ЕЛЕКТРОННА ТА ІОННА ОПТИКА

Викладач к.ф.-м.н. Пазуха І.М.

Тема 8

МАГНІТНІ ЛІНЗИ

Фокусуюча дія неоднорідного магнітного поля

❖**Неоднорідним магнітним полем** називається поле, якщо при переході від однієї точки поля до іншої відбувається зміна магнітної індукції як за модулем, так і за напрямком.

❖Коротке неоднорідне магнітне поле має набагато більшу фокусну дію у тому випадку коли воно є аксильно-симетричним.

❖**Аксіально-симетричне магнітне поле** – поле, що характеризується симетрією обертання (симетричні відносно деякої осі).

❖**Котушка зі струмом,** яка створяє неднорідне магнітне поле, відноситься до найпростіших магнітних лінз.

Фокусуюча дія неоднорідного магнітного поля

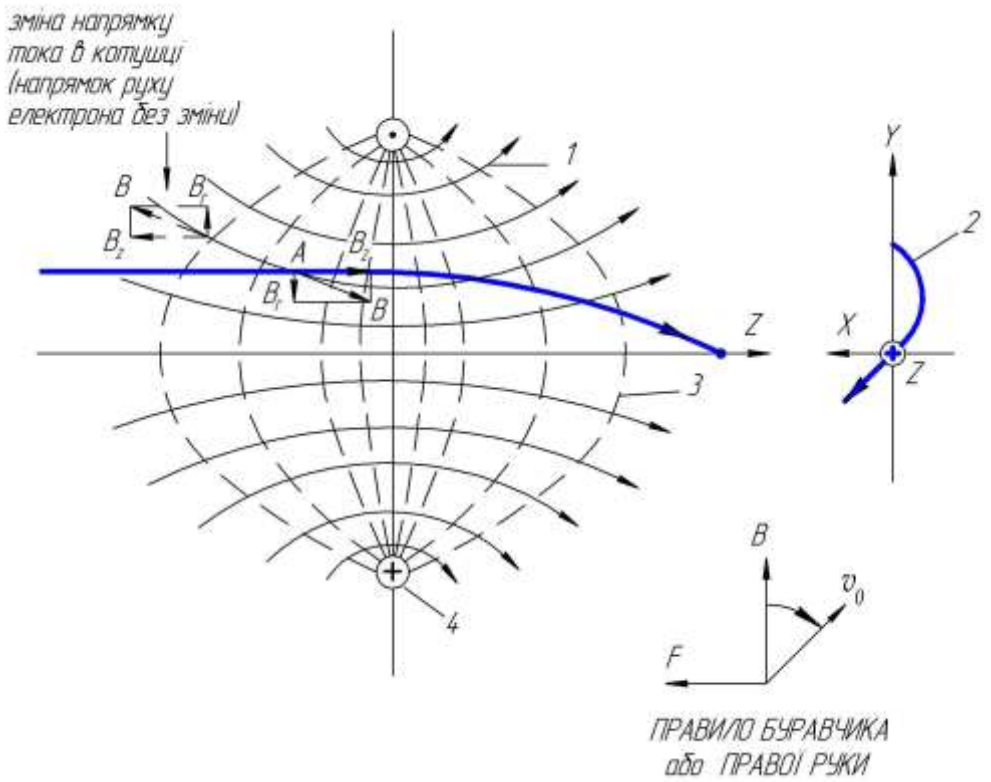

Рисунок 1 – Розподіл поля й траєкторія електронів у котушці зі струмом (найпростіша магнітна лінза): 1 - силові лінії магнітного поля, 2- проекція траєкторії; 3 - сферичні еквіпотенціальні поверхні; 4 - струм у котушці

Коротка магнітна лінза

Фокусна відстань короткої магнітної лінзи:

$$\frac{1}{f} = 1{,}03 \cdot 10^{-2} \frac{(NI)^2}{U \cdot R} \qquad (7.1)$$

де NI – число ампер-витків котушки; R - радіус котушки, в см.

➢**Недолік короткої магнітної лінзи** - великі фокусні відстані, що робить короткі магнітні лінзи непридатним для отримання зображень в режимі великих збільшень

➢**Для зменшення фокусних відстаней** застосовують котушки, оточені бронею із заліза або іншого феромагнітного матеріалу з високої магнітною проникненістю

