

ЕЛЕКТРОННА ТА ІОННА ОПТИКА



Викладач

к.ф.-м.н. Пазуха І.М.

Тема 3

УМОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАКОНІВ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ОПТИКИ

Основні поняття

❖ **Геометрична оптика** - розділ оптики, в якому вивчаються закони поширення світлових променів.

❖ **Геометрична електронна та іонна оптика** - оптика, яка вивчає закони поширення пучків електронів (іонів) у вакуумі під впливом електричних і магнітних полів.

❖ **Особливість електронної та іонної оптики** - рух частинок розглядається в рамках класичної механіки, що дозволяє знехтувати їх хвильовими властивостями.

❖ Поведінка пучків заряджених частинок в електромагнітних полях багато в чому подібна до поведінки світлових променів в неоднорідних оптичних середовищах, тому **електронна і іонна оптика носить назву геометричної**.

Закони оптичних явищ

- 1. Закон прямолінійного розповсюдження світла** - в однорідному і ізотропному середовищі світло поширюється прямолінійно.
- 2. Закон незалежності світлових променів** – світлові промені поширюються незалежно один від одного.
- 3. Закон відбиття світла** – відбитий промінь лежить в одній площині з падаючим променем і нормаллю до поверхні, що відбиває. Кут відбиття дорівнює куту падіння.
- 4. Закон переломлення світла** – переломлений промінь лежить в одній площині з падаючим променем і нормаллю до поверхні. Що відбиває. Відношення синуса кута падіння до синуса кута переломлення величина стала для даних речовин.

Причини відхилення руху заряджених частинок від законів геометричної оптики

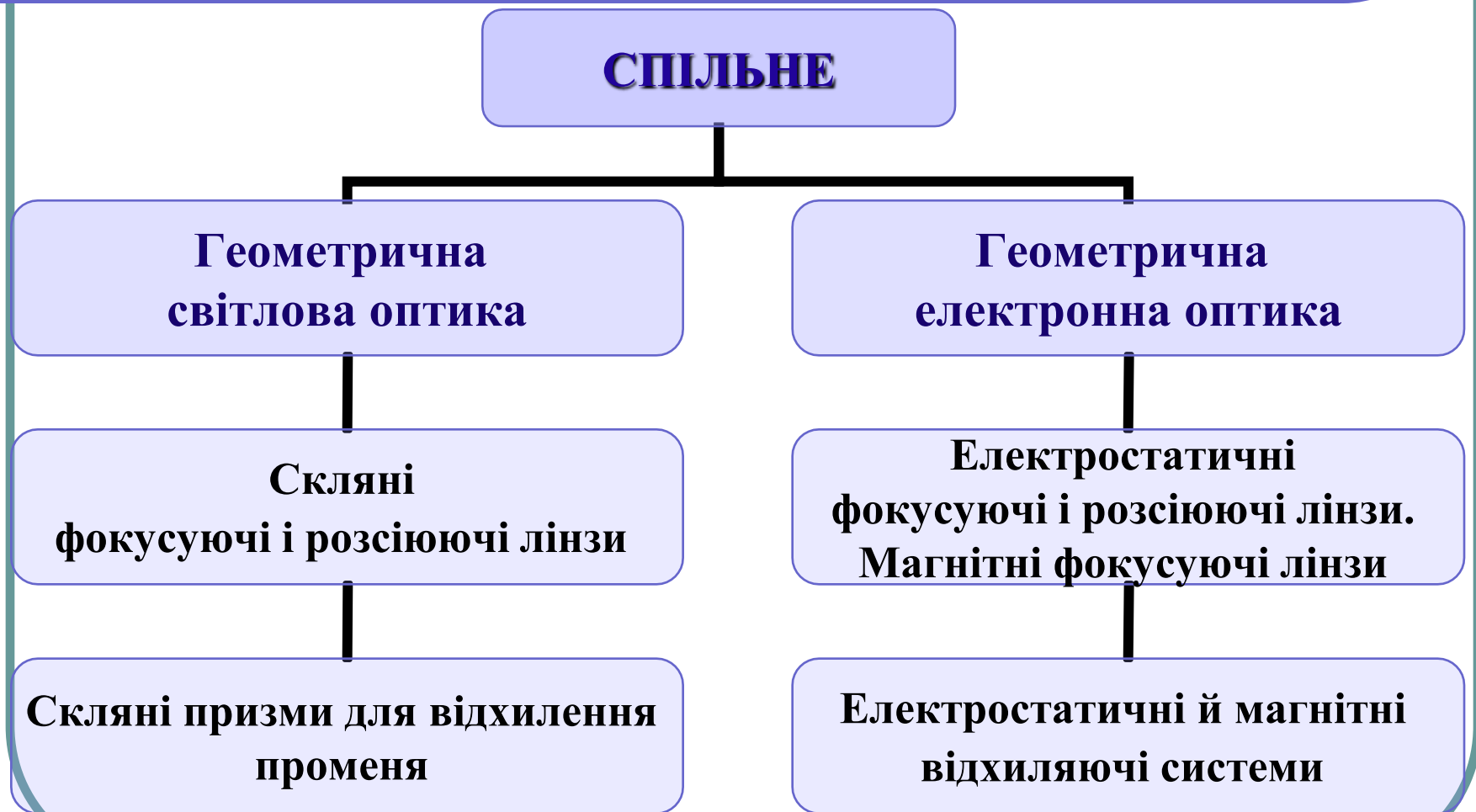
1. Взаємодія електронного пучка з молекулами залишкового газу.

