

ZADANIE 52

INTERFERENCYJNY POMIAR KRZYWIZNY SOCZEWKI (pierścienie Newtona)

Cel ćwiczenia

W ćwiczeniu, przy znanej długości fali świetlnej, pomiar promieni tzw. pierścieni Newtona pozwala wyznaczyć promień krzywizny soczewki płasko-wypukłej, a w konsekwencji analogicznych pomiarów z innymi źródłami, długość fali emitowanego przez nie światła. Technika wykorzystująca pomiary pierścieni Newtona pozwala również wyznaczyć współczynnik załamania cieczy wprowadzonej między płytkę płasko-równoległą a leżącą na niej soczewką.

Masz do dyspozycji:

- mikroskop, którego stolik wyposażony jest w dwie śruby mikrometryczne;
- soczewkę płasko-wypukłą i szklaną płytkę płasko-równoległą;
- lampę sodową świecącą światłem o średniej długości fali $\lambda = 589,3$ nm (w rzeczywistości jest to tzw. dublet, czyli dwie położone blisko siebie linie o długościach fali 588,99 nm i 589,59 nm);
- zestaw diod świecących;

Wykonanie pomiarów

- Przetrzyj soczewkę i płytkę specjalną ściereczką. Połóż płytkę na stoliku mikroskopu a na płytce soczewkę płaską stroną do góry. Używając światła sodowego odszukaj pierścienie Newtona. Przesuwając okular mikroskopu w górę i w dół sprawdź, w jakiej pozycji widzisz pierścienie najostrzej.
- Zadbaj o regularny kształt pierścieni. Gdy uznasz, że nie mają one kształtu okręgu, przetrzyj ponownie płytkę i soczewkę lub przesun soczewkę w inne miejsce na płytce.
- Upewnij się, że środek pierścieni jest ciemny. Gdy tak nie jest, przetrzyj zarówno płytkę jak i soczewkę, przesun soczewkę w inne miejsce na płytce lub lekko ja dociśnij do płytki.
- Pomiary promieni pierścieni wykonaj w ten sposób, że ustaw nić pajęczą na środku wybranego, ciemnego lub jasnego pierścienia po lewej stronie i wykonaj pomiary pozycji ciemnych i jasnych prążków, przesuwając stolik mikroskopu zawsze w jedną stronę, z lewa na prawo – do centralnego obszaru – a następnie przez coraz to większe numery pierścieni, aż dotrzesz do pierścienia o tym samym numerze, lecz tym razem po przeciwnej stronie centralnego obszaru. Procedura ta ma na celu uniknięcie luzów śruby mikrometrycznej w mechanizmie stolika. Postaraj się zmierzyć możliwie największą liczbę pierścieni. Zadbaj o to, by przesuwając stolik mikroskopu w trakcie pomiaru, przejść przez środek centralnego, ciemnego obszaru wzoru interferencyjnego.
- Powtórz pomiary po umieszczeniu kropli wody między płytką a soczewką.
- Przetrzyj ręcznikiem papierowym do sucha płytkę i soczewkę. Przyjrzyj się bardzo uważnie pierścieniom Newtona w świetle lampy sodowej. W szczególności przyjrzyj się szerokościom i ostrości zarówno jasnych jak ciemnych pierścieni. Zwróć uwagę na ich promień.
- Zmień źródło światła na żółtą diodę i odszukaj pierścienie Newtona. Porównaj ich widok z obrazem dla światła lampy sodowej.
- Wykonaj pomiary pierścieni ze światłem emitowanym przez czerwoną i niebieską diodę. Pomiary te nie muszą być tak rozbudowane jak pomiary dla światła lampy sodowej.
- Przyjrzyj się obrazowi otrzymanemu dla diody świecącej światłem białym. Spróbuj wykonać pomiary, które pozwolą Ci oszacować zakres długości fal światła widzialnego.