Магнітні лінзи

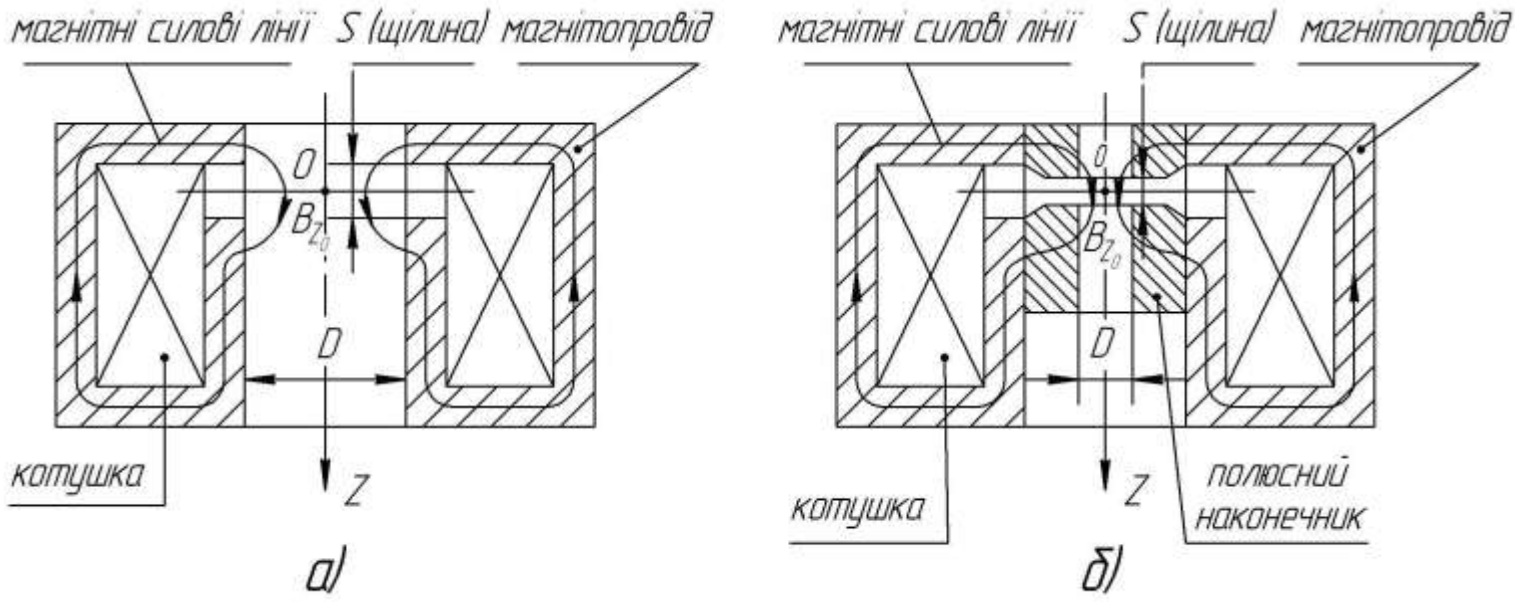

Рисунок 2 – Конструкція магнитної лінзи: без полюсного наконечника (а) та з полюсним наконечником (б)

Магнітні лінзи

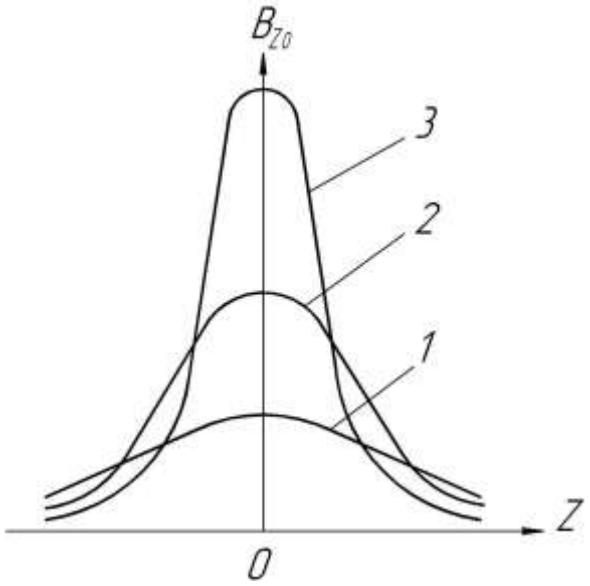

Рисунок 3 – Розподіл магнітного поля вздовж осі лінзи: лінза без заліза (1); броньована лінза без полюсного наконечника (2) та лінза з полюсним наконечником (3)

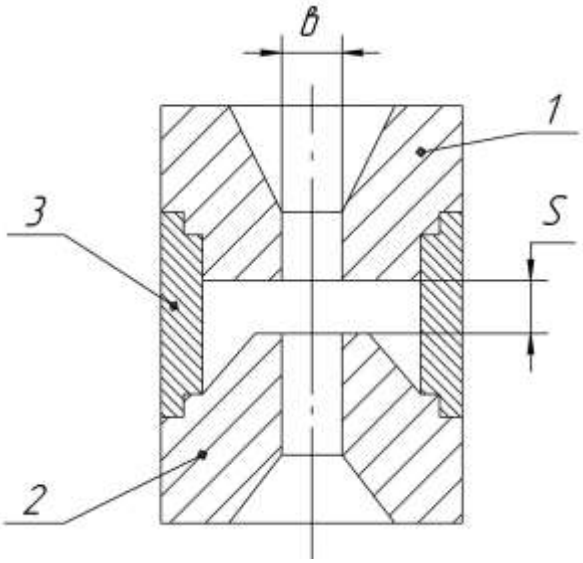

Рисунок 4 - Полюсний наконечник магнітної лінзи: 1, 2 - магнітні кільця; 3 - дистанційне кільце

