

## 21. Površinska napetost vode

### Teorija

Površinska napetost je koeficient med povečanjem površine neke kapljevine in delom, ki ga moramo za to opraviti:

- $dA = \gamma \cdot dS$
- $\gamma$  - površinska napetost [N/m]

To delo je morala na določeni poti opraviti sila:

- $F = -(dA/dx)$
- $F = -\gamma \cdot (dS/dx)$

Površino lahko izrazimo kot produkt med dolžino in višino dodane površine:

- $S = l \cdot x$

Tako dobimo:

- $F = -\gamma \cdot l$

Ker pa smo v našem primeru "dvigovali" dve površini, pomnožimo desno stran z 2.

- $F = 2 \cdot \gamma \cdot l$

Dolžino dodane površine izrazimo iz premera zanke, s katero smo površino večali. Tako končno dobimo:

- $F = 2 \cdot \gamma \cdot 2r \cdot \pi / 2$
- $F = \gamma \cdot 2r \cdot \pi$

Od tod izrazimo površinsko napetost:

- $\gamma = F / (2r \cdot \pi)$

Meritve smo opravljali s torzijsko tehtnico, ki smo jo umerili tako, da smo namesto zanke za merjenje površinske napetosti na ročico obešali uteži. Po umeritvi torzijske tehtnice lahko izrazimo silo kar s kotom in umeritvenim koeficientom:

- $F = c \cdot \varphi$        $c$  [N/°]
- $\gamma = c \cdot \varphi / (2r \cdot \pi)$

### Meritve

Umeritev torzijske tehtnice:

m [g]	$\varphi$ [°]
0,250	15,5
0,500	33,3
0,750	51,1
1,000	67,9
1,250	86,3
1,500	104,2
1,750	121,9
2,000	140,1

Meritev premera zanke:

$$2r = (11.1 \pm 0,05) \text{ mm } \{0,005\}$$

Meritve odklonov torzijske tehtnice:

$\varphi$ [°]
32,1
31,9
31,4
31,8
31,4
31,5
30,9
31,5
31,3
30,1

**Izračuni:**

Najprej izračunamo sorazmernostni koeficient med kotom zasuka in silo, ki deluje na koncu ročice:

Sorazmernostni koeficient izračunamo po enačbi:

- $c = N/\varphi = m \cdot g/\varphi$

m [g]	$\varphi$ [°]	c [ $10^4$ N/°]	
0,250	15,5	1,58	x
0,500	33,3	1,47	x
0,750	51,1	1,43	
1,000	67,9	1,44	
1,250	86,3	1,42	
1,500	104,2	1,41	
1,750	121,9	1,41	x
2,000	140,1	1,40	x

Iz preostalih meritev dobimo:

- $c = (1,43 \pm 0,02) \cdot 10^4 \text{ N/}^\circ \{0,01\}$ .

$\varphi$ [°]	
32,1	x
31,9	x
31,4	
31,8	
31,4	
31,5	
30,9	x
31,5	
31,3	
30,1	x

Iz preostalih meritev dobimo povprečni kot zasuka:

- $\varphi = (31,5 \pm 0,3)^\circ \{0,01\}$

Po enačbi

- $\gamma = c \cdot \varphi / (2r \cdot \pi)$
- $\gamma = [(1,43 \cdot 10^4 \text{ N/}^\circ) \cdot (31,5^\circ)] / [11,1 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \pi]$

dobimo, da je površinska napetost vode:

- $\gamma = 0,12 \text{ N/m}$ .

Natančnost meritve je okrog  $\{0,025\}$

# 11. Vrtenje togega telesa

## Teorija

Vrtenje togega telesa lahko enakomerno pospešujemo, če nanj delujemo s konstantnim navorom. Pri tem velja:

- $M = J \cdot \alpha$ ,

Pri čemer je  $M$  navor,  $\alpha$  kotni pospešek,  $J$  pa vztrajnostni moment telesa okrog dane osi.

