

Урок 59. Дифракція світла. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракційні ґратки.

Мета. З'ясувати умови спостереження дифракції світла, вміти пояснювати явище дифракції світла на основі принципу Гюйгенса-Френеля, знати про дифракційні ґратки та їх використання. Розвивати образне та критичне мислення, творчу уяву.

Хід уроку

1. Актуалізація опорних знань.

1. У чому полягає явище інтерференції світла?
2. За яких умов можна спостерігати інтерференційну картину?

2. Вивчення нового матеріалу.

Пропоную переглянути відеоурок:

<https://www.youtube.com/watch?v=8HpelE-CkiQ>

Дифракція хвиль. Якщо на шляху пучка світла поставити невелике непрозоре тіло, розміри якого порівнянні з довжиною світлової хвилі, то світло, огинаючи краю цього тіла, буде відхилятися від прямолінійного поширення.

Відхилення від прямолінійного поширення хвиль, огинання хвилями перешкод, проникнення в область геометричної тіні називається дифракцією.

Це явище властиве всім хвильовим процесам.

Дифракція — це порушення прямолінійності поширення хвиль під час проходження повз перешкоду або через отвір.

Дифракція світла. **Дифракція** — це явище огинання світлом меж непрозорих тіл — країв отворів, вузьких щілин й екранів, тобто порушення прямолінійності світла.

Дифракція світла визначає межі застосовності геометричної оптики.

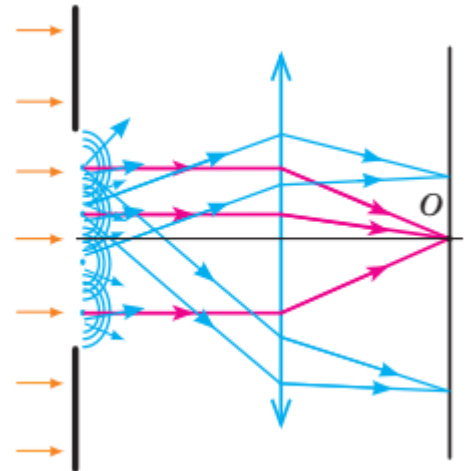
Виявляється, закон прямолінійного поширення світла й інші закони геометричної оптики виконуються досить точно лише в тому випадку, коли розміри перешкод на шляху поширення світла набагато більші за довжину світлової хвилі. Огинання світлом перешкод обмежує розділювальну здатність найважливіших оптичних інструментів — телескопа й мікроскопа.

Принцип Гюйгенса- Френеля

Кількісну теорію дифракції світла побудував французький фізик Огюстен Жан Френель (1788–1827), сформулювавши принцип, який із часом отримав назву принцип Гюйгенса — Френеля:

Кожна точка хвильової поверхні є джерелом вторинної хвилі, ці вторинні хвилі є когерентними; хвильова поверхня в будь-який момент часу є результатом інтерференції вторинних хвиль.

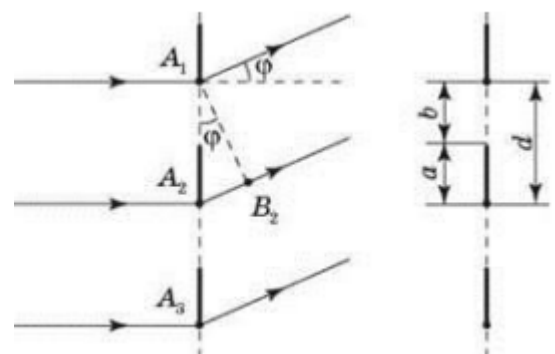
Якщо на вузьку щілину падає плоска світлова хвиля, то на екрані, який розташований на досить великій відстані від щілини, можна спостерігати дифракційну картину (див. рис.). Пояснимо її появу, користуючись принципом Гюйгенса — Френеля. Згідно з цим принципом, освітлену щілину можна розглядати як велику кількість вторинних джерел світла, від кожного з яких в усіх напрямках поширюються когерентні хвилі. Різниця ходу вторинних хвиль, що падають перпендикулярно до екрана (на рис. ці хвилі позначені червоним), дорівнює нулю (лінза не дає додаткової різниці ходу). Тому всі вторинні хвилі, що потрапляють у точку О, посилюють одна одну. Для інших точок екрана різниця ходу падаючих хвиль уже не дорівнюватиме нулю, тому в цих точках можуть спостерігатися інтерференційні максимуми або мінімуми, створюючи дифракційну картину.



