

Vilniaus universitetas  
Lazerinių tyrimų centras

# Optinių komponentų sugerties matavimo metodai

Modestas Šinkevičius  
modestas.sinkevicius@ff.vu.lt

Vilnius 2004

# Turinys

- Įvadas
- Teorinis temperatūros kitimo bandinyje modelis
- Spektrofotometrinis sugerties nustatymo būdas
- Fototerminio plėtimosi
- Sugerties nustatymas panaudojant šviesolaidį
- Sugerties nustatymas kalorimetriniu metodu
  - Sugerties skaičiavimo būdai:
    - Gradientinis
    - Impulsinis
    - Integralinis
    - Eksponentinis
    - Atsako funkcijos
- Kalorimetro kalibravimas
- Sugerties mechanizmai kristaluose

# Sugertis

Kas yra sugertis?

$$\alpha = \frac{E_{sugertos}}{E_{kritusios}}$$

Kodėl ją reikia matuoti

$$k_{\lambda} = -\frac{1}{z} \ln(1 - \alpha)$$

Kaip matuojama sugertis?

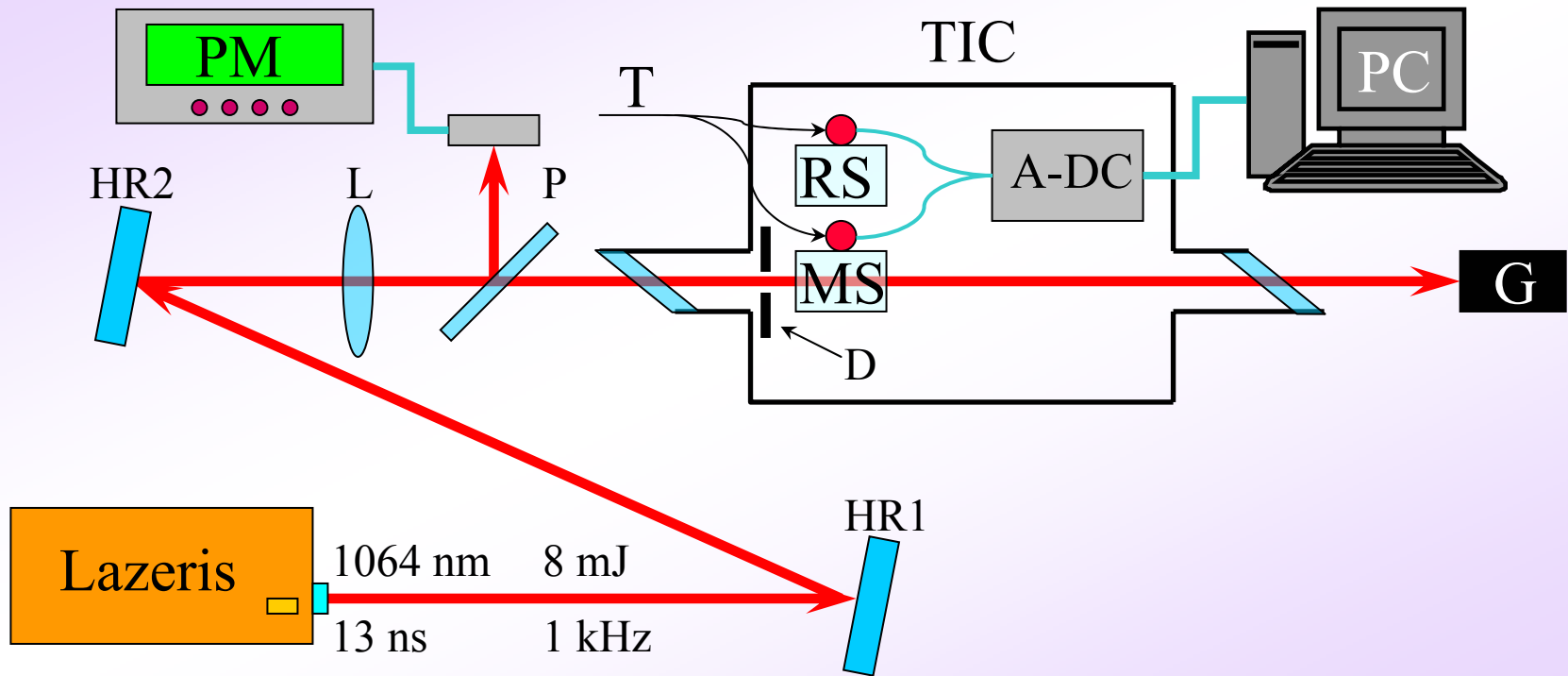
# Sugerties matavimo būdai

Spektrofotometrinis metodas

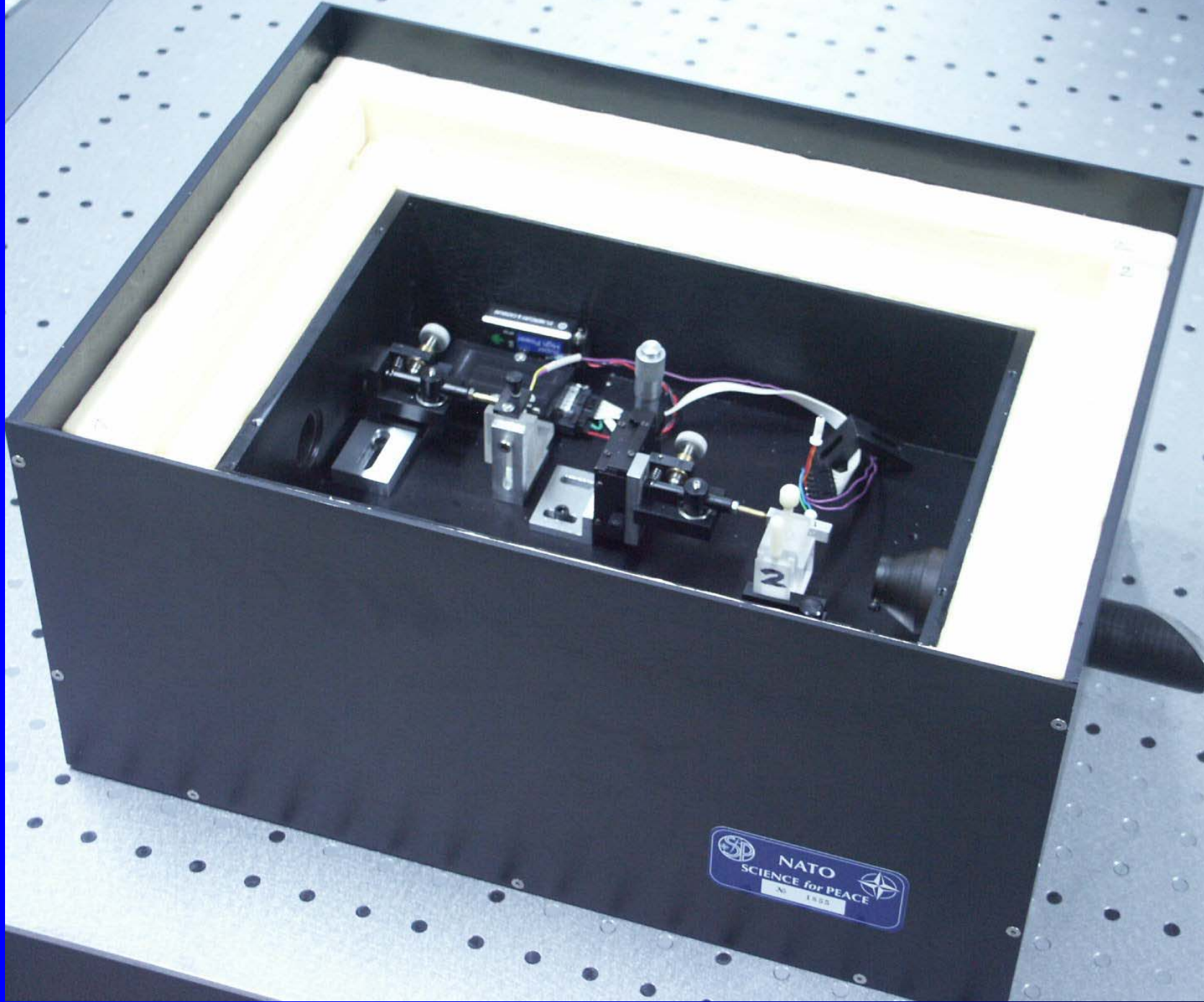
Fototerminio plėtimosi

Kalorimetrinis metodas

# Kalorimetrinio sugerties matuoklio schema



TIC – termiškai izoliuota matavimų kamera, PC – kompiuteris, RS – atraminis bandinys, MS – tiriamasis bandinys, A-DC – analoginio signalo keitiklis į skaitmeninį, T – termistoriai, PM – spinduliuotės galios matuoklis, L – lęšis, HR 1, HR 2 – didelio atspindžio koeficiento veidrodžiai, G – gaudyklė, P – mažo atspindžio koeficiento pleištinė plokštelė, D – diafragma



 NATO  
SCIENCE for PEACE  
N 1855 

