

**TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE**  
**DREVÁRSKA FAKULTA**

**Katedra fyziky, elektrotechniky a aplikovanej mechaniky**



**Predmet: Aplikovaná fyzika**

**Laboratórna úloha: Určovanie termofyzikálnych vlastností materiálov FLASH metódou.**

Akad. rok:

Dátum:

<b>Meno účastníka skupiny</b>	<b>Úloha</b>	<b>Emócie/dojmy – hodnotenie práce (body)</b>	<b>Podiel člena v %</b>	<b>Hodnotenie</b>
		Zaujímavosť 1 2 3 4 Náročnosť 1 2 3 4 Užitočnosť 1 2 3 4		
		Zaujímavosť 1 2 3 4 Náročnosť 1 2 3 4 Užitočnosť 1 2 3 4		
		Zaujímavosť 1 2 3 4 Náročnosť 1 2 3 4 Užitočnosť 1 2 3 4		
		Zaujímavosť 1 2 3 4 Náročnosť 1 2 3 4 Užitočnosť 1 2 3 4		

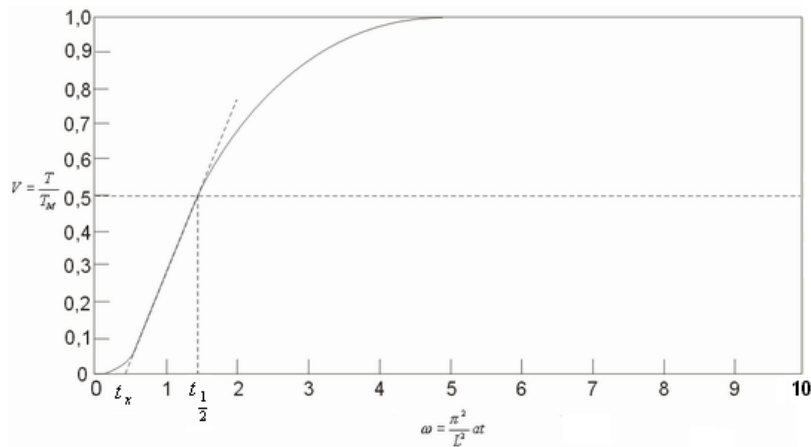
## Teória:

Infračervená záblesková metóda (flash metóda) využíva nestacionárne teplotné pole stimulované v testovanom materiáli veľmi krátkym tepelným impulzom produkovaným externým zdrojom tepla – tzv. zábleskovým tepelným impulzom. Teplotná odozva odvráteného povrchu vzorky je snímaná infračerveným termosnímačom a zaznamenaná do počítača. Požiadavkou na úspešné použitie tejto metódy je použitie vzoriek, ktorých hrúbka (v smere vedenia tepla) je veľmi malá v pomere ku zvyšným rozmerom a je možné zanedbať tepelné straty. Ak sú splnené tieto podmienky, potom je možné časovú závislosť teploty popísať nasledujúcou funkciou:

$$T(z,t) = \frac{1}{L} \int_0^L T(z,0) dz + \frac{2}{L} \sum_{n=1}^{\infty} \exp \left[ -\alpha t \left( \frac{n\pi}{L} \right)^2 \right] \cos \frac{n\pi z}{L} \int_0^L T(z,0) \cos \frac{n\pi z}{L} dz. \quad (1)$$

Zavedením okrajových podmienok a po matematických úpravách bude graf závislosti teploty od času na zadnej strane vzorky vyzeráť tak ako je zobrazené na obr.1 . Závislosť je zobrazená v bezrozmerných parametroch  $V$  a  $\Omega$ , kde:

$$V(L,t) = \frac{T(L,t)}{T_M} \quad a \quad \Omega(L,t) = \frac{\pi^2 \alpha t}{L^2} \quad \text{kde } T_M = \frac{q}{\rho c L} \quad (2)$$



Obrázok 1: Graf funkčnej závislosti bezrozmerných parametrov  $V$  a  $\Omega$ .

Z grafického zobrazenia funkcie závislosti teploty od času na odvrátenej strane vzorky (Obr 1) je zrejmé, že pri hodnote parametra  $V = 0,5$  je hodnota parametra  $\Omega = 1,38$ . Teplotnú vodivosť je potom možné vyjadriť z definičného vzťahu pre  $\Omega$  v tvare

$$\alpha = 1,38 \cdot l^2 / \pi^2 \cdot \tau_{1/2}, \quad (3)$$

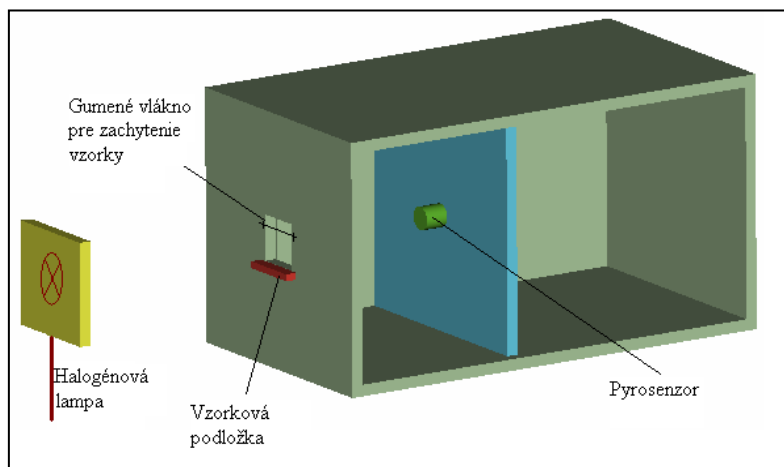
kde  $\tau_{1/2}$  je čas v s potrebný na zvýšenie teploty povrchu na opačnej strane vzorky na polovicu jej maximálnej hodnoty a  $l$  je hrúbka vzorky v m.