Literatura pomocnicza

- D. Halliday, R. Resnick i J. Walker, *Podstawy fizyki*, t. 4, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2003,
- H. Szydłowski, *Pracownia fizyczna wspomagana komputerem*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, szereg wydań w latach 2003 ÷ 2012,
- A. Zięba, *Analiza danych w naukach ścisłych i technice*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2013.

ZADANIE 52

INTERFERENCYJNY POMIAR KRZYWIZNY SOCZEWKI (pierścienie Newtona)

Cel ćwiczenia

W ćwiczeniu, przy znanej długości fali świetlnej, pomiar promieni tzw. pierścieni Newtona pozwala wyznaczyć promień krzywizny soczewki płasko-wypukłej, a w konsekwencji analogicznych pomiarów z innymi źródłami, długość fali emitowanego przez nie światła. Technika wykorzystująca pomiary pierścieni Newtona pozwala również wyznaczyć współczynnik załamania cieczy wprowadzonej między płytkę płasko-równoległą a leżącą na niej soczewką.

Wprowadzenie

Wzory pierścieni, jakie obserwowane są na styku płytki płasko-równoległej i leżącej na niej wypukłą stroną soczewki płasko-wypukłej, zwane pierścieniami Newtona, zostały wyjaśnione przez Izaaka Newton, który wytłumaczył ich układ, odwołując się jednakowoż do korpuskularnej teorii światła. Siła jego wyjaśnienia była tak wielka, że przez następne ponad sto lat światło powszechnie uważano za strumień cząstek. Dziś, dzięki doświadczeniu Younga w 1801 roku, światło w tym zjawisku uznajemy jako falę, a powstawanie pierścieni tłumaczymy jako przejaw interferencji.

Zjawisko interferencji polega na sumowaniu fal, między którymi utrzymywana jest stała w czasie różnica faz, co określamy mianem **spójności** lub **koherencji**. Najprościej można to zrozumieć, odwołując się do fali propagującej się w jednym wymiarze. Postać fali harmonicznnej opisującej zaburzenie w punkcie x ośrodka w chwili t czasu, poruszające się w kierunku dodatnim osi X wyznacza związek:

$$\psi(x, t) = A \sin(kx - \omega t), \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}, \quad \omega = \frac{2\pi}{T}, \quad v = \frac{\omega}{k},$$

gdzie wielkość A to amplituda fali, k to jej tzw. liczba falowa, ω jej częstość kołowa, λ jej długość, T jej okres, a v jest jej prędkością propagacji. Argument funkcji *sinus* nazywamy **fazą fali**, a w miejsce tej funkcji równie dobrze możemy wpisać funkcję *cosinus*. Jeśli przed czynnikiem ωt w miejsce znaku „minus” mamy znak „plus”, to uzyskujemy falę, która porusza się w kierunku ujemnym osi X .

Jeśli w chwili t w punkcie x spotykają się dwa takie zaburzenia:

$$\psi_1(x, t) = A \sin(kx - \omega t), \quad \psi_2(x, t) = A \sin(kx - \omega t + \varphi),$$

gdzie φ jest pewną liczbą, to wynik takiego spotkania przyjmuje postać:

$$\psi_1(x, t) + \psi_2(x, t) = A \sin(kx - \omega t) + A \sin(kx - \omega t + \varphi) = 2A \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right) \sin\left(kx - \omega t + \frac{\varphi}{2}\right).$$

