SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

FIZIKA LASERA

Laboratorijsko izvješće

Vježba 2: Određivanje koeficijenta apsorpcije otopine

Izradio: Damir Havaić

*JMBAG: 0036436951*

Zagreb, travanj2013.

Zadatak

Cilj laboratorijske vježbe je odrediti koeficijent apsorpcije i imaginarni dio indeksa loma otopine nigrozina.

Potrebno je izvršiti sljedeća mjerenja:

1. Izmjeriti snagu laserskog snopa koji je prošao kroz jednu (*j* = 1), zatim kroz dvije (*j* = 2), pa sve do (*j* = 8) kiveta punjenih destiliranom vodom.

2. Isti niz mjerenja ponoviti s kivetama punjenim otopinom nigrozina, , *j* = 1,...,8.

Koeficijent apsorpcije može se odrediti iz omjera snage snopa koji prošao kroz *j* kiveta s otopinom nigrozina i onih s destiliranom vodom na osnovu relacije:

.

Imaginarni dio indeksa loma računa se prema relaciji:

.

Mjerenja

Rezultati mjerenja prikazani su u tablici 1:

**c**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | destilirana voda | otopina nigrozina |
| broj kiveta (j) | struja [μA] | struja [μA] |
| 0 | 650 | 720 |
| 1 | 580 | 520 |
| 2 | 520 | 410 |
| 3 | 470 | 330 |
| 4 | 420 | 240 |
| 5 | 340 | 160 |
| 6 | 200 | 80 |
| 7 | 40 | 30 |
| 8 | 10 | 10 |

Komentar: Rezultati mjerenja dozračene snage prije pokusa (nigrozin, *j* = 0) i nakon pokusa (voda, *j* = 0) se razlikuju. Dozračena snaga na detektoru se smanjuje zbog toga što je laser napajan sa nezavisnog istosmjernog izvora (baterija). Smanjenjem energije akumulirane u bateriji smanjuju se snaga laserskog snopa.



**Slika 1. Ovisnost snage laserskog snopa o udaljenosti (broju kiveta) za nigrozin**

Obrada mjerenja

Koeficjent apsorpcije određuje se iz svakog para mjerenja (), za svaki

*j* = 1,...,8, očekivana vrijednost je:

,

a maksimalna apsolutna pogreška je:

.

Drugi način određivanja koeficjenta apsorpcije jest primjenom metode najmanjih kvadrata na čitav skup mjerenja. Uvodi se veličina:

,

gdje je *x* duljina puta prevaljenog u otopini nigrozina, odnosno u vodi. S obzirom da je apsorpcija u vodi zanemariva očekuje se ovisnost oblika:

,

gdje je *α*apsorpcijski koeficjent otopine nigrozina. Logaritmiranjem gornjeg izraza dolazi se do linearnog matematičkog modela:

Pritome je:

,

gdje je *x1* duljina jedne kivete.

Rezultati:

1. Linearizirani model:

**Tablica 2: Linearizacija modela**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | x | p | y | x2 | xy | y2 |
|  | 1 | 0,52 | -0,6539 | 1 | -0,6539 | 0,4276 |
|  | 2 | 0,41 | -0,8916 | 4 | -1,7832 | 0,795 |
|  | 3 | 0,33 | -1,1087 | 9 | -3,326 | 1,2291 |
|  | 4 | 0,24 | -1,4271 | 16 | -5,7085 | 2,0367 |
|  | 5 | 0,16 | -1,8326 | 25 | -9,1629 | 3,3584 |
|  | 6 | 0,08 | -2,5257 | 36 | -15,1544 | 6,3793 |
|  | 7 | 0,03 | -3,5066 | 49 | -24,5459 | 12,2959 |
|  | 8 | 0,01 | -4,6052 | 64 | -36,8414 | 21,2076 |
| ∑ | 36 | 1,78 | -16,5514 | 204 | -97,1762 | 47,7296 |

Veličina ∆:

Očekivana vrijednost parametra *a*:

Očekivana vrijednost parabetra *b*:

Standardna pogreška parametra *b*:

Koeficijent apsorpcije je, u lineariziranom modelu:



**Slika 2. Aproksimacija rezultata linearnim modelom apsorpcije**

1. Nelinearni model:

Za pretpostavljenu vrijednost *α* u Mathemathici je izračunata očekivana vrijednost *P0*.



**Slika 3. S2 u ovisnosti o parametru α**

Minimum *S2* u odnosu na parametar *α* je:



**Slika 3. Aproksimacija rezultata nelinearnim modelom apsorpcije**

Procjena pogreške:

Prvo se definira reducirani *χ2*. Druga derivacija po parametru *α* reduciranog *χ2* u minimumu iznosi 1812,48.