Дифракційна решітка. Дифракційна решітка — це спектральний прилад, що використовують для розкладання світла в спектр і вимірювання довжини хвилі.

Назвемо періодом d дифракційної решітки сумарну ширину щілини й непрозорого проміжку: $d = a + b$. Розглянемо вторинні світлові хвилі від точок A_1 і A_2 , які поширюються під кутом ϕ до напрямку первинної хвилі. Різниця ходу цих хвиль:

$$A_2B_2 = d \sin \phi.$$



Отже, умова взаємного посилення двох вторинних хвиль має вигляд:

$$d \sin \phi = k\lambda,$$

де $k = 0, 1, 2, \dots$

Рівність $d \sin \phi = k\lambda$ є умовою максимуму освітленості.

Значення k визначає порядок дифракційного максимуму. У всіх напрямках, для яких кут ϕ не відповідає отриманій формулі, світлові хвилі практично не поширюються.



Положення максимумів світла не залежить від кількості щілин, а залежить

тільки від довжини хвилі. Що менше довжина хвилі випромінювання, то меншому значенню кута відповідає положення максимуму. Таким чином, видиме оптичне випромінювання розтягується в спектр так, що внутрішнім краєм його є фіолетове, а зовнішнім — червоне оптичне випромінювання. Значення $k = 0$ відповідає максимуму за напрямком $\varphi = 0$ для всіх довжин хвиль. Тому нульовий спектр являє собою біле зображення щілини.

3. Вчимося розв'язувати задачі.

Задача 2. На дифракційну решітку, що має $N = 200$ штрихів на міліметр, нормально падає світло довжиною хвилі $\lambda = 500$ нм. Визначте:

а) найбільший порядок спектра;

б) кут, під яким спостерігають максимум другого порядку.

Розв'язання. Формула дифракційної решітки має вигляд:

$$d \sin \varphi = k \lambda, \text{ де } d = \frac{l}{N}$$

$$\text{Звідси одержуємо: } \sin \varphi = \frac{N k \lambda}{l}.$$

$$\text{Максимальному } k \text{ відповідає } \sin \varphi = 1, \text{ отже, } k_{\max} = \frac{d}{\lambda} = \frac{l}{N \lambda}.$$

Визначаємо значення шуканих величин:

$$\sin \varphi = \frac{200 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 10^{-7}}{10^{-3}} = 0,2, \text{ звідки } \varphi = 12^\circ.$$

$$k_{\max} = \frac{10^{-3}}{200 \cdot 5 \cdot 10^{-7}} = 10.$$

4. Запитання на закріплення.

1. У чому полягає явище дифракції світла?
2. Яке з положень геометричної оптики порушує явище дифракції світла?
3. За яких умов простежується дифракція?
4. Чому інколи дифракцію вважають частковим випадком інтерференції?
5. Які конструктивні особливості дифракційної решітки?

5. Домашнє завдання

Вивчити параграф 34.

Задача 1. Знайдіть найбільший порядок спектра для жовтої лінії натрію довжиною хвилі 589 нм, якщо період дифракційної решітки 2 мкм.

Задача 2. Дифракційна решітка, що має 100 штрихів на 1 мм, віддалена від екрана на 1,8 м. На якій відстані від центральної щілини перебуває перший максимум освітленості, якщо на решітку падає монохроматичне світло довжиною хвилі 410 нм?