Koeficient tepelnej vodivosti  $\lambda$  je potom možné vypočítať zo známeho vzťahu

$$\lambda = \alpha \cdot \rho \cdot c \quad (4)$$

Ako zdroj zábleskového tepelného impulzu je použitý halogénový reflektor, umiestnený v konštantnej blízkosti od povrchu vzorky. Fixácia vzorky je realizovaná s ohľadom na minimalizáciu tepelných strát, teda s minimalizáciou všetkých kontaktných plôch. Schematické znázornenie meracej aparatury je na obrázku 2.

Emisivita povrchov všetkých použitých vzoriek je upravená nástrekom matného čierneho laku s emisivitou 0,96. Teplotná odozva povrchu opačnej strany vzorky počas experimentu je snímaná bezkontaktné s využitím pyrosenzora s rozlíšením 0,1 °C.



Obrázok 2: Schematické znázornenie 3D modelu experimentálnej aparatury

Umiestnenie pyrosenzora do polystyrénového boxu umožňuje elimináciu parazitného infračerveného žiarenia okolitého prostredia a zabezpečuje stabilnú teplotu okolia vyšetrovaného povrchu vzorky.

### Postup merania:

1. Pred meraním musia byť všetky povrchy použitej vzorky nastriekané čiernym matným lakom. Tepelný zdroj musí byť umiestnený vo zvolenej vzdialenosti.
2. Vyučujúci spustí program pre záznam dát pyrosenzora a nastaví parametre merania (emisivitu, zobrazovanú oblasť teploty, časový interval zápisu dát).
3. Vzorku uchopíte na hranách, aby ste ju rukou nezohrievali a bez zbytočného zdržovania je umiestnite do priestoru určeného na umiestnenie vzorky.
4. Zapnite záznam dát v počítači. Na pokyn vyučujúceho zapnite prepínačom na zásuvkovej lište reflektor na čas 2 sekundy. Vzorka je počas tohto časového

intervalu ožarovaná. Po uplynutí času (2 s) reflektor vypnite a odstráňte ho, aby zvyškové teplo neovplyvňovalo meranie.

5. Sledujte závislosť teploty od času zobrazovanú na monitore PC. Záznam dát ukončíte keď začne snímaná teplota povrchu vzorky klesať. Exportujte zaznamenané hodnoty (v súbore TestExport.txt na pracovnej ploche PC) do súboru v Exceli, ktorý nazviete ako NázovVzorky\_1.
6. Vymeňte experimentálnu vzorku a opakujte kroky číslo 7 a 8.
7. Po experimente merajte hrúbku každej vzorky 4 krát mikrometrom a určite priemernú hodnotu hrúbky použitých vzoriek a určte hmotnosť každej vzorky vážením. Priemerné hodnoty hrúbky, hmotnosti, objemu a hustoty pre všetky vzorky zapíšte do tab. 1.
8. Po zaznamenaní 4 priebehov a vytvorení príslušných Excelovských zošitov vypnite program DataTempMultidrop.

#### **Vyhodnotenie experimentálnych dát:**

1. Zo všetkých časových priebehov teploty určte začiatok záznamu teploty (okamih zapnutia tepelného zdroja). Koniec nárastovej krivky je v bode dosiahnutia maximálnej teploty.
2. Určte hodnoty maximálneho teplotného rozdielu krivky závislosti teploty od času. Maximálny teplotný rozdiel je daný rozdielom  $dT_{max} = T_{max} - T_{min}$ . Hodnoty maximálneho teplotného rozdielu zapíšte do tab. 2.
3. Určte aritmetický priemer hodnôt  $T_{max}$  a  $T_{min}$ . Následne nájdite v zázname dát teplotu, ktorá je najbližšia k tejto hodnote.
4. Určte čas od zapnutia reflektora po dosiahnutie teploty z bodu 3, označte ju  $t_{1/2}$  a zapíšte ju do tab. 2.
5. Vypočítajte hodnoty koeficienta teplotnej vodivosti  $a$  použitých vzoriek podľa vzťahu (3) a koeficienta tepelnej vodivosti  $\lambda$  podľa vzťahu (4). Na výpočet použite hodnotu hmotnostnej tepelnej kapacity  $c_{PMMA} = 1460 \text{ J/kg.K}$ . Vypočítané hodnoty zapíšte do tab. 2.
6. Z experimentálne získaných hodnôt koeficienta tepelnej vodivosti určte priemerné hodnoty.
7. Vypočítajte percentuálnu odchýlku (PO) priemernej hodnoty koeficienta tepelnej a teplotnej vodivosti od tabuľkovej hodnoty. Tabuľková hodnota koeficienta

tepelnej vodivosti pre PMMA je  $\lambda = 0,21 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  a koeficienta teplotnej vodivosti  $a = 0,15\cdot 10^{-6} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ .

Tabuľka 1: Vstupné parametre použitých vzoriek

	$\bar{l}$ (mm)	$a$ (mm)	$b$ (mm)	$m$ (g)	$\rho$ ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )
PMMA_1					
PMMA_2					
PMMA_3					
PMMA_4					

Tabuľka 2: Namerané hodnoty a vypočítané výsledky

vzorka	$t_{min}$ (°C)	$t_{max}$ (°C)	$t_{1/2}$ (°C)	$\tau_{1/2}$ (s)	$a$ ( $\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ )	$\lambda$ ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ )
PMMA_1						
PMMA_2						
PMMA_3						
PMMA_4						

priemer .....

**Výpočty:**

**Záver:**