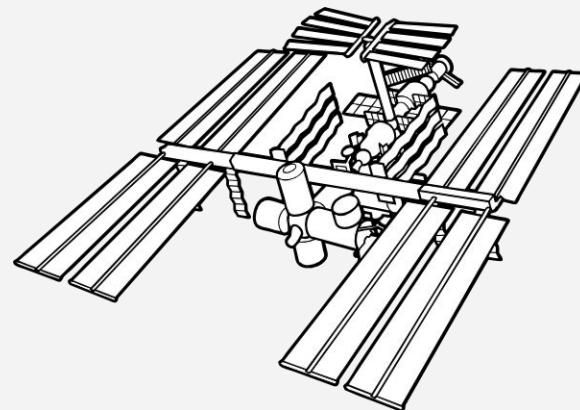
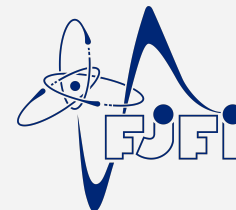


BEMPS

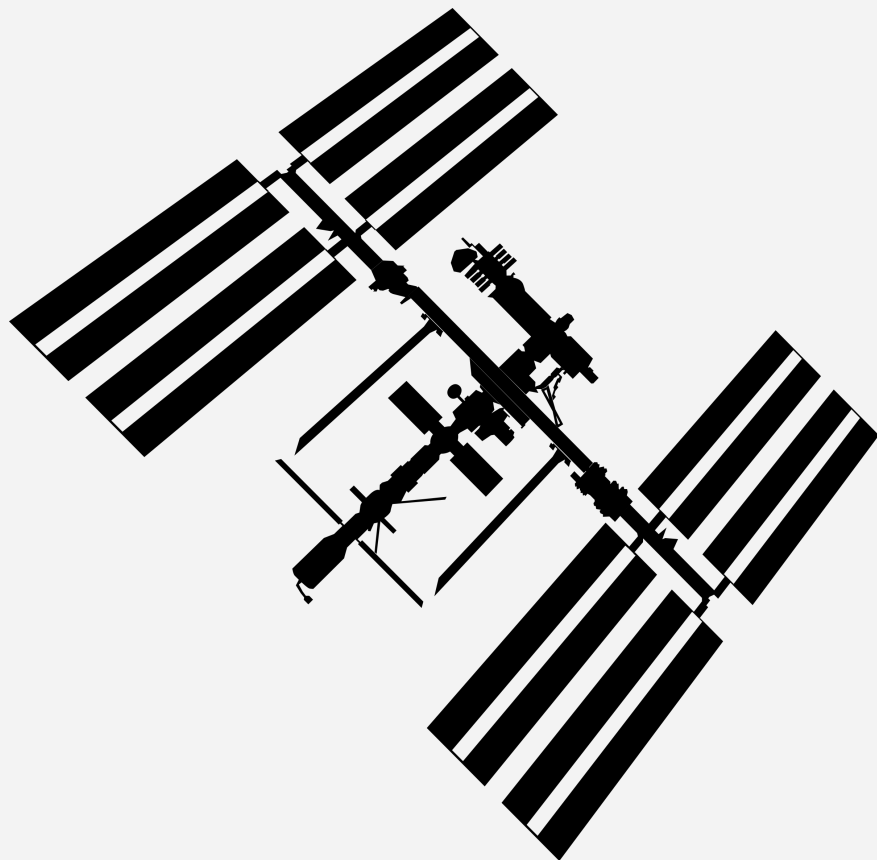
Stanislav Taborovec
FJFI FYZSEM 23.11.2016



