

Autor: Ewa Szymańczuk

Przygotowanie teoretyczne do tematu lekcji:

Co to jest siatka dyfrakcyjna?

Siatka dyfrakcyjna jest to układ szczelin i przesłon na przemian przepuszczających lub pochłaniających (rozpraszających) światło. W typowych optycznych siatkach dyfrakcyjnych jest kilkaset szczelin na jednym milimetrze. Rozmiar takiej siatki wynosi zwykle kilka lub kilkanaście centymetrów, dlatego cała siatka ma wiele tysięcy szczelin.



Źródło zdjęcia: <https://www.brecklandscientific.co.uk/>

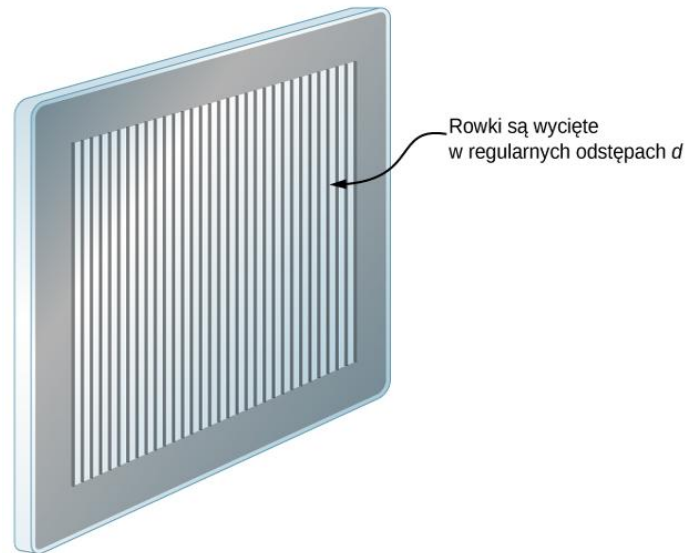
W siatce dyfrakcyjnej odległość między środkami sąsiednich szczelin jest taka sama i nazywa się **stałą siatki d** .

Przykład obliczania stałej siatki dyfrakcyjnej:

Siatka mająca 200 rys na 1mm, ma stałą siatki równą:

$$a = \frac{1\text{mm}}{200} = 0,005\text{mm} = 5 \cdot 10^{-6} \text{m}$$

Zastosowanie siatki jako przyrządu optycznego opiera się na zjawisku dyfrakcji, czyli na odchyleniu światła od prostoliniowej drogi, które nie może być zinterpretowane jako odbicie lub załamanie i występuje, gdy fala świetlna napotyka na przeszkodę.



Źródło ilustracji: <https://cnx.org/contents/k3dGq5D7@1/Diffraction-Gratings>

Co stanie się, gdy na siatkę dyfrakcyjną skierujemy wiązkę światła monochromatycznego?

Światłem monochromatycznym nazywamy światło, które ma jedną, ściśle określoną barwę, jak na przykład światło lasera.

Zgodnie z zasadą Huygensa, każdy punkt ośrodka, do którego dociera fala – szczelina siatki – staje się źródłem powstania nowej fali świetlnej. Oprócz promieniowania biegnącego na wprost pojawiają się dodatkowe wiązki, skierowane symetrycznie po obu stronach, leżące w płaszczyźnie prostopadłej do szczelin siatki. Na ekranie ustawionym za siatką powstają wyraźne plamki - obszary oświetlone i nieoświetlone.

W punktach, gdzie do ekranu docierają grzbiety (doliny) fali świetlnej, powstaje jasny prążek (plamka) – **maksimum interferencyjne**, czyli **wzmocnienie fali**.

