



Siatka dyfrakcyjna

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Film samouczek
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



Czy to nie ciekawe?

Oglądając oświetloną białym światłem spodnią stronę płyty CD lub DVD możemy zaobserwować, że mieni się ona różnymi kolorami. Ta część płyty zachowuje się jak siatka dyfrakcyjna, odbijając fale światła o różnych długościach pod innymi kątami. W ten sposób możemy przeanalizować, z jakich składowych zbudowana była pierwotna wiązka białego światła.



Rys. a. Dolna strona płyty DVD.

Twoje cele

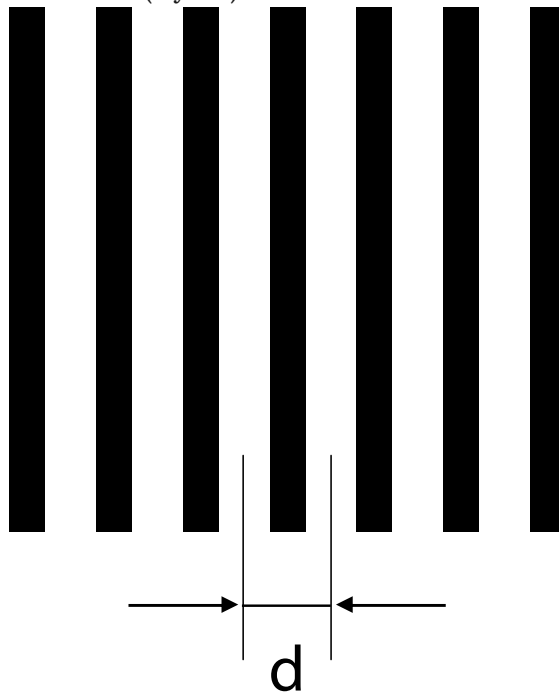
- dowiesz się, czym jest siatka dyfrakcyjna,
- poznasz rodzaje siatek dyfrakcyjnych,
- wyznaczysz długość fali za pomocą siatki dyfrakcyjnej.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Siatki transmisyjne

Najprostsza [siatka dyfrakcyjna](#) to siatka zwana transmisyjna, czyli wykorzystywana w świetle przechodzącym. Jest ona układem wielu przepuszczających światło szczelin, oddzielonych pasmami nieprzepuszczającymi światła (Rys.1.).



Rys. 1. Schemat siatki dyfrakcyjnej.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Typowe siatki mają zwykle kilkaset linii na milimetr. Na przykład, dla siatki *500 linii na milimetr* odległość pomiędzy środkami sąsiednich szczelin d jest równa:

$$(1) \quad d = \frac{1 \text{ mm}}{500} = 0,002 \text{ mm} = 2 \mu\text{m}$$

Podobnie dla siatki *100 linii na milimetr* $d = 10 \mu\text{m}$. Wielkość d nazywamy [stałą siatki dyfrakcyjnej](#).

Typowe siatki „szkolne” uzyskiwane są metodą fotograficzną. Natomiast siatki służące do celów naukowych uzyskiwało się przez nacinanie równoległych rys na szkle za pomocą ostrza diamentowego.

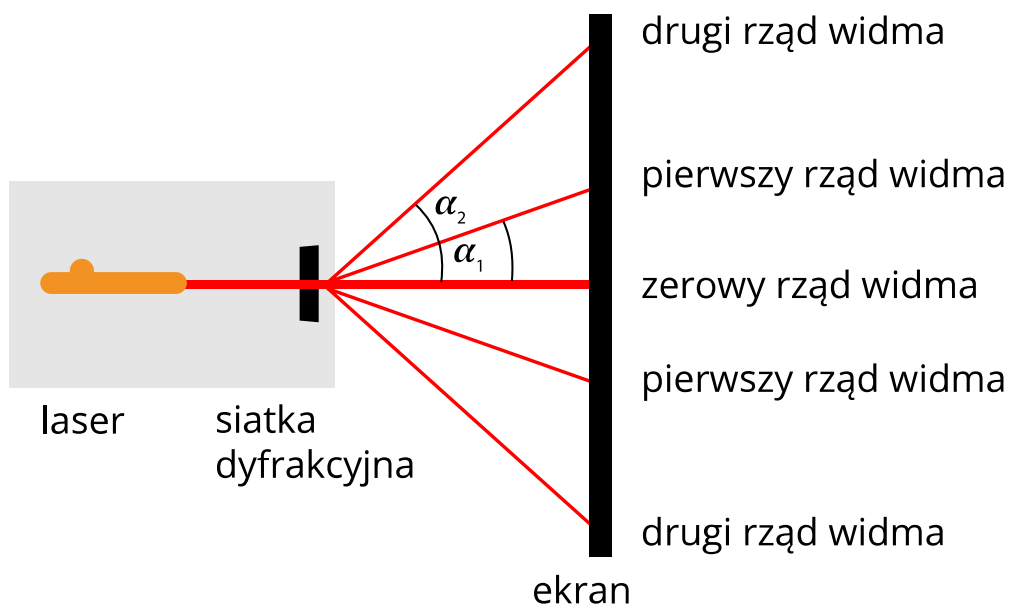
Jeżeli skierować na taki układ wiązkę monochromatycznego (jednobarwnego) światła laserowego, na przykład z typowego czerwonego wskaźnika, na ekranie zaobserwujemy małe plamki świetlne, oddzielone szerokimi ciemnymi obszarami (Rys.2.).