# Teorinis temperatūros kitimo bandinyje modelis

- Prielaidos:

- Šiluma pasiskirsto iš karto visame bandinuke tūryje vienodai
- Temperatūros kitimas aprašomas šilumos balanso lygtimi:

$$\frac{d}{dt}T = \frac{\alpha P}{mc_p} - \gamma T ;$$

$$T = T_{bandinuko} - T_{aplinkos}$$

$\alpha$  - sugerties koeficientas, P - lazerio galia

$\gamma$  - nuostoliu koeficientas,  $c_p$  – izochorine šilumine talpa

# Šilumos balanso lygties sprendiniai

$$T(t) = \begin{cases} 0 & , t \leq t_0 \\ \frac{\alpha P}{\gamma m c_p} (1 - e^{-\gamma(t-t_0)}) & , t_0 < t < t_1 \\ T(t_1) e^{-\gamma(t-t_1)} & , t > t_1 \end{cases}$$

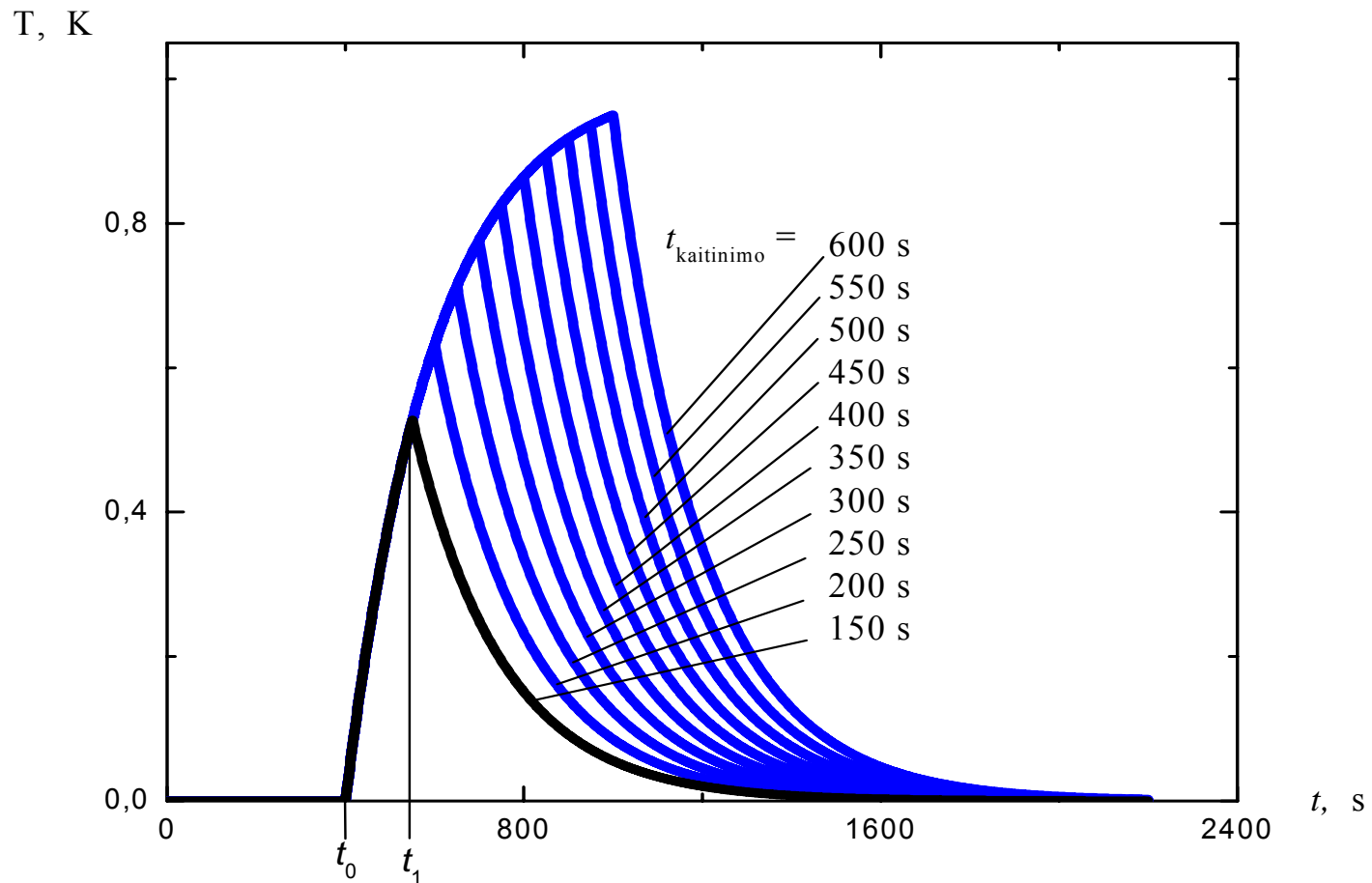
$t_0$ - kaitinimo pradžia;  $t_1$ - kaitinimo pabaiga

