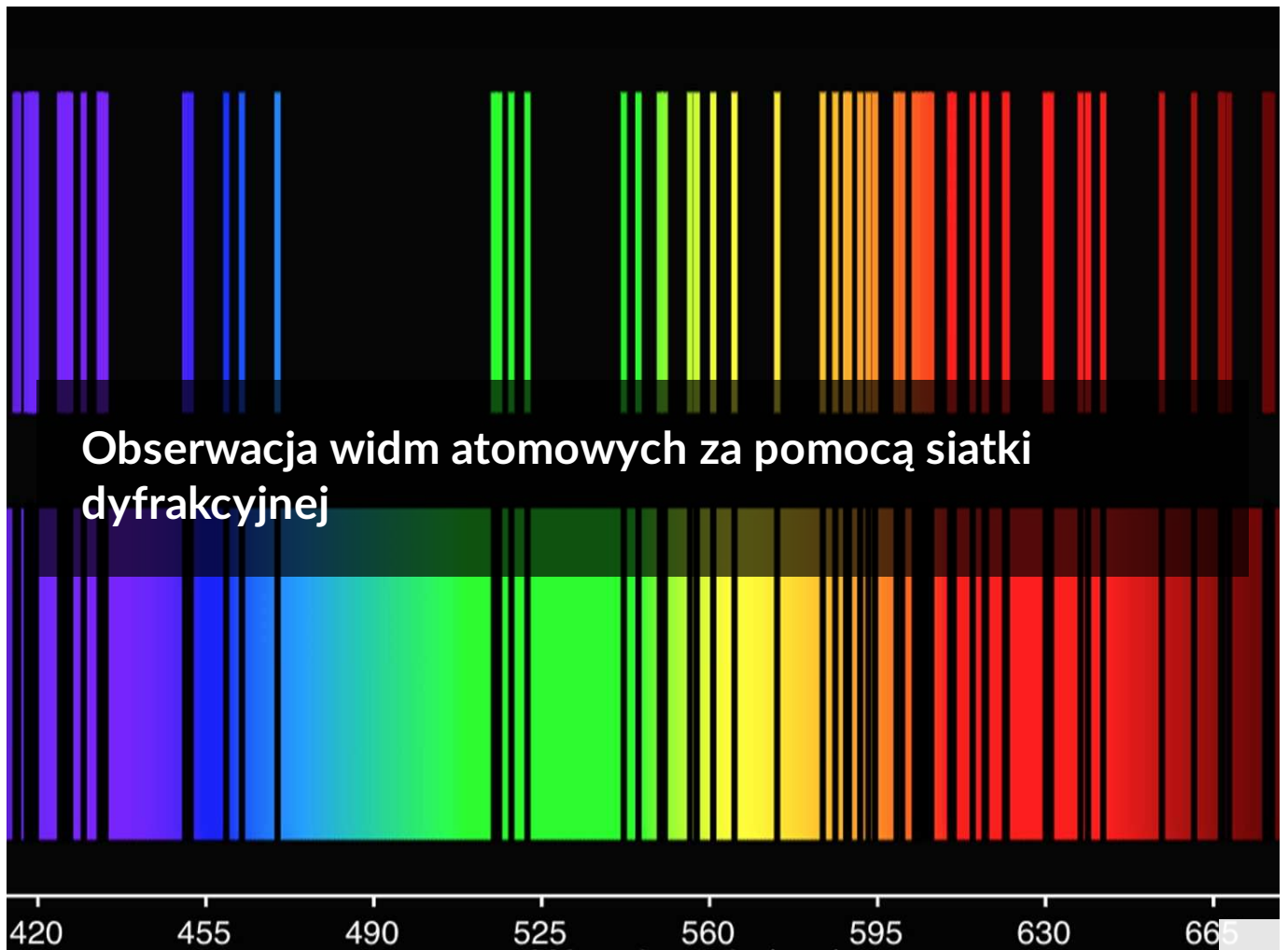


Obserwacja widm atomowych za pomocą siatki dyfrakcyjnej

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film \(standardowy\)](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Czy to nie ciekawe?

Jeśli wiązka światła składa się z promieniowania o różnych długościach fali, to wykorzystując siatkę dyfrakcyjną, możemy dokonać analizy widmowej, czyli określić te długości fali. Ta prosta metoda ma olbrzymią liczbę zastosowań – znając składowe długości fali, możemy określać, czy dany rodzaj oświetlenia jest zdrowy dla oczu. Możemy również badać światło wysyłane do nas z bardzo odległych gwiazd i na tej podstawie określać ich skład chemiczny. Możemy na tej podstawie określić także temperaturę gwiazdy i prędkość jej ruchu. W tym e-materiale dowiesz się, w jaki sposób przeprowadza się analizę widmową. Rozpoznasz również kilka pierwiastków chemicznych na podstawie ich widm.

hel



sód



neon



Rys. a. Liniowe widmo emisyjne pojedynczych atomów helu, sodu i neonu.