- ❑ Через неідеальність вакууму в приладі, електрони, що рухаються, будуть розсіюватися в результаті зіткнень із молекулами газу.
- ❑ Щоб впливом цього процесу можна було знехтувати, довжина вільного пробігу електронів повинна значно перевищувати довжину електронного пучка у приладі.

2. Взаємодія електронів у пучку.

- ❑ При великій густині об'ємного заряду електрони відштовхують один одного, що викликає викривлення траєкторій, тобто відхилення траєкторії від прямолінійної.

Співставлення геометричної електронної оптики зі світловою оптикою



Співставлення геометричної електронної оптики зі світловою оптикою

РІЗНЕ

Геометрична світлова оптика

Зміна ходу променя відбувається стрибкоподібно на межі скло-повітря

Максимальне відношення коефіцієнта переломлення

$$\frac{n_{\text{скло}}}{n_{\text{повітря}}} = 3:1$$

Гостре фокусування здійснюється переміщенням лінзи

Геометрична електронна оптика

Зміна ходу променя відбувається поступово

Показник переломлення змінюється в набагато більших межах

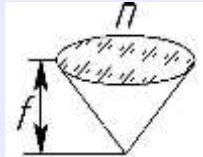
Фокусування здійснюється електричним шляхом

Співставлення геометричної електронної оптики зі світловою оптикою

РІЗНЕ

Геометрична світлова оптика

Для скляної лінзи
 $n=\text{const}, f=\text{const}$



Сканування променя здійснюється за рахунок обертання лінзи

Геометрична електронна оптика

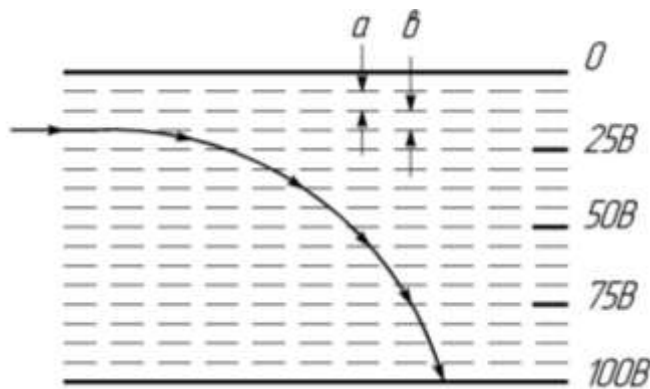
В електростатичній лінзі і у магнітній лінзі можна одержати різні $n=f(E)$ або $n=f(H)$, а також f

Лінзи нерухомі. Змінюється потенціал на електродах або магнітне поле у котушках

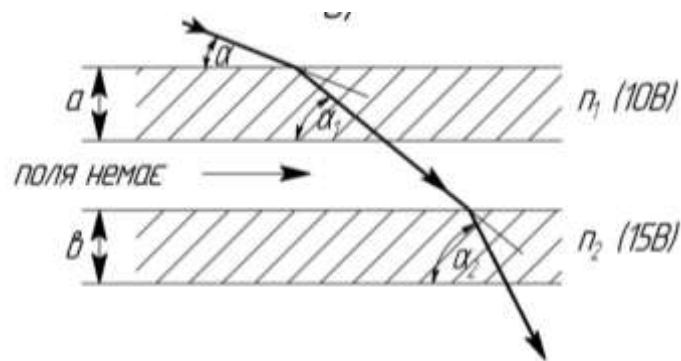
Переломлення електронного променя в електричному відхиляючому полі