Pri našem poskusu obroč poganja sila teže uteži na koncu vrvice, navite okrog osi obroča in speljane preko škripca. Ker smo biologi, zanemarimo vztrajnostno maso vrvice in vztrajnostni moment škripca, pa tudi dejstvo, da je sila, ki dejansko poganja obroč, zaradi pospešenega gibanja škripca in uteži manjša od sile teže uteži, pustimo v nemar. Tako dobimo:

- $J \cdot \alpha = T' \cdot r \cong m \cdot g \cdot r$ ,

pri čemer je  $T'$  sila, ki deluje na sistem obroča,  $r$  radij navitja vrvice. Po zgoraj opisanih zanemarjanjih lahko silo  $T'$  nadomestimo s produktom mase uteži  $m$  in težnostnim pospeškom  $g$ . Tako končno dobimo:

- $J = m \cdot g \cdot r / \alpha$

Če gledamo na sistem s stališča ohranjanja energije, velja:

- $W_k = W_p$

- $J \cdot \omega^2 = m \cdot g \cdot h$

pri čemer je  $\omega$  končna kotna hitrost in  $h$  razlika med začetno in končno višino uteži.

## Meritve

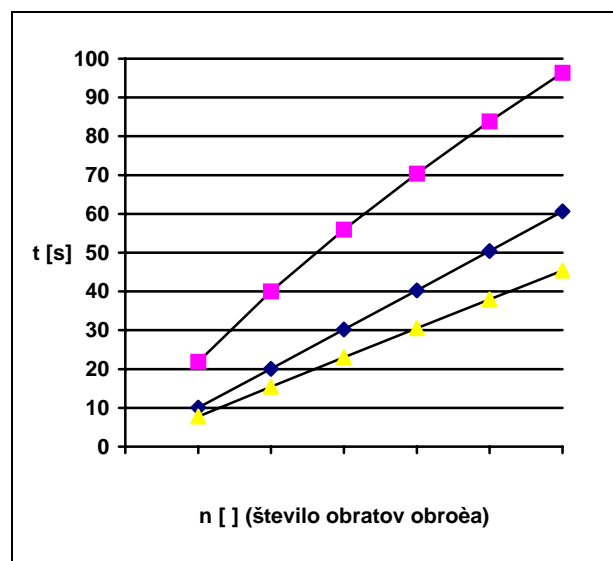
Razne meritve:

Masa kompenzacijske uteži	$m'$ [kg]	0,00200
Premer navitja	$2r$ [m]	0,020
Masa obroča	$m_o$ [kg]	1,250
Premer obroča	$2r_o'$ [m]	0,320
Masa prečke	$m_s$ [kg]	0,010
Dolžina špic	$d_s$ [m]	0,375

Določitev kompenzacijske uteži:

$m' = 2g$	$t$ [s]	$t$ [s]	$t$ [s]
	10,04	21,83	07,79
	20,09	40,00	15,39
	30,18	55,93	22,99
	40,26	70,35	30,53
	50,42	83,82	37,96
	60,66	96,40	45,34

Pri tej kompenzacijski uteži je vrtenje obroča skoraj povsem enakomerno, kar se zelo lepo vidi tudi iz grafa.

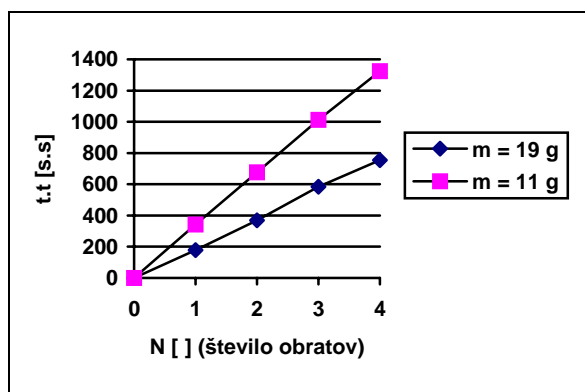


Meritve časov  $t$  [s] ob celih obhodih obroča:

m [g]:	19	19	19	19	11	11
1	13,46	12,94	14,15	12,98	18,69	18,27
2	19,37	18,67	20,01	18,71	26,10	25,94
3	23,96	25,12	24,47	23,19	31,95	31,72
4	27,76	26,86	28,29	26,93	36,04	36,76

m = 19 g	$t'$ [s]	$t'^2$ [s <sup>2</sup> ]
N: 1	13,38	179,1
2	19,19	368,3
3	24,19	584,9
4	27,46	754,1

m = 11 g	$t'$ [s]	$t'^2$ [s <sup>2</sup> ]
N: 1	18,48	341,5
2	26,02	677,0
3	31,84	1013
4	36,40	1325



Graf prikazuje sorazmernost med številom obratov in kvadratom časa.