Twoje cele

- opiszysz budowę spektroskopu widmowego,
- wyjaśnisz, czym jest emisyjne i absorpcyjne widmo światła wysyłanego przez atomy,
- wskażesz charakterystyczne linie w widmach kilku gazów,
- rozpoznasz gaz na podstawie jego widma,
- przeanalizujesz i zinterpretujesz przykładowe widma atomowe.

Przeczytaj

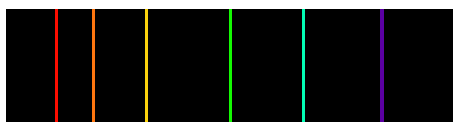
Warto przeczytać

Widma emisyjne, widma absorbcyjne

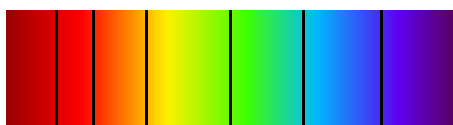
Widmo światła emitowanego przez wzbudzone atomy to rozkład długości fali promieniowania emitowanych lub pochłanianych przez atomy danego pierwiastka. W pierwszym przypadku mówimy o emisyjnym widmie atomowym, w drugim – o absorpcyjnym. Przykładowe widmo emisyjne (ciągłe i liniowe) oraz absorpcyjne przedstawiliśmy na Rys. 1.



widmo emisyjne (ciągłe)



widmo emisyjne (liniowe)



widmo absorpcyjne

Rys. 1. W górnej części przedstawiamy ciągłe widmo emisyjne – znajdują się w nim długości fali odpowiadające wszystkim barwom, jakie możemy obserwować. W środku widoczne jest widmo emisyjne liniowe (w którym występują tylko określone długości fali), a na dole – absorpcyjne, dla tego samego pierwiastka.

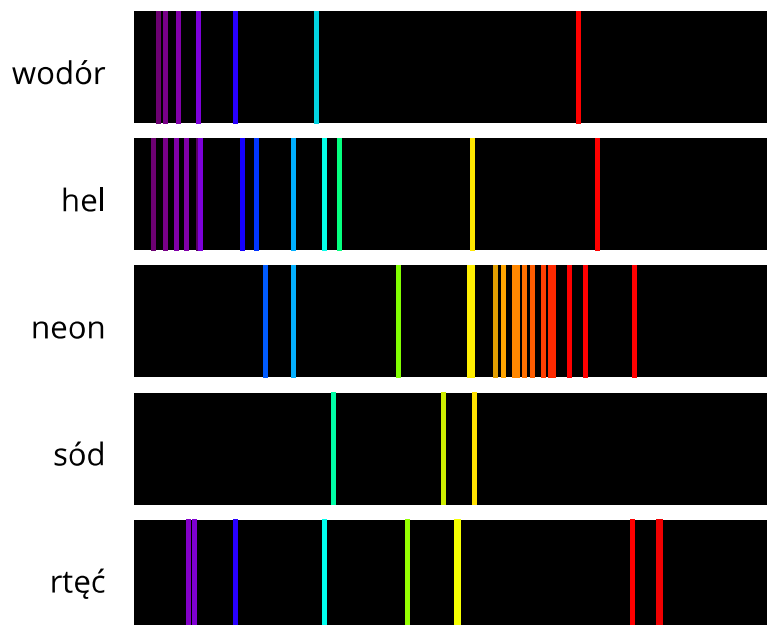
Źródło: dostępny w internecie: <https://brainly.pl/zadanie/5935233> [dostęp 21.04.2022 r.], Materiał wykorzystany na podstawie art. 29 ustawy o prawie autorskim i prawach pokrewnych (prawo cytatu).

Widma ciągłe, widma dyskretne

Zastanówmy się nad pochodzeniem widm emisyjnych. Ciała mogą emitować promieniowanie ciągłe, zawierające nieskończoną ilość długości fal. Jest to tzw. promieniowanie termiczne – wysyłane przez każde ciało w temperaturze wyższej od zera bezwzględnego. Mogą też istnieć widma emisyjne, złożone jedynie z kilku linii odpowiadających różnym długościom fali. Takie widma nazywamy widmami dyskretnymi. Ta druga sytuacja ma miejsce dla gazów i zachodzi, gdy atomy gazu zostaną wzbudzone – np. przez przyłożenie wysokiego napięcia elektrycznego (tak np. działają lampy neonowe) lub przez oświetlenie gazu innym promieniowaniem.

Rozpoznasz pierwiastek po widmie

Każdy pierwiastek posiada własny układ linii widmowych, charakterystyczny tylko dla niego. Widmo jest więc „odciskiem palca”, świadczącym o obecności danego pierwiastka. Na tej podstawie możemy określać obecność różnych pierwiastków w świecącym gazie, analizując jakie linie są w nim obecne. Przykładowe widma emisyjne dla kilku pierwiastków przedstawiliśmy na Rys. 2.