Widzimy, że suma taka zachowuje postać fali harmonicznnej, ale jej amplituda zmieniona jest przez czynnik $\cos(\varphi/2)$. Gdy argument $\varphi/2$ jest wielokrotnością liczby π , amplitudę mamy największą, równą podwojonej amplitudzie pojedynczej fali, podczas gdy taka sama wielokrotność, ale uzupełniona o wartość $\pi/2$, prowadzi do wygaszenia fali. Natężenie I fali jest proporcjonalne do uśrednionego po czasie jednego okresie kwadratu fali i ma postać:

$$I = 4I_0 \cos^2\left(\frac{\varphi}{2}\right),$$

gdzie I_0 jest natężeniem, jakie uzyskamy od pojedynczej fali. We wszystkich zjawiskach interferencyjnych, a znamy ich sporo, faza $\varphi/2$ zależy od miejsca obserwacji, co prowadzi do obszarów jasnych (czyli takich, gdzie dochodzi do tzw. interferencji konstruktywnej) i obszarów ciemnych (tam, gdzie mamy tzw. interferencję destruktywną). Obszary takie najczęściej mają formę pasm różnych kształtów, które zwiemy prążkami.

Schemat układu pomiarowego wykorzystywanego w doświadczeniu ukazuje Rysunek 1. Promienie ze źródła światła padają na płytkę półprzepuszczalną AB , która część energii światła

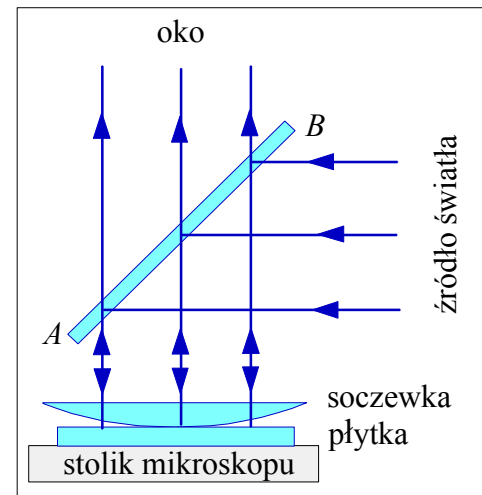
wysyła w kierunku stolika mikroskopu, na którym leży płytka płasko-równoległa, a na niej soczewka płasko-wypukła.

Promienie świetlne padające normalnie na górną, płaską powierzchnię soczewki płasko-wypukłej wchodzi do wnętrza soczewki, gdzie obijają się częściowo na dolnej, zakrzywionej powierzchni soczewki, a częściowo przechodzą przez tę powierzchnię i po przejściu cienkiej warstwy, o grubości h , ośrodka o współczynniku załamania n między soczewką a płytką, padają na górną powierzchnię płytki płasko-równoległej. Po odbiciu od niej i ponownym przejściu przez soczewkę, interferują z promieniem odbitym od zakrzywionej powierzchni soczewki. Przebieg promieni pokazany jest schematycznie na Rysunku 2.

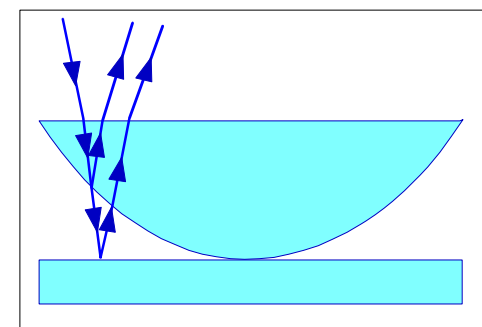
Jeśli ośrodek, jaki wypełnia obszar między soczewką a płytką, jest rzadszy optycznie niż płytka, tj. ośrodek ma mniejszy współczynnik załamania niż płytka, to różnica dróg optycznych dla obu promieni wynosi:

$$\Delta = 2hn + \frac{\lambda}{2},$$

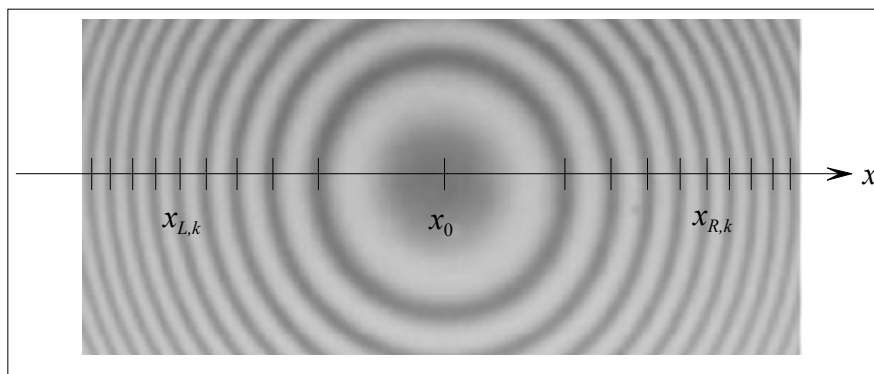
gdzie λ jest długością padającej fali świetlnej. Gdy światło wędruje w ośrodku o współczynniku załamania n , jego długość fali maleje n -krotnie i dlatego dystans h w ośrodku może pomieścić n razy więcej długości fal niż ten sam dystans w próżni. Dodatkowy składnik $\lambda/2$ pojawia się tu dlatego, że przy odbiciu fali elektromagnetycznej od ośrodka optycznie gęstszego (w przypadku powietrz lub wody między soczewką a płytką chodzi o odbicie od płytki), następuje zmiana fazy fali o π , co odpowiada różnicy dróg równej połowie długości fali. Ze wzoru tego widać, że prążki interferencyjne, czyli krzywe jednakowej grubości soczewki będą miały kształt pierścieni o wspólnym środku wyznaczonym przez punkt styczności soczewki i płytki. Typowy przykład pierścieni Newtona obserwowanych w układzie z Rysunku 1, ukazuje Rysunek 3. Dodatkowe elementy ukazane na tym rysunku (oś i współrzędne) wyjaśnione zostaną w dalszej części. Możemy także obserwować pierścienie Newtona w świetle



Rys. 1. Układ pomiarowy



Rys. 2. Schemat przebieg promieni w układzie soczewka – płytka. W rzeczywistości wiązka pada pionowo, a promienie interferujące pokrywają się.



Rys. 3. Kształt pierścieni Newtona i metoda ich pomiaru

przechodzącym przez układ płytki i soczewki, a wtedy obraz interferencyjny jest negatywem obrazu z Rysunku 3.

Wygaszenie interferencyjne (minimum interferencyjne) wystąpi dla takich grubości h , dla których różnica dróg optycznych będzie wielokrotnością długości fali powiększoną o połowę długości fali:

$$\Delta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda, \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

Z tego związku i ze związku na różnicę dróg optycznych otrzymujemy, że ciemne pierścienie będą widoczne tam, gdzie odległość h między soczewką a płytką wynosi:

$$h = \frac{k\lambda}{2n},$$

a więc, w szczególności, ciemny będzie środek obrazu interferencyjnego. Jeżeli R oznacza promień krzywizny soczewki, a r_k promień takiego pierścienia, to z Rysunku 4 wynika

$$R^2 = (R - h)^2 + r_k^2 = R^2 - 2Rh + h^2 + r_k^2,$$

czyli

$$r_k^2 - 2Rh + h^2 = 0,$$

a jeśli, dodatkowo, zgodzimy się, że $R \gg h$, to wyznaczamy:

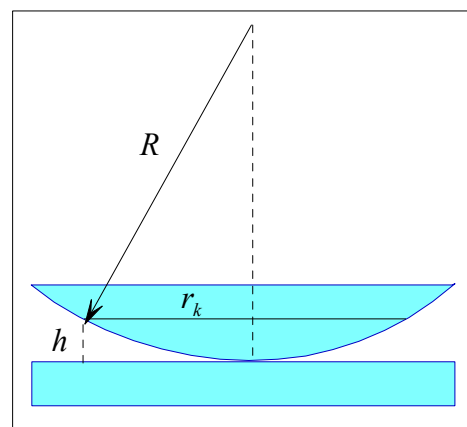
$$h = \frac{r_k^2}{2R},$$

a stąd znajdujemy wyrażenie na promienie r_k ciemnych:

$$r_k = \sqrt{\frac{R\lambda}{n}k}, \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

oraz jasnych pierścieni:

$$r_k = \sqrt{\frac{R\lambda}{n}\left(k - \frac{1}{2}\right)}, \quad k = 1, 2, \dots,$$



Rys. 4. Wyznaczanie dystansu h

gdzie $k = 0$ odpowiada ciemnemu kołu w środku obrazu, a pozostałe wartości numerują pierścienie.