$$\gamma \approx \frac{2h}{\rho c_p} \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{d} \right)$$

$d$ - bandinuko storis;  $R$ - spindulys;  $h=0,001$  [ W/(J cm cm) ]



# Šilumos balanso lygties sprendinių grafinis pavidalas



1 pav. Šilumos balanso lygties sprendinių grafinis pavidalas

# Kalorimetrinis sugerties matavimo metodas

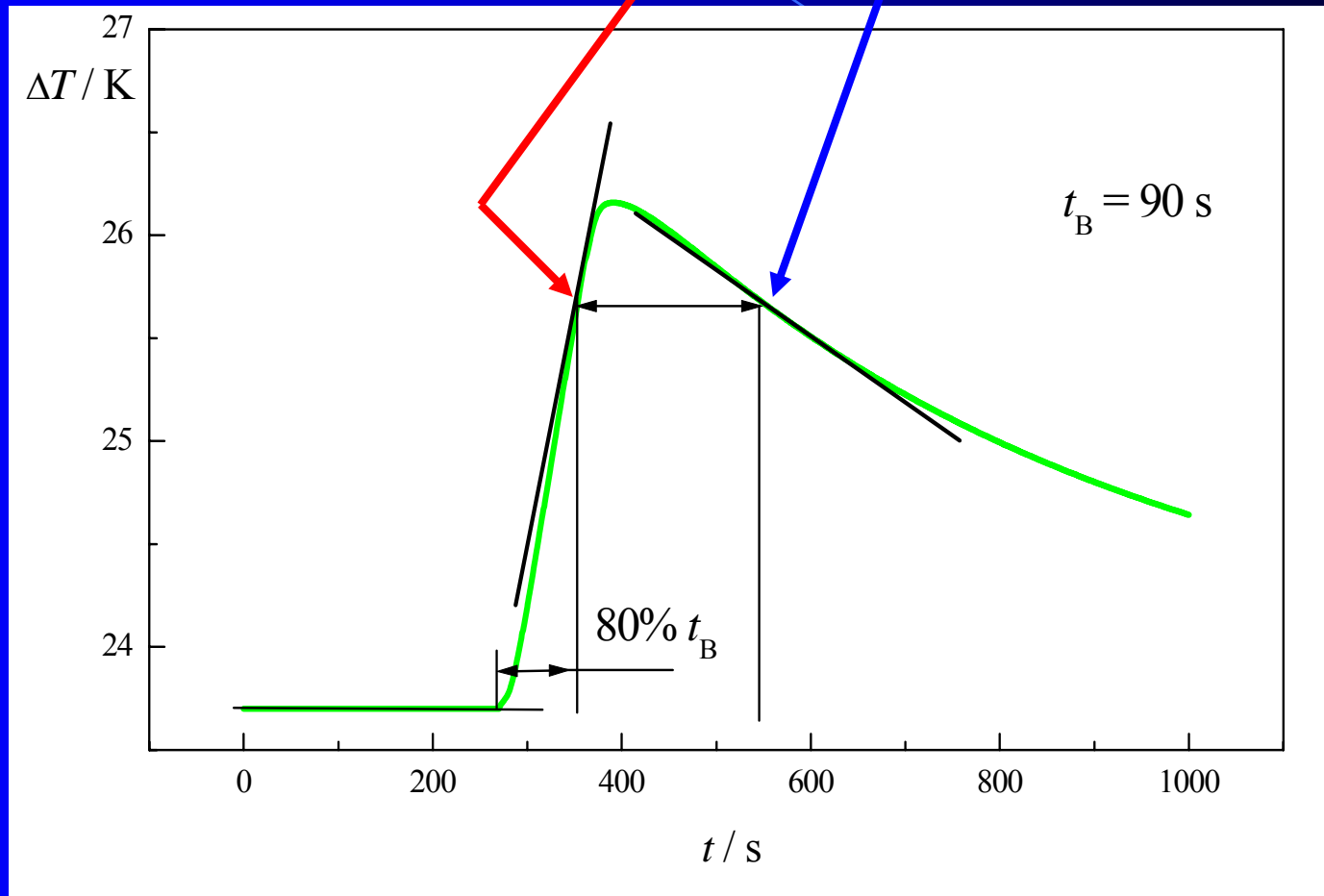
Standartas ISO 11551 patvirtina du sugerties matavimo metodus:

- Gradientinį

- Impulsinį

## Gradientinis metodas

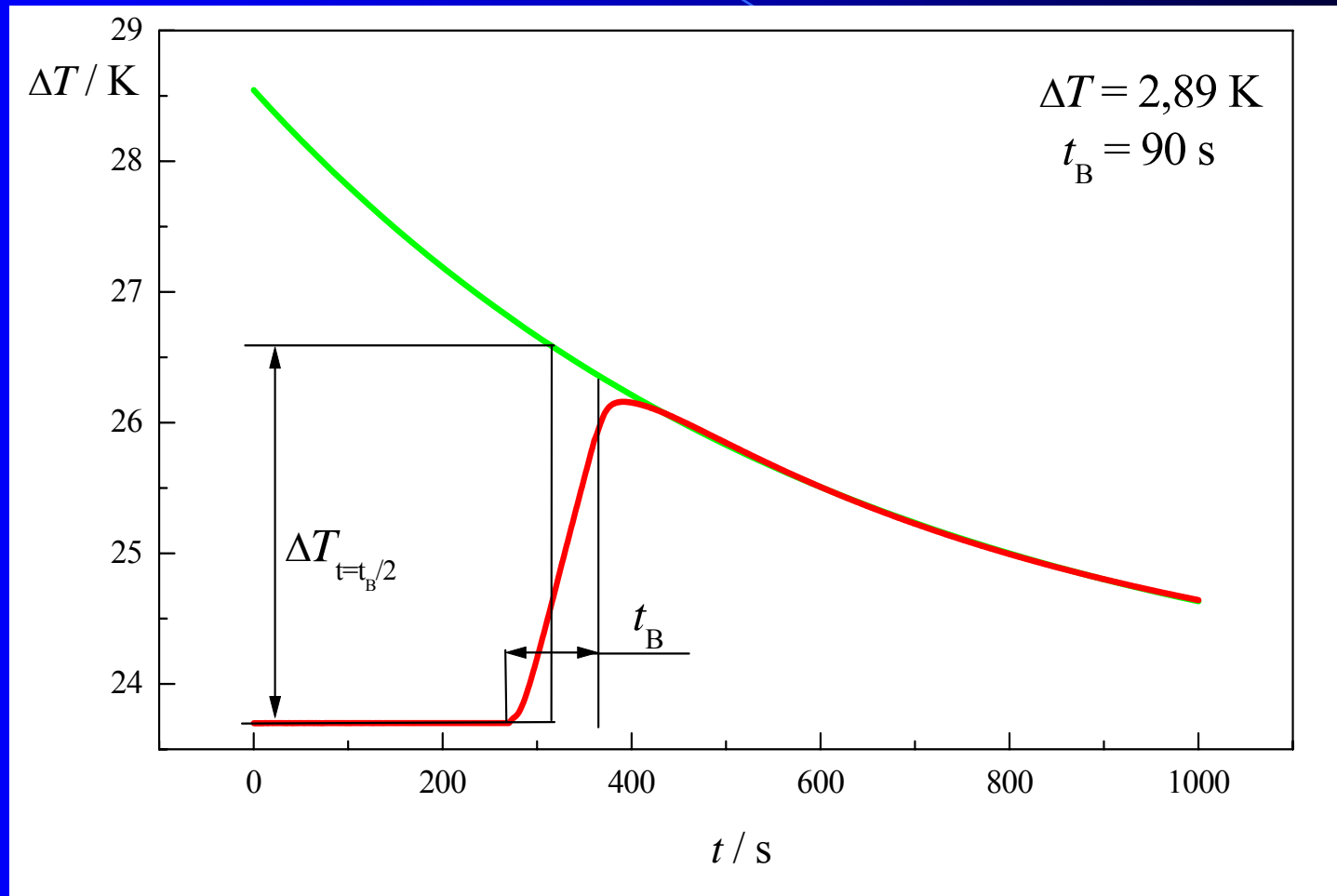
$$\alpha = \frac{mc}{P} \left\{ \left| \frac{dT}{dt} \right|_h + \left| \frac{dT}{dt} \right|_c \right\}$$