Rys. 2. Obraz wiązki świetlnej przepuszczonej przez siatkę dyfrakcyjną.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Schematycznie bieg wiązek świetlnych w tym przypadku przedstawia Rys. 3.



Rys. 3. Bieg wiązek świetlnych po przejściu przez siatkę dyfrakcyjną.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Powyższy rysunek przedstawia widok z góry na układ, w którym przez siatkę dyfrakcyjną przepuszczamy światło czerwonego lasera. Każdy z promieni uderza w ekran w punkcie, w którym widzimy czerwone plamki na Rys. 2. Środkową plamkę nazywamy zerowym rzędem (prążkiem) widma. Plamki na prawo i na lewo od plamki centralnej numerujemy kolejnymi liczbami naturalnymi (pierwszy rząd widma, drugi rząd widma, trzeci rząd widma, itd.). Kolejne kąty α_n , pod którymi widać te prążki spełniają warunek

$$d \sin \alpha_n = n\lambda,$$

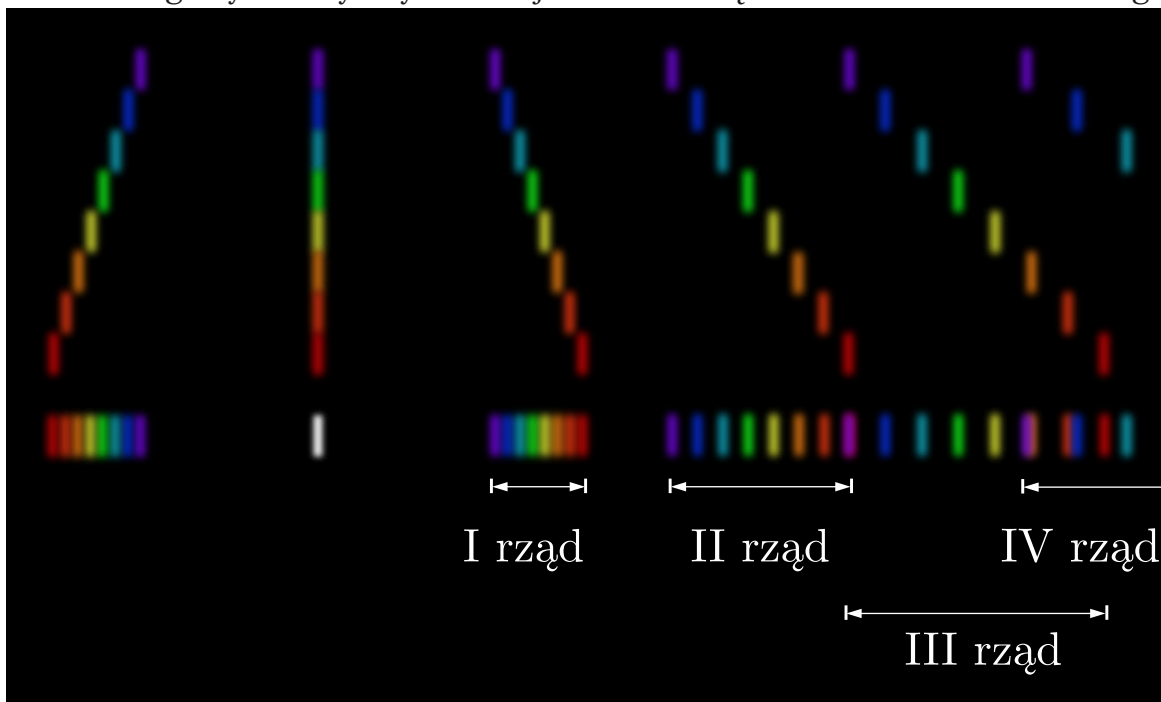
gdzie λ oznacza długość fali padającego światła.