Izračunamo še kotne pospeške:

- $\varphi = 2\pi \cdot N = (\alpha \cdot t^2) / 2$
- $\alpha = 2\pi \cdot N \cdot 2 / t^2 = 4\pi \cdot N / t^2$  [rad/s<sup>2</sup>]

m [g]	19	11
N	$\alpha$ [10 <sup>-2</sup> rad/s <sup>2</sup> ]	$\alpha$ [10 <sup>-2</sup> rad/s <sup>2</sup> ]
1	7,02	3,68
2	6,82	3,71
3	6,45	3,72
4	6,67	3,79
povprečje	6,74	3,73

Po v teoriji izpeljani enačbi

- $J = m \cdot g \cdot r / \alpha$

in s podatki za 11-gramsko in 19-gramsko utež zračunamo vztrajnostni moment:

Najprej za 19-gramsko utež:

$$\bullet J = (0,019 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (0,020 \text{ m}/2)) / (6,74 \cdot 10^{-2} \text{ rad/s}^2) = 2,7 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

In še za 11-gramsko utež:

$$\bullet J = (0,011 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (0,020 \text{ m}/2)) / (3,73 \cdot 10^{-2} \text{ rad/s}^2) = 2,9 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Skupni vztrajnostni moment obroča, prečk in vrvice je torej okrog

$$J_{\text{skupni}} = (2,8 \text{ } 0,1) \cdot 10^2 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Poglejmo še, kako je s sistemom z vidika energij (gledali bomo po štirih celotnih obratih za 11-gramsko utež):

- $J \cdot \omega^2 / 2 = m \cdot g \cdot h \rightarrow J \cdot (\alpha \cdot t)^2 / 2 = m \cdot g \cdot N \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \rightarrow J \cdot (\alpha \cdot t)^2 / 2 = N \cdot \pi \cdot m \cdot g \cdot 2r$
- $W_k: (2,8 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 / \text{rad}) \cdot (3,73 \cdot 10^{-2} \text{ rad/s}^2 \cdot 36,40 \text{ s})^2 / 2 = 0,026 \text{ J}$
- $W_p: 4 \cdot \pi \cdot 0,011 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,020 \text{ m} = 0,027 \text{ J}$

Vidimo torej, da sta energiji res enaki.

Poglejmo še, kako se izmerjeni vztrajnostni moment ujema z izračunanim. Zanimarimo vse razen obroča, tudi prečke (zaradi preprostosti izračuna in majhnega vpliva - masa treh prečk je le 2,5% mase obroča)

$$\bullet J = J_{\text{obroča}} = m \cdot r_{\text{obroča}}^2 = 1,250 \text{ kg} \cdot (0,32 \text{ m}/2)^2 = 3,2 \cdot 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2.$$

**Imamo torej 10-odstotno napako.**

## 64. Spektroskop na prizmo

### Teorija

Spektroskop na prizmo je sestavljen iz prizme, daljnogleda, cevi z režp in cevi s skalo. Vzporeden snop svetlobe se v prizmi zaradi disperzije (različne hitrosti svetlobe v mediju pri različnih valovnih dolžinah - posledica tvorjenja dipolov v snovi) lomi pod različnimi koti. Skozi daljnogled vidimo sliko reže na več mestih; vsaka slika ustreza eni valovni dolžini vpadle svetlobe.

Skozi okular obenem vidimo tudi skalo, s katero kvantiziramo lome. S primerno umeritveno krivuljo lahko tako ugotovimo spektralne črte neznane svetilke

### Meritve

Umeritev skale z živosrebrno svetilko

Barva	Valovna dolžina $\lambda$ [nm]	Vrednost na skali
rumena	576,9	4,1
	579,0	4,1
zelena	546,1	4,8
	491,6	6,2
	491,6	6,3
modra	435,8	8,5
vijolična	410,3	10,1
	407,5	10,2
	404,7	10,3

Meritev spektralnih črt natrijeve svetilke:

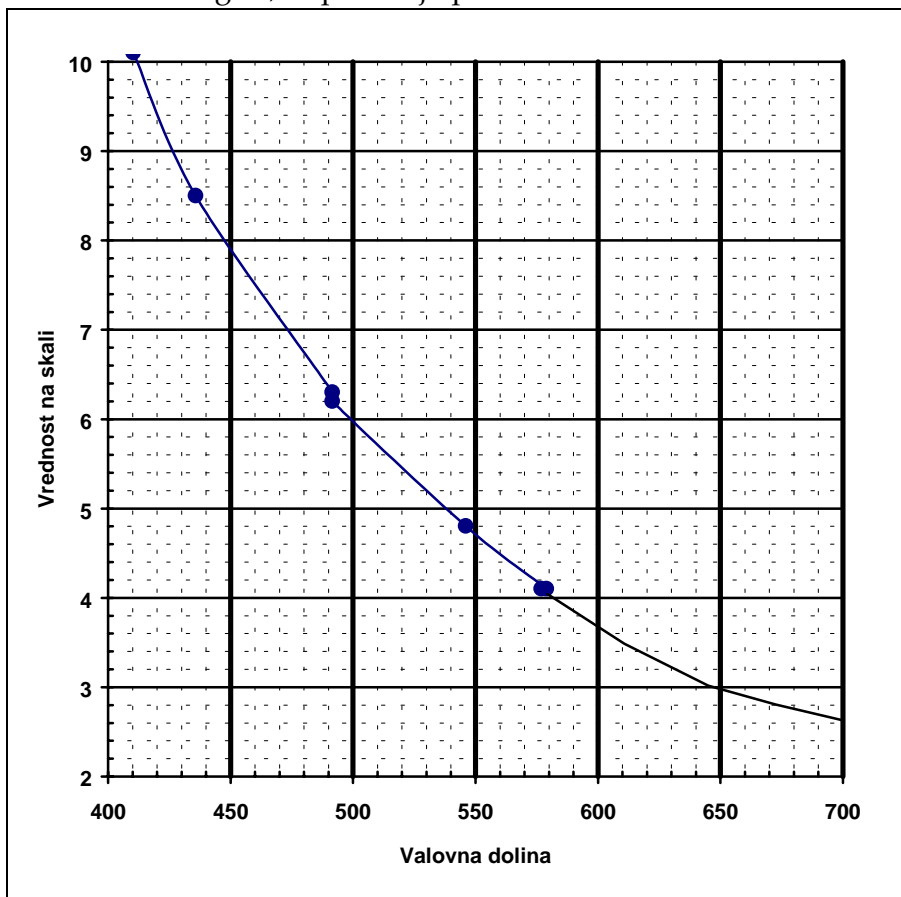
Barva	Vrednost na skali
rdeča	3,2
rumena	4,0
	4,2

zelena	5,5
	5,8
modra	6,5
	6,8
	7,0

Meritev zveznega spektra:

Barva	Minimum	Maksimum
rdeča	2,9	3,6
oranžna	3,6	3,8
rumena	3,8	4,1
zelena	4,1	5,8
modra	5,8	6,5
vijolična	6,5	9,0
spekter	2,9	9,0

Nato narišemo graf, ki povezuje prebrano vrednost na skali in valovno dolžino.



Iz grafa preberemo valovne dolžine spektralnih črt natrijeve svetilke:

- Rdeča 3,2: 630 nm
- Rumena 4,0: 580 nm
- Rumena 4,2: 570 nm
- Zelena 5,5: 520 nm
- Zelena 5,8: 510 nm
- Modra 6,5: 490 nm
- Modra 6,8: 480 nm
- Modra 7,0: 470 nm

Meje zaznave barv (pri navadni žarnici) pa so naslednje:

- Rdeča: 660-610 nm
- Oranžna: 610-600 nm
- Rumena: 600-580 nm
- Zelena: 580-510 nm
- Modra: 510-480 nm
- Vijolična: 480-420 nm

## 48. Osciloskop

### Teorija

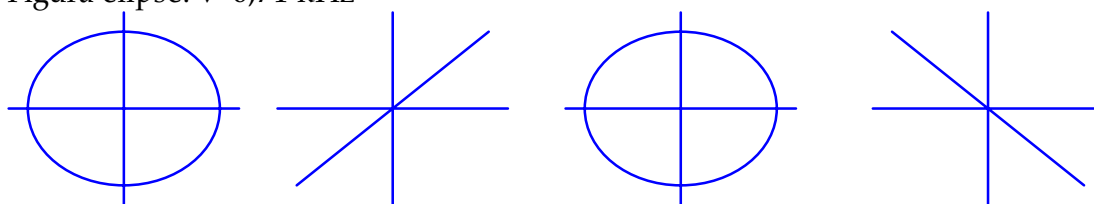
Osciloskop je inštrument, s katerim neposredno merimo električno napetost, posredno pa pravzaprav vse vrste električnih pojavov, ki so prehitri, da bi jih običajni inštrumenti zaznali. Njegovo delovanje je v grobem podobno televiziji, le da se namesto periodičnega spreminjanja vodoravnega in navpičnega odklona in od vhoda odvisne jakosti curka elektronov tu periodično spreminja horizontalni odklon (ponavadi odklon krmilimo z žagasto napetostjo, jakost curka je stalna, vertikalni odklon pa je odvisen od vhoda. Če pa ima osciloskop dva vhoda, lahko z drugim krmilimo vertikalni odklon.

