

Porovnání tepelné vodivosti modelu jednoduchého a dvojitého okna

Vladimír Vochozka, Tomáš Sosna

Katedra aplikované fyziky a techniky, Pedagogická fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

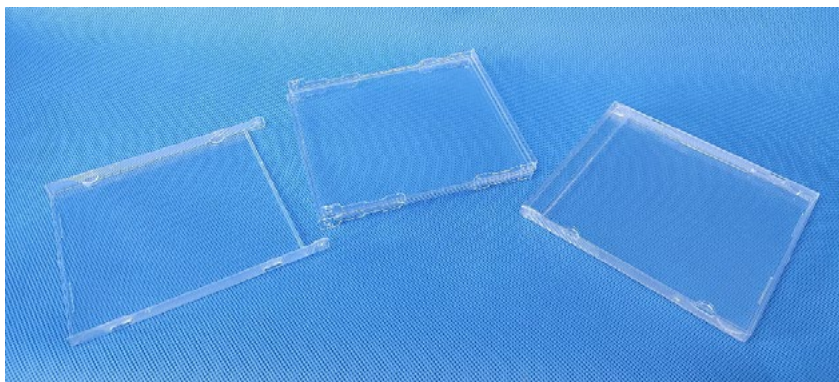
ABSTRAKT

Pokus je zaměřen na demonstraci rozdílu v přenosu tepla mezi jednosklem a dvojsklem. V textu je seznam jednoduchých pomůcek a postup provádění experimentu, který je doplněn fotografiemi a termogramy. Termogramy slouží k vizualizaci rozdílu v chování mezi modelem jednoskla a dvojskla. Vysvětlení je postaveno na rozdílu v tepelné vodivosti mezi polykarbonátem a vzduchem, spolu s porovnáním měrné tepelné kapacity těchto dvou látek. Výsledky potvrzují, že model dvojskla má nižší tepelné úniky v čase než model jednoskla.

ÚVOD

Cílem experimentu je ukázat rozdíl v přenosu tepla mezi různými typy oken. K měření teploty na povrchu modelů oken v prostředí se stabilní teplotou je zvolena termokamera. V pokusu jsou použity běžné předměty z domácnosti. Pozorovány jsou tři situace:

- a) *model jednoskla* – polovina obalu CD (compact disc) (Obrázek 1 vlevo);
- b) *model jednoskla o dvojnásobné hmotnosti* – dvě poloviny obalu CD položené k sobě vnější stranou (Obrázek 1 uprostřed);
- c) *model dvojskla* – obal CD bez vnitřní výplně s izolepou zalepeným otvorem (Obrázek 1 vpravo).



Obrázek 1: Vlevo model jednoskla – polovina obalu CD; Uprostřed model jednoskla o dvojnásobné hmotnosti – dvě poloviny obalu CD položené k sobě vnější stranou; Vpravo model dvojskla – obal CD bez vnitřní výplně s otvorem zalepeným izolepou

Pokus má demonstrovat především rozdíl konstrukce okna dvojskla ve spojitosti s mezerou mezi skly, která je vyplněna vzduchem. Rozdílné chování mezi jedním kusem obalu CD a kompletním obalem CD bez vnitřní výplně, tedy dvou kusů, lze správně přisuzovat i dvojnásobné hmotnosti. Proto je úmyslně pozorován i model jednoskla o dvojnásobné hmotnosti.

Jaký je rozdíl mezi oknem s „jednosklem“ a „dvojsklem“?

POMŮCKY

- Termokamera,
- 3 skleničky,
- 3 standardní (nikoliv slim) obaly od CD,
- izolepa,
- voda o vyšší teplotě než je okolí.

POSTUP

1.

Připravte si v dostatečném předstihu tři skleničky, tři CD obaly (aby došlo k termodynamické rovnováze mezi všemi tělesy a látkami), vodu a například elektrickou konvici (Obrázek 2).

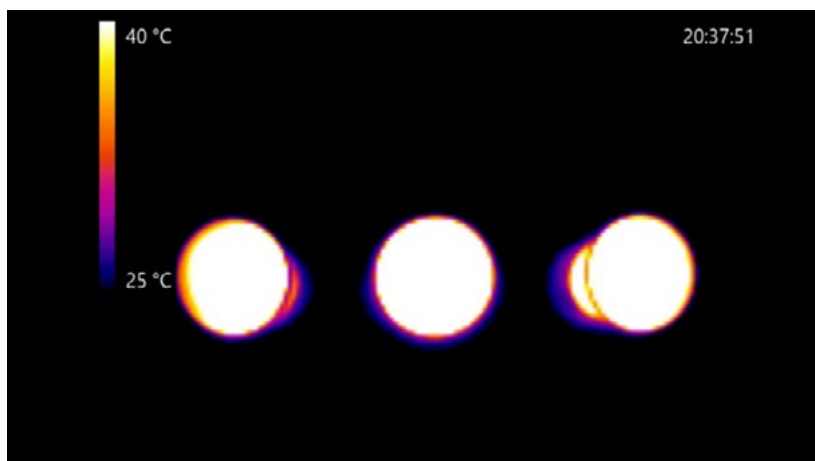


Obrázek 2: Elektrická konvice

Ze všech obalů vyndejte střední část, která drží CD. Z jednoho obalu použijte pouze přední část, z jednoho přední a zadní část, které k sobě přiložte vnější stranou a z posledního použijte obě části bez střední části a izolepou zalepte vniklou mezeru.