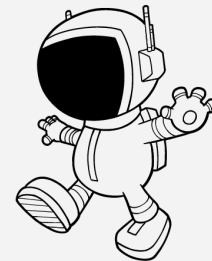
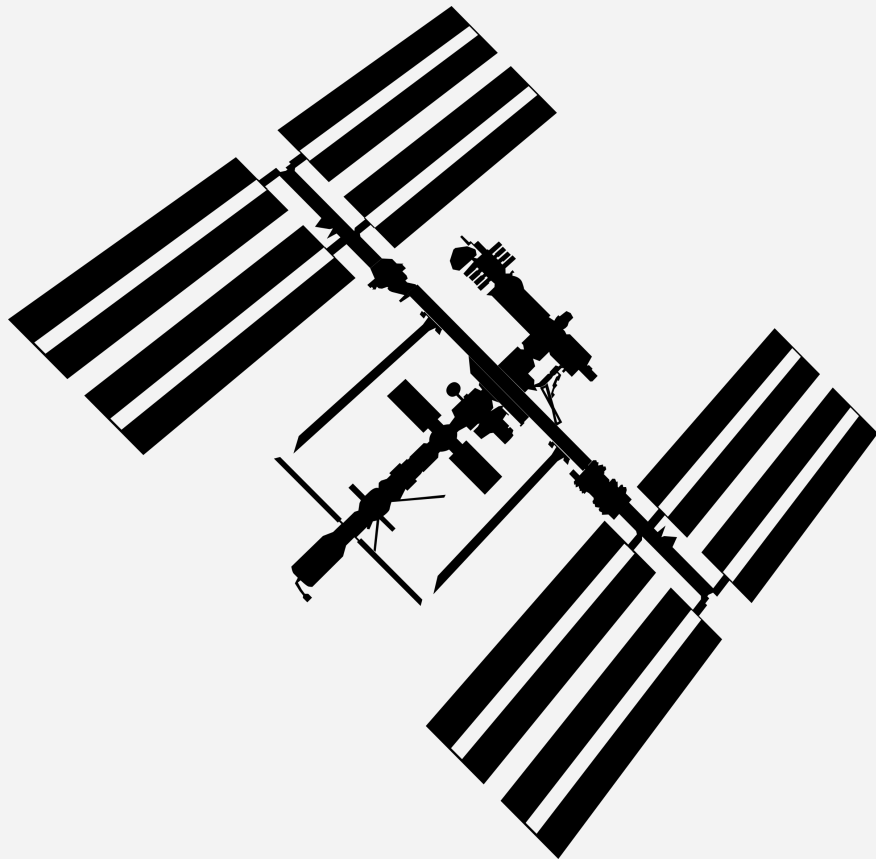
ČESKÉ
VYSOKÉ
UČENÍ
TECHNICKÉ
V PRAZE



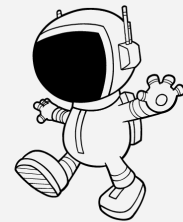
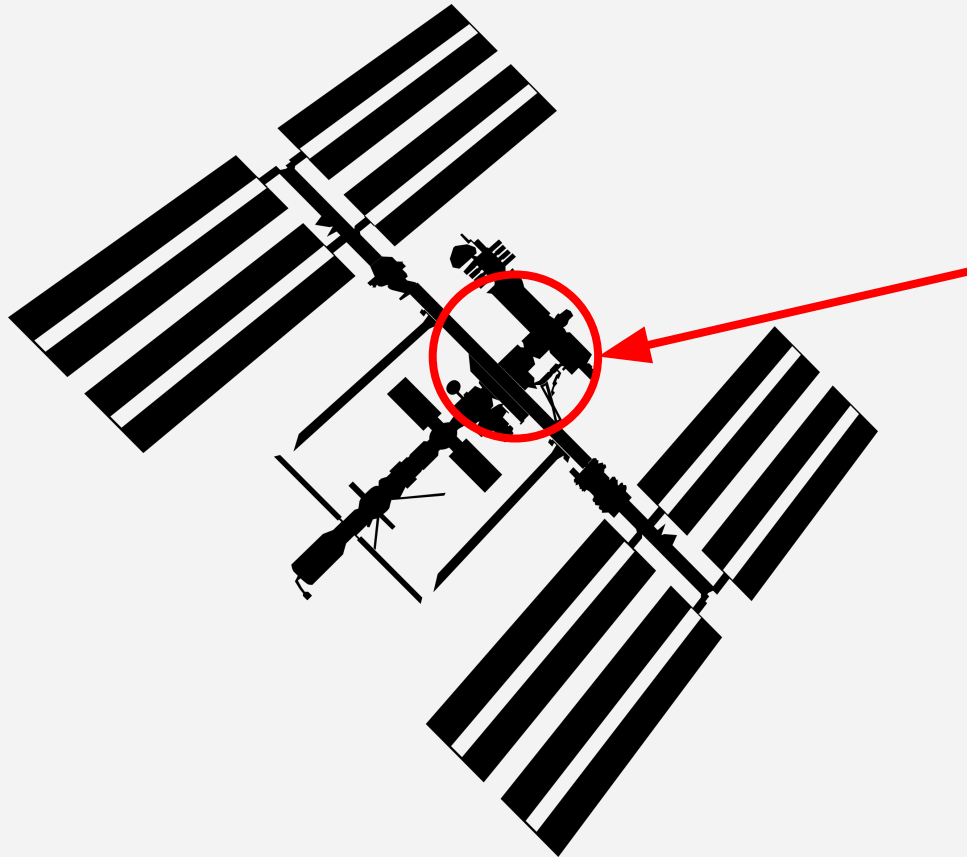
Na začátku byla otázka...



