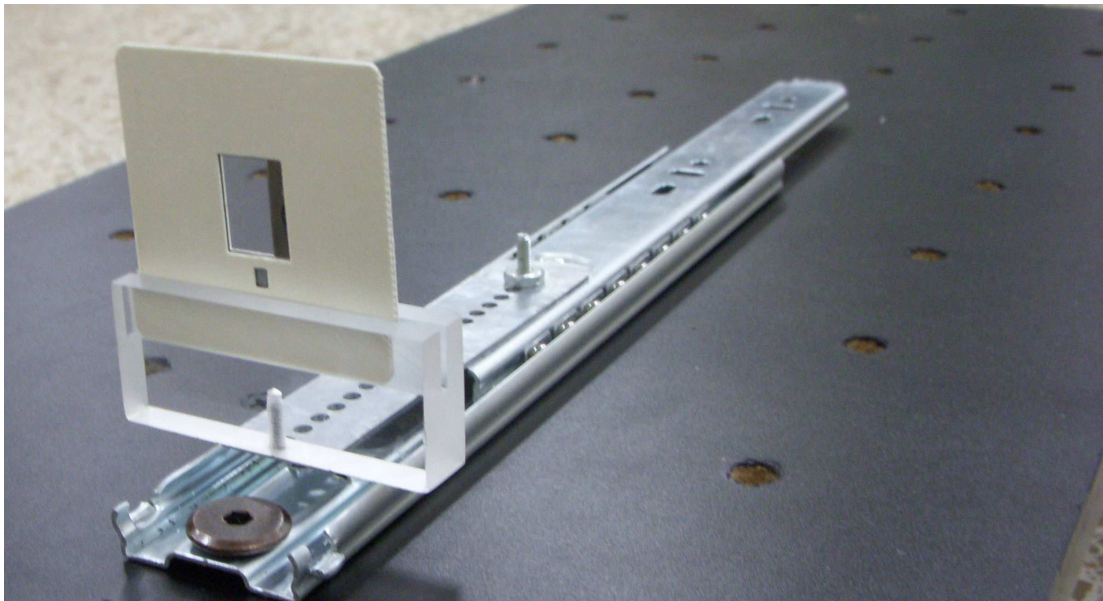


ZADANIE DOŚWIADCZALNE 1**WYZNACZENIE DŁUGOŚCI FALI ŚWIATŁA LASERA
DIODOWEGO****WYPOSAŻENIE**

Oprócz elementów wymienionych w 1), 2) i 3), masz do dyspozycji:

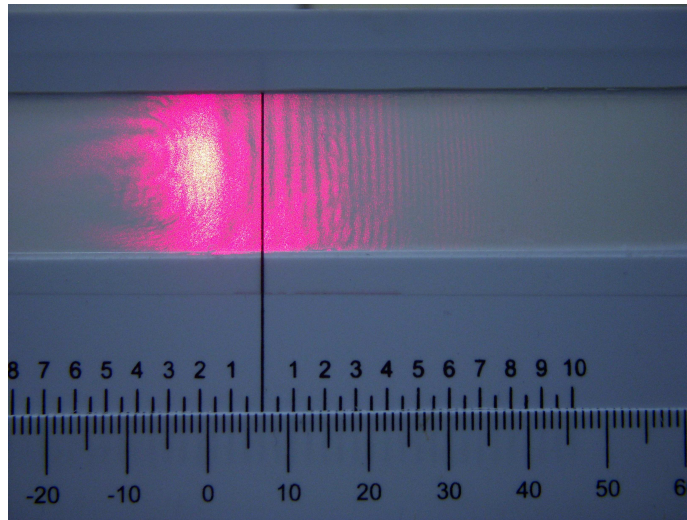
- 4) Soczewkę umieszczoną na kwadratowym uchwycie (oznaczona etykietą C)
- 5) Żyłkę umieszczoną w ramce na slajdy, która powinna być ustawiona na akrylowej podstawce (oznaczona literą D1) oraz zamontowana na ruchomej szynie (oznaczona etykietą D2). Przykręć śrubokrętem podstawkę. Fotografia pokazuje sposób montowania.
- 6) Ekran do obserwacji ze skalą z noniusem (1/20 mm) (oznaczona etykietą E)
- 7) Soczewkę powiększającą (oznaczona etykietą F)
- 8) Miarkę o długości 30 cm
- 9) Suwmiarkę (oznaczona etykietą H)
- 10) Taśmę mierniczą (oznaczona etykietą I)
- 11) Kalkulator
- 12) Białe kartki, taśmę maskującą, nalepki, nożyczki, prostokątną ekierkę
- 13) Ołówki, papier, papier milimetrowy



