

Дифракція світла

Основні терміни та закони:

Дифракція світла, дифракційна картина, принцип Гюйгенса-Френеля, дифракційна ґратка, стала ґратки, формула дифракційної ґратки, дифракційний спектр.

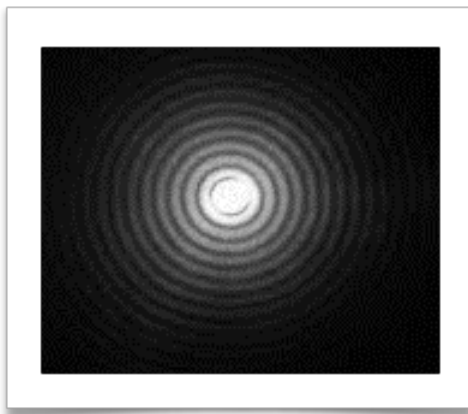
Дифракція – явище огинання хвилями перешкод.

Умови спостереження дифракції: при проходженні світла крізь малі отвори або при огинанні світлом перешкод, розміри яких порівнянні з довжиною світлової хвилі. Хвилі, що огинають перешкоду, когерентні, тому дифракція завжди супроводжується інтерференцією.

Дифракційна картина – це інтерференційна картина, яка отримана внаслідок дифракції.

Дифракція світла – це огинання світловими хвилями межі непрозорих тіл і проникнення світла в ділянку геометричної тіні.

Приклад: При проходженні світла через малий круглий отвір на екрані навколо центральної світлової плями спостерігаються світлі та темні кільця, які чергуються.



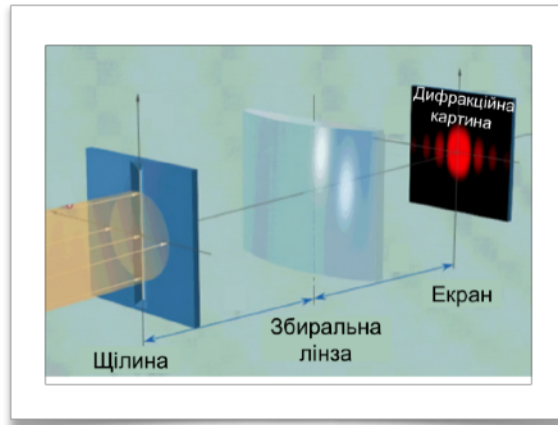
Пояснення Френеля: світлові хвилі інтерферують між собою (світлові хвилі сходяться з різних точок в одну точку на екрані в результаті дифракції).

Досліджував явище дифракції Огюстен Френель. Він побудував кількісну теорію дифракції, яка дає можливість у принципі розрахувати дифракційну картину, що виникає внаслідок огинання світлом будь-яких перешкод. Цих успіхів Френель досяг, об'єднавши принцип Гюйгенса із припущенням про інтерференцію вторинних хвиль.

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.

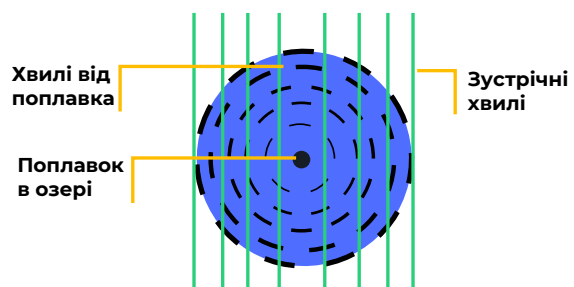
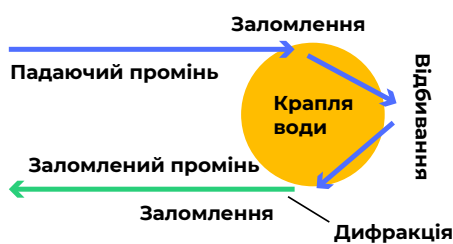
Якщо на вузьку щілину падає плоска світлова хвиля, то на екрані, який розташований на доволі великій відстані від щілини, можна спостерігати дифракційну картину.



Згідно з принципом Гюйгенса–Френеля, освітлену щілину можна розглядати як велику кількість вторинних джерел світла, від кожного з яких в усіх напрямках поширюються когерентні хвилі.