Če sta frekvenci napetosti na vhodih v celoštevilskem razmerju, dobimo na ekranu

Lissajouseve krivulje:

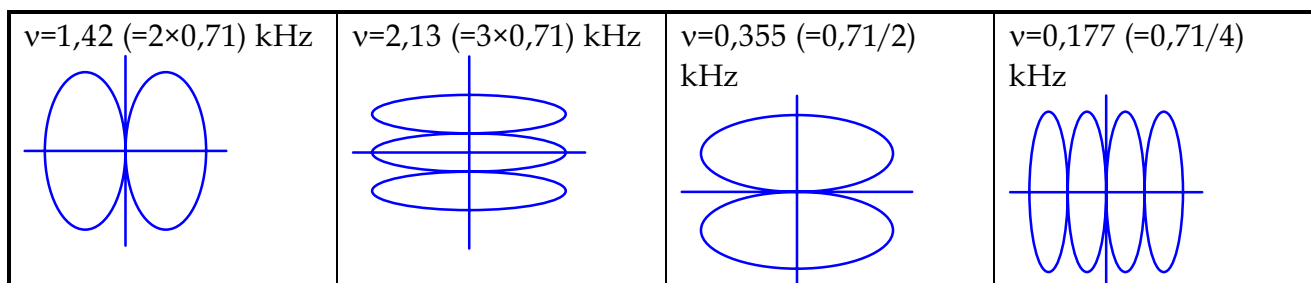
Do spreminjanja oblike pride zaradi malenkostne razlike v frekvenci in posledičnega zamika

Figura elipse:  $\nu=0,71$  kHz



faze.

Ideja: kvaliteto sterea se ugotavlja tako, da se na vhod ojačevalnika pripelje sinusni signal. Če je stereo pravilno izveden, mora faza enega kanala zamakniti za četrtnihaja. Če je to res in sta tudi obe jakosti enaki, dobimo na zaslonu osciloskopa pravi krog.



Amplituda merjene napetosti je bila 7,5 V, frekvenca pa 0,71 kHz.

## 50. Polprevodniška dioda

### Teorija

Dioda je v splošnem elektronski element, ki tok prevaja pretežno samo v eno smer, v drugo pa praktično ne. Prve diode so bile elektronke (anoda je bila žarilna nitka, katoda ploščica), danes pa uporabljamo predvsem polprevodniške diode.

Karakteristiko diode prikažemo z grafom "tok skozi diodo v odvisnosti od napetosti".

V našem primeru smo merili tako, da smo zaporedno z diodo vezali znan upor. Z osciloskopom smo merili generatorsko napetost in napetost na uporniku. Tok skozi diodo je seveda enak toku skozi upornik, ta pa je sorazmeren z napetostjo na njem. (Koefficient sorazmerja je - po Ohmovem zakonu - prevodnost upora). Tako dobimo:

- $I = 1/R \cdot U_r$

Napetost na diodi je razlika generatorske in uporniške napetosti

- $U_d = U_g - U_r$

### Meritve

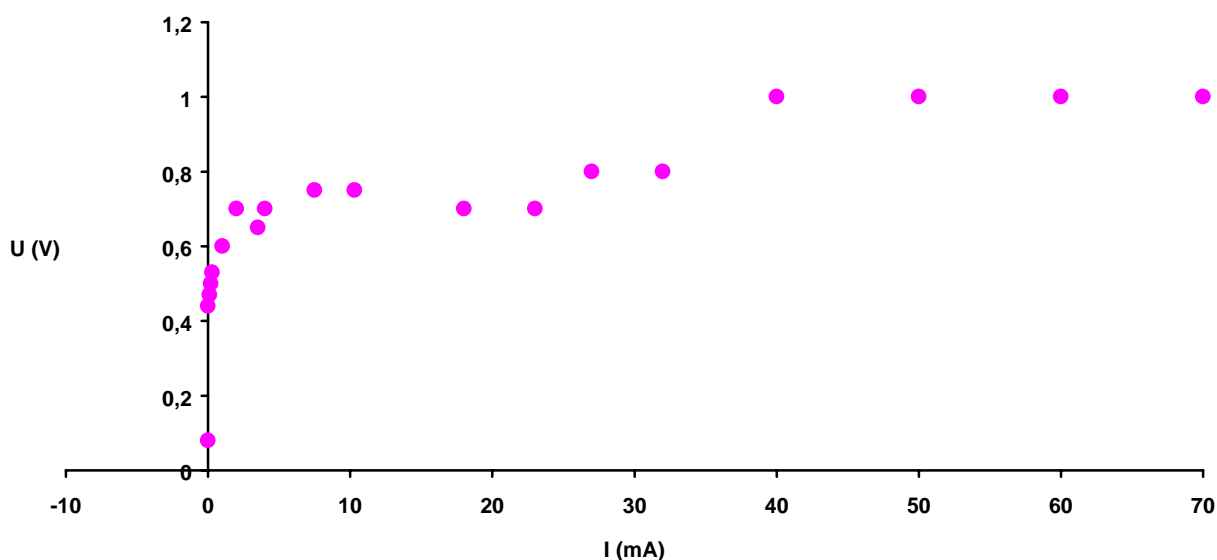
$U_g$ (V)	0,08	0,44	0,48	0,52	0,56	0,7	0,9	1,0	1,1	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
$U_r$ (V)	0	0	0,01	0,02	0,03	0,1	0,2	0,32	0,4	0,76	1,25	1,8	2,3	2,7	3,2	4,0	5,0	6,0	7,0