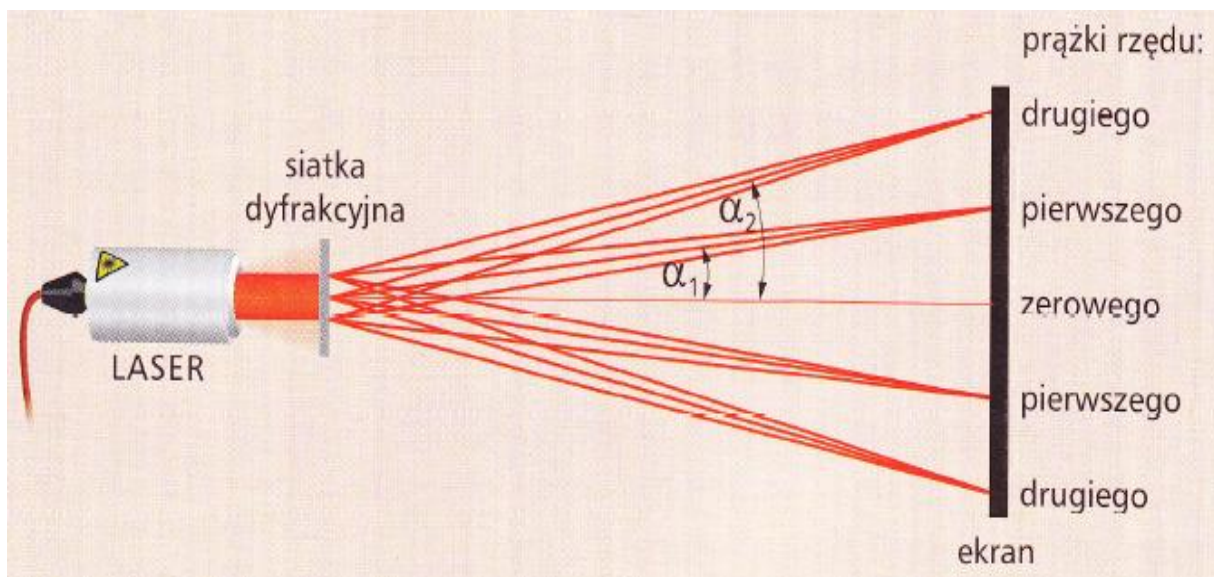
$$\sin \alpha_n = \frac{n\lambda_n}{d}$$

W punktach, gdzie do ekranu docierają grzbiety fali świetlnej, z jednego źródła oraz doliny fali z drugiego źródła, obserwujemy ciemny prążek interferencyjny – **minimum interferencyjne**, czyli **wygaszenie fali**.

$$\sin \alpha_n = \left(n + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda_n}{d}$$