Na začátku byla otázka...



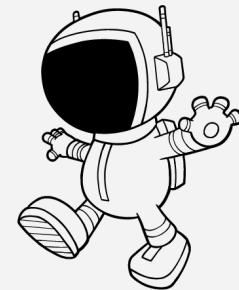
Na začátku byla otázka...



Na začátku byla otázka...



Na začátku byla otázka...



Problém & Cíl

- *Problém: Kontaktně sklo nezměříme => kosmonaut zemře*
- *Cíl: “Vymyslet a realizovat způsob bezkontaktního změření tloušťky skla”*
- *BEMPS - BEzkontaktní Měření Parametrů Skla*

Teoretické minimum

Pár základních vztahů:

■ Snellův zákon lomu

Poměr sinů úhlu dopadu a lomu je pro určitá dvě prostředí stálý a rovný poměru velikosti rychlosti vlnění v jednotlivých prostředích.

$$\sin \alpha \cdot n_1 = \sin \beta \cdot n_2$$

α, β - úhel dopadu/odrazu; n_1, n_2 - index lomu

■ Brewstrův úhel

Úhel dopadu světla, při kterém dochází k úplnému průchodu polarizovaného světla bez jakéhokoli odrazu.

$$\theta_B = \arctan \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$$

θ - Brewstrův úhel; n_1, n_2 - index lomu

Měření indexu lomu

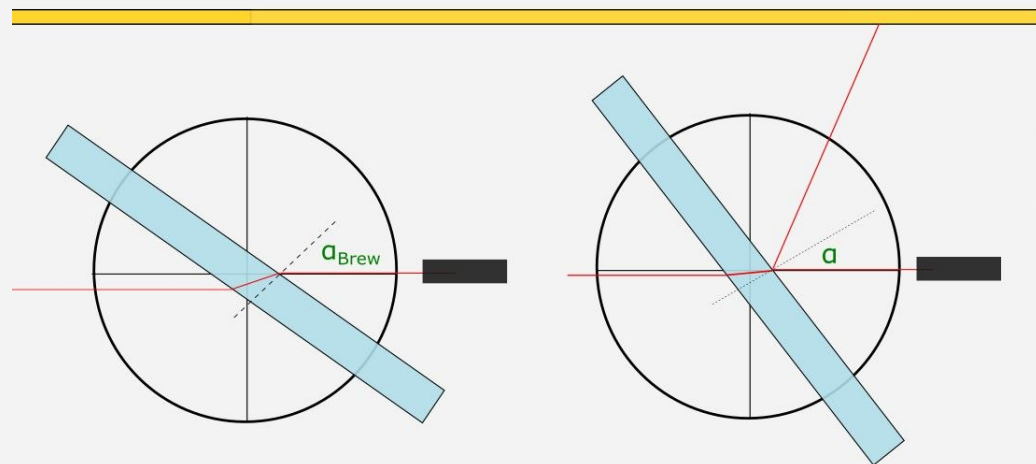
- Měření indexu lomu změřením Brewstrova úhlu
- Využití polarizovaného laseru na změření zániku paprsku

$$\theta_B = \arctan\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

$$\alpha_B = (57 \pm 1)^\circ$$



$$\underline{n = 1,54 \pm 0,06}$$



- Naměřený index lomu $1,54 \pm 0,06$

Měření tloušťky

- Měření tloušťky tabulového skla pomocí odrazu od obou stran.
- Využijeme měření indexu lomu pomocí Brewstrova úhlu