Masz do dyspozycji:

- mikroskop, którego stolik wyposażony jest w dwie śruby mikrometryczne;
- soczewkę płasko-wypukłą i szklaną płytkę płasko-równoległą;
- lampę sodową świecącą światłem o średniej długości fali $\lambda = 589,3$ nm (w rzeczywistości jest to tzw. dublet, czyli dwie położone blisko siebie linie o długościach fali 588,99 nm i 589,59 nm);
- zestaw diod świecących;

Planowanie pomiarów

- Przed przystąpieniem do pomiarów zastanów się, co może mieć wpływ na jakość otrzymanych obrazów. Które elementy układu mają istotne znaczenie dla wykonania pomiaru i w jaki sposób można polepszyć korzystanie z nich?
- Znając długości fal dubletu sodowego i zakładając promień krzywizny soczewki równy 1 m, oszacuj różnice promieni między obserwowanymi pierścieniami dla obu składowych dubletu. Oszacuj, dla którego numeru pierścienia jasnego zacznie się on pokrywać z pierścieniem ciemnym.
- Zastanów się, jakie pomiary pierścieni wytworzonych przez białe światło trzeba wykonać, aby wyznaczyć zakres falowy widma widzialnego.
- Czy w analizie danych, którą zamierzasz przeprowadzić, przydatny będzie pomiar współrzędnej środka centralnego obszaru ciemnego?

Wykonanie pomiarów

- Przetrzyj soczewkę i płytkę specjalną ściereczką. Połóż płytkę na stoliku mikroskopu a na płycie soczewkę płaską stroną do góry. Używając światła sodowego odszukaj pierścienie Newtona. Przesuwając okular mikroskopu w górę i w dół sprawdź, w jakiej pozycji widzisz pierścienie najostrzej.

- Zadbaj o regularny kształt pierścieni. Gdy uznasz, że nie mają one kształtu okręgu, przetrzyj ponownie płytkę i soczewkę lub przesuń soczewkę w inne miejsce na płytce.
- Upewnij się, że środek pierścieni jest ciemny. Gdy tak nie jest, przetrzyj zarówno płytkę jak i soczewkę, przesuń soczewkę w inne miejsce na płytce lub lekko ja dociśnij do płytki.
- Pomiary promieni pierścieni wykonaj w ten sposób, że ustaw nić pajęczą na środku wybranego, ciemnego lub jasnego pierścienia po lewej stronie i wykonaj pomiary pozycji ciemnych i jasnych prążków, przesuując stolik mikroskopu zawsze w jedną stronę, z lewa na prawo – do centralnego obszaru – a następnie przez coraz to większe numery pierścieni, aż dotrzesz do pierścienia o tym samym numerze, lecz tym razem po przeciwnej stronie centralnego obszaru. Procedura ta ma na celu uniknięcie luzów śruby mikrometrycznej w mechanizmie stolika. Postaraj się zmierzyć możliwie największą liczbę pierścieni. Zadbaj o to, by przesuując stolik mikroskopu w trakcie pomiaru, przejść przez środek centralnego, ciemnego obszaru wzoru interferencyjnego.
- Powtórz pomiary po umieszczeniu kropli wody między płytką a soczewką.
- Przetrzyj ręcznikiem papierowym do sucha płytkę i soczewkę. Przyjrzyj się bardzo uważnie pierścieniom Newtona w świetle lampy sodowej. W szczególności przyjrzyj się szerokościom i ostrości zarówno jasnych jak ciemnych pierścieni. Zwróć uwagę na ich promień.
- Zmień źródło światła na żółtą diodę i odszukaj pierścienie Newtona. Porównaj ich widok z obrazem dla światła lampy sodowej.
- Wykonaj pomiary pierścieni ze światłem emitowanym przez czerwoną i niebieską diodę. Pomiary te nie muszą być tak rozbudowane jak pomiary dla światła lampy sodowej.
- Przyjrzyj się obrazowi otrzymanemu dla diody świecącej światłem białym. Spróbuj wykonać pomiary, które pozwolą Ci oszacować zakres długości fal światła widzialnego.