Za pomocą siatki dyfrakcyjnej możemy wyznaczyć długość fali interesującego nas światła widzialnego. Wynika to wprost z powyższego wzoru, przekształconego do postaci:

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

Trzeba tylko znać stałą siatki d i zmierzyć kąt α_n . Metodę tę można zastosować oprócz światła widzialnego do podczerwieni i nadfioletu, a także – z pewną modyfikacją – do promieni Roentgena. Trzeba tylko użyć odpowiednich detektorów promieniowania zamiast ludzkiego oka.

Zgodnie z powyższymi wzorami kąty α_n będą zależę od długości fali, jaka pada na siatkę dyfrakcyjną. Oznacza to, że różne kolory będą uginać się pod różnymi kątami. Schematycznie zostało to przedstawione na Rys. 4. Jest to porównanie odchylenia wiązek dla typowych barw tęczy. Najmniej odchylane jest światło fioletowe, a najbardziej światło czerwone. Różnica odchyłeń między tymi barwami jest wystarczająca, aby drugi rząd widma światła czerwonego był odchylony bardziej niż trzeci rząd widma światła fioletowego.



Rys. 4. Porównanie odchylenia wiązek światła o różnych kolorach (częstotliwościach fali).

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Doświadczenie 1

Opisane wyżej doświadczenie możesz bez trudu przeprowadzić samodzielnie, jeżeli tylko zdobędziesz siatkę dyfrakcyjną i trzy wskaźniki laserowe o różnych barwach.

Doświadczenie 2

Doświadczenie będzie polegało na bezpośredniej obserwacji okiem przez siatkę dyfrakcyjną wąskiej szczeliny, oświetlonej badanym światłem (Rys.5.).



Rys. 5. Schemat doświadczenia nr 2.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, tylko do użytku edukacyjnego na zpe.gov.pl. Licencja: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

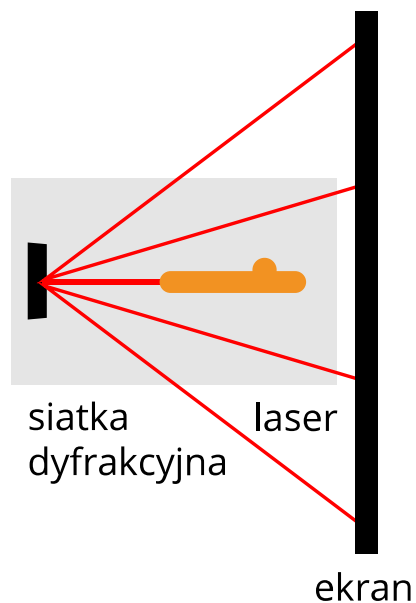
Do doświadczenia potrzebne nam będą: siatka dyfrakcyjna 500 rys/mm, przesłona z czarnego kartonu o szerokości około 50 cm i wysokości około 30 cm ze szczeliną o szerokości około 1 mm, matowa żarówka z włóknem wolframowym, żarówka energooszczędna.

1. Obejrzyj przez siatkę dyfrakcyjną widmo żarówki z włóknem wolframowym.
2. Obejrzyj przez siatkę dyfrakcyjną widmo żarówki energooszczędnej.

W ten sposób dokonasz obserwacji rozproszenia światła białego. Widmo, które obserwujesz, nie jest już pojedynczymi prążkami dla poszczególnych kolorów. Na przykład dla żarówki z włóknem wolframowym zaobserwujesz widmo ciągłe z płynnymi przejściami między kolorami. Możesz posprawdzać, jak wyglądają widma innych świecących przedmiotów.

Siatki odbiciowe

Oprócz siatek dla światła przechodzącego bardzo często używane są siatki odbiciowe. Są to płytki metalowe z naciętymi równoległymi rysami. Używa się ich nie tylko dla światła widzialnego, ale także w innych zakresach promieniowania elektromagnetycznego, na przykład takich, które są przez szkło pochłaniane. Dotyczy to podczerwieni, nadfioletu, a także – w specjalnych zastosowaniach – promieni Roentgena. Schematycznie działanie siatki odbiciowej (dla 500 rys/mm) przedstawia Rys. 6.



Rys. 6. Schemat działania siatki dyfrakcyjnej odbiciowej.