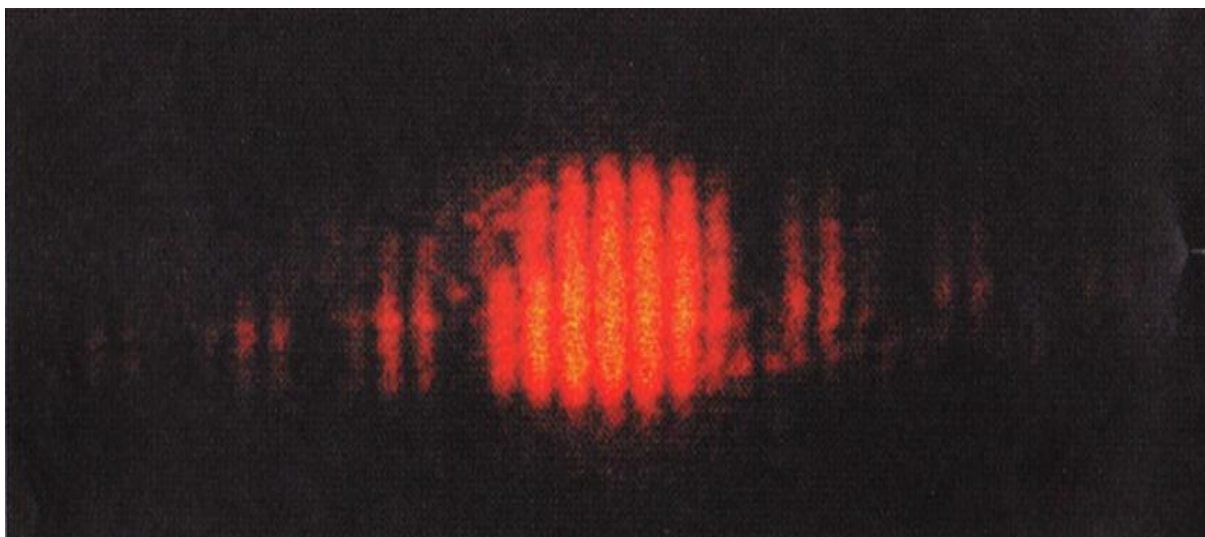
n - numer rzędu prążka

Schemat układu doświadczalnego do badania obrazu powstającego po przejściu światła laserowego przez siatkę dyfrakcyjną.



Źródło ilustracji: „Fizyka i astronomia 3” P. Walczak, G.F. Wojewoda, wyd. Operon

Obraz powstały w wyniku nakładania się fal spójnych pochodzących z dwóch lub więcej źródeł nazywamy **obrazem interferencyjnym**. Dwie fale są spójne, gdy w każdym punkcie, w którym się spotykają mają taką samą częstotliwość oraz są wysyłane przez źródła w zgodnej fazie.



Źródło ilustracji: „Fizyka i astronomia 3” P. Walczak, G.F. Wojewoda, wyd. Operon

Taka superpozycja fal spójnych pochodzących z różnych źródeł nazywana jest **zjawiskiem interferencji**.

Ponieważ za pomocą siatki dyfrakcyjnej otrzymuje się ostre prążki (plamki) na ekranie, można dokonać pomiaru kątów spełniających warunki wzmocnienia, co umożliwi dokładne wyznaczenie długości fali światła.

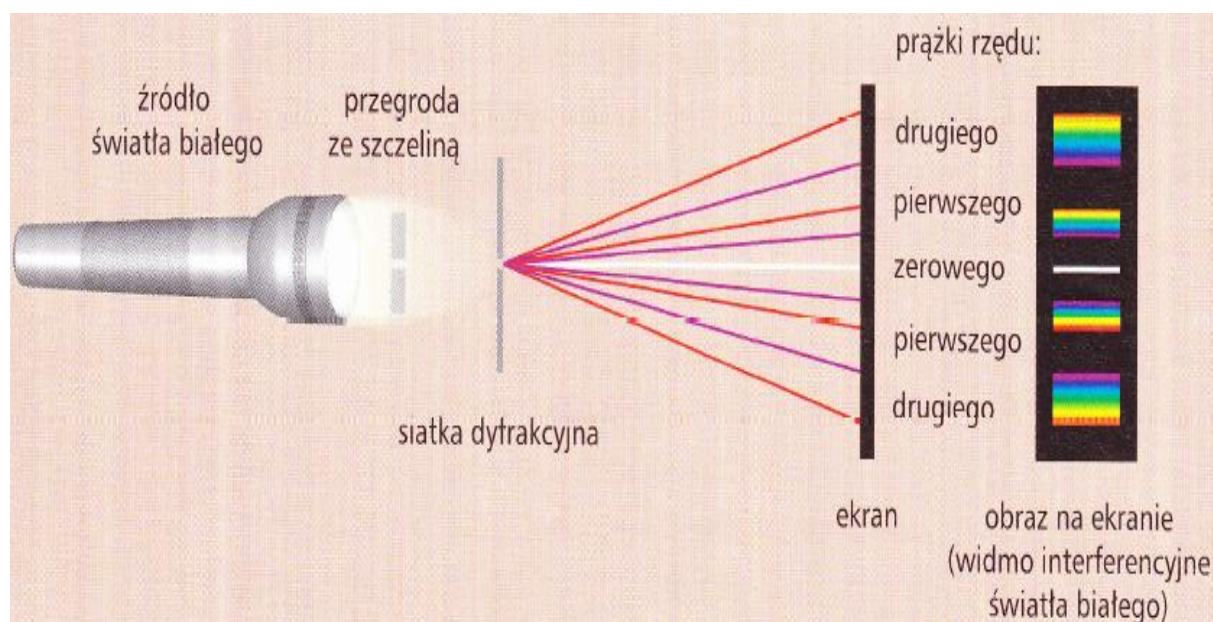
$$\lambda_n = \frac{d \cdot \sin \alpha_n}{n}$$

Co stanie się, gdy na siatkę dyfrakcyjną skierujemy wiązkę światła białego?