Analiza danych

- Ustal realistyczne, dopuszczalne błędy graniczne wielkości bezpośrednio mierzonych i wyznacz odpowiadające im niepewności standardowe – pamiętaj, że zdolność rozdzielcza przyrządu nie musi definiować sensownych błędów granicznych (oczywiście, możesz też od razu oszacować niepewności standardowe, bez przechodzenia przez etap błędów granicznych);
- Rozważ możliwość analizy współrzędnych x_L i x_P ukazanych na Rysunku 3, metodą jednolitego podejścia angażującego wszystkie dane dla jasnych i ciemnych pierścieni po obu stronach centralnego obszaru jednocześnie. Jeśli nie potrafisz zaproponować takiej analizy, skorzystaj z sugestii poniżej.
- Wzory na promienie jasnych i ciemnych pierścieni można łatwo ująć w jeden:

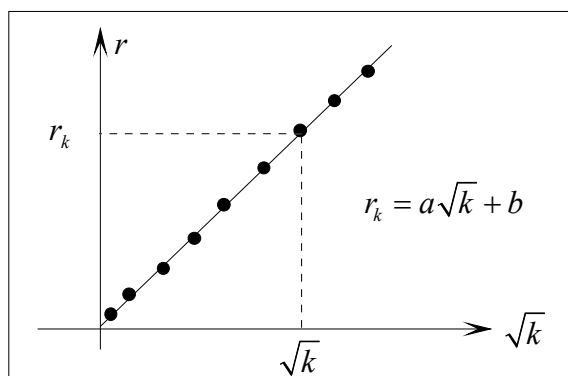
$$r_k = \sqrt{\frac{R\lambda}{2n}} k, \quad k = 1, 2, 3, \dots,$$

w którym kolejne wartości liczby k numerują kolejne pierścienie – wartości nieparzyste wyznaczają promienie pierścieni jasnych, a wartości parzyste, pierścieni ciemnych – wartość $k = 0$ definiuje centralny obszar ciemny. Jeśli promień r_k pierścienia wyznaczmy ze wzoru

$$r_k = \frac{1}{2}(x_{R,k} - x_{L,k}),$$

gdzie wielkość $x_{R,k}$ oznacza współrzędną prawej części środka prążka pierścienia o numerze k , a wielkość $x_{L,k}$ współrzędną lewej części środka pierścienia, jak to przedstawia Rysunek 3, to będzie można wykonać jednoczesną analizę wszystkich pierścieni, zarówno jasnych jak i ciemnych, dopasowując do danych pełną linię prostą jako funkcje pierwiastka numeru k pierścienia, jak ukazuje to Rysunek 5. Współczynnik b nie ma uzasadnienia w analizie prezentowanej we **Wprowadzeniu** i ma czysto fenomenologiczny charakter, dlatego odnosząc się do wyników uzyskanych z takiej analizy, rozważ stosowność analizy wymuszającej jego zerową wartość. Jeśli uznasz to za właściwe, wyznacz ocenę promienia krzywizny soczewki.

- Z podobnych pomiarów z kroplą wody między płytką a soczewką, wyznacz ocenę wartości współczynnika załamania wody wraz z niepewnością tej oceny.



