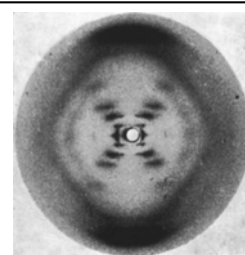


## Diffraction fra helix-strukturer

(Samlet antal point: 10)

### Indledning

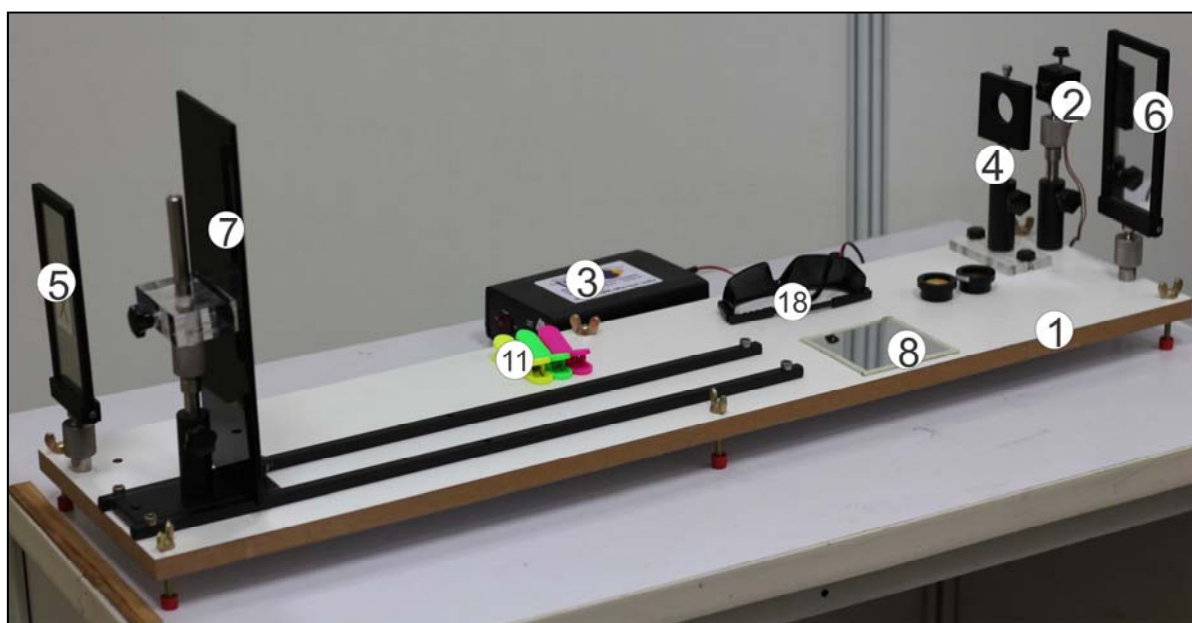
Grundlaget for Watson og Cricks opdagelse af DNA's dobbelt-helix-struktur i 1952 var det berømte røntgendiffraktionsbillede, kendt som "Photo 51" (Fig. 1), der blev taget i Rosalind Franklins laboratorie. I dette eksperiment bruger du synligt lys til at forstå diffraktionsmønstre fra helix-strukturer.



Figur 1: Photo 51

### Formål

At bestemme geometriske parametre for helix-strukturer ved brug af diffraction.



Figur 2: Apparaturliste til E-I.

### Apparaturliste

[1]	Bundplade af træ.	[11]	Plastikklemmer.
[2]	Laser med holder.	[12]	Cirkulære sorte klistermærker.
[3]	Strømforsyning til laser.	[13]	Stiftblyant.
[4]	Prøveholder med sokkel.	[14]	Digital skydelære med monteringsstang.
[5]	Venstre reflektor (spejlende forside).	[15]	Plastiklineal (30 cm).
[6]	Højre reflektor (spejlende forside).	[16]	Målebånd (1.5 m).
[7]	Skærm (10 cm × 30 cm) med holder.	[17]	Mønster-opmålingsark.
[8]	Spejl (10 cm × 10 cm).	[18]	Laser-beskyttelsesbriller.
[9]	Prøve I (helix-formet fjeder)	[19]	Batteridrevet lommelygte.
[10]	Prøve II (dobbelt-helix-lignende mønster trykt på glasplade)		