Rys. 2. Emisyjne widma atomowe dla niektórych pierwiastków (w postaci gazowej).

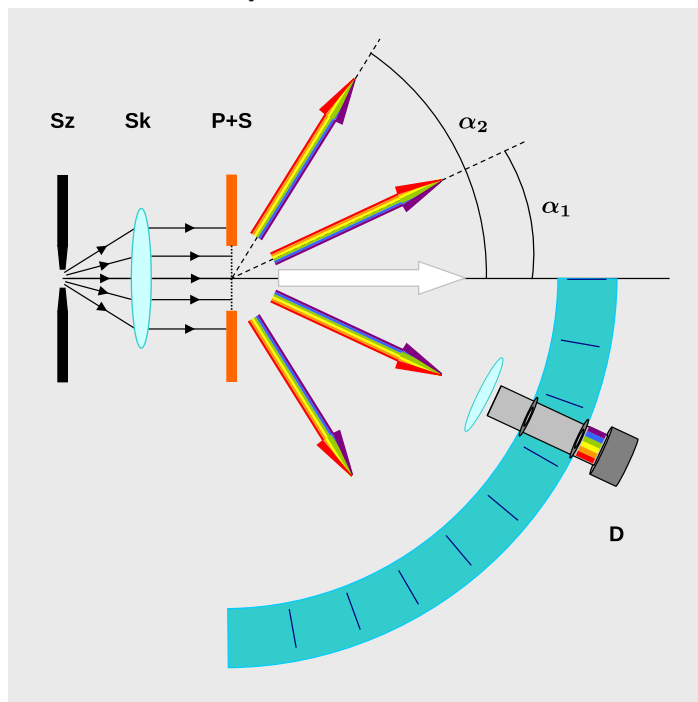
Źródło: dostępny w internecie: <https://www.visionlearning.com/en/library/Earth-Science/6/History-of-Earths-Atmosphere-I/202> [dostęp 21.04.2022 r.], Materiał wykorzystany na podstawie art. 29 ustawy o prawie autorskim i prawach pokrewnych (prawo cytatu).

Metodę analizy widmowej wykorzystujemy np. w astrofizyce. Obserwując widma absorpcyjne dalekich gwiazd, jesteśmy w stanie określić skład. Szukamy wtedy, jakim pierwiastkom odpowiadają długości fali nieobecne w widmie. Wnioskujemy, że zostały one zaabsorbowane przez gaz tworzący daną gwiazdę. Możemy też określać, z jaką prędkością porusza się dana gwiazda – na skutek efektu Dopplera, wszystkie linie widmowe będą przesunięte o pewną wartość, zależną od długości fali oraz prędkości gwiazdy. Wspomnijmy też o innych, już bardziej „przyziemnych” (dosłownie!) zastosowaniach. Jedno z nich to badanie widma różnych źródeł światła i określanie, czy dane oświetlenie jest odpowiednie do komfortowego korzystania. Badanie widma możemy też wykorzystać do identyfikacji składu chemicznego badanej próbki – intensywność promieniowania linii związanych z danym pierwiastkiem jest proporcjonalna do jego ilości w badanym materiale.

Jak uzyskać widmo?

Co musimy zrobić, by doświadczalnie zbadać, z jakich linii składa się poszczególne widmo? Musimy przeprowadzić jego rozkład na poszczególne częstotliwości albo długości fal. Na tym właśnie polega analiza widmowa. Możemy to osiągnąć za pomocą pryzmatu (dzieli

światło według częstotliwości) lub siatki dyfrakcyjnej (dzieli światło według długości fali). W pierwszym przypadku wykorzystujemy zjawisko rozszczepienia światła, a drugim – dyfrakcji i interferencji światła. Na Rys. 3. przedstawiamy uproszczony schemat urządzenia zwanego spektrometrem (lub spektroskopem, gdy nie ma możliwości pomiaru kątów), które służy do przeprowadzania analizy widma.



Rys. 3. Uproszczony schemat spektrometru z siatką dyfrakcyjną.

Sz - szczelina; Sk - soczewka kolimująca; P+S - przesłona z siatką dyfrakcyjną; D - detektor światła.