Rys. 5. Analiza promieni

- Wyjaśnij różnice w obrazie interferencyjnym przy oświetlaniu lampą sodową i żółtą diodą.
- Z podobnych pomiarów pierścieni Newtona uzyskanych dla światła emitowanego przez diody czerwoną i niebieską, wyznacz długości fal emitowanego przez nie światła.
- Wykorzystując wyniki pomiarów pierścieni widzianych w białym świetle emitowanym przez diodę, oszacuj zakres długości fal światła widzialnego.

Literatura pomocnicza

- D. Halliday, R. Resnick i J. Walker, *Podstawy fizyki*, t. 4, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2003,
- H. Szydłowski, *Pracownia fizyczna wspomagana komputerem*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, szereg wydań w latach 2003 ÷ 2012,
- A. Zięba, *Analiza danych w naukach ścisłych i technice*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2013.

Dodatkowe uwagi odnośnie do raportu

Jeśli na którymś z etapów analizy danych prowadzisz dopasowanie modelowej zależności do danych metodą najmniejszych kwadratów, koniecznie podaj jawną formę wielkości minimalizowanej, gdyż postać ta jednoznacznie wyznacza oceny poszukiwanych współczynników modelowej zależności wraz z ich niepewnościami standardowymi i nie musisz cytować stosownych wzorów dla tych obiektów.

W raporcie zamieść, w stosownie dobranych tabelach, wszystkie surowe wyniki pomiarów tak, aby sięgając jedynie do raportu i bez potrzeby odwoływania się do protokołu z doświadczenia można było wykonać pełną i niezależną analizę Twych danych. Zadbaj o wierne przeniesienie zmierzonych wartości do raportu. Podaj także te z wyników pośrednich, które uznasz za dostatecznie interesujące.

Nim przygotujesz raport, zaznajom się z uwagami zawartymi w opracowaniu *Instrukcja - Jak pisać raport końcowy* oraz z przykładową realizacją tych uwag w postaci *Przykładowy raport końcowy*. Materiały te zamieszczone są na stronie <http://anipw.igf.fuw.edu.pl> Pracowni wstępnej. Wymagania ukazane w tych opracowaniach będą bezwzględnie egzekwowane przy sprawdzaniu Twego raportu. W szczególności pamiętaj o konwencji odnoszącej się do precyzji przedstawiania niepewności, a co za tym idzie, również wartości wielkości zmierzonej.

Absolutnie zalecane jest także świadome przyjrzenie się redakcji tekstu a także tabel, rysunków i wzorów, sposobów ich numerowania, tytułowania i opisywania w dowolnym, ale wydanym przez uznane wydawnictwo, akademickim podręczniku do fizyki, jak również zajrzenie do kilku publikacji w różnych czasopismach naukowych, co może ułatwić podjęcie decyzji co do podziału Twego raportu na części.

Pytania i zadania definiujące wymagania do ćwiczenia

Problem 1. Dwie jednowymiarowe fale o identycznych amplitudach poruszają się w przeciwnych kierunkach. Wyznacz postać fali wypadkowej i omów zachowanie takiej fali (falę, jaka powstaje w wyniku dwóch fal biegnących w przeciwnych kierunkach nazywamy **falą stojącą**).

Problem 2. Widmo sodu składa się z dwóch linii: $\lambda_1 = 589,0$ nm i $\lambda_2 = 589,6$ nm. Jaki jest, oglądany w świetle odbitym, najmniejszy numer ciemnego pierścienia Newtona odpowiadającego jednej z tych linii i pokrywający się z jasnym pierścieniem drugiej linii?

Problem 3. Jaka jest odległość między dwudziestym a dwudziestym pierwszym pierścieniem Newtona, jeśli odległość między drugim a trzecim wynosi 1 mm? Obserwacja jest prowadzona w świetle odbitym.