Żyłka w ramce do slajdów ma być umieszczona na akrylowej podstawce (etykieta D1) i przykręcona do ruchomego uchwytu (etykieta D2)

EXPERIMENT DESCRIPTION

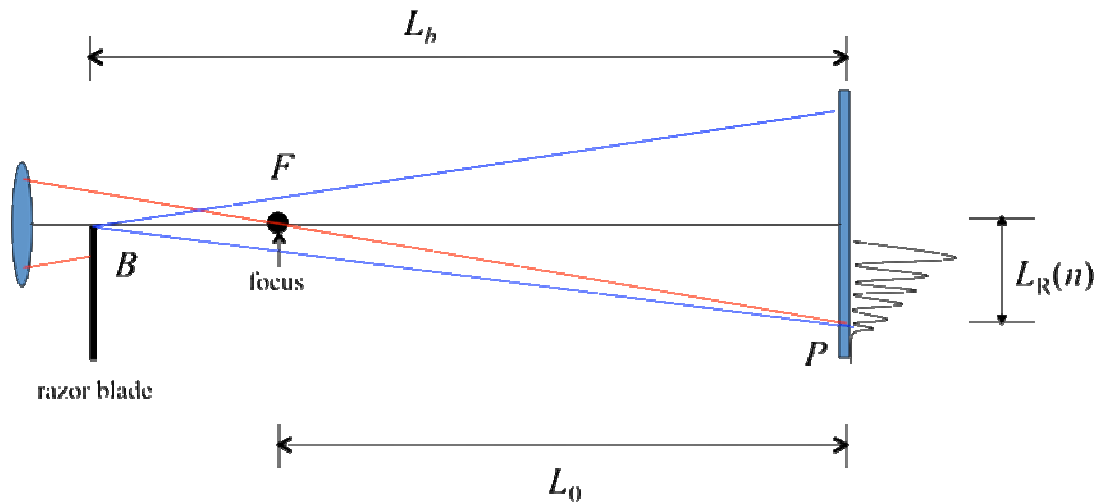
Twoim celem jest wyznaczenie długości fali światła lasera diodowego. Cechą tego pomiaru jest to, że nie korzysta z dokładnej skali mikrometrowej (takiej jak na siatce dyfrakcyjnej). Najmniejsza mierzona długość to kilka milimetrów. Długość fali jest wyznaczona za pomocą dyfrakcji światła na ostrzu żyłki.



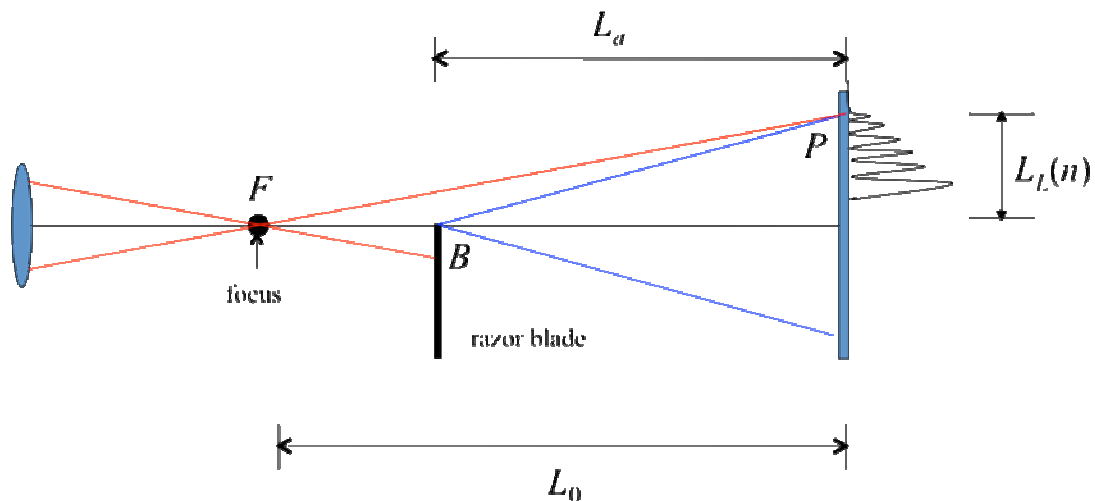
Rys. 1.1 Typowy obraz prążków dyfrakcyjnych

