

Analiza widmowa spektralnych lamp gazowych przy użyciu spektrogoniometru.

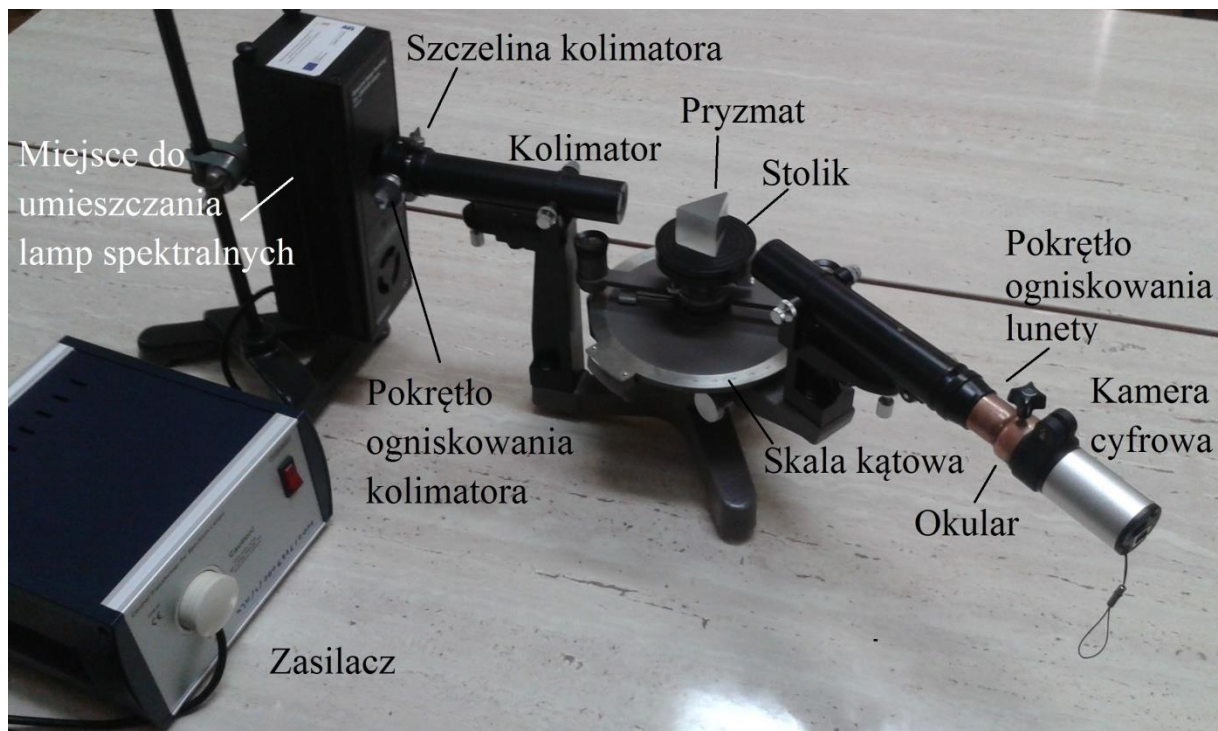
Cel ćwiczenia:

Część I.

1. Wyznaczenie współczynnika załamania światła.
2. Wyznaczenie stałej siatki dyfrakcyjnej.

Część II.

1. Kalibracja spektrometru na podstawie widma helu.
2. Wyznaczenie długości fali najbardziej intensywnych linii widmowych w widmach Na, Hg, Cd, Zn, Ne.
3. Akwizycja widm obserwowanych przy użyciu kamery cyfrowej.



Rysunek 1. Układ doświadczalny.

Część I. Wyznaczenie współczynnika załamania światła oraz stałej siatki dyfrakcyjnej przy użyciu spektrogoniometru.

1. Wyznaczenie współczynnika załamania światła.

Aparatura:

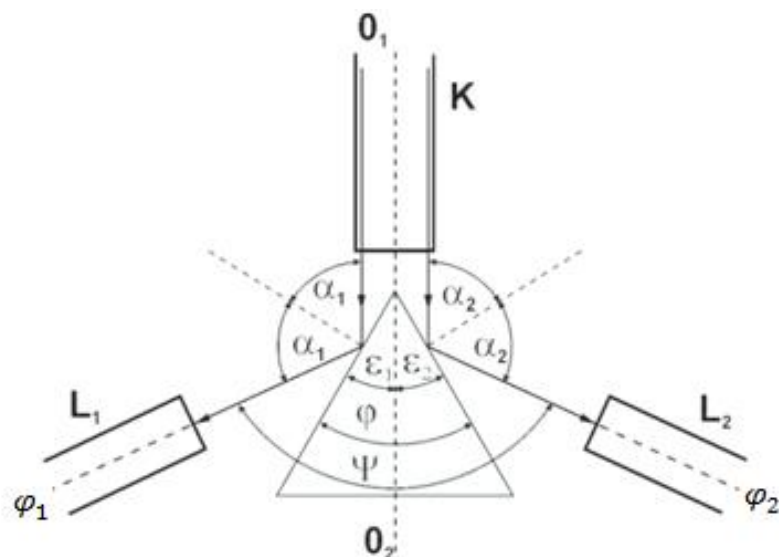
- a) Szklane pryzmaty;
- b) Spektrometr;
- c) Lampa sodowa;
- d) Zasilacz wysokiego napięcia;
- e) Oświetlacz z żarówką;

Przebieg ćwiczenia:

- 1) Lampę sodową umieścić w oprawie ze zintegrowanym układem chłodzącym (Rysunek 53);
- 2) Włączyć zasilacz i oświetlić szczelinę kolimatora spektrometru oświetlić lampą spektralną;
- 3) Odczekać ok. trzy minuty by lampa emitująca promieniowanie uzyskała pełną moc emisyjną;
- 4) Kolimator i lunetę spektrometru ustawić w jednej osi, tak by obraz szczeliny znajdował się na przecięciu nici pajęczych;
- 5) Kąt na skali goniometru ma wynosić 180° (ruchoma podziałka noniusza i nieruchoma skala goniometru ustawiona na wartość 180°);
- 6) Pokrętłami ogniskowania lunety i kolimatora wyregulować obraz szczeliny, tak by uzyskać najlepsze pole widzenia;

A. Wyznaczanie kąta łamiącego w pryzmacie

- 7) Ustawić na stoliku spektralnym pryzmat krawędzią łamiącą na wprost osi kolimatora zgodnie z Rysunkiem 54;



Rysunek 2. Wyznaczenie kąta łamiącego w pryzmacie.

- 8) Obracać stolik do pozycji, przy której jedna ściana kąta łamiącego pryzmatu odbija wiązkę promieni wychodzących z kolimatora, tak by obraz szczeliny w lunecie znalazł się na środku krzyża z nitek pajęczych;
- 9) Zanotować położenie pierwszej ściany jako φ_1 ;
- 10) Stolik obrócić do pozycji, przy której druga ściana kąta łamiącego pryzmatu odbija wiązkę promieni wychodzących z kolimatora (obraz szczeliny musi znajdować się na środku krzyża z nici pajęczych);
- 11) Zanotować położenie drugiej ściany jako φ_2 ;
- 12) Dla tego samego położenia pryzmatu ponownie odczytać wartości φ_1 i φ_2 ;
- 13) Nieznacznie zmienić położenia pryzmatu na stoliku i wykonać pomiary według punktów 6-10;

Każdą odczytaną wartość kąta należy zamienić na stopnie, a następnie obliczyć średnią dla danego położenia ($\varphi_{1\text{śr}}$, $\varphi_{2\text{śr}}$).

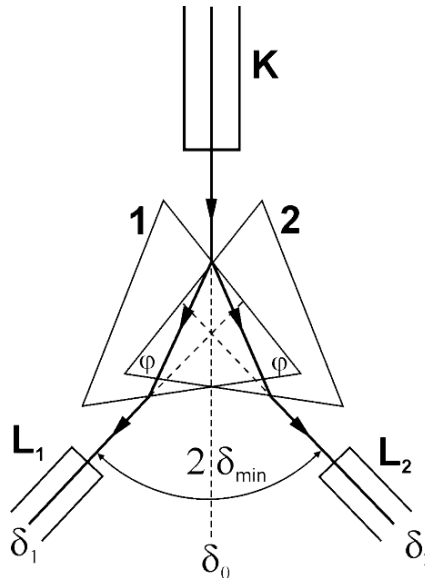
Kąt łamiący φ w pryzmacie obliczyć ze wzoru:

$$\varphi = \frac{\varphi_{1\text{śr}} - \varphi_{2\text{śr}}}{2} \quad (1)$$

B. Wyznaczenie kąta najmniejszego odchylenia w pryzmacie.

Przeprowadzić czynności zawarte w podpunktach 1-6, a następnie:

- 7) Ustawić na stoliku spektralnym pryzmat tak, aby kąt łamiący znajdował się po prawej stronie osi kolimatora zgodnie z Rysunkiem 55;



Rysunek 3. Wyznaczenie kąta najmniejszego odchylenia w pryzmacie.

