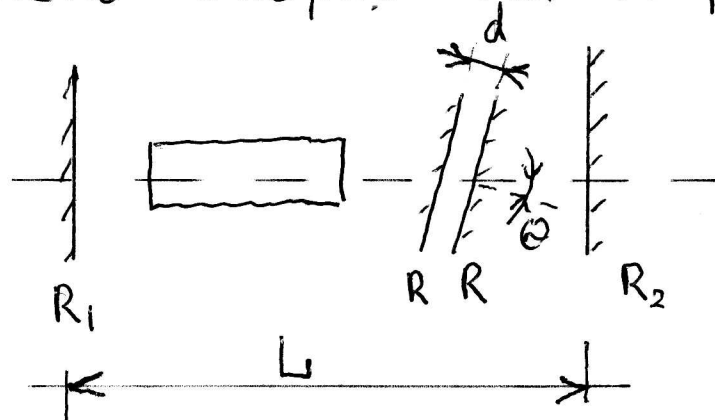
$$L \approx \frac{c}{2\Delta\nu_{k+1}} \quad \text{це можливо.}$$

(для газових лазерів $L \approx 10 \text{ см}$, для твердотільних $L \approx 1 \text{ мм}$)

! Потрібні резонатори з $K_\gamma = f(\nu)$
(дисперсійні резонатори)

В яких міститься інтерферометр Фабрі-Перо, ґратка, призма тощо

① Розглянемо використання інтерферометра Ф.-П.

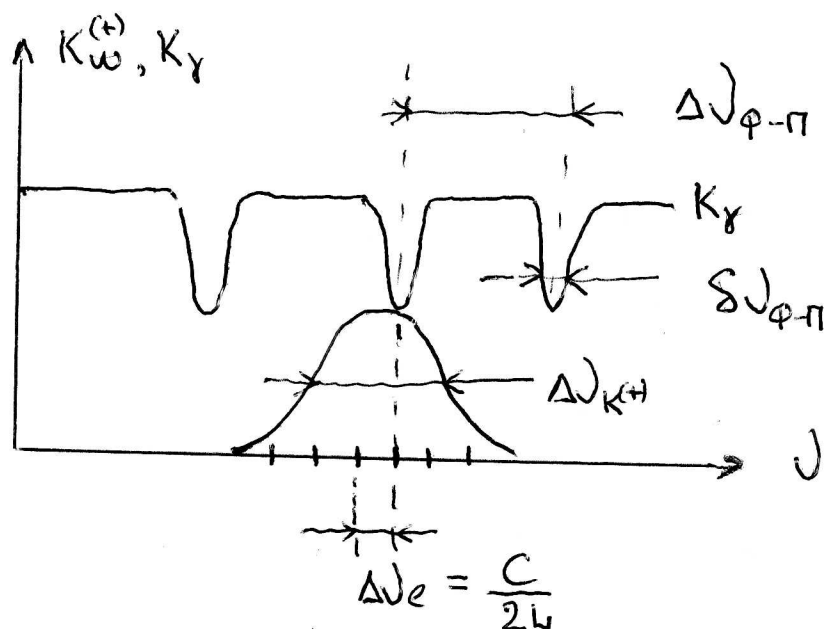


Ідея наступна: якщо ми не можемо зменшувати L , то давайте поставимо в основний резонатор R_1-R_2 "допоміжний" $R-R$ з товщиною $d \ll L$

Інтерферометр пропускає хвилі з довжинами λ , що задовільняють умову

$$m\lambda = 2d \cos \theta \quad - \text{оптична різниця ходу кратна } \lambda$$

Графічне пояснення



$$\Delta \nu_{\phi-\pi} = \frac{c}{2d \cos \theta} \quad (\text{порівняйте з } \Delta \nu_e); \quad \Delta \nu_{\phi-\pi} \approx \frac{c}{2d}$$

$$\delta \nu_{\phi-\pi} = \frac{c}{2d \cos \theta} \cdot \frac{(1-R)}{\pi \sqrt{R}} = \Delta \nu_{\phi-\pi} \cdot \frac{(1-R)}{\pi \sqrt{R}}$$

Потрібно виконати умови

$$1) \quad \Delta \nu_{\phi-\pi} \geq \Delta \nu_{k+}$$

$$2) \quad \delta \nu_{\phi-\pi} \leq \Delta \nu_e$$

Іноді їх виконати ватаєко до

$$\delta \nu_{\phi-\pi} \sim \Delta \nu_{\phi-\pi}$$

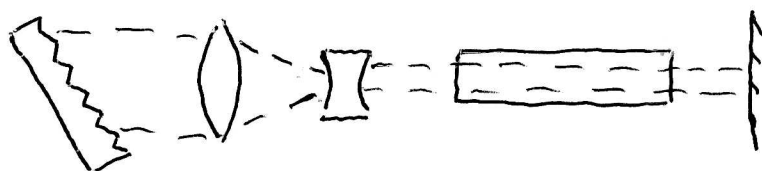
Вихід є: можна поставити два інтерферометра або ввести ґратку чи призму

II

Використання дифракційної ґратки

7

Типова схема



Тут ґратка працює в „автоколімаційному режимі”.

Використано телескопічну систему лінз, яка розширює промінь, оскільки роздільна здатність ґратки

$$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda_{\text{гр}}} = N \cdot m, \text{ де}$$

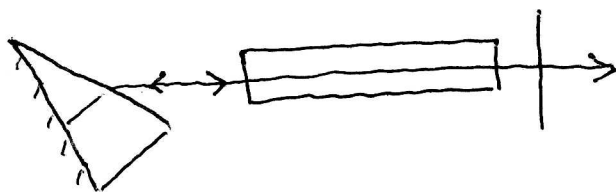
N - кількість штрихів, що працюють
 m - порядок дифракції

Необхідно виконати умову $\delta\lambda_{\text{гр}} \leq \Delta\lambda_e$!

III

Використання призми

Типова схема на основі призми Літрова
(призми з відбиваючим покриттям)



За допомогою обертання (нахилів) дисперсійних елементів можна передбудовувати частоту лазера з моди на моду. А змінюючи L можна міняти частоту моди - виконувати неперервну передбудову частоти.