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

Światło (pochodzące np. od świecącego gazu) pada na szczelinę Sz i biegnie w kierunku soczewki Sk. Szczelina znajduje się w ognisku tej soczewki, w wyniku czego światło po przejściu przez soczewkę porusza się jako wiązka równoległa. Układ szczeliny i soczewki nosi nazwę kolimatora i służy do „uporządkowania” biegu promieni świetlnych. Światło następnie pada na siatkę dyfrakcyjną. To, pod jakim kątem α światło ulegnie wzmożeniu interferencyjnemu (w skrócie: ulegnie ugięciu), zależy od jego długości fali λ :

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

gdzie $n = 1, 2, 3, \dots$ jest rzędem prążka interferencyjnego, d – stałą siatki dyfrakcyjnej. Fale świetlne o różnych długościach uginają się – w obrębie jednego rzędu wzmożenia interferencyjnego – pod nieco różnymi kątami i dlatego następuje ich separacja. Wyjątkiem jest wzmożenie rzędu zerowego, zachodzące pod kątem $\alpha = 0$, w którym taka separacja nie następuje.

Ugięte światło pada następnie na detektor, który na ogół zawiera soczewkę. Detektorem może być [matryca CCD](#) (jak w cyfrowym aparacie fotograficznym), klisza fotograficzna (tak postępowano dawniej), nasze oko lub ekran. Za pomocą detektora jesteśmy w stanie określić – mierząc kąt ugięcia – jaka jest długość fali padających promieni. Określamy także ich intensywność, co daje nam pełną informację o widmie padającego promieniowania.

Warto jeszcze przeczytać

Więcej informacji na temat poszczególnych rodzajów widm oraz tego, jak powstają, znajdziesz m.in. w e-materiałach „Czym widmo absorpcyjne różni się od widma emisyjnego”, „Jak powstają widma absorpcyjne gazów?”, „Powstawanie widm emisyjnych na przykładzie atomu wodoru” oraz „Promieniowanie [ciała doskonale czarnego](#)”.

Słowniczek

Matryca CCD

(ang. *charge-coupled device*) – urządzenie wykonane z elementów półprzewodnikowych, służące do badania intensywności (oraz, po zastosowaniu dodatkowych filtrów) barwy światła. Podstawowa zasada działania matrycy CCD jest następująca: padające na elementy półprzewodnikowe promieniowanie powoduje wybijanie elektronów (efekt fotoelektryczny). Wybity ładunek jest gromadzony w kondensatorach związanych z każdym elementem. Pomiar napięcia na kondensatorze daje informację o ilości zgromadzonego ładunku – a ta jest proporcjonalna do ilości światła padającego na dany element.

Dioda LED

(ang. *light emitting diode*) – urządzenie półprzewodnikowe emitujące promieniowanie. Dioda składa się z dwóch obszarów złączonych ze sobą. W jednym obszarze istnieją elektrony o wyższej energii niż w drugim obszarze. Elektrony przechodząc z jednego obszaru do drugiego oddają nadmiar energii w postaci promieniowania.

Ciało doskonale czarne

(ang. *blackbody*) – wyidealizowany materiał, który pochłania całe padające na niego promieniowanie. Rzeczywistym przybliżeniem takiego materiału jest np. wyczerniona sfera z bardzo małym otworkiem, przez który promieniowanie może wpadać do środka. Ponieważ otworek jest bardzo mały, promieniowanie, które dostanie się do wnętrza będzie odbijać się od ścian sfery tracąc energię, aż zostanie całkowicie pochłonięte. Ciało doskonale czarne może emitować promieniowanie, którego widmo jest zależne tylko od temperatury ciała. Pozwala to na określenie jego temperatury z bardzo dużą dokładnością.

Film (standardowy)

Obserwacja widm atomowych

Zapoznaj się z filmem, który pokazuje podstawowe elementy budowy spektrometru i opisuje sposób posługiwania się nim. Za pomocą takich przyrządów uczeni badają, od trzech wieków, skład widmowy światła.

Przygotuj się do rozpoznania sześciu pierwiastków na podstawie ich widm.

Trwa wczytywanie danych..



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RDKeJUbnNb0ma>

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

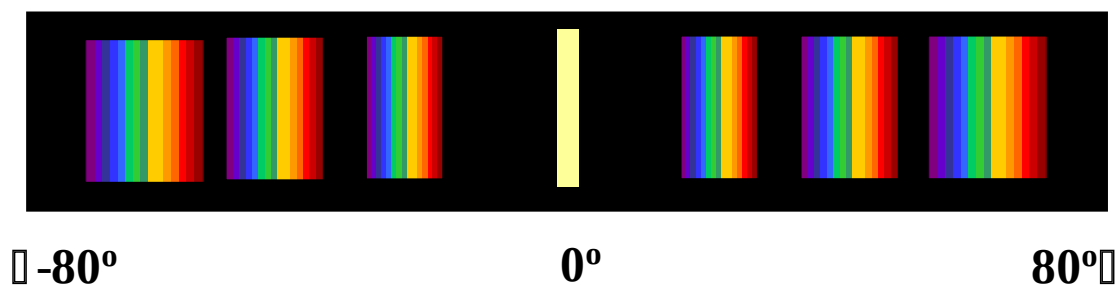
Zapoznaj się z audiodeskrypcją filmu.