Standardna (*χ2* – curvature) pogreška parametra *α* iznosi 0,003322.



**Slika 4. Kontrolni graf**

Konacno apsorpcijski koeficijent:

uz relativnu pogrešku 10,2199.

Imaginarna komponenta indeksa loma za nigrozin jest:

Dodatak

Ispis rezultata iz Mathematice:

(\*1. UNOS PODATAKA\*)

data={{1, 0.52}, {2, 0.41}, {3, 0.33}, {4, 0.24}, {5, 0.16}, {6, 0.08}, {7, 0.03}, {8, 0.01}}

>

{{1,0.52},{2,0.41},{3,0.33},{4,0.24},{5,0.16},{6,0.08},{7,0.03},{8,0.01}}

n=Length@data

8

datafig ={{Blue, AbsolutePointSize[5], Point/@data}};

Show[Graphics@datafig, AxesTrue, AxesLabel{"x [cm]", "P [mW]"}]



(\*2. LINEARIZIRANI MODEL: yi=ln (Pi)=ln (P0)-alpha\*xi=a+b\*xi\*)

redakfun[{x\_, p\_}] :=Module[{y=Log[p]},{x, p, y, x^2, x\*y, y^2}]

(tablica=redakfun/@data)//TableForm

{

{1, 0.52, -0.653926, 1, -0.653926, 0.42762},

{2, 0.41, -0.891598, 4, -1.7832, 0.794947},

{3, 0.33, -1.10866, 9, -3.32599, 1.22913},

{4, 0.24, -1.42712, 16, -5.70847, 2.03666},

{5, 0.16, -1.83258, 25, -9.16291, 3.35835},

{6, 0.08, -2.52573, 36, -15.1544, 6.37931},

{7, 0.03, -3.50656, 49, -24.5459, 12.2959},

{8, 0.01, -4.60517, 64, -36.8414, 21.2076}

}

{sx, tmp, sy, sx2, sxy, sy2}=Total/@Transpose@tablica

{36,1.78,-16.5513,204,-97.1761,47.7296}

del = n sx2-sx sx

336

a = (sx2 sy - sx sxy)/del

0.362698

b=(n sxy - sx sy)/del

-0.540359

db = Sqrt[(n\*(sy2 - a sy - b sxy))/(del (n-2))]

0.0696562

alphafitlin = -b ± db

0.540359±0.0696562

100 Abs[db/b]

12.8907

Plot[Exp[a +b x], {x, 0, (3/2) Max@First@Transpose@data},

PlotRange{-0.05 Exp@a , 1.05 Exp@a},

AxesLabel{"x [cm]", "P [mW]"},

Epilogdatafig]



(\*3. NELINEARNI MODEL: Pi=P0exp[-alpha\*xi]\*)

(\*3.1 Prilagodbeni postupak (fit)\*)

p0fun[\_, data\_] :=Module[{xi, pi, tmp}, {xi, pi} =Transpose@data;

tmp=Exp[- xi] ;

pi.tmp/tmp.tmp

]

s2fun[\_, data\_] := Module [{xi, pi, tmp},

{xi, pi} =Transpose@data;

tmp=pi - p0fun[, data] Exp[- xi];

tmp.tmp

]

Plot[s2fun[, data], {, 0, 0.5}, AxesLabel{"", "S2"}, PlotPoints64]



s2min=FindMinimum[s2fun[, data], {, 0, 0.5}]

{0.00935323,{0.325035}}

{alphahat, p0hat}={, p0fun[, data]}/.Last[s2min]

{0.325035,0.760807}

Plot[p0hat Exp[-alphahat x], {x, 0, (3/2) Max@First@Transpose@data},

PlotRange{-0.5 p0hat, 1.05 p0hat},

AxesLabel{"x [cm]", "P [mW]"},

Epilogdatafig]



(\*3.2 Procjena pogreske\*)

chi2redfun[\_, data\_] = (n-2) s2fun[, data]/ s2fun[alphahat, data];

fdd= D[chi2redfun[, data], {, 2}]/. {alphahat}

1812.48

sigalph=2/ fdd // Sqrt

0.0332184

Plot[(n-2) s2fun[, data]/First [s2min],{, alphahat -1.5 sigalph, alphahat + 1.5sigalph}, FrameLabel{"", "S2"}, PlotRange{n-2-0.5,n-2+1.5}, FrameTrue, AxesNone, GridLines{{alphahat, alphahat-sigalph, alphahat+sigalph}, {n-2, n-2+1}}]



alphafitnonlin=alphahat±sigalph

0.325035±0.0332184

100Abs[sigalph/alphahat]

10.2199