

## Uklon na vijačni strukturi

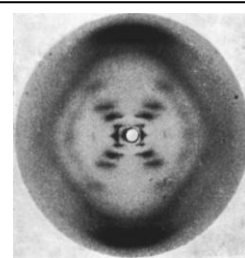
(Skupaj točk: 10)

### Uvod

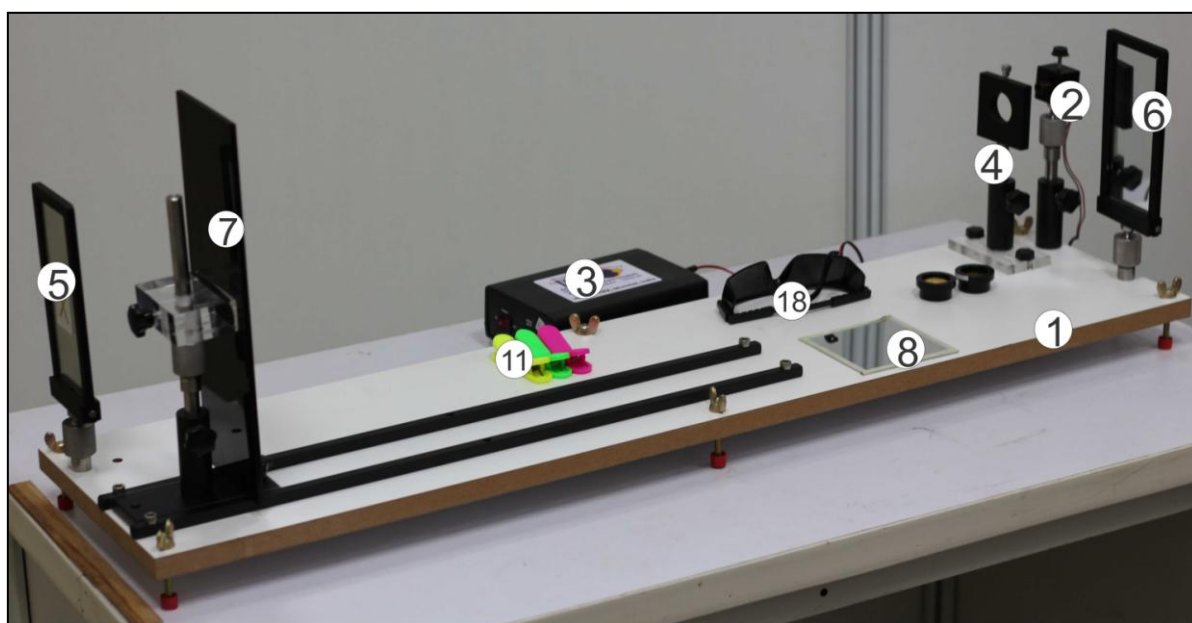
Uklonska slika DNK z X-žarki (slika 1), ki jo je posnela Rosalinda Franklin v svojem laboratoriju, poznana kot »Photo 51«, je bila osnovna za odkritje dvojne vijačne strukture DNK Watsona in Cricka leta 1952. Ta eksperiment ti bo pomagal razumeti uklonsko sliko, ki nastane po prehodu vidne svetlobe skozi vijačno strukturo.

### Naloga

Iz dveh uklonskih slik določi geometrijske parametre dveh vijačnih struktur.



Slika 1: Photo 51.



Slika 2: Pripomočki za E-I.

### Pripomočki

[1]	Lesena deska	[11]	Plastične ščipalke
[2]	Laser na nastavljivem stojalu	[12]	Okrogle črne nalepke
[3]	Nastavljivi napajalnik (DC) za laser	[13]	Tehnični svinčnik
[4]	Držalo za vzorec na stojalu	[14]	Digitalno kljunasto merilo
[5]	Levo zrcalo (stran s kovinsko plastjo brez stekla)	[15]	Plastično ravnilo (30 cm)
[6]	Desno zrcalo (stran s kovinsko plastjo brez stekla)	[16]	Šiviljski meter (1.5 m)
[7]	Zaslon (10 cm x 30 cm) na nastavljivem stojalu	[17]	Listi za preresovanje uklonskega vzorca
[8]	Ravno zrcalo (10 cm x 10 cm)	[18]	Zaščitna očala
[9]	Vzorec I (vijačna vzmet)	[19]	Baterijska svetilka
[10]	Vzorec II (na steklo natisnjena dvojni-vijačni-podobna struktura)		

