

## Određivanje linearnog koeficijenta termičkog širenja

---

*Proces hlađenja metalne šipke se pokazao kao dovoljno reproducibilan da bi je koristili kao mikropozicioner. Kao rezultat projekta imamo vrednost linearnog koeficijenta termičkog širenja pomenute šipke, njegovu relativnu grešku i vremenske intervale u kojima ostvarujemo najbolju predikciju pomeranja.*

---

### Uvod

Dilatometrijska merenja su merenja promena dimenzija i oblika tela pri promeni temperature. Za tela kod kojih je toplotno širenje jednako u svim pravcima, kaže se da su izotropna.

U ovom projektu merene su dilatometrijske promene izotropnog tela čija je jedna dimenzija mnogo veća od druge dve, tj. metalna šipka, tako da se toplotno širenje praktično svodi na promenu dužine. Promena dužine šipke sa promenom temperature opisuje se izrazom:

$$l_1 = l_0 [1 + \alpha (T_1 - T_0)] \quad (1)$$

gde su  $l_1$  i  $l_0$  dužine šipke na temperaturama  $T_1$  i  $T_0$  respektivno, a linearni koeficijent termičkog širenja. Iz (1) se dobija:

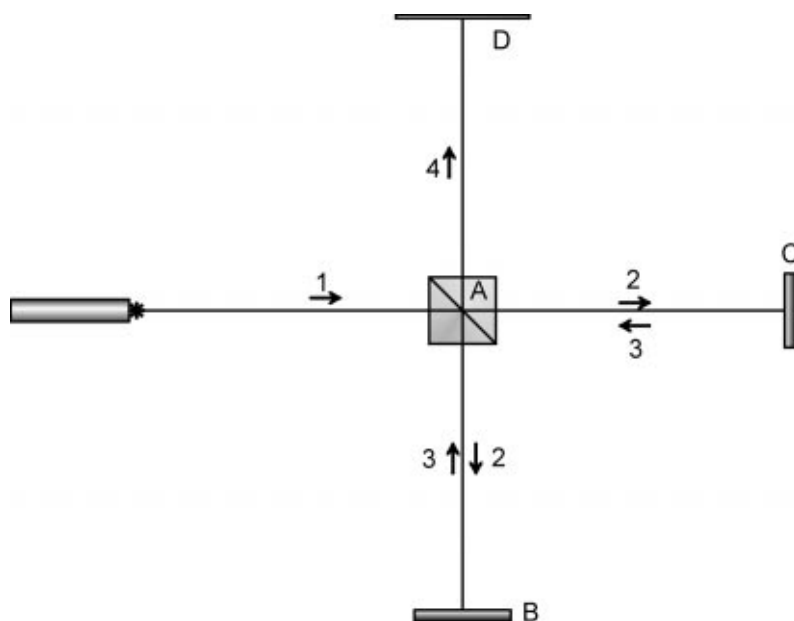
$$\alpha = \frac{1}{l_0} \frac{l_1 - l_0}{T_1 - T_0} \quad (2)$$

Za merenje izduženja šipke korišćen je Majkelsonov interferometar (slika 1). On se sastoji od delitelja snopa (beam-splitter) – A i dva ogledala (B i C). Delitelj snopa deli laserski snop na dva dela: jedan deo usmerava ka ogledalu B, a drugi ka ogledalu C. Ogledala vraćaju svetlost do delitelja snopa A. Tamo se zraci rekombinuju i odlaze na zaklon D, na kome se vidi interferenciona slika.

---

*Blagoj Stojanov (1980), Štip (Makedonija), Risto Stojkov 14/9, učenik 4. razreda Gimnazije "Slavčo Stojmenski" u Štipu*

*Nevena Vratonjić (1982), Kostolac, Trg Bratstva i Jedinstva 8/11, učenica 2. razreda Gimnazije "Jovan Šerbanović" u Požarevcu*



Slika 1.  
Shema Majkelsonovog  
interfeometra.

Figure 1.  
Scheme of  
Michelson  
interferometer.

