

ЕЛЕКТРОННА ТА ІОННА ОПТИКА



Викладач

к.ф.-м.н. Пазуха І.М.

Тема 10

ІДЕАЛЬНЕ, АБО ГАУСІВСЬКЕ, ЗОБРАЖЕННЯ

Ідеальне, або гаусівське, зображення

При формування зображення електронними і іонними лінзами ідеальний випадок передбачає наступне:

- ❖ Пучок заряджених частинок, який направляється на лінзу є паралельний та монохроматичний;
- ❖ Довжина хвилі електрона (іона) дорівнює нулю.

Рух таких заряджених частинок у полі магнітної лінзи згідно законів класичної механіки описується за допомогою сили Лоренца:

$$\vec{F}_\text{л} = e[\vec{v}\vec{B}]$$

де e – заряд електрона, v – швидкість руху зарядженої частинки, B – індукція магнітного поля

Ідеальне, або гаусівське, зображення

Рівняння руху зарядженої частинки, яка знаходиться одночасно під дією електричного і магнітного полів:

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} = e \left(\vec{E} + [\vec{v} \vec{B}] \right) \quad (10.1)$$

де z – зміщення зарядженої частинки.

До розв'язку рівняння (10.1) входить величина $\sin \alpha$, де α – кут між миттєвим напрямком швидкості та віссю лінзи, який можна розкласти у ряд:

$$\sin \alpha = \alpha - \frac{\alpha^3}{3!} + \frac{\alpha^5}{5!} \dots$$

Наближення для якого виконується умова $\sin \alpha \approx \alpha$, отримало назву **діоптрики Гаусса**, а пучки, для яких вона виконується – **парааксіальними пучками**.

Ідеальне, або гаусівське, зображення

Ідеальне, або гаусівське, зображення може бути створено лише в ідеальній оптичній системі.

- **Ідеальна система** - система, в якій формується зображення, геометрично подібне до об'єкта, а пучки зберігають гомоцентричність (точка завжди зображується точкою).
- **Зображення в ідеальній оптичній системі** створюється пучками заряджених частинок, траєкторії руху яких є параксіальними.
- **В реальній системі** всі траєкторії, крім однієї, що збігається з віссю Z , будуть непараксіальними.
- **Зображення, одержане за допомогою непараксіальних пучків**, не збігається із зображенням, побудованим на основі теорії параксіальних променів.
- Наявність непараксіальних променів призводить до виникнення спотворень зображення — так званих **геометричних аберацій**.

Аберація – похибка або обмеження на зображенні, яке створене реальною оптичною системою.

- **Аберація проявляється** в тому, що зображення виходить не чітким або не відповідає геометрично точно об'єкту.
- Розходження заряджених частинок за швидкостями призводить до виникнення **хроматичної аберації**.
- Джерелом спотворення зображень може бути те, що **електрони, створюючи просторовий заряд, взаємодіють один з одним**.
- За певних умов може проявитися **вплив дифракції електронів**.
- Причиною спотворень може бути **порушення аксіальної симетрії полів**, що утворюють електронні лінзи.

Геометричні аберації

Радіальний розмір лінзи завжди обмежений деякою величиною D , так званою **апертурою лінзи**.

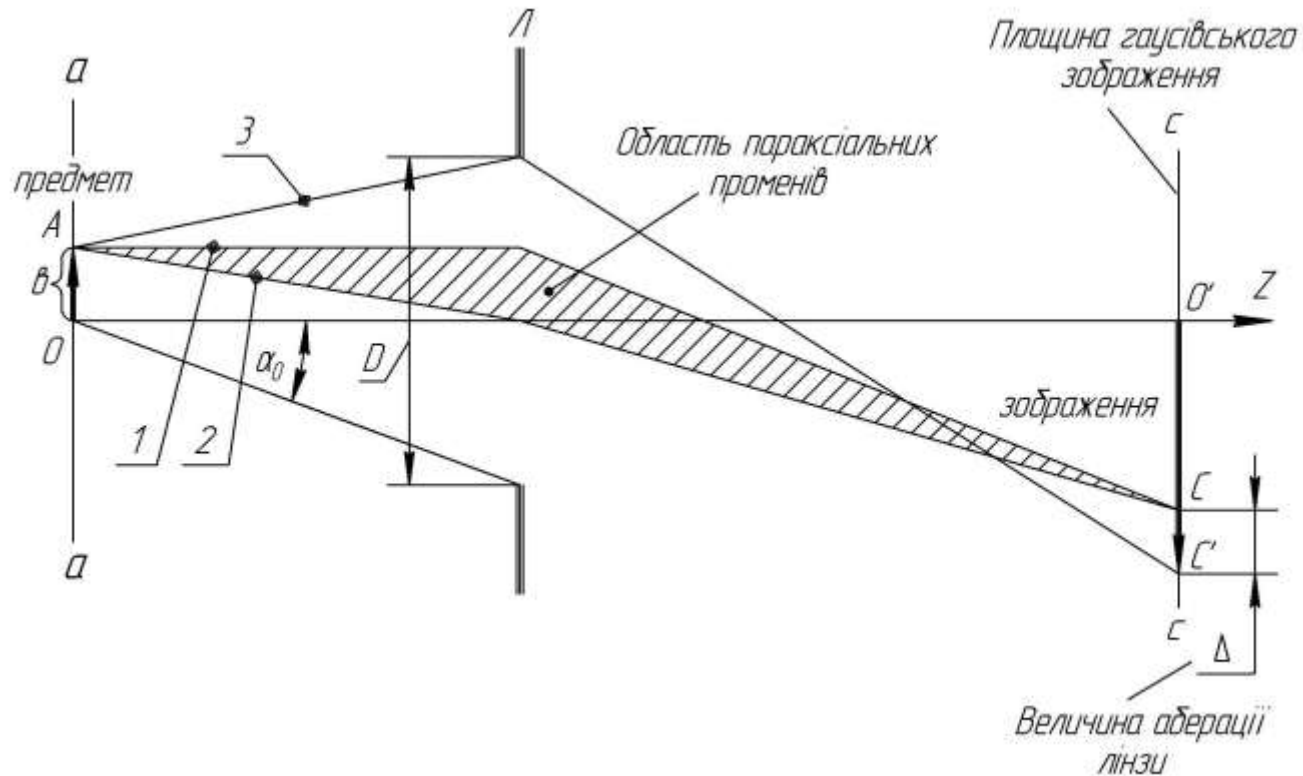


Рисунок 1 – Схема виникнення геометричних аберацій

Види геометричних аберацій

Аберація	Залежність	
	від апертурного кута α	від відстані від точки об'єкта до осі β
1. Сферична	α_0^3	—
2. Кома	α_0^2	β
3. Спотворення зображення	α_0	β^2
4. Позаосьовий астигматизм	α_0	β^2
5. Дисторсія	—	β^3

➤ **Аберації, що залежать від α_0** , проявляються в тому, що точка об'єкта не зображується точкою (поява нерізкості зображення).

➤ **Аберації, що не залежні від α_0** , дозволяють отримати зображення точки у вигляді точки, однак викликають її зміщення щодо положення в ідеальному зображенні (спотворення форми).

Види геометричних аберацій

Магнітне поле, що є для електронів анізотропним середовищем, **викликає появу** додаткових, специфічних тільки для магнітних лінз аберацій:

- ✓ анізотропна кома;
- ✓ анізотропний астигматизм;
- ✓ анізотропна дисторсія.

Дякую за увагу!