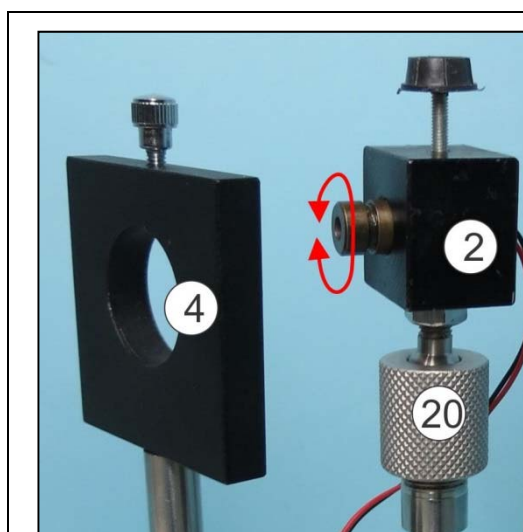
Bemærk: Apparaterne [1], [3], [14], [15], [16] og [18] bruges også i eksperiment E-II.

## Apparaturbeskrivelser

**Bundplade af træ [1]**, hvorpå er monteret: To skinner, laser, reflektorer, skærm og prøveholder.

**Laser med holder [2]**: Laseren med bølgelængde  $\lambda = 635 \text{ nm}$  ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ) er monteret med et kugleleje ([20] i Fig. 3), der tillader justering i  $x$ -,  $y$ -, og  $z$ -retningerne. Laseren kan roteres og fastlåses vha. skruen på toppen. Strålens fokus kan justeres ved at skrue på linsen på forsiden af laseren (rød pil i Fig. 3) for at opnå et skarpt diffraktionsmønster.

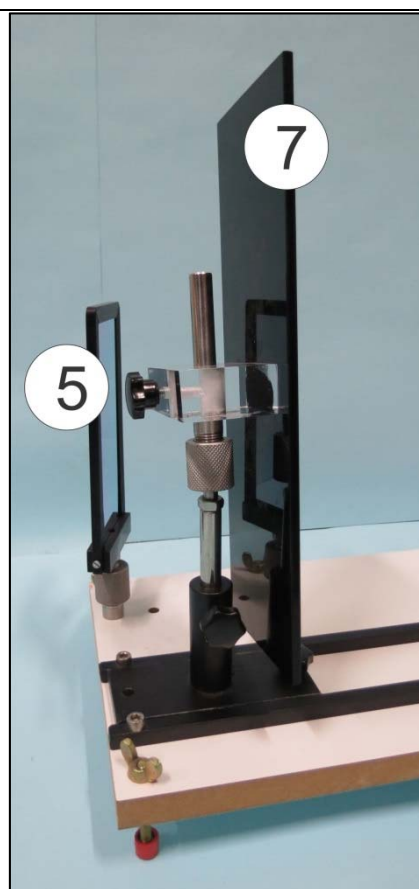
**Strømforsyning [3]**: Panelet på forsiden har en omskifter til høj og lav intensitet ("high/low"), et stik til laseren samt tre USB-stik. Panelet på bagsiden har en tænd/sluk-knap og stik til elnettet (lille billede på Fig. 4).



Figur 3: Laser [2], prøveholder [4], og kugleleje [20].



Figur 4: Strømforsyning [3].



Figur 5: Venstre reflektor [5] og skærm med holder [7].

**Prøveholder med sokkel [4]**: Prøverne kan fastgøres til holderen ved brug af skruen på toppen (Fig. 3). Prøveholderen kan justeres horisontalt og vertikalt, og den kan roteres.

**Venstre reflektor [5]**: Denne reflektor er fastgjort på bundpladen (Fig. 5). Brug ikke siden markeret med X.

**Højre reflektor [6]**: Denne reflektor er fastgjort på bundpladen og kan fjernes (den skal fjernes i eksperiment E-II). Brug ikke siden markeret med X.