Światło, które jest mieszaniną fal o różnych długościach nazywamy **światłem** niemonochromatycznym, czyli **białym**.

Spoglądając na wzór wzmocnienia fali, można zauważyć, że dla różnych długości fal następują różne położenia plamek na ekranie. Przykładowo, długość światła czerwonego jest większa niż fioletowego, stąd prążek czerwony pojawi się w innym miejscu niż fioletowy.

Schemat układu doświadczalnego do badania obrazu powstającego po przejściu światła białego przez siatkę dyfrakcyjną.



Źródło ilustracji: „Fizyka i astronomia 3” P. Walczak, G.F. Wojewoda, wyd. Operon

Okazuje się, że siatka podobnie jak pryzmat, rozszczepia światło białe na poszczególne barwy. W pryzmacie rozszczepienie powstaje poprzez załamanie światła, natomiast w siatce dyfrakcyjnej jest ono wynikiem interferencji. Gdy na siatkę dyfrakcyjną pada światło białe, obserwujemy różnokolorowe plamki. W każdej plamce pod najmniejszym kątem odchyłona zostaje barwa niebieska, natomiast pod największym – czerwona (odwrotnie niż w pryzmacie). Prążek zerowego rzędu jest białą plamką.



Źródło ilustracji: <http://growtent.iai-shop.com/data/include/cms/artykuly/spectrum.jpg>

Zastosowanie i rodzaje siatek dyfrakcyjnych



Źródła zdjęć: motyl - autor zdjęcia: Ewa Szymańczuk,
spektrometr - <https://int.frederiksen.eu/shop/product/spectrometer>,
płyta CD - <https://wikipedia.org/wiki/File:Interference-colors.jpg>,
paw - <https://fajnepodroze.pl/wp-content/uploads/2019/02/paw.jpg>

Siatki dyfrakcyjne to przyrządy optyczne mające liczne zastosowania w badaniach naukowych. Stanowią element budowy spektrometrów - przyrządów służących do badania widm atomowych, a analiza widmowa pozwala określić skład chemiczny substancji na podstawie charakterystycznych dla niej linii widmowych.

Płytę CD można potraktować jak odbiciową siatkę dyfrakcyjną. Stała tej siatki odpowiada odległości między ścieżkami z zapisaną informacją (lub jeszcze nie zapisaną - czysta płyta również rozszczepia światło). W ten sposób, padający promień światła "odbija" się, a właściwie rozprasza, na równo ułożonych przeszkodach. Niekiedy biżuterię również można traktować jak odbiciową siatkę dyfrakcyjną - posiadają cienkie rowki, które odbijają światło na zasadzie dyfrakcji, zamieniając je w wielobarwną, błyszczącą mozaikę. Podobnie powstaje zabarwienie piór ptaków czy skrzydeł motyli. U niektórych

owadów, jak motyl *Morpho rhetenor* znaleziono skomplikowany układ odbijających podfalowych siatek dyfrakcyjnych, które nadają skrzydłom intensywną błękitną barwę i metaliczny połysk. W budowie oka wielu gatunków ciem odkryto na rogówce oka mikroskopijne pręciki o rozmiarach rzędu 200nm, powoduje to zmniejszenie odbicia światła od rogówki.

Nasze rzęsy również stanowią siatkę dyfrakcyjną. Dlatego spoglądając na światło i mrużąc przy tym oczy, możemy zauważyć zabarwione tęczowo światło.