2.

Vodu ohřejte v elektrické konvici na vyšší teplotu než je okolí. Všechny tři skleničky naplňte stejným množstvím teplé vody (Obrázek 3), ideálně ve stejný čas.



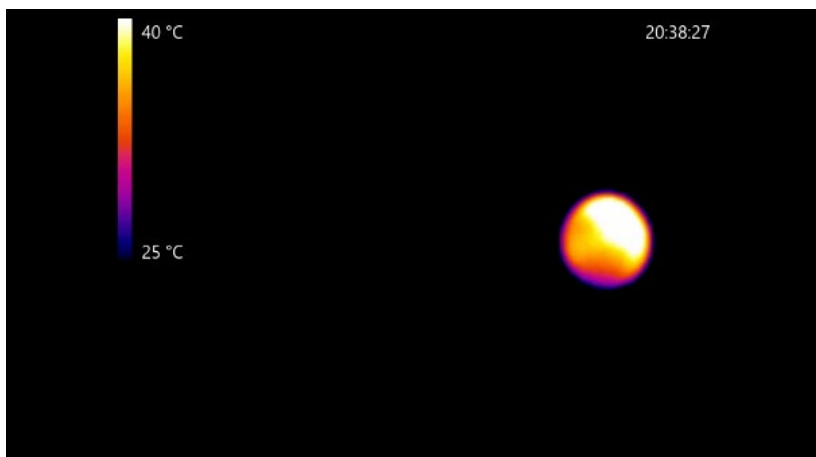
Obrázek 3: Tři stejné skleničky naplněné stejným množstvím vody o stejné teplotě

3.

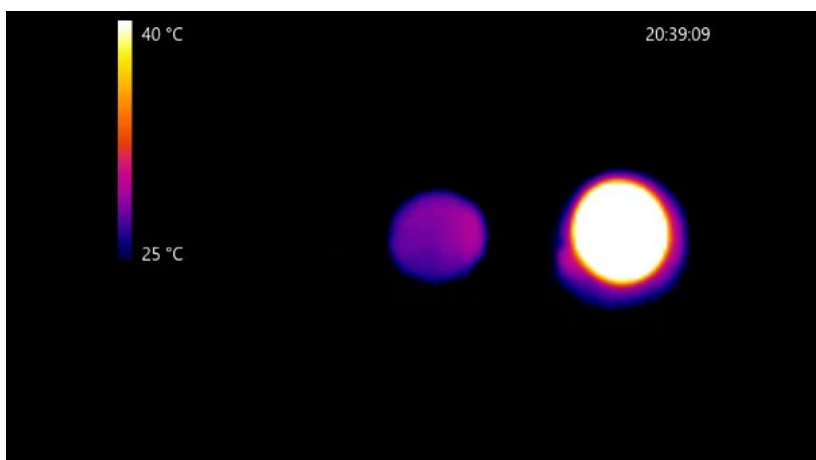
Ve stejnou chvíli umístěte na jednu skleničku obal CD s izolepou zalepeným otvorem, na druhou skleničku dvě poloviny obalu položené k sobě vnější stranou a na třetí skleničku polovinu obalu CD.

4.

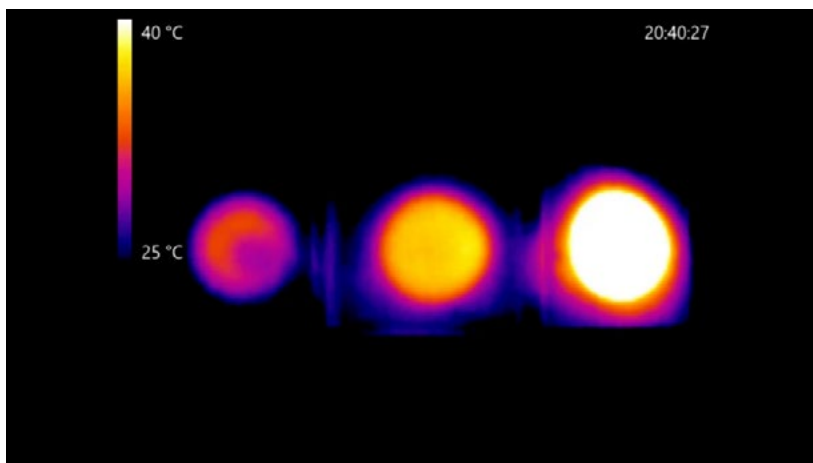
Pozorujte povrch obalů CD (Obrázek 4, Obrázek 5, Obrázek 6).