Polecenie 1

Wskaż zasadniczą cechę przyrządu opisanego w filmie, która decyduje o tym, że jest on **spektrometrem** a nie **spektroskopem**. Zapisz swoją myśl i porównaj z zamieszczonym wyjaśnieniem.

Polecenie 2

Podstawową własnością spektrometru jest jego zdolność do rozdzielenia wiązki światła na składowe praktycznie monochromatyczne, czyli mające jedną, określoną częstotliwość albo długość fali. To rozdzielenie może być dokonane za pomocą pryzmatu lub za pomocą siatki dyfrakcyjnej.



Widok w okularze spektrometru w pełnym zakresie możliwości obracania.

Kąt 0° odpowiada kierunkowi, z którego przychodzi wiązka światła białego.

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

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

Polecenie 3

Połącz w pary nazwę pierwiastka ze słownym opisem jego widma. Skorzystaj przy tym z poniższego mikrokatalogu widm pierwiastków. Miej jednak na uwadze, że zaprezentowane w nim widma są uproszczone i zawierają jedynie po kilka najsilniejszych, najlepiej znanych linii widmowych każdego pierwiastka.

W katalogu zastosowano konwencję oddawania natężenia (jasności) linii widmowych za pomocą ich szerokości: im szersza linia na schemacie, tym bardziej intensywna w rzeczywistości.

Katalog uproszczonych widm atomowych wybranych pierwiastków.

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

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

Polecenie 4

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

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



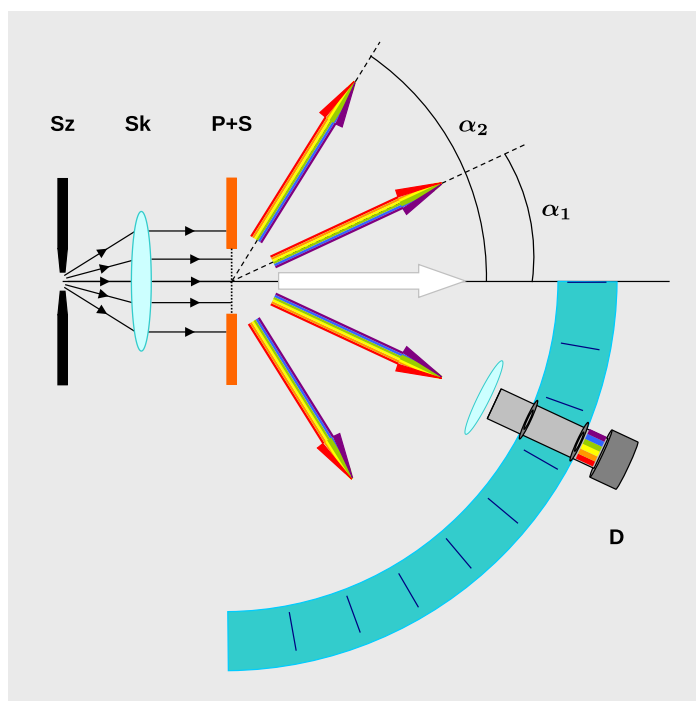
Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Układ optyczny spektroskopu przedstawionego na poniższym rysunku oświetlono promieniowaniem pochodzącym z różnych źródeł.