## Metod

### Aparatura

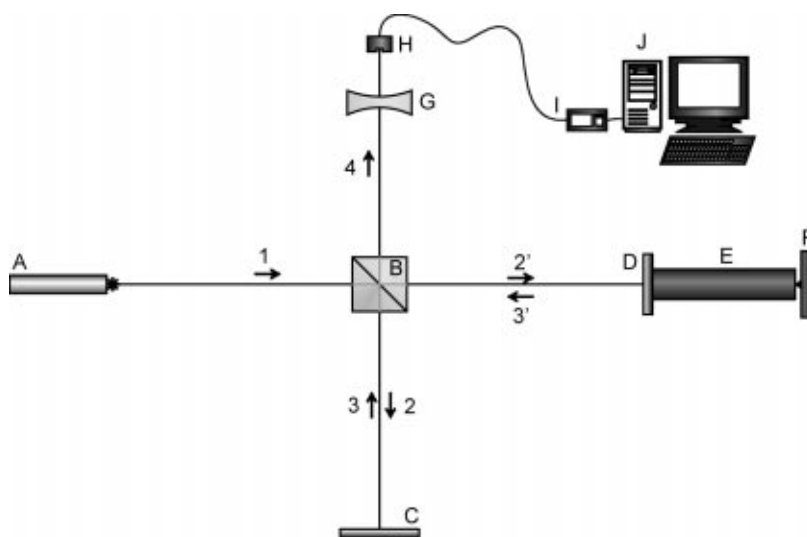
Za merenje smo koristili sledeću aparaturu (slika 2):

- A – izvor svetlosti (laser)
- B – delitelj snopa
- C i D – ogledala
- E – šipka za koju određujemo linearni koeficijent termičkog širenja
- F – stativ na kome je pričvršćena šipka
- G – rasipno sočivo
- H – merač snage
- I – AD konvertor
- J – računar

### Postupak

Laserski snop (1) se pomoću delitelja snopa deli na dva (2 i 2') od kojih se jedan odbija od nepokretnog ogledala (2'), a drugi od ogledala pričvršćenog za šipku (2). Oba zraka prolaze kroz ponovo kroz delitelj snopa stvarajući interferencionu sliku na zaklonu. (slika 2).

Šipku, kojoj određujemo linearni koeficijent termičkog širenja, zagrevamo do temperature  $T_0$ . Sama šipka se zagreva tako što se lagano zagreva sud sa vodom do temperature  $T_0$  zbog što homogenijeg zagrevanja. Zagre-



Slika 2.  
Postavka eksperimenta.

Figure 2.  
Experimental setup.

janu šipku postavljamo na stativ i pričvršćujemo ogledalo. Tokom vremena šipka se hladi do temperature  $T_1$  i skraćuje tako da dolazi do pomeranja ogledala C koje je pričvršćeno za nju. Zbog pomeranja ogledala dolazi do kretanja interferencionih linija, odnosno naizmeničnog smenjivanja minimuma i maksimuma na zaklonu. Merač snage povezan sa AD konvertorom i računarom, nalazi se ispred zaklona i šalje podatke o promeni intenziteta detektovane svetlosti, pa samim tim i smenjivanju maksimuma i minimuma. Veza između broja maksimuma i izduženja je data izrazom:

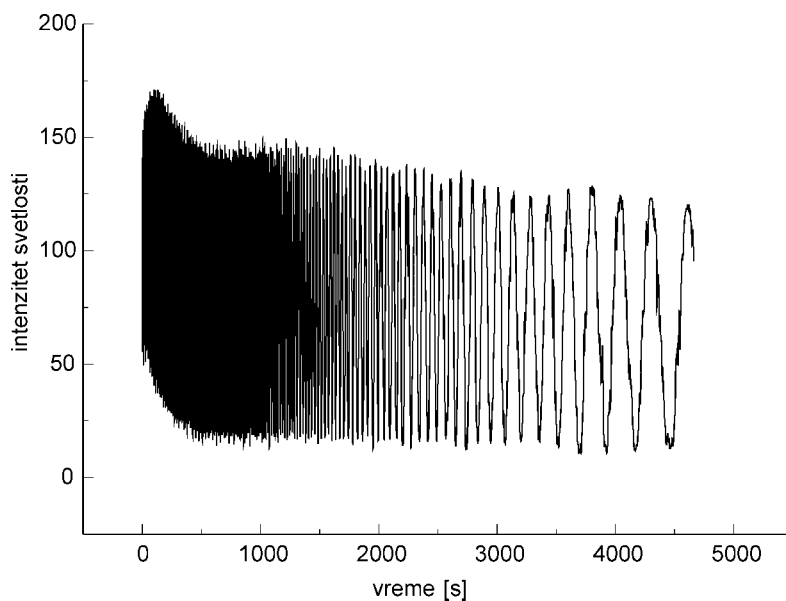
$$\Delta l = N \cdot \frac{\lambda}{2} \quad (3)$$

Izduženje šipke je obeleženo sa  $\Delta l$  ( $\Delta l = l_1 - l_0$ ),  $N$  je broj maksimuma registrovanih meračem snage tokom promene dužine, a talasna dužina laserskog snopa. Zamenom  $l$  u jednačinu (2) računamo linearni koeficijent termičkog širenja šipke.

## Rezultati

Merenja su vršena na metalnoj šipki dužine  $l_0 = 10$  cm. Početna temperatura je  $T_0 = 90^\circ\text{C}$ , dok krajnja  $T_1$  predstavlja sobnu temperaturu. Izvršeno je pet merenja zavisnosti intenziteta svetlosti od vremena (grafik na slici 3).