- 8) Kierując się lunetą w jedną stronę odnaleźć obraz szczeliny;
9) Obracać stolik ciągle w jedną stronę by znaleźć punkt zwrotny, w którym obraz szczeliny zaczyna przesuwac się w przeciwną stronę, mimo kierowania się lunetką w tym samym, wcześniej obranym kierunku; to zwrotne położenie odpowiada za minimalne odchylenie promieni przechodzących przez pryzmat;
10) Zanotować pozycję lunety jako δ_1 ;
11) Powtórzyć pomiar dla danej pozycji pryzmatu;
12) Ustawić na stoliku spektralnym pryzmat tak, aby kąt łamiący znajdował się po lewej stronie osi kolimatora zgodnie z Rysunkiem 55;
13) Kierując się lunetą w drugą stronę niż poprzednio odnaleźć obraz szczeliny;
14) Obracając stolikiem znaleźć zwrotne położenie obrazu szczeliny w lunetce (punkt 9);
15) Zanotować pozycję lunety jako δ_2 ;
16) Powtórzyć pomiar dla danej pozycji pryzmatu;

Każdą odczytaną wartość kąta należy zamienić na stopnie, a następnie obliczyć średnią dla danego położenia (δ_{1sr} , δ_{2sr}).

Kąt najmniejszego odchylenia δ_{min} obliczyć ze wzoru:

$$\delta_{min} = \frac{\delta_{1sr} - \delta_{2sr}}{2} \quad (2)$$

Obliczyć współczynnik załamania dla pryzmatu według wzoru:

$$n = \frac{\sin \frac{1}{2} (\delta_{min} + \varphi)}{\sin \frac{1}{2} \varphi} \quad (3)$$

Oraz błąd względny procentowy Δn :

$$\Delta n = \frac{|n_{exp} - n_{teor}|}{n_{teor}} \cdot 100\% \quad (4)$$

Gdzie n_{exp} to otrzymany współczynnik załamania światła, a n_{teor} to teoretyczna wartość współczynnika załamania światła dla danego materiału, z którego został wykonany pryzmat.

2. Wyznaczenie stałej siatki dyfrakcyjnej.

Aparatura:

- a) Siatki dyfrakcyjne: 200, 300, 600 linii/mm;
- b) Spektrometr;
- c) Lampa helowa;
- d) Zasilacz wysokiego napięcia;
- e) Oświetlacz z żarówką;

Przebieg ćwiczenia:

- 1) Lampę helową umieścić w oprawie ze zintegrowanym układem chłodzącym (Rysunek 53);
- 2) Włączyć zasilacz oświetlając szczelinę kolimatora spektrometru lampą helową;
- 3) Odczekać ok. trzy minuty by lampa emitująca promieniowanie uzyskała pełną moc emisyjną;

- 4) Kolimator i lunetę spektrometru ustawić w jednej osi, a siatkę dyfrakcyjną na stoliku spektrometru prostopadle do wiązki światła wychodzącej z kolimatora;
- 5) Obserwowany obraz prążka zerowego rzędu wyregulować za pomocą dostępnych pokręteł i ustawić na skrzyżowaniu nici pajęczych;
- 6) Kąt na skali goniometru wyzerować ustawiając ruchomą podziałkę noniusza i nieruchomą skalę goniometru na wartości równą 0° ;
- 7) Poruszając lunetą tylko w lewą stronę notować położenia kątowne dla prążków w danym rzędzie widma oraz odpowiadające im barwy światła;
- 8) Pomiarów wykonać dla wszystkich siatek oraz dla widma pierwszego, drugiego, trzeciego rzędu;
- 9) Odczytane wartości wyrazić w stopniach ($^\circ$);
- 10) Dopasować ze względu na zanotowane barwy linii widmowych odpowiednich kątów najbardziej intensywne długości fali λ widma atomu helu, odczytane i dopasowane na podstawie danych wygenerowanych ze strony:
http://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/lines_form.html;
- 11) Stałą siatki obliczyć ze wzoru:

$$d = \frac{n\lambda}{\sin \alpha} \quad (5)$$

gdzie: n - rząd widma (odpowiednio 1, 2, 3);

- 12) Do obliczonej stałej d obliczyć ilość linii danej siatki zgodnie ze wzorem:

$$N = \frac{1}{d} \quad (6)$$

- 13) Dla uzyskanych wyników (d , N) obliczyć odchylenie standardowe oraz błąd względny (Δd ; ΔN)

$$\Delta d = \frac{|d_{exp} - d_{teor}|}{d_{teor}} \cdot 100\% \quad (7)$$

$$\Delta N = \frac{|N_{exp} - N_{teor}|}{N_{teor}} \cdot 100\% \quad (8)$$

Gdzie d_{exp} i N_{exp} to otrzymane eksperymentalne wartości średnie, natomiast d_{teor} i N_{teor} to wartości teoretyczne.