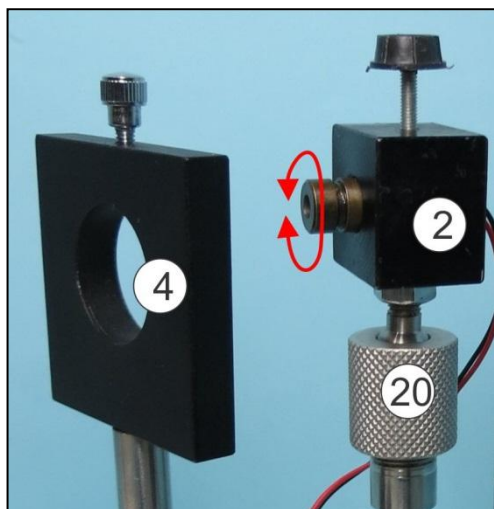
Opomba: Pripomočke [1], [3], [14], [15], [16] in [18] boš uporabljal tudi v eksperimentu E-II.

### Opis pripomočkov

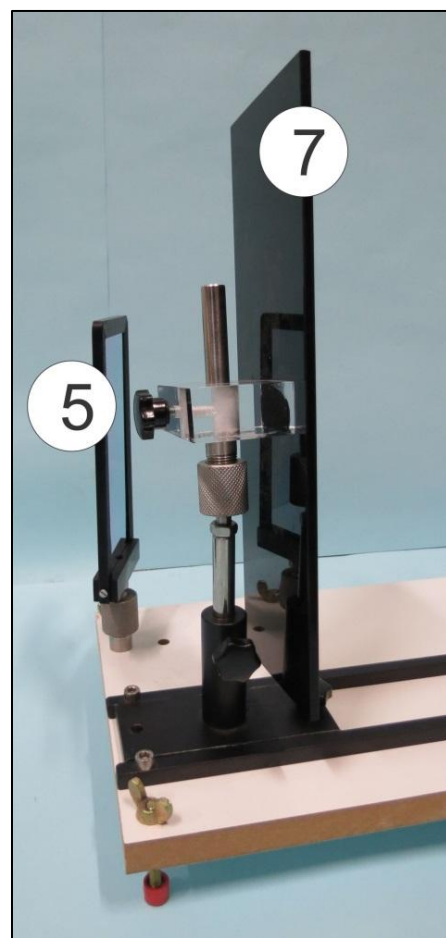
**Lesena deska [1]:** Par kovinskih vodil, laser, zrcali, zaslon in stojalo za vzorec so pritrjeni na desko.

**Laser na nastavljivem stojalu [2]:** Laser s svetlobo valovne dolžine  $\lambda = 635 \text{ nm}$  ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ) je pritrjen na stojalo s krogelnim sklepom ([20] na sliki 3), ki omogoča nastavitve laserja v X-Y-Z smereh. Laser v držalu lahko vrtimo in ga nato pričvrstimo z vijakom na vrhu držala. Gorišče laserskega curka lahko nastavljamo tako, da vrtimo držalo leče (rdeča puščica na sliki 3). Z nastavljanjem gorišča lahko izostrimo uklonsko sliko.

**Nastavljiv napajalnik (DC) za laser [3]:** Na sprednji strani ima stikalo za nastavitev jakosti (high/low = visoka/nizka), vtičnico za priključitev laserja in tri USB vhode. Na zadnji strani je stikalo za vklop in vtičnica za priključni kabel (mala slika v sliki 4).



Slika 3: Laser in držalo za vzorec. Pod laserjem je krogelni sklep [20].



Slika 5: Levo zrcalo in zaslon.



Slika 4: Nastavljiv napajalnik (DC) za laser.

**Držalo za vzorec na stojalu [4]:** Za namestitev in pritrditev vzorca v držalo uporabimo vijak na držalu (slika 3). Lego držala lahko nastavimo v vodoravni in navpični smeri, vzorec lahko v držalu tudi zavrtimo.