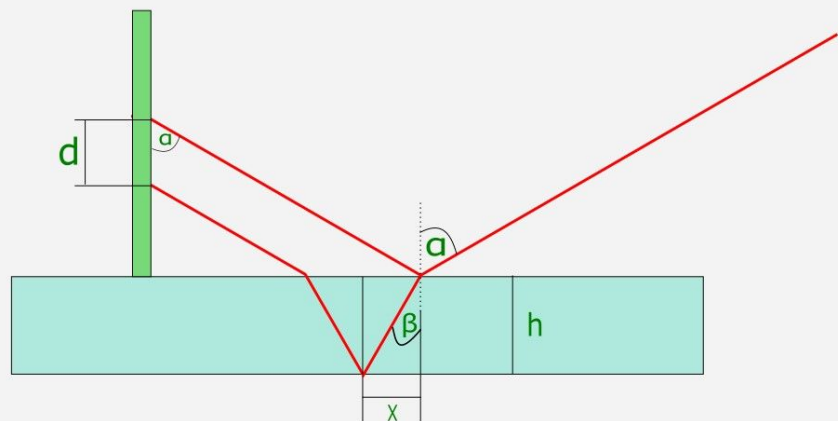
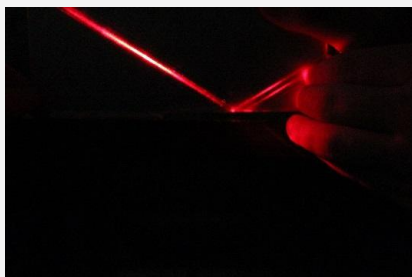
Měření vzdálenosti d a úhlu dopadu

$$h = \frac{x}{\operatorname{tg}(\beta)} = \frac{\frac{1}{2} \cdot \operatorname{tg}(\alpha) \cdot d}{\operatorname{tg}\left(\arcsin\left(\frac{\sin(\alpha)}{n_2}\right)\right)}$$

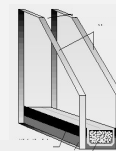
$$\alpha = 47^\circ$$
$$d = 0,57 \text{ cm}$$

↓

$$\underline{h = 0,56 \text{ cm}}$$



Možnost měření vzduchvé vrstvy u vícevrstých skel



Měření tloušťky

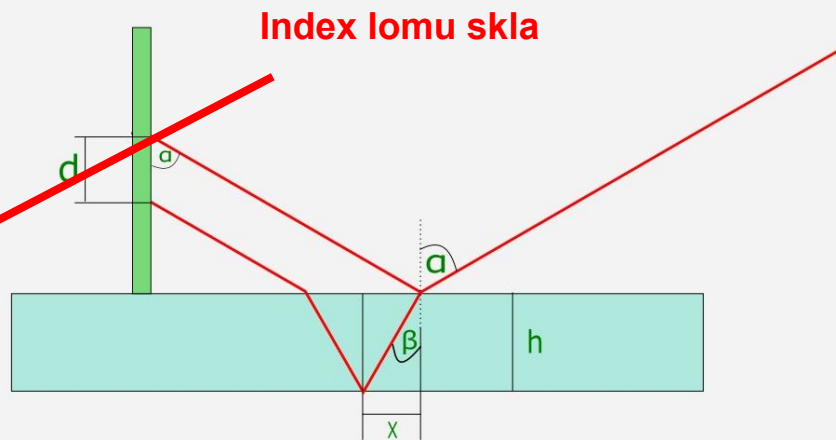
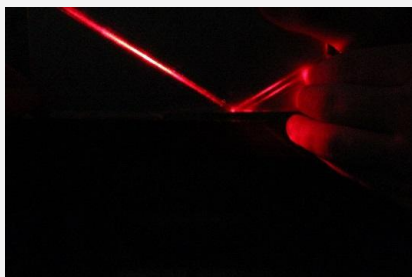
- Měření tloušťky tabulového skla pomocí odrazu od obou stran.
- Využijeme měření indexu lomu pomocí Brewstrova úhlu