Problem 4. Obserwując pierścienie Newtona w układzie płasko-wypukłej soczewki stykającą się z płaską płytką, w odbitym świetle niebieskim, którego długość fali λ_n wynosi 450 nm stwierdzono, że trzeci pierścień jasny ma promień 1,06 mm. Po oświetleniu układu światłem czerwonym, promień piątego jasnego pierścienia wyniósł 1,77 mm. Wyznacz promień R krzywizny soczewki i długość λ_c światła czerwonego.

Problem 5. Obserwator mierzy szerokość dziesięciu pierścieni Newtona, przy czym nie wiadomo, jaki numer nosi pierwszy z tych pierścieni. Okazuje się, że szerokość ta wynosi 0,7 mm. Szerokość następných dziesięciu pierścieni wynosi 0,4 mm. Obserwacja prowadzona jest w świetle odbitym o długości fali $\lambda = 589$ nm. Oblicz promień krzywizny powierzchni soczewki.

Pytania i zadania przybliżające, uzupełniające lub poszerzające treść ćwiczenia

Problem 6. W układzie służącym do obserwacji pierścieni Newtona soczewka płasko-wypukła może być oddalana od płytki, na której spoczywa. Jak będzie się zmieniał obraz pierścieni przy ruchu soczewki?

Problem 7. Na układ doświadczalny do obserwacji pierścieni Newtona w świetle odbitym pada prostopadle światło o długości fali $\lambda = 500$ nm. Wyznacz grubość warstwy powietrza tam, gdzie obserwuje się piąty jasny pierścień.

Problem 8. Część wypukłej powierzchni płasko-wypukłej soczewki o promieniu R zeszlifowano w ten sposób, że powstała płaska powierzchnia o promieniu $r_0 = 3,0$ mm. Tak przygotowaną soczewkę położono zeszlifowaną płaską powierzchnią na płycie płasko-równoległej i obserwowano pierścienie Newtona w świetle przechodzącym o długości fali λ . Wyznacz promienie tych pierścieni.

Problem 9. Płasko-wypukła soczewka leży wypukłą stroną na płaskiej płytce, przy czym w skutek dostania się pyłku, soczewka i płytka nie stykają się ze sobą. Średnice pierścieni Newtona o numerach $k_1 = 5$ i $k_2 = 15$ oglądane w świetle odbitym o długości fali $\lambda = 589$ nm wynoszą $d_1 = 0,7$ mm i $d_2 = 1,7$ mm. Wyznacz promień krzywizny soczewki.

Problem 10. Pierścienie Newtona obserwowane są w świetle odbitym o długości λ w układzie soczewki płasko-wypukłej o promieniu krzywizny R_1 , włożonej do wnętrza soczewki płasko-wklęsłej o promieniu R_2 . Wyznacz promienie pierścieni Newtona.

Problem 11. Dwie identyczne, płasko-wypukłe soczewki o promieniu krzywizny R złożono powierzchniami wypukłymi do siebie. Wyznacz promienie pierścieni Newtona przy obserwacji w fali odbitej o długości λ .

Problem 12. Wyznacz gęstość pierścieni Newtona (liczba pierścieni na jednostkę długości) jako funkcję promienia mierzonego od środka wzoru interferencyjnego. Przyjmij promień soczewki i długość fali światła za znaną.

Problem 13. Czym różni się światło zwykłej żarówki, lampy sodowej, Słońca od światła lasera?

Problem 14. Dlaczego wytłumaczenie pierścieni Newtona uzyskiwanych w świetle lampy sodowej, odwołuje się do interferencji promieni odbitych od zakrzywionej powierzchni soczewki i stykającej się z nią powierzchni płytki płasko-równoległej, a nie np. od obu powierzchni płytki lub płaskiej powierzchni soczewki i zakrzywionej powierzchni soczewki lub płaskiej powierzchni soczewki i dowolnej z powierzchni płytki?

Opracował: NN.

Uzupełnił: Roman J. Nowak, Wojciech Wasilewski, Marta Borysiewicz i Andrzej Witowski,
27 listopada 2016.