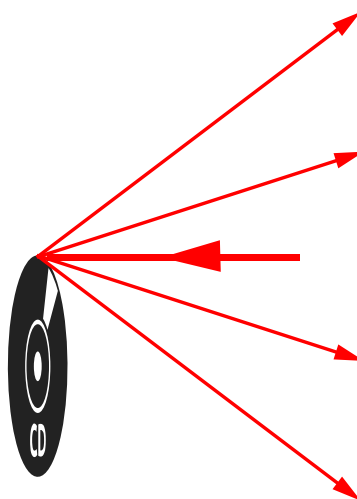
Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Doświadczenie 3

Jako siatka odbiciowa może posłużyć nam płyta CD, w której zapis działa jak prawie równoległe rysy. Ilustracja 7 to mikroskopowe zdjęcie takiej płyty. Obraz taki, jak na Rys.2., uzyskasz, kierując wiązkę światła laserowego w pobliże jej brzegu, tak jak to przedstawia Rys.8.

Rys. 7. Mikroskopowe zdjęcie płyty CD.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.



Rys. 8. Schemat doświadczenia z płytą CD.

Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Słowniczek

siatka dyfrakcyjna

(ang. *diffraction grating*) - przyrząd posiadający identyczne, równoodległe szczeliny o szerokości porównywalnej z długością fali światła służący do badania dyfrakcji światła.
stała siatki dyfrakcyjnej

(ang. *diffraction grating constant*) - wielkość charakteryzująca siatkę dyfrakcyjną. Oznacza ona odległość między środkami sąsiednich szczelin.

Film samouczek

Siatka dyfrakcyjna

Film przedstawia rozwiązanie przykładowego zadania dotyczącego siatki dyfrakcyjnej.

Trwa wczytywanie danych ..

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DncG4Pe5Z>

Zapoznaj się z audiodeskrypcją samouczka.

Polecenie 1

Na filmie wykorzystano przybliżenie $\lambda = d \sin \alpha \approx \frac{x}{L}$. Wyprowadź wzór dokładny.

Polecenie 2

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8



Dla nauczyciela

Konspekt (scenariusz) lekcji

Imię i nazwisko autora:	Józef Ginter
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Siatka dyfrakcyjna
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	<p>Cele kształcenia – wymagania ogólne</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>III. Planowanie i przeprowadzanie obserwacji lub doświadczeń oraz wnioskowanie na podstawie ich wyników.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania – wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem;</p> <p>12) przestrzega zasad bezpieczeństwa podczas wykonywania obserwacji, pomiarów i doświadczeń.</p> <p>X. Fale i optyka. Uczeń:</p> <p>16) opisuje obraz powstający po przejściu światła przez siatkę dyfrakcyjną; stosuje do obliczeń związek między kątem dyfrakcji, stałą siatki i długością fali.</p>

Kształtowane kompetencje kluczowe:	Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.: <ul style="list-style-type: none"> • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.
Cele operacyjne:	Uczeń: <ol style="list-style-type: none"> 1. omówi, czym jest siatka dyfrakcyjna, 2. wymieni rodzaje siatek dyfrakcyjnych, 3. wyznaczy długość fali za pomocą siatki dyfrakcyjnej.
Strategie nauczania:	Strategia eksperymentalno-obszewacyjna - dostrzeganie i definiowanie problemów oraz odkrywanie rzeczywistości poprzez eksperymenty
Metody nauczania:	doświadczenie, wykład
Formy zajęć:	praca indywidualna
Środki dydaktyczne:	Kilka siatek dyfrakcyjnych o różnych stałych siatki, kilka laserów/wskaźników o różnych barwach
Materiały pomocnicze:	Niniejszy e-materiał „Siatka dyfrakcyjna”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
<p>Nauczyciel kieruje światło lasera/wskaźnika na siatkę dyfrakcyjną. Uczniowie opisują wynik doświadczenia. Następnie nauczyciel powtarza je z różnymi laserami/wskaźnikami oraz siatkami o różnych stałych siatki. Na bieżąco omawia z uczniami różnice w otrzymywanym obrazie.</p>	
Faza realizacyjna:	
<p>Nauczyciel opisuje budowę i zasadę działania siatki dyfrakcyjnej oraz równania ją opisujące. Uczniowie, przy pomocy nauczyciela zauważają związek między równaniami a różnymi wynikami doświadczeń.</p>	
Faza podsumowująca:	
<p>W ramach utrwalenia zdobytych wiadomości i zrozumienia zasad działania siatki dyfrakcyjnej uczniowie rozwiązują zadania: 1, 3, oraz 5 z zestawu ćwiczeń e-materiału.</p>	

Praca domowa:

W ramach pracy domowej uczniowie rozwiązują zadania: 2, 4, 6 oraz 8 z zestawu ćwiczeń e-materiału.

**Wskazówki metodyczne
opisujące różne
zastosowania danego
multimedium:**

Multimedium może posłużyć do powtórzenia materiału.