**Levo zrcalo [5]:** To zrcalo je pritrjeno na desko (slika 5). Ne uporabljaj strani zrcala, označene z X.

**Desno zrcalo [6]:** To zrcalo je pritrjeno na desko, a se ga da odstraniti (Odstranil ga boš, preden začneš z eksperimentom E-II). Ne uporabljaj strani zrcala, označene z X.

**Zaslon na nastavljivem stojalu [7]:** Zrcalo je pritrjeno na krogelni sklep, kar omogoča nastavljanje z vrtenjem v poljubni smeri (slika 5). Zaslon lahko po želji pritrdimo, kot kažeta sliki 2 ali 6.

**Vzorec I [9]:** Vijajna vzmet je pritrjena na belo plastiko v okroglem okvirju.

**Vzorec II [10]:** Steklo z natisnjeno dvojni-vijačni-podobno strukturo je pritrjeno v drug okrogli okvir.

**Digitalno kljunasto merilo z držalom [14]:**

Digitalno kljunasto merilo je pritrjeno na držalo (Držalo potrebuješ le v E-II.) in ima stikalo za vklop (On/Off), stikalo za nastavitev ničle, stikalo za preklap med mm/inch (imej na mm), vijak za blokiranje drsenja in gumb za premikanje gibljivega dela. Digitalno kljunasto merilo lahko uporabljamo za merjenje razdalj na listu za prerisovanje uklonskih vzorcev.

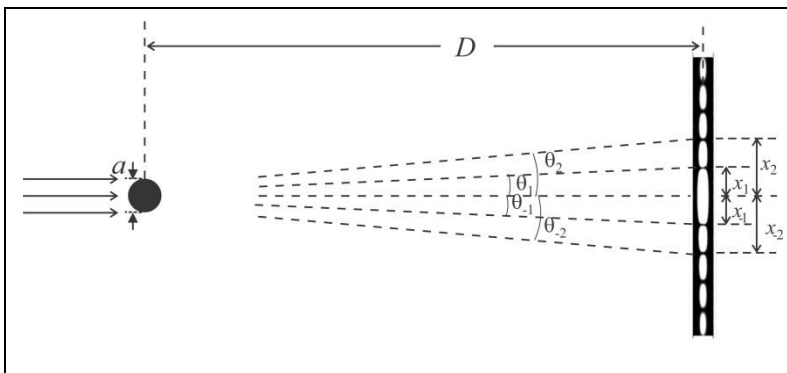


Slika 6: Alternativna postavitev zaslona glede na postavitev na sliki 2.

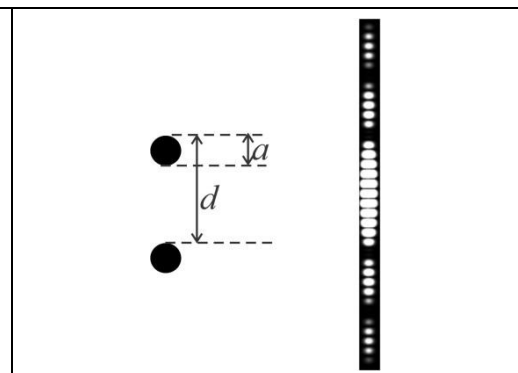
**Listi za prerisovanje uklonskega vzorca [17]:** Te liste lahko prepognemo na pol vzdolž dolgega roba in jih s ščipalkami pritrdimo na zaslon. Pred risanjem se prepričaj, da je uklonski vzorec znotraj pravokotnega okvirja na listu.

### Teorija

Svetloba laserskega curka z valovno dolžino  $\lambda$ , ki pada pravokotno na žico z okroglim presekom s premerom  $a$ , se uklanja v smereh, pravokotnih na os žice. Na zaslonu opazimo uklonsko sliko kot kaže slika 7.



Slika 7: Skica uklonske slike po sipanju svetlobe na eni žici z okroglim presekom s premerom  $a$ .



Slika 8: Skica uklonske slike na dveh žicah z okroglim presekom.

