

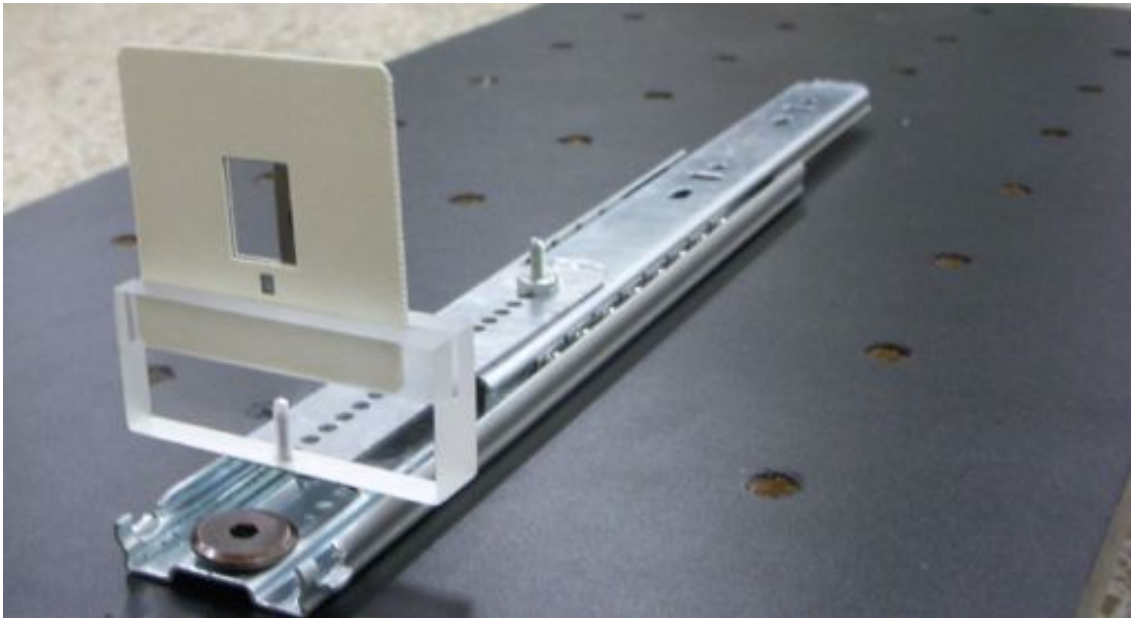
EXPERIMENTELLT PROBLEM 1

BESTÄMNING AV LJUSVÅGLÄNGDEN HOS EN LASERDIOD

UTRUSTNING

Utöver utrustningen 1), 2) and 3), behöver du:

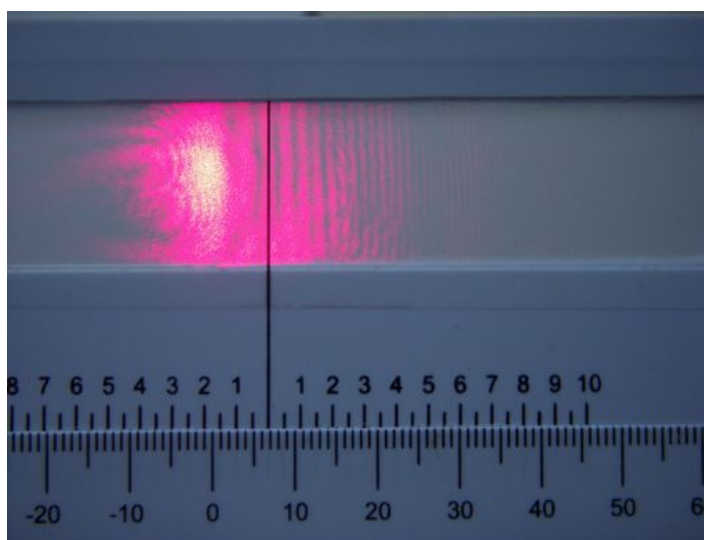
- 4) Lins monterad på en fyrkantig hållare. (MÄRKNING C).
- 5) Rakblad i en diaram placerad på ett akrylstöd (MÄRKNING D1) som sitter på en skjutbar skena (MÄRKNING D2). Använd skruvmejsel om hållaren behöver sitta hårdare. Se foto för monteringsinstruktion.
- 6) Skärm för avläsning med en skjutmåttsskala (1/20 mm) (MÄRKNING E).
- 7) Förstoringsglas (MÄRKNING F).
- 8) Linjal 30 cm (MÄRKNING G).
- 9) Skjutmått (MÄRKNING H).
- 10) Måttband (MÄRKNING I).
- 11) Kalkylator.
- 12) Vitt kort, maskeringstejp, A4-ark av klisterpapper, sax, sexkantnycklar.
- 13) Pennor, papper, mm-papper.