O Wiązka światła laserowego (A) odbija się od zwierciadła (B) i musi przejść przez soczewkę (C) o ogniskowej *kilku centymetrów*. Będziemy zakładać, że ognisko soczewki jest punktowym źródłem światła, z którego rozchodzi się sferyczna fala. Za soczewką wiązka laserowa natrafia na przeszkodę, jakim jest ostrze żyłki. Może być ono traktowane jako źródło światła emitujące cylindryczną falę. Obie te fale interferują ze sobą tworząc obraz dyfrakcyjny na ekranie. Rys. 1.1 pokazuje zdjęcie typowego obrazu prążków dyfrakcyjnych.

Są dwa ważne przypadki, patrz rys. 1.2 i 1.3.



Rys. 1.2. Przypadek (I). Żyłka ustawiona jest *przed* ogniskiem soczewki. Rysunek nie zachowuje skali. B na rysunku oznacza krawędź żyłki a F jest ogniskiem.



Rys. 1.3. Przypadek (II). Żyłka ustawiona jest *za* ogniskiem soczewki. Rysunek nie zachowuje skali. B na rysunku oznacza krawędź żyłki a F jest ogniskiem.

UKŁAD DOŚWIADCZALNY

Zadanie 1.1. Układ doświadczalny (1.0 pkt). Zaproponuj układ doświadczalny do obserwacji obrazu dyfrakcyjnego. Odległość L_0 ogniska do ekranu powinna być znacznie większa od ogniskowej.

- Naszkicuj swój układ doświadczalny na dostarczonym rysunku stołu optycznego. Zrób to pisząc etykiety różnych elementów na rysunku stołu optycznego. Możesz też wykonać proste dodatkowe rysunki co pomoże wyjaśnić twój zestaw.

- Możesz ustawić bieg wiązki laserową korzystając jednej z białych kartek do obserwacji jej biegu.
- Naszkicuj drogę wiązki laserowej na rysunku stołu optycznego i podaj wysokość h wiązki nad stołem.

OSTRZEŻENIE: Nie rozważaj dużego okrągłego kształtu, który może wystąpić. Jest on związany z budową lasera.

Poświęć trochę czasu na zapoznanie się z układem doświadczalnym. Powinieneś zauważyć co najmniej 10 lub więcej pionowych liniowych prążków na ekranie. Odczytaj położenie **ciemnych** prążków. Możesz użyć lupy do dokładniejszego oglądu prążków. **Najlepszą metodą obserwacji prążków jest ich oglądanie od tylnej strony ekranu (E).** Wówczas skala na ekranie powinna być po zewnętrznej stronie układu optycznego. Jeśli ustawienie elementów optycznych jest właściwe powinieneś widzieć oba obrazy (Przypadki I i II) przesuwając żyłkę (D1) wzdłuż uchwyty (D2).

ROZWAŻANIA TEORETYCZNE

Popatrz na rysunek 1.2 i 1.3. Jest tam pięć długości:

L_0 : odległość od ogniska soczewki do ekranu.

L_b : odległość od żyłki do ekranu, przypadek I.

L_a : odległość od żyłki do ekranu, przypadek II.

$L_R(n)$: położenie n -tego **ciemnego** prążka, przypadek I.

$L_L(n)$: położenie n -tego **ciemnego** prążka, przypadek II.

Pierwszy ciemny prążek, w przypadkach I i II jest najszerszy i odpowiada $n = 0$.

Y Twój zestaw doświadczalny musi być taki, że $L_R(n) \ll L_0, L_b$ dla przypadku I i $L_L(n) \ll L_0, L_a$ dla przypadku II.

Zjawisko interferencji fal pochodzi od różnicy dróg optycznych fal biegnących z jednego punktu. W zależności od różnicy dróg optycznych fale mogą się odjąć (interferencja destruktywna) co prowadzi do ciemnych prążków, lub fale mogą się dodać, (interferencja konstruktywna), dając jasne prążki.

Dokładniejsza analiza interferencji tych fal prowadzi do następującego warunku na wystąpienie **ciemnego** prążka, dla przypadku I:

$$\Delta_1(n) = \left(n + \frac{5}{8} \right) \lambda \quad \text{with } n = 0, 1, 2, \dots \quad (1.1)$$

a dla przypadku II:

$$\Delta_{II}(n) = \left(n + \frac{7}{8}\right)\lambda \quad \text{with } n = 0, 1, 2, \dots \quad (1.2)$$

gdzie λ oznacza długość fali wiązki laserowej, a Δ_I i Δ_{II} oznaczają różnice dróg optycznych dla każdego z przypadków.