Odvisnost energijskega toka od sipalnega kota  $\theta$  je

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

Centralna ojačitev je svetla, pri ostalih kotih, kjer velja  $\sin \beta = 0$  pri pogoju  $\beta \neq 0$  pa dobimo uklonske minimume in energijski tok nič. Torej ima energijski tok  $n$ -ti minimum pri kotu  $\theta_n$ , ki zadošča pogoju

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

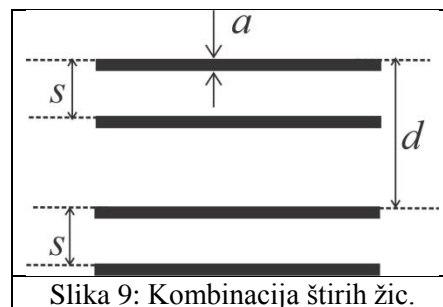
Tu se + in - nanašata vsak na eno stran od centralne ojačitve (pri  $\theta = 0$ ).

Uklonska slika dveh enakih žic, ki sta med seboj oddaljeni za  $d$  (slika 8), je kombinacija dveh uklonskih slik (uklon na eni žici in interferenca zaradi dveh žic). Odvisnost energijskega toka od sipalnega kota je podana z enačbo

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

kjer vpeljemo  $\delta$  in  $\beta$  kot  $\delta = \frac{\pi d \sin \theta}{\lambda}$  in  $\beta = \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}$ .

Na zaslonu, ki je na veliki oddaljenosti  $D$  od žic, opazimo minimume zaradi uklona na razdaljah  $x_{\pm n} = \pm n \frac{\lambda D}{a}$  od centralne ojačitve in minimume zaradi interference na razdaljah  $x_{\pm m} = \pm \left(m - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda D}{a}$  (kjer veja  $m, n = 1, 2, 3, 4, 5 \dots$ ). Podobno je za kombinacijo štirih žic (slika 9), kjer je uklonska slika kombinacija uklona na eni žici in interference zaradi dveh parov žic, zato je uklonska slika odvisna od  $a$ ,  $d$  in  $s$ . Povedano z drugimi besedami, dobimo kombinacijo treh uklonskih oziroma interferenčnih slik.



Slika 9: Kombinacija štirih žic.