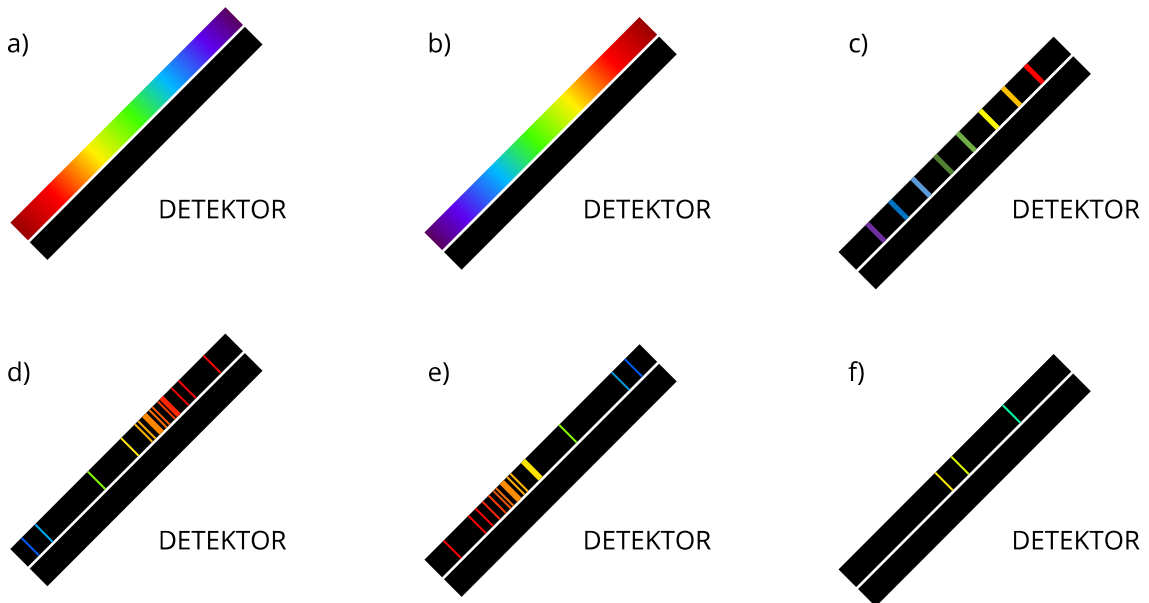


Rys. 3. Uproszczony schemat spektrometru z siatką dyfrakcyjną.

Sz - szczelina; Sk - soczewka kolimująca; P+S - przesłona z siatką dyfrakcyjną; D - detektor światła.

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

Wykorzystano światło białe, światło pochodzące z lampy zawierającej gazowej neon oraz światło z lampy sodowej. Na detektorze uzyskano trzy różne obrazy.

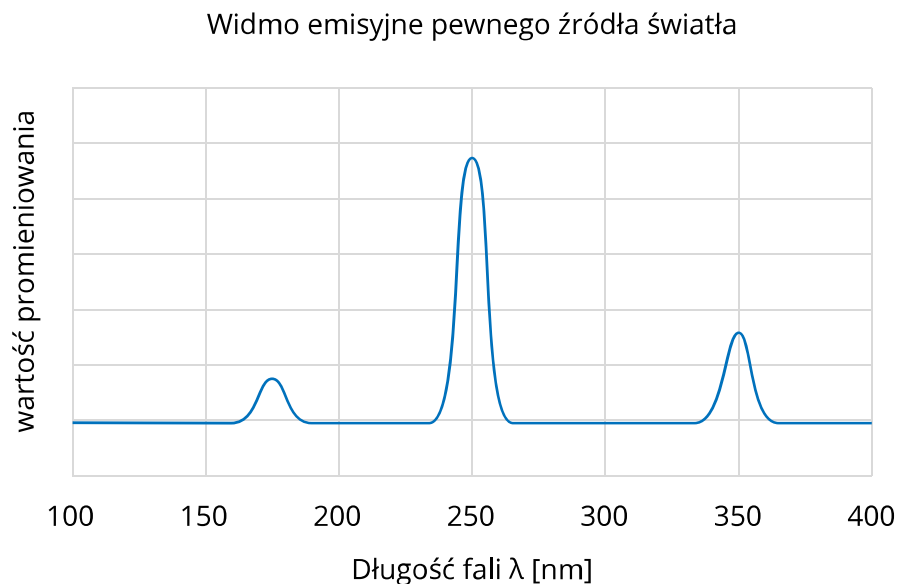


Źródło: Politechnika Warszawska Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0. Licencja:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>.

Ćwiczenie 6



Na Rys. 4. przedstawiono widmo pewnego promieniowania. Określ, z jakich długości fali składa się ono i oszacuj względne intensywności poszczególnych długości fali.