W przypadku I różnica dróg optycznych wynosi,

$$\Delta_I(n) = (BF + FP) - BP \quad \text{dla każdego } n = 0, 1, 2, \dots \quad (1.3)$$

a w przypadku II

$$\Delta_{II}(n) = (FB + BP) - FP \quad \text{dla każdego } n = 0, 1, 2, \dots \quad (1.4)$$

Zadanie 1.2. Wyrażenie na różnice dróg optycznych (0.5 pkt).

Zakładając, że $L_R(n) \ll L_0, L_b$ dla przypadku I i $L_L(n) \ll L_0, L_a$ dla przypadku II, w równaniach 1.3 i 1.4 (upewnij się, że twój zestaw doświadczalny spełnia te warunki) znajdź przybliżone wyrażenie na $\Delta_I(n)$ i $\Delta_{II}(n)$ jako funkcje $L_0, L_b, L_a, L_R(n)$ i $L_L(n)$.

Przybliżenie $(1+x)^r \approx 1+rx$ if $x \ll 1$ może okazać się przydatne.

Kłopot z tymi równaniami jest taki, że wielkości $L_0, L_R(n)$ i $L_L(n)$ nie mogą być dokładnie zmierzone. W odniesieniu do pierwszej z nich, ponieważ nie ma prostej metody wyznaczenia położenia ogniska soczewki, a w odniesieniu do dwóch pozostałych – ponieważ trudno jest wyznaczyć położenie punktu od którego mierzy się te odległości ze względu na niedokładne ustawienie elementów optycznych.

Aby rozwiązać problemy z $L_R(n)$ i $L_L(n)$, wybierzmy zero (początek) skali na wykresie (etykieta E) jako początek skłai pomiaru położenia prążków. Niech l_{0R} i l_{0L} oznaczają (nieznane) położenia od których mierzone są $L_R(n)$ i $L_L(n)$. Niech $l_R(n)$ i $l_L(n)$ oznaczają położenia prążków mierzone od początku skali (0). Zatem:

$$L_R(n) = l_R(n) - l_{0R} \quad \text{i} \quad L_L(n) = l_L(n) - l_{0L} \quad (1.5)$$

WYKONANIE DOŚWIADCZENIA. ANALIZA WYNIKÓW

Zadanie 1.3 Pomiar położenia ciemnych prążków i położenia żyłki (3.25 pkt).

- W obu przypadkach I i II wyznacz położenie ciemnych prążków $l_R(n)$ $l_L(n)$ w funkcji numeru prążka n . Zapisz wynik w Tabeli I, powinieneś wykonać co najmniej 8 pomiarów dla każdego z przypadków.
- Podaj położenia żyłki L_b i L_a , podaj etykietę użytego przyrządu.

- **WAŻNA WSKAZÓWKA:** Aby uprościć analizę i uzyskać lepszą dokładność pomiarów zmierz *wprost* odległość $d = L_b - L_a$ z dokładnością większą niż pomiar L_b and L_a ; czyli nie obliczaj d z pomiarów L_b i L_a . Podaj etykietę użytego przyrządu.

Upewnij się, że podałeś niepewność swoich pomiarów.

Zadanie 1.4. Analiza wyników. (3.25 points). Na podstawie poprzednio uzyskanych informacji powinieneś móc wyznaczyć wartości l_{0R} i l_{0L} , oraz oczywiście długość fali λ .

- Zaproponuj metodę otrzymania tych wielkości. Podaj niezbędne wyrażenia i/lub równania.
- Uwzględnij analizę niepewności. Możesz użyć Tabeli I albo użyć innej metody przedstawienia swoich wyników; upewnij się, że właściwie oznaczysz kolumny swoich tabel.
- Wykonaj wykresy analizowanych wielkości. Użyj papieru milimetrowego. Plot the variables analyzed. Use the graph paper provided.
- Podaj wartości l_{0R} i l_{0L} , z niepewnościami pomiarowymi.

Zadanie 1.5. Obliczenie λ .

Podaj obliczoną wartość λ . Uwzględnij niepewność wyniku i metodę jej uzyskania.

WSKAZÓWKA: W wyrażeniu na λ zastąp $(L_b - L_a)$ przez d i użyj tej zmierzonej wartości. (2 pkt).