Literatura:

- 1) „Fizyka wokół nas”, Paul G. Hewitt, Wydawnictwo Naukowe PWN
- 2) „Zrozumieć fizykę 3” M. Braun, K. Byczuk, A. Sewryn-Byczuk, E. Wójtowicz, wyd. Nowa Era
- 3) „Fizyka III”, autor Jerzy Ginter, wyd. WSiP
- 4) „Fizyka i astronomia 3” P. Walczak, G.F. Wojewoda, wyd. Operon
- 5) „Po prostu Fizyka” L. Lehman, W. Polsiuk, wyd. WSiP
- 6) <https://blog.p.lodz.pl/nauka-i-badania/co-laczy-swiat-technologie-i-swiat-owadow>
- 7) <http://ilf.fizyka.pw.edu.pl/podrecznik/3/8/7?type=accessible>

Scenariusz lekcji fizyki w klasie czwartej technikum

Temat zajęć		Siatka dyfrakcyjna. Wyznaczanie długości fali za pomocą siatki dyfrakcyjnej
Dział		Fizyka
Klasa (poziom edukacyjny)		Klasa IV
Czas trwania zajęć		45 minut
Lp.	Element scenariusza	
1	Cel ogólny	<ul style="list-style-type: none"> ✓ wykorzystanie pojęcia i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości; ✓ rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.
2	Cele szczegółowe	<p>Uczeń:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ wie, co jest siatka dyfrakcyjna ✓ doświadczalnie bada dyfrakcję światła na siatce dyfrakcyjnej ✓ wyznacza długość fali świetlnej przy użyciu siatki dyfrakcyjnej
3	Formy i metody	<ul style="list-style-type: none"> ✓ pogadanka z pokazem doświadczenia ✓ obserwacja ✓ prezentacja wyników ✓ dyskusja ✓ praca w grupach (rozwiązywanie Kart Pracy)
4	Środki dydaktyczne	<ul style="list-style-type: none"> ✓ siatka dyfrakcyjna ✓ taśma klejąca ✓ wskaźnik laserowy ✓ taśma miernicza
5	Wprowadzenie do zajęć	<p>I. Część wstępna:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ czynności porządkowe ✓ nauczyciel podaje temat zajęć: „Siatka dyfrakcyjna.

		<p>Wyznaczanie długości fali za pomocą siatki dyfrakcyjnej.”</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ nauczyciel zapoznaje z celami lekcji ✓ nauczyciel wyjaśnia zasady pracy na lekcji ✓ uczniowie zapisują temat w zeszytach.
6	Przebieg zajęć	<p>II. Część właściwa:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Nauczyciel wyjaśnia uczniom pojęcie siatki dyfrakcyjnej, opisuje budowę oraz jej zastosowanie. Prezentuje ją uczniom, a następnie przekazuje każdemu uczniowi do obejrzenia. <p>Uczniowie notują najważniejsze informacje.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Następnie nauczyciel przechodzi do pokazu wyznaczania długości fali za pomocą siatki dyfrakcyjnej. Przygotowaną siatkę dyfrakcyjną umieszcza w pozycji pionowej, ustawiając naprzeciwko laser, w ten sposób, aby wiązka światła laserowego padała na siatkę prostopadle. Na białej tablicy uczniowie obserwują efekt doświadczenia. ✓ Po obejrzeniu pokazu, uczniowie otrzymują od nauczyciela karty pracy (Załącznik 1). Zadaniem uczniów jest analiza przykładowych (podanych już) wyników pomiaru przedstawionego doświadczenia i obliczenie długości fali światła laserowego zgodnie z zamieszczoną na karcie pracy instrukcją. ✓ Uczniowie wykonują ćwiczenie na otrzymanych kartach pracy. Zapisują obliczenia i wynik końcowy. ✓ Nauczyciel nadzoruje pracę uczniów, udziela odpowiedzi na zadawane pytania. ✓ Na koniec uczniowie (reprezentanci wszystkich grup) prezentują swoje wyniki. Nauczyciel omawia z uczniami ewentualne rozbieżności, wyjaśnia przyczyny ewentualnych błędów i ostatecznie podaje poprawy wynik.
7	Podsumowanie zajęć	<p>III. Część podsumowująca:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Nauczyciel nawiązuje do wszystkich etapów pracy uczniów. ✓ Nauczyciel podsumowuje lekcję wyjaśnia, że: <ul style="list-style-type: none"> - podobne doświadczenie można przeprowadzić

		<p>również przy użyciu płyty CD,</p> <ul style="list-style-type: none">- przy pomocy siatki dyfrakcyjnej i płyty CD obserwujemy obraz interferencyjny.✓ Nauczyciel zadaje uczniom pracę domową z podręcznika.✓ Nauczyciel dziękuje uczniom za wspólną lekcję.
--	--	---

Załącznik 1.