Część II. Analiza widmowa spektralnych lamp gazowych z użyciem spektrometru.

1. Kalibracja spektrometru na podstawie widma helu.

Aparatura:

- a) Siatka dyfrakcyjna (300 linii/mm);
- b) Spektrometr;
- c) Lampa helowa;
- d) Zasilacz wysokiego napięcia;
- e) Oświetlacz z żarówką;

Przebieg ćwiczenia:

- 1) Lampę helową umieścić w oprawie ze zintegrowanym układem chłodzącym (Rysunek 53);
- 2) Szczelinę kolimatora spektrometru oświetlić lampą helową włączając zasilacz;
- 3) Odczekać ok. trzy minuty by lampa emitująca promieniowanie uzyskała pełną moc emisyjną;
- 4) Kolimator i lunetę spektrometru ustawić w jednej osi, a siatkę dyfrakcyjną na stoliku prostopadle do wiązki światła wychodzącej z kolimatora;
- 5) Obserwowany obraz prążka zerowego rzędu wyregulować za pomocą dostępnych pokręteł i ustawić na skrzyżowaniu nici pajęczych;
- 6) Kąt na skali goniometru wyzerować (ruchoma podziałka noniusza i nieruchoma skala goniometru ustawiona na wartość 0°);
- 7) Poruszając lunetą tylko w lewą stronę notować położenia kątowne dla prążków widma w drugim i trzecim rzędzie oraz odpowiadające im barwy i względne natężenie;
- 8) Każdy odczytany kąt położenia wyrazić w stopniach($^\circ$);
- 9) Dopasować do otrzymanych kątów najbardziej intensywne długości fali λ widma atomu helu, odczytane i dopasowane na podstawie danych wygenerowanych ze strony:
http://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/lines_form.html;

10) Przedstawić zależność długości fali λ (nm) od kąta goniometru($^{\circ}$) na wykresie. Do punktów doświadczalnych dopasować prostą wraz z jej parametrami.

2. Wyznaczenie długości fali najbardziej intensywnych linii widmowych w widmach Na, Hg, Cd, Zn, Ne.

Aparatura:

- a) Siatka dyfrakcyjna (300 linii/mm);
- b) Spektrometr;
- c) Lampy spektralne: Na, Hg, Cd, Zn, Ne;
- d) Zasilacz wysokiego napięcia;
- e) Oświetlacz z żarówką;

Przebieg ćwiczenia:

- 1) Lampę spektralną umieścić w oprawie ze zintegrowanym układem chłodzącym (Rysunek 53);
- 2) Szczelinę kolimatora spektrometru oświetlić lampą spektralną, włączając zasilacz;
- 3) Odczekać ok. trzy minuty by lampa emitująca promieniowanie uzyskała pełną moc emisyjną;
- 4) Kolimator i lunetę spektrometru ustawić w jednej osi, a siatkę dyfrakcyjną na stoliku prostopadle do wiązki światła wychodzącej z kolimatora;
- 5) Obserwowany obraz prążka zerowego rzędu wyregulować za pomocą dostępnych pokręteł i ustawić na skrzyżowaniu nici pajęczych;
- 6) Kąt na skali goniometru wyzerować ustawiając ruchomą podziałkę noniusza i nieruchomą skalę goniometru na wartości równą 0° ;
- 7) Poruszając lunetę tylko w lewą stronę notować położenia kątowe dla prążków w drugim rzędzie widma oraz odpowiadające im barwy oraz względną intensywność w skali 1-10;
- 8) Każdy odczytany kąt położenia wyrazić w stopniach;
- 9) Na podstawie uzyskanej prostej z poprzedniego punktu doświadczalnego (II.1) obliczyć długość fali λ oraz $\Delta\lambda$:

$$y = a \cdot x + b = \lambda \quad (9)$$

$$\Delta\lambda = \frac{|\lambda_{exp} - \lambda_{teor}|}{\lambda_{teor}} \cdot 100\% \quad (10)$$

gdzie: x - odczytany kąt wyrażony w stopniach ($^{\circ}$); λ_{exp} otrzymane długości fali; λ_{teor} wartości długości fal wygenerowane z bazy NIST.