Obrázek 4: Pár sekund po přiložení obalů je již možné pozorovat přenos tepla u jednoskla (vpravo)



Obrázek 5: 42 sekund od položení všech obalů CD lze pozorovat přenos tepla i u jednoskla s dvojnásobnou hmotností (uprostřed)



Obrázek 6: Postupem času dochází k prostupu tepla u všech modelů oken (vlevo dvojsklo, uprostřed jednosklo s dvojnásobnou hmotností, vpravo jednosklo)

5.

Na základě pozorování termogramů vyslovte závěr.

VYSVĚTLENÍ

U jednoduchého okna (polovina obalu CD) teplo snadno prostupuje. U jednoduchého okna dvojnásobné tloušťky (dvě poloviny obalu CD položené k sobě vnější stranou) teplo prostupuje pomaleji, protože má soustava těles dvojnásobnou hmotnost (Tabulka 1).

Látka	Měrná tepelná kapacita c ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
Polykarbonát	1 200
Vzuch	1 005
Sklo	0,84

Tabulka 1: Měrná tepelná kapacita vybraných látek [1,2]

Vliv množství vzduchu u dvojitého okna (obal CD s izolepou zalepeným otvorem) není třeba více řešit, i když má v případě měrné

tepelné kapacity hodnotu blízkou polykarbonátu (Tabulka 1). Hmotnost vzduchu v mezeře obalu je díky nízké hustotě vzduchu, která je přibližně 100krát menší než u polykarbonátu, zanedbatelná (Tabulka 2).

Látka	Hustota ρ (kg·m ⁻³)
Polykarbonát	1 200
Vzduch	1,2
Sklo	2 500

Tabulka 2: Hustota vybraných látek [3]

U reálných oken nemá smysl vytvářet sklo o větších šířkách, protože sklo má velmi malou měrnou tepelnou kapacitu (Tabulka 1).

U dvojitého okna (obal CD s izolepou zalepeným otvorem) je prostupování tepla nejpomalejší, protože do situace vstupuje navíc vrstva vzduchu, která tepelně izoluje a zpomaluje přenos tepla. Vzduch i polykarbonát jsou tepelné izolanty, při porovnání jejich tepelné vodivosti má vzduch skoro osmkrát menší tepelnou vodivost (Tabulka 3).

Látka	Tepelná vodivost λ (W·m ⁻¹ ·K ⁻¹)
Stříbro	418,000
Sklo	0,600
Polykarbonát	0,190
Dřevo	0,180
Vzduch	0,024

Tabulka 3: Tepelná vodivost vybraných látek [4,5]

Látka	Tepelná vodivost λ (W·m ⁻¹ ·K ⁻¹)
Vzduch	0,024
Argon	0,016
Krypton	0,009
Xenon	0,005

Tabulka 4: Tepelná vodivost vybraných vzácných plynů [4,5]

Vzduch má oproti sklu dvacet pětkrát menší tepelnou vodivost. U konstrukce reálných oken se využívá kombinace vzácných plynů

(argon, krypton, xenon, ...; Tabulka 4) a skla, nikoliv pouze vzduchu a polykarbonátu.

ZÁVĚR

Výsledky ukázaly, že dvojsklo poskytuje lepší izolaci tepla než jedno-sklo. Pozorování povrchové teploty obalů CD termokamerou zprostředkovává názorný pohled na problematiku izolace bytů a domů, což poskytuje užitečnou informaci například pro výběr vhodného typu oken pro úsporu energie.

POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] NAG, P.K. *Engineering Thermodynamics*. 5th ed. Tata McGraw-Hill Education, 2013. ISBN 978-0070144795.
- [2] MARGOLIS, James a Evgeny ANTIPOV. *Polymer Materials Science and Engineering Handbook*. CRC Press, 2016. ISBN 978-1-4665-7785-5.
- [3] CRC PRESS. *CRC Handbook of Chemistry and Physics: A Ready-Reference Book of Chemical and Physical Data*, 95th edition. Edited by W. M. Haynes, D. R. Lide, and T. J. Bruno. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2014. ISBN 978-1-4822-0868-9.
- [4] HUBER, Marcia L. a Allan H. HARVEY. *Thermal Conductivity of Gases*. Boca Raton: CRC-Press, 2011. Dostupné z: https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=907540. ISSN 978-1-4398-4890-1.
- [5] SHAH, Vishu. *Handbook of plastics testing and failure analysis*. Fourth edition. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2021. ISBN 978-1-118-94363-2.

15:42

Matti
METSÄLÄ