KARTA PRACY **„Wyznaczanie długości fali za pomocą siatki dyfrakcyjnej”**

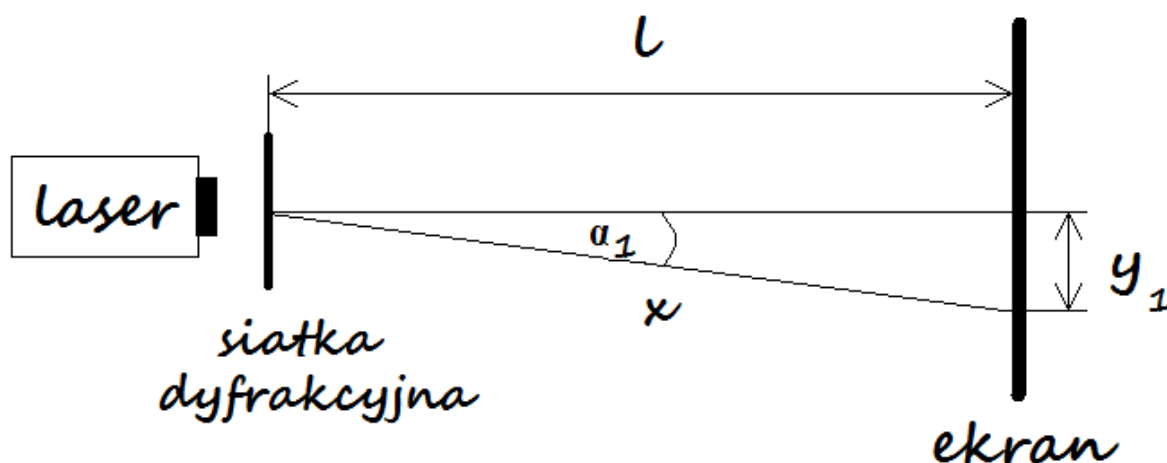
data:

Imię i nazwisko:

klasa:

ZADANIE:

Grupa uczniów zbudowała układ pomiarowy, służący do przeprowadzenia pomiaru długości fali światła laserowego za pomocą siatki dyfrakcyjnej. Ekran ustawiono w odległości 3 m od siatki dyfrakcyjnej mającej 300 rys na 1mm, na którą padał promień światła laserowego.



Wykorzystaj wyniki pomiarów uczniów, zamieszczone w tabeli poniżej i na ich podstawie oblicz długość fali światła laserowego.

- 1) Wykonano po cztery pomiary odległości zaobserwowanego prążka od prążka zerowego rzędu. Oblicz średnią ich wyników.

Numer prążka interferencyjnego	Odległości prążków ugiętych od prążka zerowego rzędu, y_n [cm]				
	Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3	Pomiar 4	Wartość średnia
$n=1$	39	36	35	37	
$n=2$	76	75	76	73	
$n=3$	113	114	119	116	

2) Wyznacz stałą siatki dyfrakcyjnej, d :

3) Wyznacz długość fali światła λ korzystając ze wzoru na wzmocnienie fali:

$$\sin \alpha_n = \frac{n \cdot \lambda}{d}$$

$\lambda =$

4) Korzystając z zależności: dla $y < l$ możemy $\sin \alpha \approx \text{tg} \alpha$,
oblicz długość fali dla wszystkich prążków :

$$\lambda_1 =$$

$$\lambda_2 =$$

$$\lambda_3 =$$

5) Średnia trzech wyników długości fali światła:

$\lambda = \dots \dots \dots \text{ m} = \dots \dots \dots \text{ nm}$
--

6) Jaką barwę ma światło danego lasera?