Na osnovu ovih grafika određujemo broj maksimuma  $N$  i crtamo Grafike zavisnosti promene dužine šipke  $l$  od vremena  $t$  (slika 4). Sa grafika na slici 4 očitavamo vrednosti za ukupno izduženje šipke  $l$  za  $s = 5000$ ,

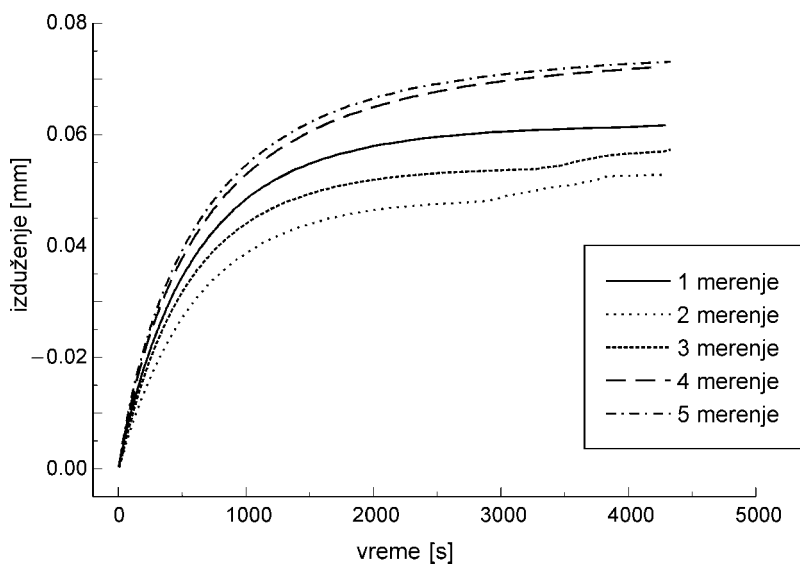


Slika 3.  
Grafik zavisnosti  
promene intenziteta  
dela interferencione  
slike od vremena.

Figure 3.  
Light intensity  
changes in a part of  
interferometer picture  
in time.

početna i krajnja temperatura šipke su poznate i zamenom u jednačinu (2) dobijamo srednju vrednost linearnog koeficijenta termičkog širenja:

Sa grafika (slika 4) takođe vidimo da eksperiment nije dovoljno reproducibilan. Uprkos naizgled istim početnim uslovima šipka se hladi na različite načine tako da ukupno izduženje u toku merenja varira 10-15%. Sa istog grafika se vidi da nagibi samih krivih nešto više liče, pa se da izabrati vremenski interval u kom se promena dužine šipke uvek odvija na isti način.



Slika 4.  
Skraćenje metalne  
šipke sa vremenom.

Figure 4.  
Metal rod contraction  
in time.

Uočljivo je da se merenja najviše slažu u intervalu od 2000 do 2500 sekundi i da je ova promena prilično linearna. U ovom intervalu promena dužine šipke milimetrima i njena greška. Drugim rečima, ako ponavljamo ovaj postupak i merimo u pomenutom vremenskom intervalu uvek ćemo imati istu promenu dužine šipke, pa samim tim i nekog lakog optičkog elementa pričvršćenog na nju.

## Zaključak

Pogodno izabrana metalna šipka može poslužiti kao dovoljno dobar mikropozicioner za različite primene u školskoj laboratoriji. Očigledno, nije moguće uticati na njeno ponašanje, ali barem znamo da je prediktabilno. Ovo nam omogućava da znamo u kom će se trenutku odgovarajući optički element naći u željenoj tački. Ako već ne možemo da postavimo ogledalo gde želimo, onda je dobro ako znamo kada će biti u željenoj poziciji.

---

*Blagoj Stojanov and Jelena Vratonjić*

## Determination of Linear Coefficient of Termic Contraction

In this project dilatometric changes of quazi-linear body (metal rod) are measured. Rod contraction is measured using drifts in Michaelson's interferometer.

When a heated rod is cooling, it is contracting also and therefore causes small displacement of mirror attached on. Because of this drift we have moving of interference fringes, i.e. flow of minima and maxima on a screen. Light powermeter conected to a computer via AD converter is placed in front of screen and sends information about changes in detected light intensity.

Measuring is done on metal rod of 10 cm length. Starting temperature was 90°C and final was determined by room temperature. Five measuring of light intensity vs. time was made.

From the Figure 4 we can conclude that experiment is not reproducible enough. In spite of apparently similar starting conditions, the rod is cooling in different ways causing relative extensions difference rising up to 10 or 15%. From the same figure we can see that slopes of these experimental data are more alike, so we can choose time interval where contraction velocity is almost identical for all the measurings.

