



FAKULTA MATEMATIKY,
FYZIKY A INFORMATIKY
Univerzita Komenského
v Bratislave

Óda na mikrovlnku

Juraj Tekel
Katedra teoretickej fyziky

28. 4. 2025, Deň objavov 3.0, Gymnázium Veľká okružná, Žilina





S mikrovlnkou veľmi opatrne!

Pri experimentoch je veľmi malý priestor na chyby.



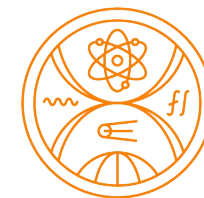


Mikrovlnka je vec, ktorá z takých
tých bežných predmetov skrýva v
sebe **najviac zaujímavej fyziky** na
jeden centimeter kubický.

A nie len fyziky.

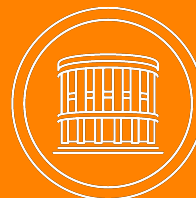


Ako by ste mikrovlnkou odmerali
objem tejto miestnosti?





Mikrovlnné žiarenie



Mikrovlnné žiarenie

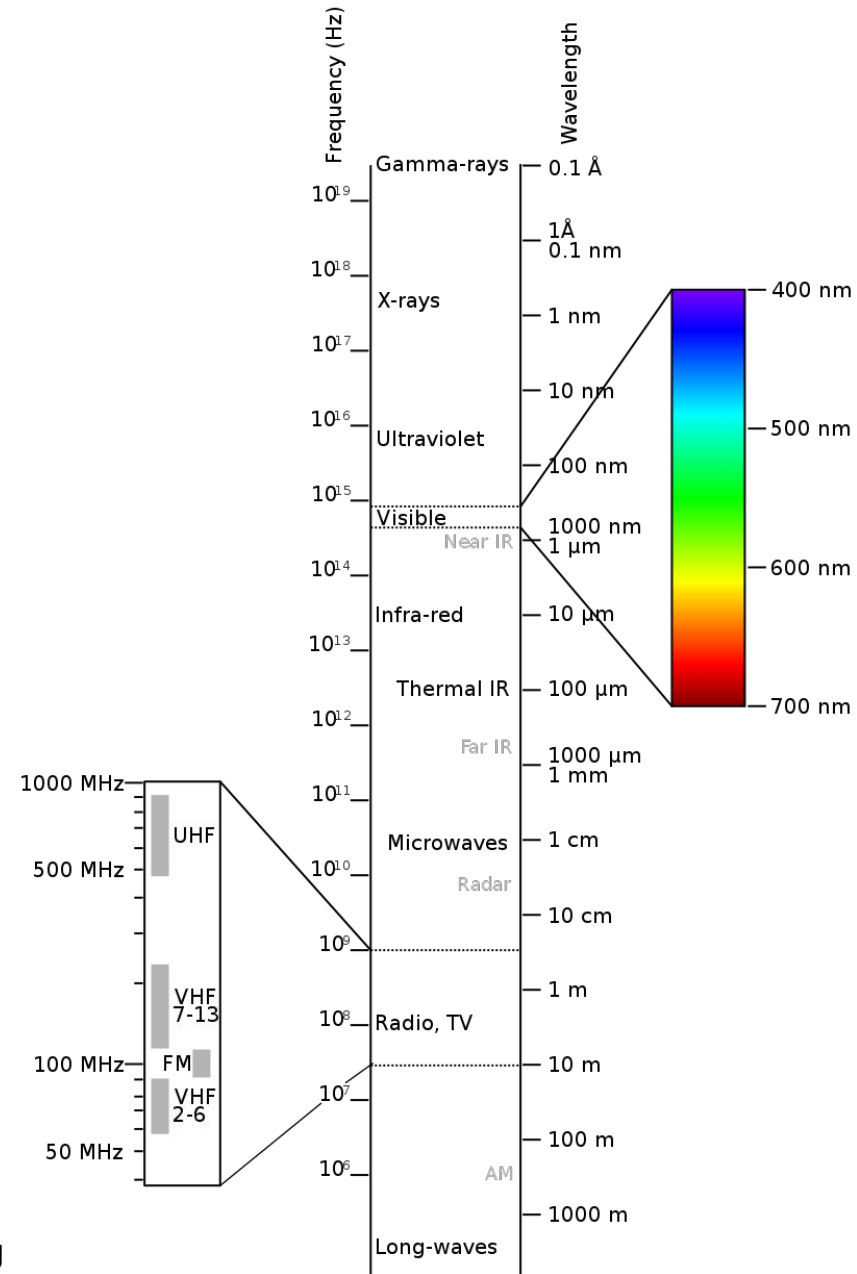


fig.: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetic-Spectrum.svg>

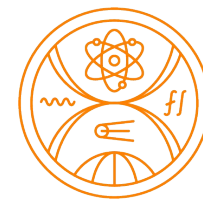
Objav mikrovlnky