**Skærm med holder [7]**: Skærmen er monteret på et kugleleje, der muliggør justeringer i alle retninger ved rotation (Fig. 5). Skærmen kan fastgøres enten som i Fig. 2 eller Fig. 6 efter behov.

**Prøve I [9]:** En helix-formet fjeder fastgjort i en cirkulær holder ved brug af hvide akryl-plader.

**Prøve II [10]:** Et dobbelt-helix-lignende mønster trykt på en glasplade, som er fastgjort i en cirkulær holder.

**Digital skydelære med monteringsstang [14]:** Den digitale skydelære er fastgjort til en monteringsstang (monteringsstangen skal bruges i E-II). Den har en tænd/sluk-knap ("On/Off"), en knap der nulstiller displayet; en knap, der skifter mellem mm/inch (skal stå på mm); en skrue, der fastlåser skydelæren og et hjul til at åbne og lukke kæberne på skydelæren. Skydelæren kan bruges til at måle på mønster-opmålingsarkene.

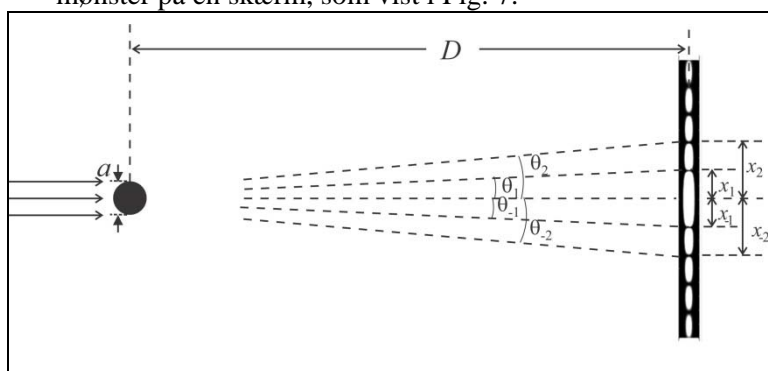
**Mønster-opmålingsark [17]:** De udleverede mønster-opmålingsark kan foldes på midten langs den stiplede linje og sættes fast på skærmen med plastikklemmerne. Sørg for at markere diffraktionsmønstret inde i det rektangulære område.



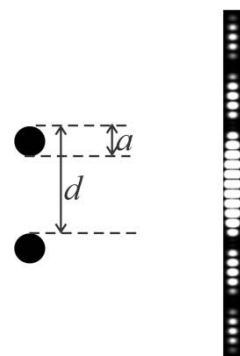
Figur 6: Alternativ placering af skærmen i forhold til den som er vist i Fig. 2.

### Teori

En laserstråle med bølgelængde  $\lambda$ , som falder vinkelret ind på en cylinderformet metaltråd med diameter  $a$ , undergår diffraktion i retningen vinkelret på tråden. Som resultat observeres et intensitetsmønster på en skærm, som vist i Fig. 7.



Figur 7: Skitse af diffraktions-mønstret fra en enkelt cylinderformet metaltråd med diameter  $a$ .



Figur 8: Skitse af diffraktions-mønstret fra to cylinderformede metaltråde.

Intensiteten  $I(\theta)$  i retningen  $\theta$  i forhold til den indkommende stråle er givet ved

$$I(\theta) = I(0) \left[ \frac{\sin \beta}{\beta} \right]^2, \quad \text{hvor } \beta = \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}.$$

Den centrale plet er lysstærk, mens intensiteten er nul for de andre vinkler, som også opfylder  $\sin \beta = 0$  ( $\beta \neq 0$ ). Det  $n$ -te minimum i intensiteten, ved vinklen  $\theta_n$ , er givet ved

$$\sin \theta_n = \pm n \frac{\lambda}{a} \quad n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$$

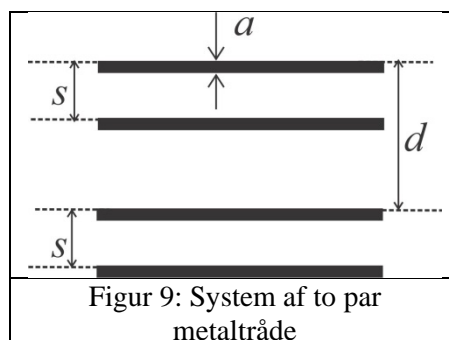
Her henviser  $\pm$  til hver sin side af den centrale plet ved  $\theta = 0$ .