Оскільки вторинні хвилі від крайніх точок щілини мають вигнуту поверхню, то новоутворений фронт хвилі розширюється та деформується. Утворюється дифракційна картина.

Дифракційна картина – система попергових світлих і темних кілець. Якщо перешкода має лінійний характер (щілина, нитка, край екрана), то на екрані виникає система рівнобіжних дифракційних смуг.



Щоб дифракційна картина була більш вираженою, світло пропускають не крізь одну чи дві щілини, а крізь кілька паралельних щілин. У цьому разі, крім явища дифракції, відбувається ще і явище інтерференції, оскільки промені, які йдуть від усіх щілин, будуть когерентними. Відповідний пристрій називають дифракційною ґраткою.

Дифракційна ґратка – прозора пластинка з нанесеною системою паралельних непрозорих смуг (щілин), розташованих на однаковій відстані одна від одної.

Період ґратки (стала ґратки) d – це загальна ширина непрозорої та прозорої ділянок дифракційної ґратки.

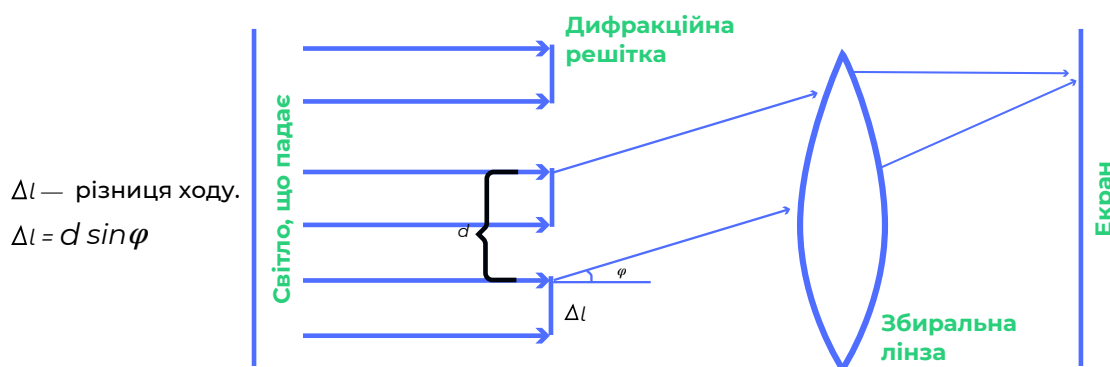
$$d = a + b$$



a – ширина непрозорої ділянки (у прозорих ґратках) або смуги, що розсіює світло (у відбивних ґратках);

b – ширина прозорої ділянки (або смуги, що відбиває світло).

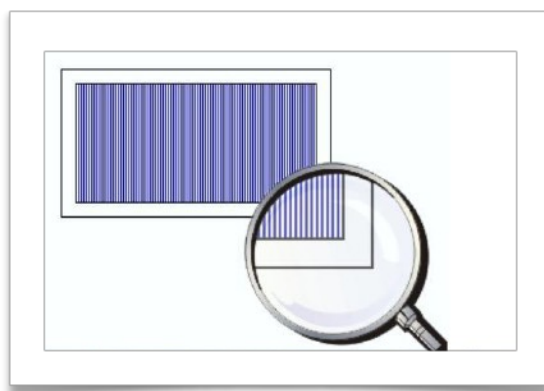
На ґратку падає монохроматична хвиля із плоским хвильовим фронтом:



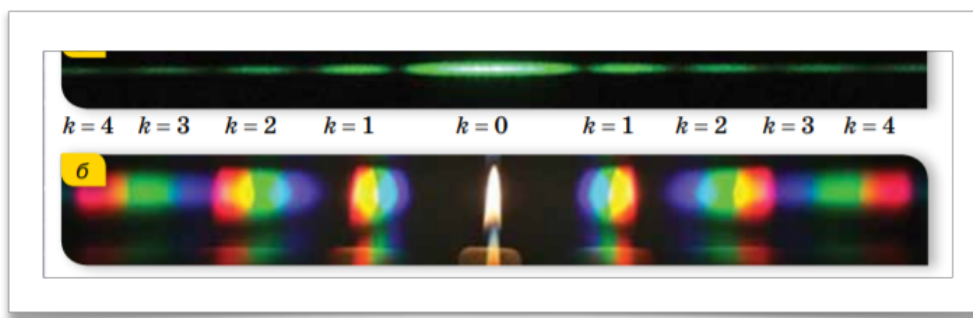
Інтерференційний максимум спостерігається під кутом φ , обумовленим умовою:

$d \sin \varphi = k \lambda$ (**формула дифракційної ґратки**), де k – порядок максимуму: $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ λ – довжина світлової хвилі.