Upornost upornika: 100  $\Omega$

### Izračuni

$U_g$ (V)	0,08	0,44	0,48	0,52	0,56	0,7	0,9	1,0	1,1	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
$U_r$ (V)	0	0	0,01	0,02	0,03	0,1	0,2	0,35	0,4	0,75	1,25	1,8	2,3	2,7	3,2	4,0	5,0	6,0	7,0
$U_d$ (V)	0,08	0,44	0,47	0,50	0,53	0,6	0,7	0,65	0,7	0,75	0,75	0,7	0,7	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0
$I$ (mA)	0	0	0,1	0,2	0,3	1	2	3,5	4	7,5	10,3	18	23	27	32	40	50	60	70

Karakteristika diode



## 65. Michelsonov interferometer

### Teorija

Michelsonov interferometer je naprava, ki izkorišča pojav interference za merjenje zelo majhnih razlik v razdalji. Polpropustna ploščica razdeli vpadli curek enobarvne svetlobe na dva med seboj pravokotna curka. Curek, ki se je od polprepustnega zrcala odbil, potuje do enega zrcala in potem nazaj skozi polprepustno zrcalo, curek, ki pa je šel skozi polprepustno zrcalo, se odbije od drugega zrcala in potem še od polprepustnega zrcala.

Obe valovanji sta tako prepotovali različno dolgi poti. Interferenca je posledica tega, da se obe elektromagnetni valovanji srečata v različnih fazah. Če sta obe poti natanko enaki ali je razlika poti sodi večkratnik polovice valovne dolžine svetlobe, se fazi seštejeta, če pa je razlika ravno lihi večkratnik, se fazi odštejeta. Tako dobimo v sredini ali svetlo ali temno področje. Okrog sredinske točke so kolobarji, ker pot curka v splošnem ni povsod enaka.

Nov kolobar nastane, če se pot enega curka spremeni za valovno dolžino svetlobe  $\lambda$ . To pomeni premik zrcala  $d$  za  $\lambda/2$ , ker se pri premiku  $d$  optična pot spremeni za  $2d$ .

Z ugotavljanjem razmerja med premikom zrcala in številom novonastalih (ali izginulih) interferenčnih kolobarjev lahko ugotovimo valovno dolžino svetlobe.

### Meritve

Merili smo premik zrcala, ki je bil potreben, da je nastalo **40 krogov**. Tako določimo:

- $N=40$ .

Premiki mikrometrskega vijaka so bili naslednji:

d [mm]	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,15	0,16	0,13
--------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Statistično povprečje:  $d=0,13\pm 0,01$  mm, to je

- $d=1,3\cdot 10^{-4}$  m.

Pri izračunu pa moramo še upoštevati vzvod v razmerju 1:10, preko katerega se premika zrcalo. Koeficient  $k$ , s katerim množimo premike vijaka, je tako

- $k=1/10$ .

Po enačbi

- $\lambda=2\cdot k\cdot d/N$
- $\lambda=[2 \cdot (1/10) \cdot (0,13\cdot 10^{-3} \text{ m})] / 40$

dobimo, da je valovna dolžina svetlobe natrijeve svetilke

- $\lambda=650$  nm.

Svetloba, ki smo jo opazovali, ima tako valovno dolžino **650 nm**, kar res ustreza področju rumene svetlobe.