KDP (15x15x30 mm) kristalo temperatūros kitimas, švitinant 90 s 4,4W vidutinės galios spinduliuote

# Impulsinis metodas

$$\alpha = \frac{mc\Delta T}{P \cdot t_B}$$



KDP (15x15x30 mm) kristalo temperatūros kitimas, švitinant 90 s 4,4W vidutinės galios spinduliuote

# Integralinis metodas

- Sugertis gali būti gauta integruojant šilumos balanso lygtį:

$$\frac{\alpha P}{m c_p} (t_f - t_i) = T(t_f) - T(t_i) + \gamma \int_{t_i}^{t_f} dt T(t)$$

Nuostolių koeficientas turi būti žinomas iš ankstesnių matavimų arba suskaičiuojamas pagal anksčiau pateiktą formulę.

Šis metodas gali būti panaudotas lyginant rezultatus, gautus skirtingais skaičiavimo metodais

# EkspONENTINIS METODAS

- Atliekamas šilumos balanso lygties sprendinių aproksimavimas, gaunamos lygtys:

$$A_h - B_h e^{-c_h t}$$

$$A_c - B_c e^{-c_c t}$$

Iš parametrų  $A_x$ ,  $B_x$ ,  $C_x$  bei nuostolių koeficiento galima gauti sugerties

koeficientą.  $A_c=0$ , silpimo koeficientai tiek kaitinimo tiek vėsimo metu vienodi, tai leidžia patikrinti ar teisinga šilumos balanso lygtis.

# Nukrypimai nuo teorinio modelio

Sąlygojantys veiksniai:

- šilumos sklidimo greitis medžiagoje nėra begalinis
- temperatūros triukšmai bei ribotas prietaisų jautrumas
- bandinukas skaido spinduliuotę
- lazerio spinduliuotės galios svyravimai.

Šilumos balanso lygties sprendiniai bendru atveju:

$$T(\rho, t) = \frac{\alpha P}{\gamma m c_p} \cdot \begin{cases} 0 & , t \leq t_0 \\ \sum_i \frac{g_i(\rho)}{\gamma_i} (1 - e^{-\gamma_i(t-t_0)}) & , t_0 < t < t_1 \\ \sum_i \frac{g_i(\rho)}{\gamma_i} (1 - e^{-\gamma_i t_B}) e^{-\gamma_i(t-t_1)} & , t > t_1 \end{cases}$$

$g_i$  – skaičiuojamas iš bandinio fizikinių savybių.

# Kalorimetro kalibravimas

Nukrypimai įvertinami pakeičiant  $mC_p$  efektyviaja šilumine talpa  $C_{eff}$ , t.y.