Відмінність неоднорідного магнітного поля від однорідного

1. **В однорідному магнітному полі** предмет і його зображення завжди перебувають в області поля; **у неоднорідному** - предмет і зображення перебувають поза полем лінзи.
2. **Поле довгої котушки** фокусує лише промені, що входять у лінзу не паралельно її осі, тобто коли v_0 не паралельна v_{0z}, а існує $v_{0\perp}$, то **поле короткої лінзи** фокусує також і промені, паралельні її осі.
3. **За допомогою короткої лінзи можна одержати збільшене зображення предмета**.
4. **Кут повороту зображення в довгих котушках** дорівнює 360° (або n·360°), **у коротких лінзах кут повороту зображення** може бути будь-яким і визначається з наступного співвідношення:

$$\Theta = 0{,}1863 \cdot \frac{NI}{\sqrt{U^*}} \qquad (7.2)$$

де U^* – релятивістське значення прискорюючої напруги, у В.

Електромагнітні лінзи нестандартної конструкції

- Електромагнітні лінзи з котушками з охолодженням обмотки медичним ефіром за принципом парової камери;
- Електромагнітні лінзи із сильним фокусуванням.

Електромагнітні лінзи нестандартної конструкції

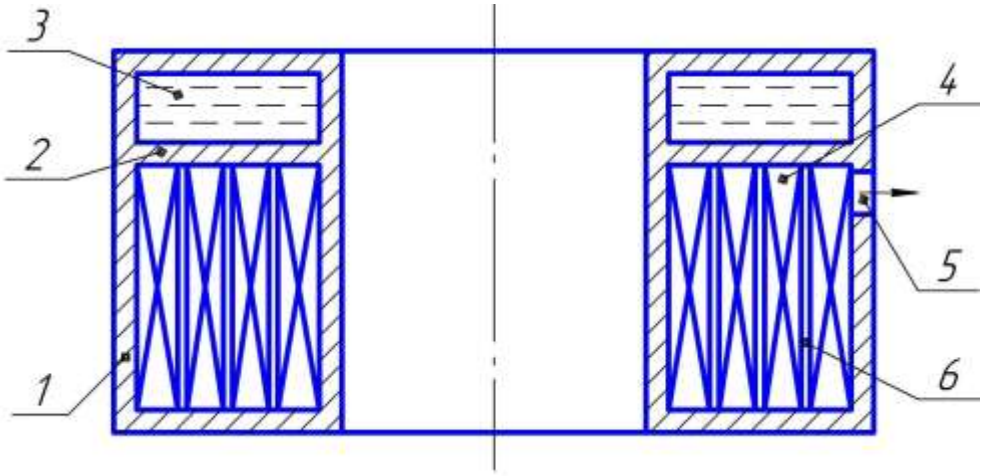

Рисунок 5 – Конструкція котушки з охолодженням обмотки за принципом парової камери: 1 – металевий корпус; 2 – щочки; 3 – камери для охолодження проточною водою; 4 – робочий об’єм; 5 – отвір; 6 – паропроводи

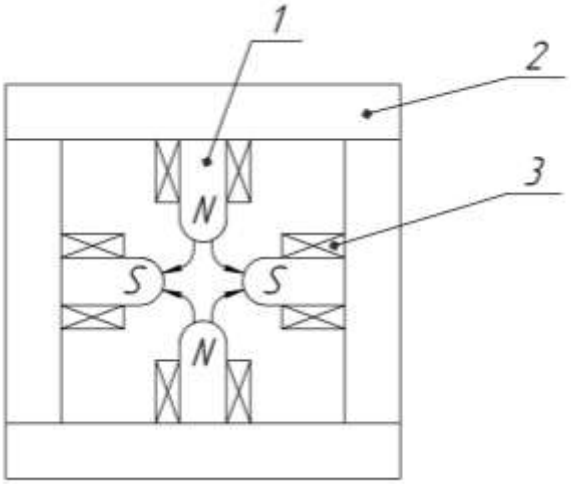

Рисунок 6 – Магнітна квадрупольна лінза із круглими полюсними наконечниками: 1 - полюс; 2 - ярмо; 3 – обмотка

Переваги магнітних лінз перед електростатичним

1. **Заломлююча сила магнітної лінзи легко регулюється** зміною сили струму в котушці, тоді як в електростатичній лінзі для цієї мети потрібно змінювати важкокеровану високу напругу.

2. **У магнітних лінзах не відбувається електричного пробою**, тоді як до електростатичних лінз прикладається дуже велика напруга (наприклад, $5 \cdot 10^4$ В), що часто приводить до пробою.

3. Досвід роботи з електронними мікроскопами показав, що **магнітні лінзи мають менші аберації**.

Дякую за увагу!