Rakblad i en diaram placerad på ett akrylstöd (MÄRKNING D1) som sitter på en skjutbar skena (MÄRKNING D2).

EXPERIMENTBESKRIVNING

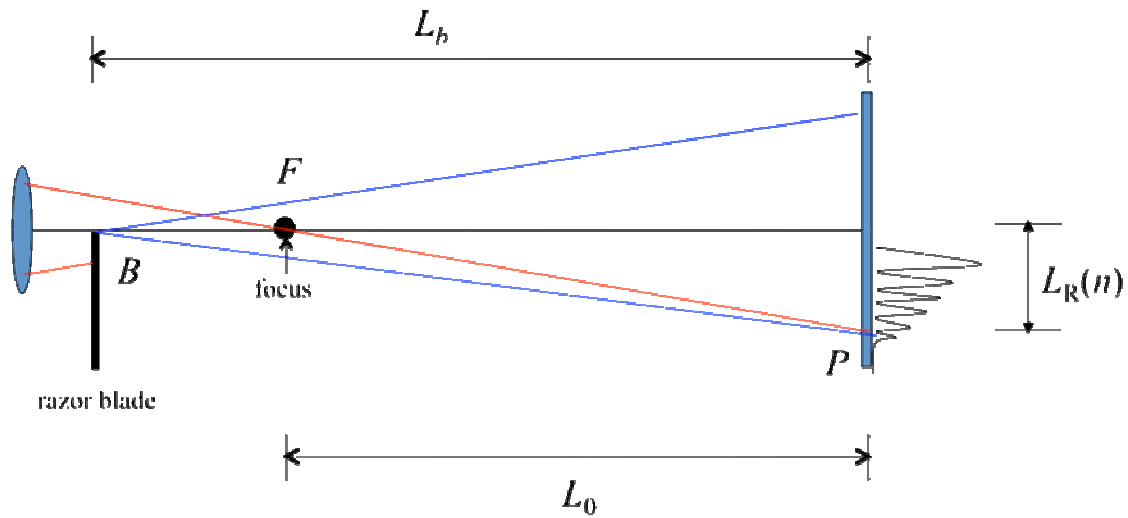
Du ska bestämma våglängden på ljuset från en diodlaser, men istället för att använda ett diffraktionsgitter utnyttjas kanten på ett rakblad.