For to parallelle identiske metaltråde med indbyrdes afstand  $d$  (Fig. 8), er diffraktionsmønstret en kombination af to mønstre (diffraktion fra en enkelt tråd kombineret med interferens fra to tråde). Den resulterende intensitet som funktion af vinklen er givet ved

$$I(\theta) = I(0) \cos^2 \delta \left[ \frac{\sin \beta}{\beta} \right]^2,$$

$$\text{hvor } \delta = \frac{\pi d \sin \theta}{\lambda} \text{ og } \beta = \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}.$$

Når en skærm anbringes i den store afstand  $D$  fra metaltråden, vil man på skærmen observere intensitets-minima på grund af diffraktion ved  $x_{\pm n} = \pm n \frac{\lambda D}{a}$  og intensitets-minima på grund af interferens ved  $x_{\pm m} = \pm \left(m - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda D}{d}$  (hvor  $m, n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$ ). Tilsvarende for fire identiske metaltråde (Fig. 9), er den resulterende intensitet som funktion af vinklen en kombination af diffraktion fra hver tråd og interferens fra trådene parvis, og derfor afhænger den af  $a$ ,  $d$  og  $s$ . Med andre ord: Man observerer kombinationen af tre forskellige intensitets-mønstre.



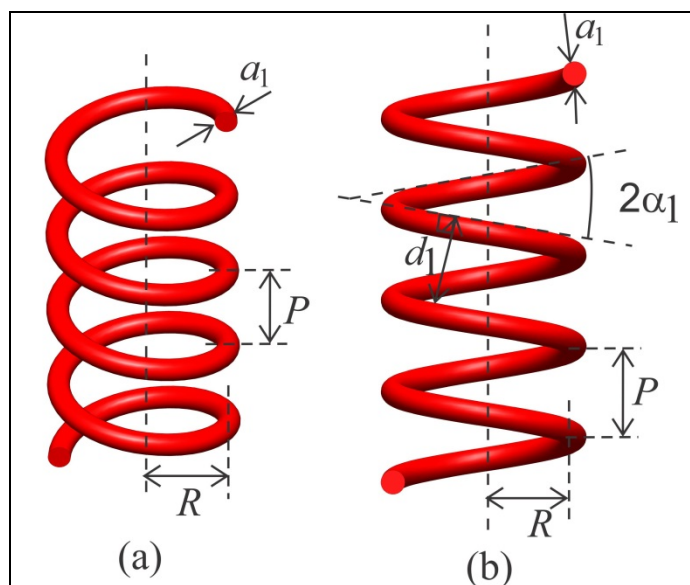
### Indledende indstillinger

1. Tænd for laseren og indstil de to reflektorer således, at laserstrålen rammer skærmen.
2. Justér laserholderen og reflektorerne således, at laserstrålen er parallel med opstillingens træbundsplade, hvilket sikres ved at bruge plastiklinealen.
3. Sørg for, at laserpriken rammer cirka midt på skærmen.
4. Sluk for laseren og fastgør mønster-opmålingsarket på skærmen.
5. Fastgør det udleverede spejl på skærmen ved hjælp af plastikklemmerne og tænd derefter igen for laseren.
6. Finjustér skærmen, således at laserstrålen følger sin egen bane tilbage til selve laseren. Når det er gjort, fjernes spejlet.
7. Belysningen i kabinen, du befinder dig i, kan tændes og slukkes efter behov.