З формули видно, що для вимірювання довжини світлової хвилі за допомогою дифракційної ґратки треба виміряти тільки кут φ для даного значення k , оскільки d завжди відоме. Кут можна виміряти з великою точністю, отже, велику точність буде забезпечено і для визначення довжини хвилі. Зазначимо: що меншим є період ґратки, то точнішим буде результат вимірювання λ .



Утворену на екрані картину називають дифракційним спектром.



Кожному значенню коефіцієнта k відповідає своя лінія (максимум освітленості), тому його ще називають порядком. Між максимумами розміщуються мінімуми освітленості. Якщо $k = 0$, то по центру ґратки в напрямку $\phi = 0$ спостерігається світла смуга — максимум нульового порядку — для будь-якої довжини хвилі.

Приклад розв'язання типових задач:

Умова задачі: Визначте довжину хвилі монохроматичного світла, що падає на ґратку з періодом 4 мкм, якщо максимум першого порядку видно під кутом 30° .

Дано:

$$d = 4 \text{ мкм}$$

$$= 4 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$k = 1$$

$$\phi = 30^\circ$$

$$\lambda = ?$$

Розв'язання

Використаємо формулу дифракційної ґратки:

$$d \sin \phi = \lambda k \Rightarrow \text{Виразимо формулу для обчислення довжини хвилі світла:}$$

$$\lambda = \frac{d \sin \phi}{k}$$

Обрахуємо:

$$\lambda = \frac{4 \cdot 10^{-6} \cdot \sin(30^\circ)}{1} = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

Відповідь: 2 мкм.

Рекомендовані джерела:

https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-interference/latest/wave-interference_uk.html – програмне забезпечення, в якому можна експериментувати з дифракцією через еліптичні, прямокутні або неправильні отвори.

Перелік використаних джерел:

1. Засекіна Т. М. 3-36 Фізика (профільний рівень, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Локтева В. М.) : підруч. для 11 кл. закладів загальної середньої освіти / Т. М. Засекіна, Д. О. Засекін. — К. : УОВЦ «Оріон», 2019. — 304 с.
2. Фізика (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Локтева В. М.) : підруч. для 11 кл. закл. загал. серед. освіти / [Бар'яхтар В. Г., Довгий С. О., Божинова Ф. Я., Кірюхіна О. О.] ; за ред. Бар'яхтара В. Г., Довгого С. О. — Харків : Вид-во «Ранок», 2019. — 272 с.
3. Засекіна Т. М. 3-36 Фізика і астрономія (профільний рівень, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Ляшенка О. І.) : підруч. для 11 кл. закладів загальної середньої освіти / Т. М. Засекіна, Д. О. Засекін. — К. : УОВЦ «Оріон», 2019. — 304 с.
4. Фізика . Тести. 7 — 11 кл. : посібник / Н. В. Татарчук. — Ф48К. : ВЦ «Академія», 2008. — 440 с.
5. Дідович М.М. Фізика: довідник для абітурієнтів та учнів загальноосвітніх навчальних закладів/М.М. Дідович, Є.В. Коршак.- К.: Літера ЛТД, 2013.-448с.
6. Ніконов О. Фізика на пальцях. /Олександр Ніконов; перекладач Наталія Шайного. 4-те видання.-Київ: Форс Україна, 2019.-336с.
7. Дудінова О.В. Фізика в таблицях і схемах.-Х.: Торсінг плюс, 2016.-96с.
8. Фізика. Комплексне видання/ М.О. Альошина, Г.С. Богданова, Ф.Я. Божинова, Л.А. Кирик, Ю.А. Соколович.-11-те видання.-Київ: Літера ЛТД, 2018.-384с.- (Серія «Зовнішнє незалежне оцінювання»).