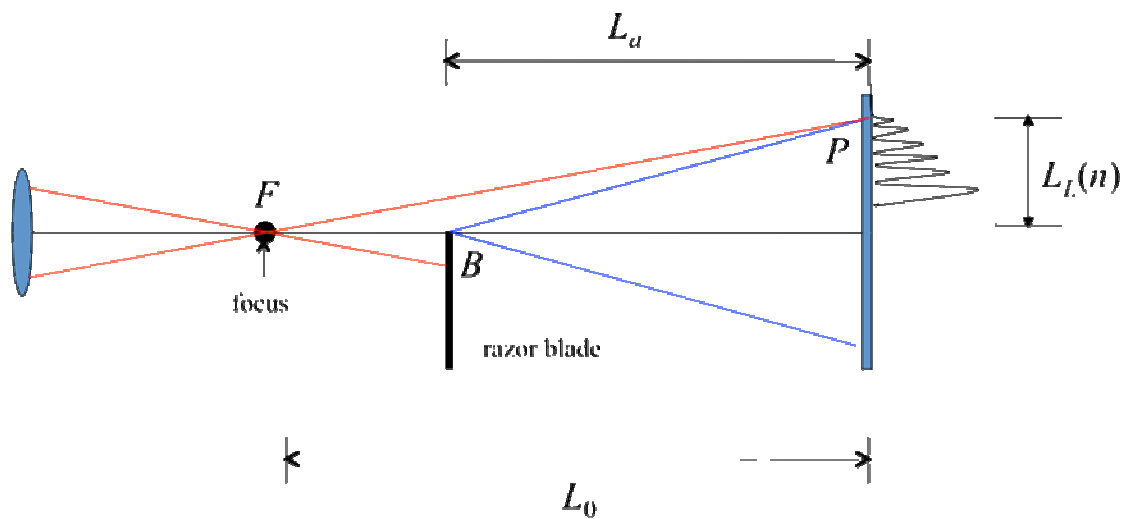
Figur 1.1 Typiska fransar i ett diffraktionsmönster.

En laserstråle (A) reflekteras i spegeln (B) via en lins (C) som har en brännvidd på *några centimeter*. Man kan anta att fokus utgör en punktkälla från vilken sfäriska vågor utbreder sig. Ljuset träffar sedan den vassa kanten på ett rakblad (D) varifrån ljuset kan antas utbreda sig med cylindriska vågor. Dessa två vågor interfererar i framåtriktningen med varandra och ger ett diffraktionsmönster (fransar) som kan observeras på en skärm (E). Se fotografiet i figur 1.1.

Det uppstår två viktiga fall, se figurerna 1.2 and 1.3.



Figur 1.2. Fall (I). Rakbladet placerat *framför* lensens fokuspunkt. Figuren är inte skalenlig. B i diagrammet är kanten på rakbladet och F är fokalpunkten.



Figur 1.3. Fall (II). Rakbladet placerat *bakom* lensens fokuspunkt. Figuren är inte skalenlig. B i diagrammet är kanten på rakbladet och F är fokalpunkten.

EXPERIMENTUPPSTÄLLNING

Uppgift 1.1: Experimentell uppställning (1,0 poäng). Sätt upp experimentet som det beskrivits ovan så att du ser diffraktionsmönstret. Avståndet L_0 mellan linsens fokus till skärmen bör vara mycket större än linsens brännvidd.

- Gör en skiss av din uppställning av det optiska bordet på svarsblanketten och ange också märkningen på de olika delarna. Gör gärna en kompletterande skiss om det behövs.
- Rita även in strålgången på skissen och redovisa höjden h mellan laserstrålen och bordet. Du kan använda ett av de vita korten för att lättare följa strålgången.

OBS: Lasern ger ett cirkulärt mönster, som ibland kan synas. I så fall ska du ignorera det.

Inled med att bekanta dig med utrustningen och säkerställ att du kan se minst 10 fransar på skärmen. Avläsningarna av avstånden görs i mitten av de mörka fransarna. **Fransarna syns bäst från baksidan av skärmen (E)** och vid behov tar du hjälp av förstoringsglasat. Vänd därför skärmens skala bort från uppställningen. Om uppställningen lyckats ska du kunna se de två mönstren (från fall I respektive fall II) bara genom att variera positionen av rakbladet (D1) på den skjutbara skenan (D2).

TEORETISKA ÖVERVÄGANDEN

I figurerna 1.2 och 1.3 definieras fem avstånd.

- L_0 : Avståndet från fokalpunkten till skärmen
- L_b : Avståndet från rakbladet till skärmen, fall I.
- L_a : Avståndet från rakbladet till skärmen, fall II.
- $L_R(n)$: Läget på den n -te **mörka** fransen i fall I.
- $L_L(n)$: Läget på den n -te **mörka** fransen i fall II.