### Eksperiment

#### Del A: Bestemmelse af geometriske parametre for en helix-formet metalfjeder

Prøve I er en helix-formet fjeder med radius  $R$  og vindingsafstand  $P$  lavet af en metaltråd med konstant tykkelse  $a_1$ , som vist i Fig. 10(a). Set vinkelret på længdeaksen, svarer helixens projektion til to sæt af parallelle tråde med samme tykkelse og indbyrdes vinkelret afstand  $d_1$ . Vinklen mellem sættene benævnes  $2\alpha_1$  (se Fig. 10(b)).



Figur 10: (a) Den helix-formede metaltråd. (b) Helixens projektion vinkelret på længdeaksen.



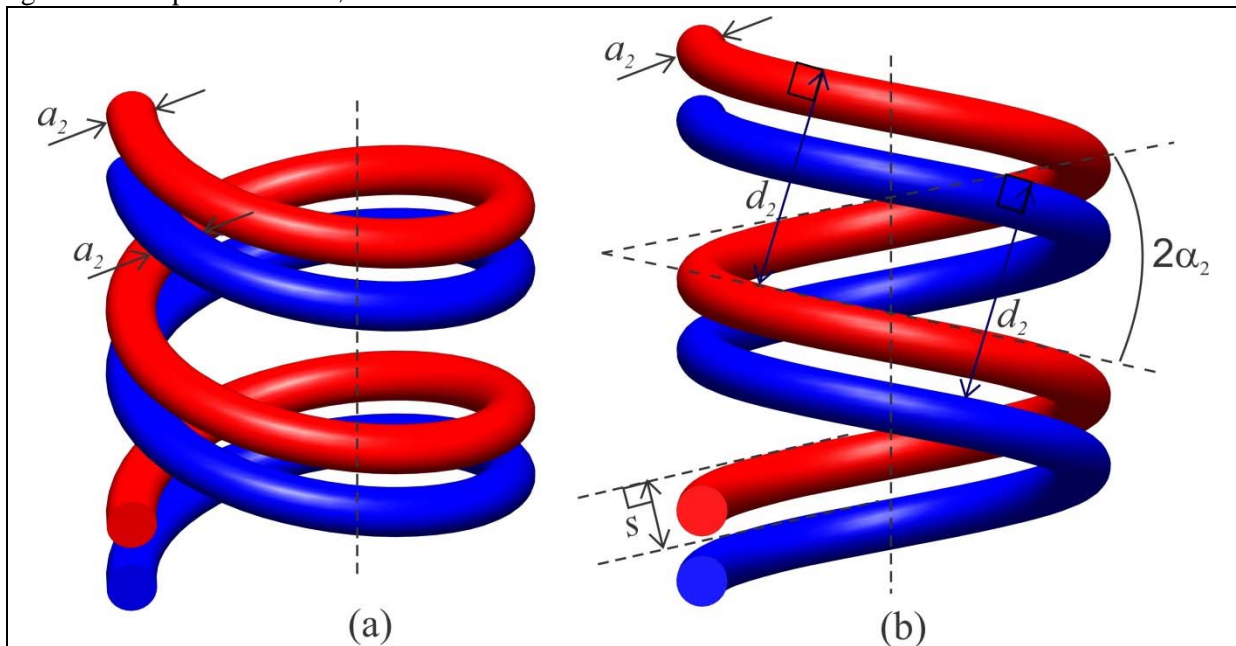
- Montér Prøve I i prøveholderen og sørg for, at fjederen er lodret.
- Sørg for at have et tydeligt og skarpt X-formet diffraktionsmønster på mønster-opmålingsarket.  
For at opnå dette, kan du justere:
  - Laserstrålens fokus (rotér laserens linse).
  - Laserstrålens orientering (rotér hele laseren så kun to af fjederens vindinger belyses).
  - Laserstrålens intensitet ("high/low"-knappen på strømforsyningen).
  - Rumbelysningen (tænd/sluk for lyset i din kabine).

Hvis den centrale laserplet på mønster-opmålingsarket er for kraftig, så kan det hjælpe at sætte et af de små sorte klistermærker på dens position.