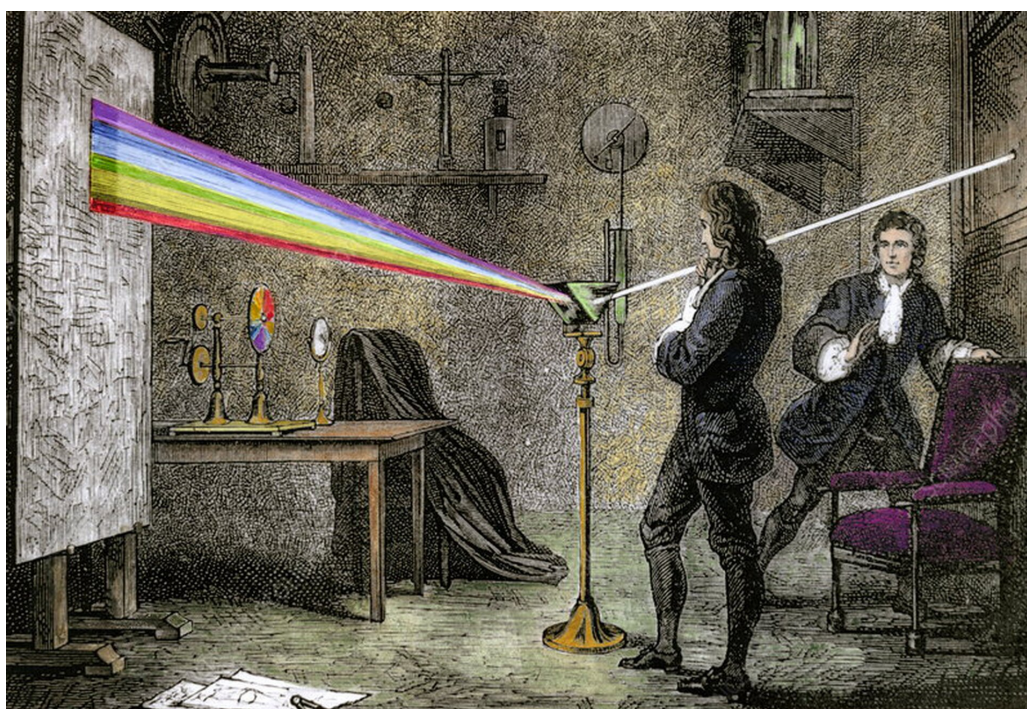
Rys. 4. Widmo pewnego promieniowania

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

Ćwiczenie 7



Wykonaj własne doświadczenie analizy widmowej. Do jego wykonania potrzebujesz pryzmatu lub siatki dyfrakcyjnej, białej kartki oraz lasera i innego źródła światła (np. żarówki, świeczki lub światła słonecznego). W zaciemnionym pomieszczeniu umieść pryzmat, a za nim białą kartkę, która będzie pełniła rolę ekranu. Skieruj promień lasera na pryzmat w ten sposób, by wiązka przechodząca padała na ekran. Być może konieczne będzie wypróbowanie różnych odległości lasera od pryzmatu i pryzmatu od ekranu. Zaobserwuj ilość różnych barw (długości fal) w świetle laserowym. Następnie wykorzystaj do tego samego celu inne źródło światła i ponownie zaobserwuj ilość barw w rozszczepionym świetle. Najlepsze wyniki doświadczenia uzyskasz, jeśli wiązka światła padająca na pryzmat będzie wąska – możesz np. umieścić żarówkę w czarnym pudełku z małym otworkiem lub zrobić taki otworek w materiale zastaniającym okno (spójrz na rysunek).



Doświadczenie analizy widmowej (rozszczenie światła na pryzmacie) przeprowadzone przez sir Issaca Newtona.

Źródło: dostępny w internecie: [https://media.sciencephoto.com/image/h4140126/800wm/H4140126-](https://media.sciencephoto.com/image/h4140126/800wm/H4140126-Newton_s_optics.jpg)

Newton_s_optics.jpg [dostęp 21.04.2022], Materiał wykorzystany na podstawie art. 29 ustawy o prawie autorskim i prawach pokrewnych (prawo cytatu).

Przedstaw wynik swojej analizy w postaci krótkiego opisu oraz schematu eksperymentu.

O niezbędne do doświadczenia elementy wyposażenia możesz poprosić nauczyciela fizyki a dodatkowe informacje znajdziesz w internecie.

Ćwiczenie 8



Żarówki zbudowane ze świecących białych diod LED stają się coraz bardziej popularne ze względu na mniejsze zużycie energii dla żarówek o tej samej jasności. Istniejące źródła światła LED mają różne tzw. temperatury barwowe – nazywamy je „zimnymi” i „ciepłymi” źródłami światła. Ma to oddać, że biel źródeł „ciepłych” ma odcień pomarańczowy, a źródeł „zimnych” – niebieski. Temperaturę barwową danej żarówki znajdziesz na opakowaniu – podaje się ją w kelwinach (K).

Wykonaj własne doświadczenie analizy widmowej. Do jego wykonania potrzebujesz siatki dyfrakcyjnej, białej kartki oraz żarówek LED o możliwie jak najbardziej różnych temperaturach barwowych świecenia. W zaciemnionym pomieszczeniu skieruj światło różnych żarówek LED na siatkę w ten sposób, by wiązka przechodząca padała na ekran. Być może konieczne będzie wypróbowanie różnych odległości żarówek od siatki i siatki od ekranu. Spróbuj określić udział różnych barw światła w widmie żarówek LED określanych jako „ciepłe światło” i „zimne światło”. Najlepsze wyniki doświadczenia uzyskasz, jeśli wiązka światła padająca na siatkę będzie wąska – możesz np. umieścić żarówkę w czarnym pudełku z małym otworkiem.

Przedstaw wynik swojej analizy w postaci krótkiego opisu oraz schematu eksperymentu.

O niezbędne do doświadczenia elementy wyposażenia możesz poprosić nauczyciela fizyki a dodatkowe informacje znajdziesz w internecie.