Den första mörka fransen, både i läge I och läge II, är den bredaste och svarar mot $n = 0$.

Säkerställ att $L_R(n) \ll L_0, L_b$ för fall I och $L_L(n) \ll L_0, L_a$ för fall II.

Interferens av ljusvågor beror på skillnader i optisk väglängd för vågor som utgått från samma punkt. Beroende på fasskillnaden kan vågorna antingen motverka varandra (destruktiv interferens) eller samverka (konstruktiv interferens), vilket ger mörka respektive ljusa fransar.

Villkoret för **mörka** fransar i fall I ges (via detaljerad analys) av:

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

och för fall II:

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

där λ är laserljusets våglängd och Δ_I och Δ_{II} är de optiska väglängderna för fall I och fall II.

Skillnaden i optisk väglängd för läge I:

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

och för läge II:

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

Uppgift 1.2 Uttryck för optiska väglängdsskillnader (0,5 poäng). Anta att

$L_R(n) \ll L_0, L_b$ för fall I och $L_L(n) \ll L_0, L_a$ för fall II i ekvationerna (1.3) och (1.4) (och att din uppställning uppfyller dessa båda villkor). Beräkna approximativa uttryck för $\Delta_I(n)$ och $\Delta_{II}(n)$ uttryckt i $L_0, L_b, L_a, L_R(n)$ och $L_L(n)$. Följande samband kan användas:

$$(1+x)^r \approx 1+rx \quad \text{om} \quad x \ll 1.$$

Experimentella svårigheter är att L_0 , samt $L_R(n)$ och $L_L(n)$, inte kan mätas noggrant. Den första beroende på att linsens fokuspunkt är svår att mäta och de två senare på att punkten från vilken de mäts är svår att bestämma pga avvikelser i utrustningens placering.

Detta kan för $L_R(n)$ och $L_L(n)$ hanteras genom att välja nollstrecket på skalan på skärmen (E) som nollpunkt vid mätningarna av fransarna. Låt l_{0R} och l_{0L} vara de (okända) avstånden till fransarna från vilka $L_R(n)$ och $L_L(n)$ definieras. Låt $l_R(n)$ och $l_L(n)$ vara avstånden från fransarna till nollpunkten du valt. Vi får sålunda

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

EXPERIMENT OCH ANALYS

Uppgift 1.3 Mätning av de mörka fransarnas lägen och rakbladets position (3,25 poäng)

- Mät avstånden $l_R(n)$ och $l_L(n)$ som funktion av fransens nummer n både för fall I och fall II. Redovisa dina mätningarna i tabell 1 med minst 8 mätvärden per fall.
- Redovisa också avstånden L_b och L_a till rakbladet och redovisa märkningen på det instrument du använt.
- **VIKTIGT FÖRSLAG:** Det blir enklare och ger noggrannare resultat om du mäter avståndet $d = L_b - L_a$ direkt istället för att beräkna det från mätningar av L_b and L_a . Redovisa märkningen på det instrument du använt.
- Redovisa mätningarnas felgränser.

Uppgift 1.4 Beräkningar (3,25 poäng). Beräkna nu värden på l_{0R} och l_{0L} , samt på våglängden λ .

- Redovisa vilka storheter du behöver mäta, hur du mäter dem, samt de uttryck och ekvationer du behöver.
- Redovisa dina resultat inklusive felberäkningar i tabell 1 med tydliga kolumnrubriker.
- Redovisa dina gjorda plottar på mm-papper.
- Redovisa l_{0R} och l_{0L} med felgränser.

Uppgift 1.5 Beräkning av λ . Ange det beräknade värdet på λ . Inkludera felgränser och hur du beräknat dem. **FÖRSLAG:** I ditt uttryck för λ , ersätt alla $(L_b - L_a)$ med d och använd det mätta värdet. (2 poäng).