Měření vzdálenosti d a úhlu dopadu

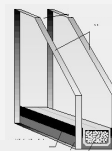
$$h = \frac{x}{\operatorname{tg}(\beta)} = \frac{\frac{1}{2} \cdot \operatorname{tg}(\alpha) \cdot d}{\operatorname{tg}\left(\arcsin\left(\frac{\sin(\alpha)}{n_2}\right)\right)}$$

$$\alpha = 47^\circ$$
$$d = 0,57 \text{ cm}$$

$$\underline{h = 0,56 \text{ cm}}$$



Možnost měření vzduchvé vrstvy u vícevrstvých skel

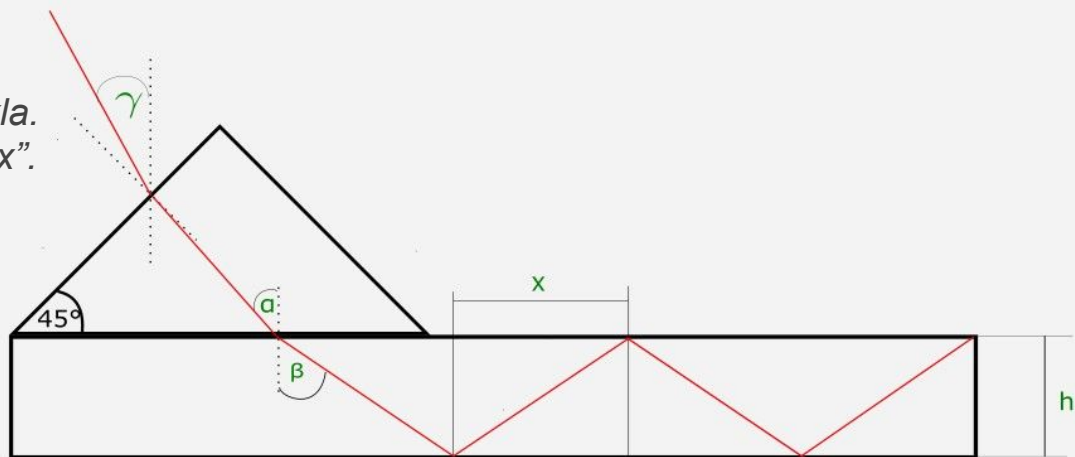


Metoda úplného odrazu

Pomocí úplného odrazu laserového paprsku, při dvou různých úhlech dopadu, můžeme dopočítat tloušťku a index lomu skla

Použili jsme hranol pro zavedení paprsku do skla. Měřili jsme vzdálenost maxim úplného odrazu "x".

$$h = \sqrt{\frac{\sin\left(\arcsin\left(\frac{\sin(45^\circ - \gamma_1)}{n_1}\right) + 45^\circ\right) \cdot x_2}{\sin\left(\arcsin\left(\frac{\sin(45^\circ - \gamma_2)}{n_1}\right) + 45^\circ\right) \cdot x_1} \cdot x_1^2 - x_2^2}{1 - \frac{\sin\left(\arcsin\left(\frac{\sin(45^\circ - \gamma_1)}{n_1}\right) + 45^\circ\right) \cdot x_2}{\sin\left(\arcsin\left(\frac{\sin(45^\circ - \gamma_2)}{n_1}\right) + 45^\circ\right) \cdot x_1}}$$



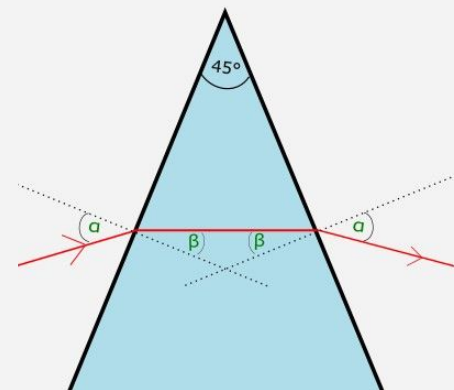
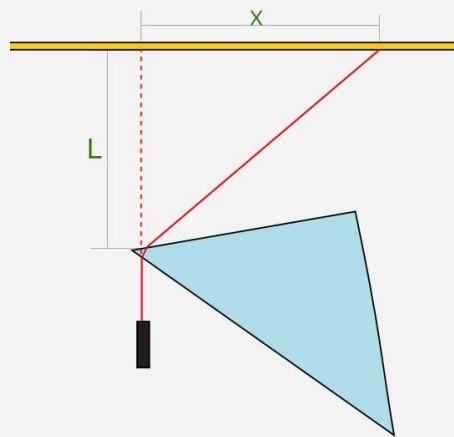
Metoda úplného odrazu