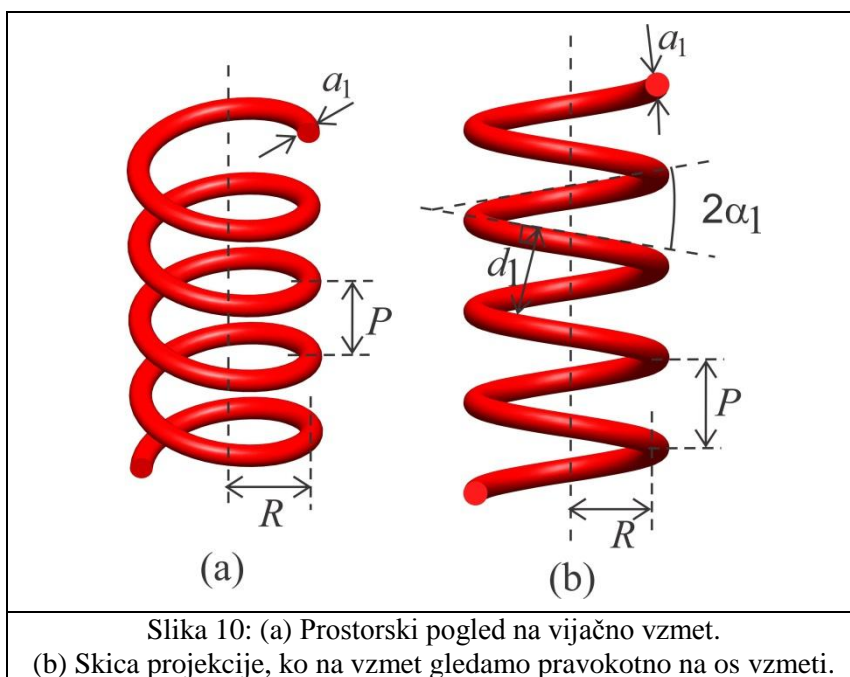
### Začetne nastavitve

1. Vključi laser in nastavi levo in desno zrcalo, da laserska pika zadane zaslon.
2. Uporabi plastično ravnilo in nastavi nosilec laserja in zrcali tako, da bo laserski curek vzporeden z leseno desko.
3. Poskrbi, da bo laserska pika čim bližje sredini zaslona.
4. Izključi laser. S ščipalkami pritrdi list za prerinovanje uklonskega vzorca.
5. S ščipalkami pritrdi ravno zrcalo na zaslon in ponovno vključi laser.
6. Zaslon nastavi tako, da bo odbiti žarek sovpadal z vpadnim in bo zadel laser, iz katerega izvira. Ko končaš z nastavitvami, odstrani ravno zrcalo.
7. Luči v delovnem prostoru lahko po potrebi prižigaš in ugašaš.

### Eksperiment

#### Del A: Določanje geometrijskih parametrov vijačne vzmeti

Vzorec I je vijačna vzmet s polmerom  $R$  in hodom  $P$ , narejena iz enakomerno debele žice s premerom  $a_1$ , kot kaže slika 10a. Gledano pravokotno na os vzmeti je v dvodimenzionalni projekciji vzmet ekvivalentna dvema skupinama vzporednih žic enakega premera, med seboj oddaljenih za  $d_1$ , da je med njimi kot  $2\alpha_1$  (slika 10b).



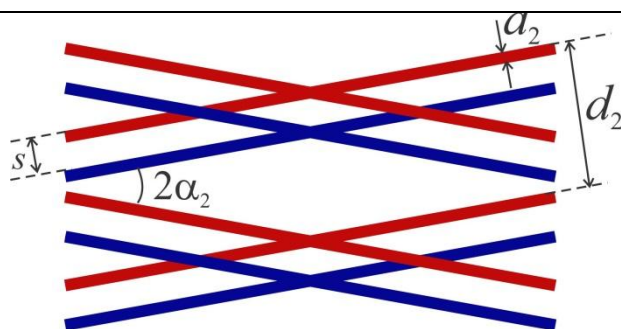
Slika 10: (a) Prostorski pogled na vijačno vzmet.

(b) Skica projekcije, ko na vzmet gledamo pravokotno na os vzmeti.

- Pritrdi vzorec I v nosilec vzorca in ga obrni tako, da bo os vzmeti postavljena navpično.
- Potrudi se, da dobiš na listu za prerinovanje uklonskega vzorca ostro in jasno uklonsko sliko v obliki črke X.
- Da to dosežeš, lahko prilagajaš:
  - gorišče laserskega curka (z vrtenjem držala leče),







Slika 12: Dvojni-vijačnici-podobna struktura, ki je natisnjena na stekleni ploščici – vzorec II.

- Pritrdi vzorec II v držalo za vzorec.
- Na zaslon s ščipalkami pritrdi nov list za preresovanje uklonskega vzorca.
- Potrudi se, da dobiš na zaslonu ostro in jasno uklonsko sliko v obliki črke X.

Naloga	Opis	Točke
B1	Na listu za preresovanje uklonskega vzorca označi na obeh straneh osrednje ojačitve ustrezne lege uklonskih in interferenčnih minimumov, iz katerih lahko določiš $a_2$ , $s$ in $d_2$ . Uporabiš lahko več kot en list za preresovanje uklonskega vzorca.	1.1
B2	Izmeri ustrezne razdalje za določitev $a_2$ in jih zapiši v tabelo B1.	0.5
B3	Nariši ustrezen graf, ki ga označiš z Graph B1, in iz njegove strmine določi $a_2$ .	0.5
B4	Izmeri ustrezne razdalje za določitev $s$ in jih zapiši v tabelo B2.	1.2
B5	Nariši ustrezen graf, ki ga označiš z Graph B2, in iz njegove strmine določi $s$ .	0.5
B6	Izmeri ustrezne razdalje za določitev $d_2$ in jih zapiši v tabelo B3.	1.6
B7	Nariši ustrezen graf, ki ga označiš z Graph B3, in iz njegove strmine določi $d_2$ .	0.5
B8	Iz uklonske slike v obliki črke X določi kot $\alpha_2$ .	0.2