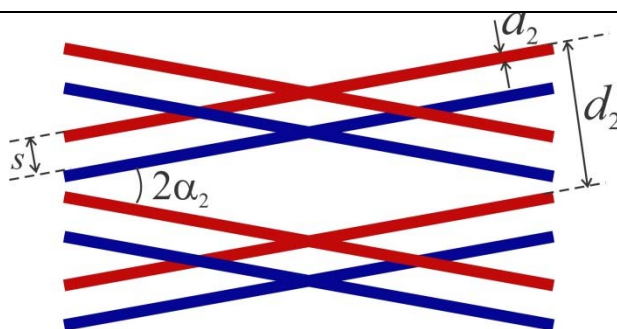
Opgave	Beskrivelse	Point
A1	Markér på mønster-opmålingsarket de relevante placeringer (benyt den udleverede blyant [13]) af intensitetens minima på begge sider af den centrale plet, til senere bestemmelse af $a_1$ og $d_1$ .	0.7
A2	Opmål afstande af relevans for senere bestemmelse af $a_1$ og notér dem i Tabel A1.	0.5
A3	Tegn en passende graf, kald den Graf A1, og brug dens hældning til at bestemme $a_1$ .	0.7
A4	Opmål afstande af relevans for senere bestemmelse af $d_1$ og notér dem i Tabel A2.	0.8
A5	Tegn en passende graf, kald den Graf A2, og brug dens hældning til at bestemme $d_1$ .	0.6
A6	Bestem vinklen $\alpha_1$ ud fra opmålinger på det X-formede mønster.	0.2
A7	Udtryk $P$ ved $d_1$ og $\alpha_1$ , og beregn værdien af $P$ .	0.2
A8	Udtryk $R$ ved $P$ og $\alpha_1$ , og beregn værdien af $R$ (se dog her bort fra $a_1$ ).	0.2

### Del B: Bestemmelse af geometriske parametre for en dobbelt-helix-lignende struktur

Figur 11(a) viser to vindinger af en dobbelt-helix. Fig. 11(b) er den to-dimensionale projektion af dobbelt-helixen vinkelret på længdeaksen. De to enkelt-helixer har samme tykkelse  $a_2$ , vinkel  $2\alpha_2$ , og vinkelret afstand  $d_2$ . Den vinkelrette separation mellem dem kaldes  $s$ . Prøve II er en dobbelt-helix-lignende struktur indgraveret i en glasplade (Fig. 12). Diffraktionsmønsteret fra Prøve II svarer til diffraktionsmønsteret fra to vindinger i en dobbelt-helix. I det følgende skal du bestemme de geometriske parametre i Prøve II.



Figur 11: (a) To vindinger af en dobbelt-helix. (b) Dobbelt-helixens projektion vinkelret på længdeaksen.



Figur 12: Skitse af det dobbelt-helix-lignende mønster i Prøve II.

- Montér Prøve II i prøveholderen.
- Fastgør et nyt mønster-opmålingsark på skærmen.
- Sørg for at have et tydeligt og skarpt X-formet diffraktionsmønster på mønster-opmålingsarket.

Opgave	Beskrivelse	Point
B1	Markér på mønster-opmålingsarket de relevante placeringer af intensitetens minima på begge sider af den centrale plet, til senere bestemmelse af $a_2$ , $s$ og $d_2$ . Du kan med fordel benytte mere end ét opmålingsark.	1.1
B2	Opmål afstande af relevans for senere bestemmelse af $a_2$ og notér dem i Tabel B1.	0.5
B3	Tegn en passende graf, kald den Graf B1, og brug dens hældning til at bestemme $a_2$ .	0.5
B4	Opmål afstande af relevans for senere bestemmelse af $s$ og notér dem i Tabel B2.	1.2
B5	Tegn en passende graf, kald den Graf B2, og brug dens hældning til at bestemme $s$ .	0.5
B6	Opmål afstande af relevans for senere bestemmelse af $d_2$ og notér dem i Tabel B3.	1.6
B7	Tegn en passende graf, kald den Graf B3, og brug dens hældning til at bestemme $d_2$ .	0.5
B8	Bestem vinklen $\alpha_2$ ud fra opmålinger på det X-formede mønster.	0.2