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Przemysław Michalski
Przedmiot:	fizyka
Temat zajęć:	Z jakich barw składa się światło?
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>10) przeprowadza wybrane obserwacje, pomiary i doświadczenia korzystając z ich opisów; planuje i modyfikuje ich przebieg; formułuje hipotezę i prezentuje kroki niezbędne do jej weryfikacji.</p> <p>XI. Fizyka atomowa. Uczeń:</p> <p>10) doświadczalnie: obserwuje widma atomowe za pomocą siatki dyfrakcyjnej.</p>
Kształtowane kompetencje kluczowe:	<p>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</p> <ul style="list-style-type: none">• kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,• kompetencje cyfrowe,• kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii,• kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. rozróżnia atomowe widmo emisyjne i absorpcyjne, 2. opisuje zasadę działania spektroskopu widmowego, 3. przeprowadza doświadczenie analizy widmowej przy pomocy źródła światła i siatki dyfrakcyjnej, 4. analizuje i interpretuje wyniki doświadczenia wykorzystując własną wiedzę oraz źródła internetowe.
Strategie nauczania:	<p>eksperymentalno-obszernyjna, nauczanie wyprzedzające. Ze względu na charakter zagadnienia (uczniowie samodzielnie wykonują eksperyment w warunkach domowych) niezbędne jest uprzednie zrealizowanie - w dowolnej formie wybranej przez nauczyciela - zapisów podstawy programowej:</p> <p>XI. Fizyka atomowa. Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 4) rozróżnia widma emisyjne i absorpcyjne gazów; interpretuje linie widmowe jako skutek przejść między poziomami energetycznymi w atomach z emisją lub absorpcją kwantu światła; rozróżnia stan podstawowy i stany wzbudzone atomu; 5) analizuje seryjny układ linii widmowych na przykładzie widm atomowych wodoru; posługuje się wzorem Rydberga.
Metody nauczania:	analiza wyników domowego doświadczenia uczniowskiego
Formy zajęć:	praca w grupach
Środki dydaktyczne:	komputer, projektor
Materiały pomocnicze:	niniejszy e-materiał; e-materiały: <i>Czym są widma emisyjne?</i> oraz <i>W jaki sposób możemy zinterpretować linie widmowe?</i>
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	

Na wcześniejszej lekcji, nauczyciel przypomniał pokrótce podstawowe informacje na temat widm atomowych oraz sposobu ich obserwacji za pomocą siatki dyfrakcyjnej. Zlecił uczniom wykonanie w grupach pracy domowej:

1. analizę niniejszego e-materiału, w tym multimedium oraz e-materiałów *Czym są widma emisyjne?* oraz *W jaki sposób możemy zinterpretować linie widmowe?*,
2. zbadanie widma wskazanego niemonochromatycznego źródła światła (żarówka żarnikowa, halogenowa, żarówka LED, lampa neonowa; można też zachęcić uczniów do wykorzystania sodowego oświetlenia ulicznego po zmroku lub innego źródła światła, którym dysponują w domu),
3. przygotowanie krótkiej prezentacji (maksimum 4 minuty) z wynikami doświadczenia, zawierającej analizę widma, tzn. szacunkowe określenie, które linie promieniowania są najjaśniejsze, w jakim obszarze widma występują oraz ewentualne rozpoznanie, jaki świecący gaz zawiera dane źródło światła.

Dla potrzeb eksperymentu nauczyciel wyposażył każdą grupę w siatkę dyfrakcyjną o znanej liczbie rys/mm oraz źródło światła, z zaznaczeniem, że grupa może zbadać własne źródło. Zależnie od możliwości pracowni, nauczyciel wyposażył grupy także w soczewki z elementami mocującymi i stabilizującymi, (regulowane) szczeliny i inne akcesoria, by umożliwić uczniom zbudowanie układu optycznego złożonego z siatki, soczewek i ekranu i określenie, za jego pomocą, kąta ugięcia światła i długości fal promieniowania wybranej linii widmowej. Multimedium stanowi rozbudowany tutorial, a podstawie którego uczniowie próbują zbudować własny spektroskop.

Faza realizacyjna:

Grupy kolejno prezentują swoje wyniki oraz ich opracowanie. Nauczyciel dokonuje krótkiego podsumowania oraz oceny (niekoniecznie w postaci oceny szkolnej) po każdej prezentacji. Uczniowie w tej fazie słuchają prezentacji i notują ewentualne spostrzeżenia czy pytania, jakie im się nasuwają.

Faza podsumowująca:

Uczniowie w formie dyskusji (wypowiedzi spostrzeżeń, zadawanie pytań i udzielanie odpowiedzi) porównują rozwiązania przyjęte przez poszczególne grupy oraz dokonują podsumowania prezentacji i ich wyników. Nauczyciel uzupełnia, w razie potrzeby, wyjaśnienia udzielane przez uczniów.

Praca domowa:

Brak pracy domowej – w tym scenariuszu lekcji bardzo duży nacisk położony jest na samodzielną, domową pracę uczniów przy realizacji doświadczenia **przed lekcją**.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium	Multimedium wraz z poleceniami można wykorzystać również przy nauczaniu metodą blended-learning, gdzie opisanie przebiegu i wyniku eksperymentu zleca się uczniom jako pracę w trakcie lekcji.
---	--