Potřebujeme změřit index lomu hranolu

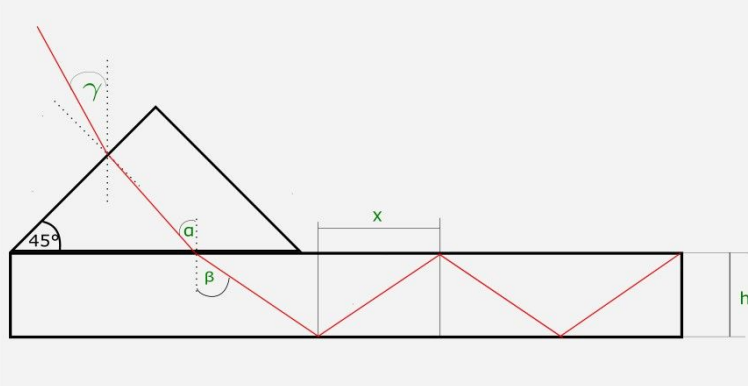
$$n_{prism} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin \left(\frac{1}{2} \left(\arctg \left(\frac{x}{l} \right) + 45^\circ \right) \right)}{\sin (22,5^\circ)}$$

$$L = 220 \text{ cm}$$
$$x = 106,3 \text{ cm}$$

$$n = \underline{\underline{1,51}}$$



Metoda úplného odrazu

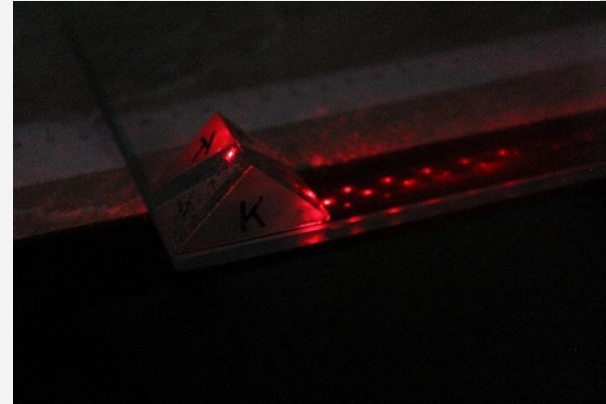


	úhel γ (°)	x (cm)
Měření 1.	36,11	0,71
Měření 2.	27,35	0,86



$$\underline{h = 0,608 \text{ cm}}$$

$$\underline{n = 1,545}$$



Measurement with
calliper

$$h = 0,58 \text{ cm}$$

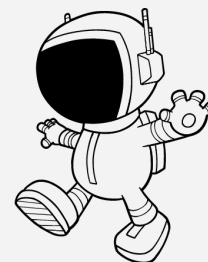
Závěr


- Změřil jsem tloušťku skla a index lomu dvěma nezávislými metodami

$$\underline{h = 0,608 \text{ cm}}$$

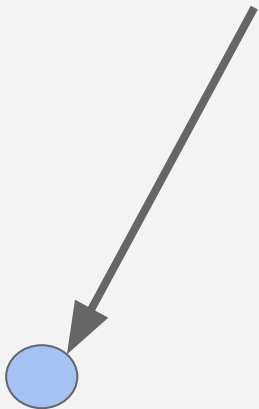
$$\underline{n = 1,545}$$

- Kosmonaut přežil
- Málem jsem prodělal laserovou operaci očí
- Užil jsem si to





Prostor, pro
vaše dotazy



Děkuji za vaši
pozornost!

References

- zrustefyziku.blogspot.com