- 10) Uzyskane wyniki przedstawić w formie tabeli, porównując wyniki eksperymentalne, wraz z obliczonymi błędami, z wartościami tablicowymi wygenerowanymi z bazy *NIST* (http://physics.nist.gov/PhysRefData/ASD/lines_form.html);

Uwaga! Żółty prążek światła sodowego składa się w rzeczywistości z dwóch bardzo bliskich linii widmowych. Zaobserwować, dla którego rzędu ugięcia widoczny jest rozdzielony dublet sodowy i wyznaczyć dla niego położenia katowe goniometru.

3. Akwizycja widm obserwowanych przy użyciu kamery cyfrowej.

Aparatura:

- a) Siatka dyfrakcyjna 300 linii/mm;
- b) Spektrometr;
- c) Lampy spektralne: Na, Hg, Cd, Zn, Ne;
- d) Kamera cyfrowa;
- e) Zasilacz wysokiego napięcia;
- f) Oświetlacz z żarówką;

Przebieg ćwiczenia:

- 1) Lampę spektralną umieścić w oprawie ze zintegrowanym układem chłodzącym (Rysunek 53);
- 2) Szczelinę kolimatora spektrometru oświetlić lampą spektralną włączając zasilacz;
- 3) Odczekać ok. trzy minuty by lampa emitująca promieniowanie uzyskała pełną moc emisyjną;
- 4) W miejscu okularu (lunetka) umieścić kamerę cyfrową i podłączyć do komputera za pomocą kabla USB;

- 5) Kolimator i lunetę spektrometru ustawić w jednej osi, a siatkę dyfrakcyjną na stoliku prostopadle do wiązki światła wychodzącej z kolimatora;
- 6) Uruchomić program *EZPlanetaryV3.6.2.*, i wybrać:
 - *Camera* → *QHY5L – II* → 1280x960;
 - *Screen zoom* → 50% (lub inną);
- 7) Poruszając lunetą z zamontowaną kamerą cyfrową tylko w lewą stronę wykonać zdjęcia dla linii widmowych w całym drugim rzędzie widma przy czym należy zmieniać wartości trzech parametrów (w zakładce *Video capture*), tak aby uzyskać optymalną jakość obserwowanego widma:
 - *Video capture* → *wydajność*
→ *czas ekspozycji*
→ *parametr gamma*;
- 8) By wykonać zdjęcie należy wejść w: *File* → *Save Options*, zmienić należy format zdjęcia: *Snap Single Frame Format* → *TIFF* oraz wybrany folder do przechowywania zdjęć: *Select Working Folder* → *Use another folder*. Zatwierdzić przyciskiem *OK*. UWAGA! Zdjęcie zostanie wykonane po wciśnięciu przycisku *SNAP*.
- 9) Zdjęcia wykonać dla wszystkich lamp w drugim rzędzie widma, jedynie dla lampy sodowej również rząd trzeci widma, tak by dublet sodowy był wyraźnie widoczny;
- 10) W dowolnym programie graficznym zmienić format zdjęcia na *.bmp*;
- 11) Uruchomić program *Visual Spec*, i wybrać:
 - Z menu: *File* → *Open imageformat .fit*;
 - Z paska narzędzi: *Display reference binning zoom*, następnie *Object binning*;
 - Z paska narzędzi profilu: *Two lines calibration*, trzeba określić dwie linie widmowe i przypisać im długości fal wybrane z bazy NIST, podając jednostkę w angstromach;
 - Pozostałym liniom przypisać długości fal wciskając prawy przycisk myszki i wybierając *Label*;
 - Z boku profilu dokumentu nacisnąć przycisk: *Graduations*, by wyświetlić współrzędne osi X i Y;
 - Zapisać wybierając opcję z menu: *File* → *Export bmp*, lub z paska narzędzi profilu *Graphic by Gnuplot*;

Uwaga! Wybierając aplikację Gnuplot wartości długość będzie i fal trzeba będzie nanosić ręcznie.

- 12) Porównać otrzymane przez program wartości długości fal dla każdej lampy z wartościami wygenerowanymi z bazy NIST;
- 13) Obliczyć niepewności pomiarowe stosując wzór:

$$\Delta\lambda = \frac{|\lambda_{exp} - \lambda_t|}{\lambda_t} \cdot 100\% \quad (11)$$

Gdzie: λ_{exp} otrzymane wartości długości fali; λ_{teor} wartości długości fal wygenerowane z bazy NIST.