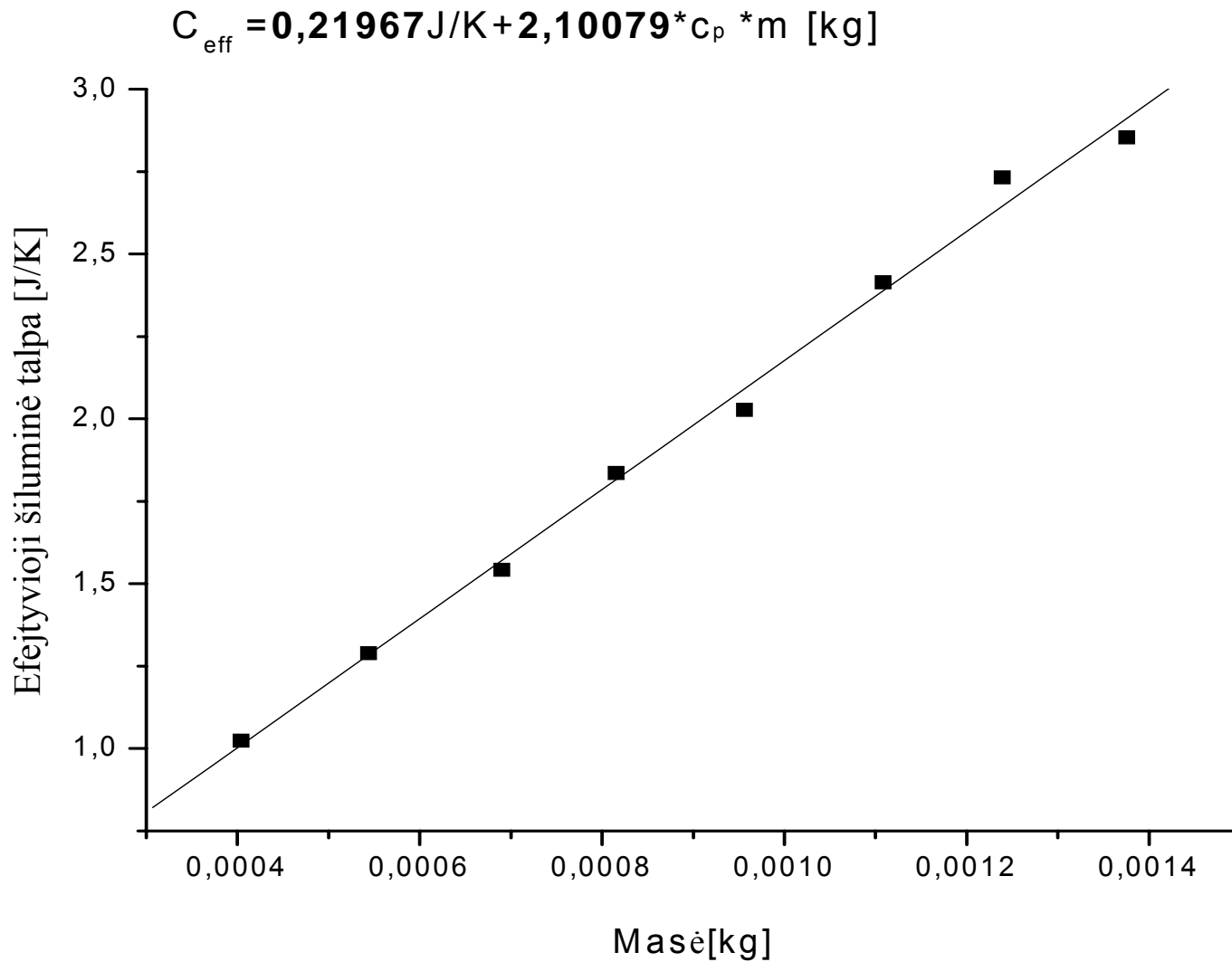
$$C_{eff} = C_0 + fmC_p$$

$C_0$ - apibūdina bandinuko laikiklį ir duoda priedą prie šiluminės talpos  
 $f$ - dydis vadinamas kalibravimo faktoriumi.

Šie dydžiai nustatomi atliekant kalorimetro kalibravimą.



# Kalibravimo kreivė



# Sugerties mehānizmai

1. Savoži sugertis

2. Eksitoninē sugertis

3. Sugertis dēl laisvujū krūvininku

4. Priemaišinis sugerties būdas

5. Fononinis sugerties būdas

6. Daugiafotonē sugertis

Ačiū už dėmesį