Якщо у просторі між електродами, що створюють однорідне електричне поле, на однаковій відстані одна від одної розмістити дротяні сітки, на які подається різний за величинами потенціал, то електричне поле між пластинами стає неоднорідним (рис. 1а).

Весь простір між електродами можна розділити на “електричні подвійні шари” нескінченної довжини, у яких концентрується поле



а



б

Рисунок 1 - Переломлення електронного променя в відхиляючому електричному полі

Переломлення електричного променя в плоскопаралельному електричному подвійному шарі

Подвійний електричний шар – тонкий шар на межі двох фаз із просторово розділених електричних зарядів протилежного знаку.

Закон електронно-оптичного переломлення:

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{U_2}}{\sqrt{U_1}} = \frac{n_2}{n_1} \quad (3.1)$$

де n_1 і n_2 – як і у світловій оптиці - показники переломлення середовища до подвійного шару і після нього.

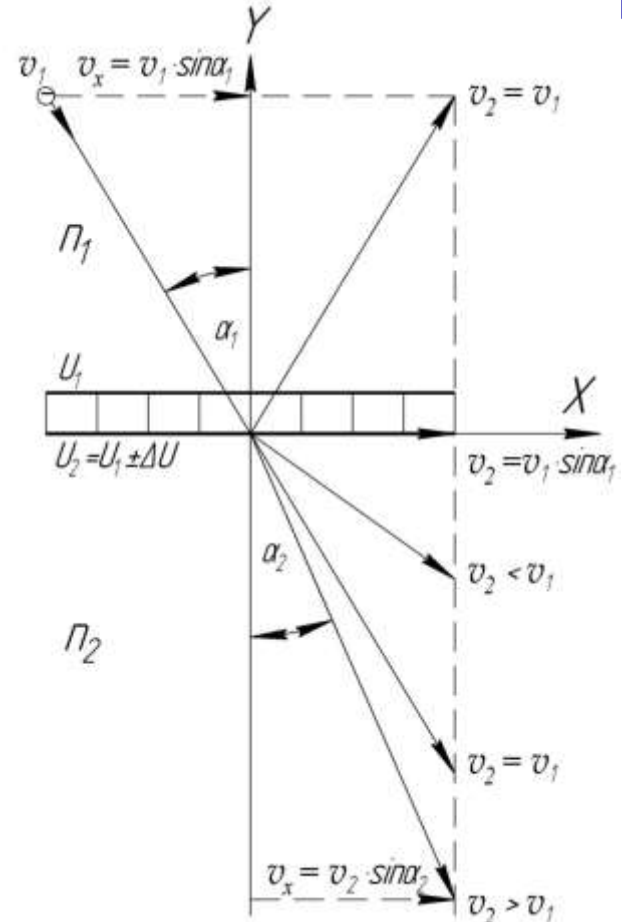


Рисунок 2 - Переломлення електричного променя в плоскопаралельному електричному подвійному шарі

Переломлення електричного променя в плоскопаралельному електричному подвійному шарі

Окремі випадки

1.	$U_2 > U_1$ – переломлення променя відбувається вбік нормалі. Поле буде прискорюючим, $v_2 > v_1$.
2.	$U_2 = U_1$ - поле відсутнє. Траєкторія не змінюється, $v_2 = v_1$.
3.	$U_2 < U_1$ - переломлення променя вбік від нормалі. Це гальмуюче поле, тобто $v_2 < v_1$.
4.	$U_2/U_1 = \sin^2 \alpha_1$, тобто $\sqrt{U_2}/\sqrt{U_1} = \sin \alpha_1$. Граничні умови для повного відбиття, $\alpha_2 = 90^\circ$.
5.	$U_2/U_1 < \sin^2 \alpha_1$, тобто $\sqrt{U_1}/\sqrt{U_2} < \sin \alpha_1$ Повне відбиття в гальмуючому полі.

Дякую за увагу!