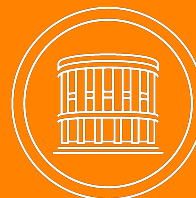
Objav mikrovlnky



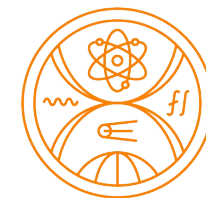
Percy Spencer
1894 – 1970



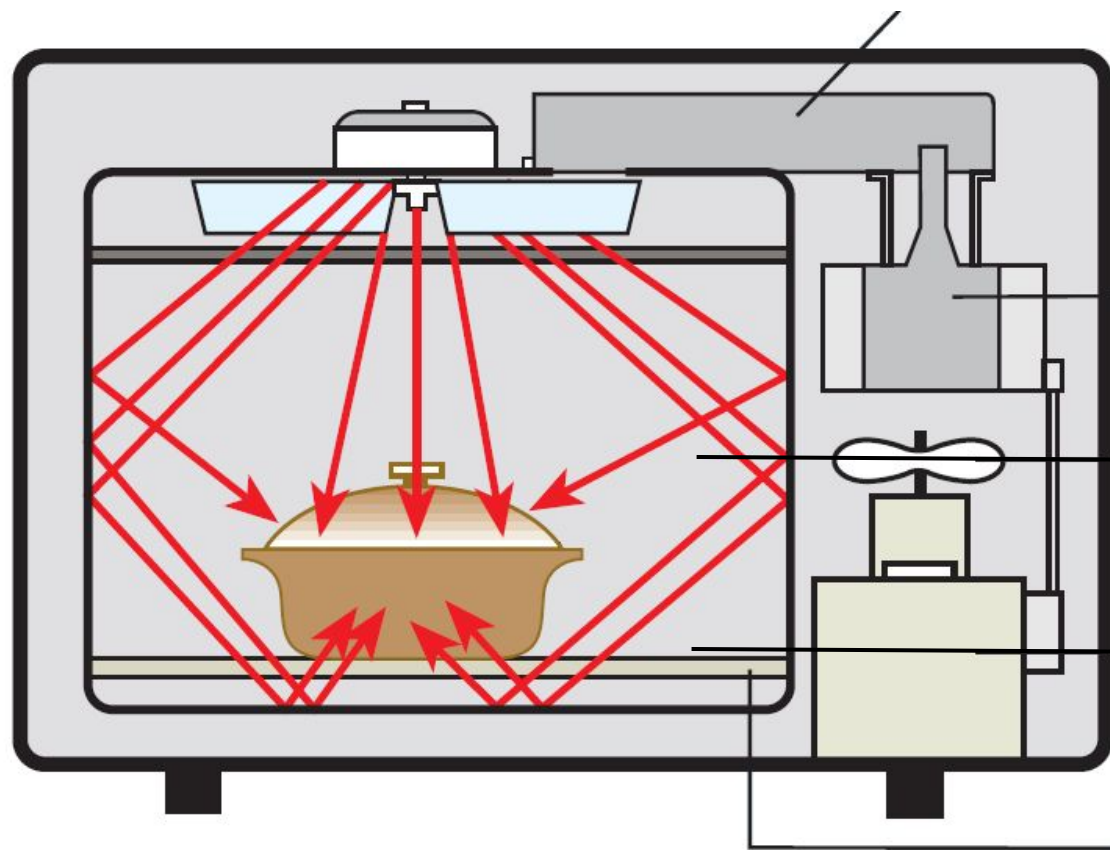
Zloženie mikrovlnky



Zloženie mikrovlnky



Vlnovod



Magnetron

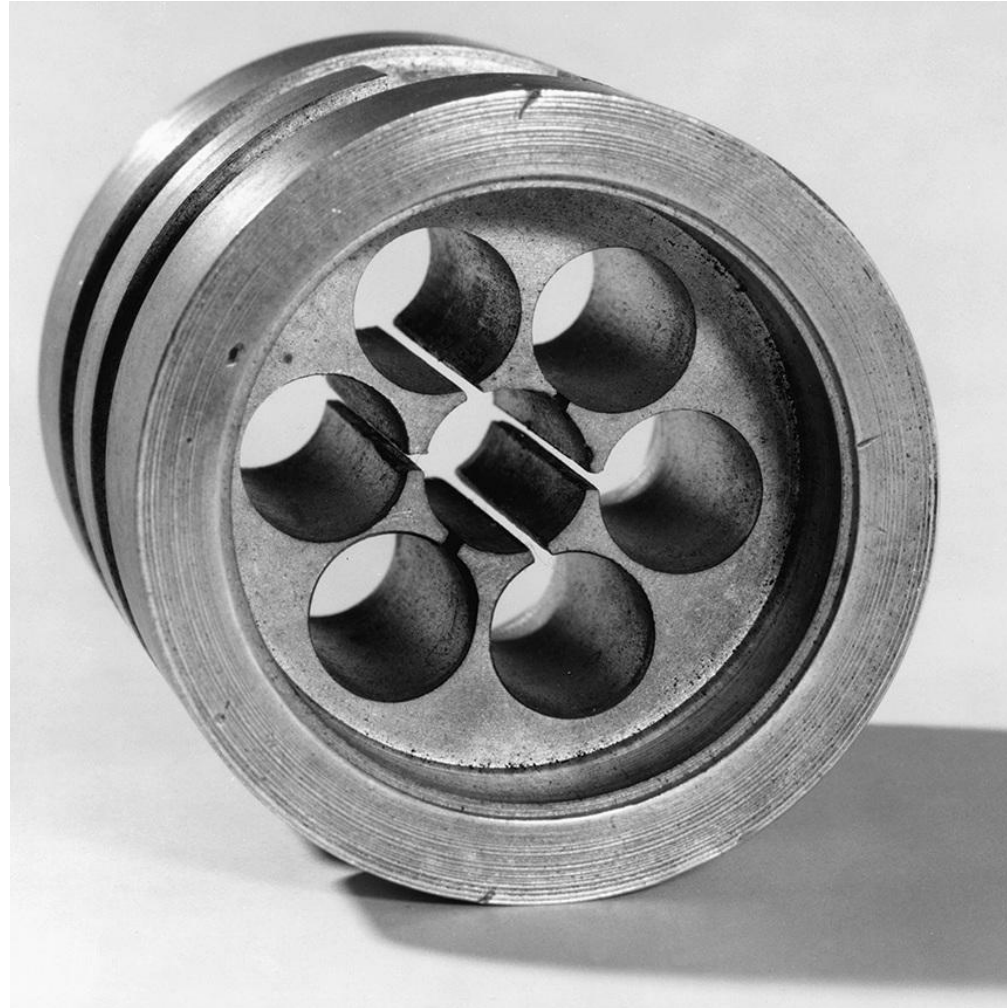
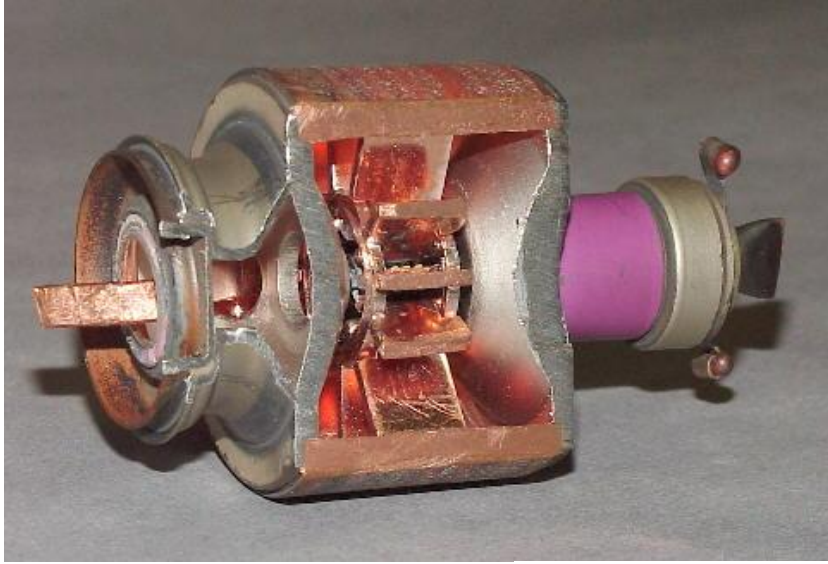
Komora

Dvierka so sieťkou

Rotujúci tanier



Magnetron



Magnetron

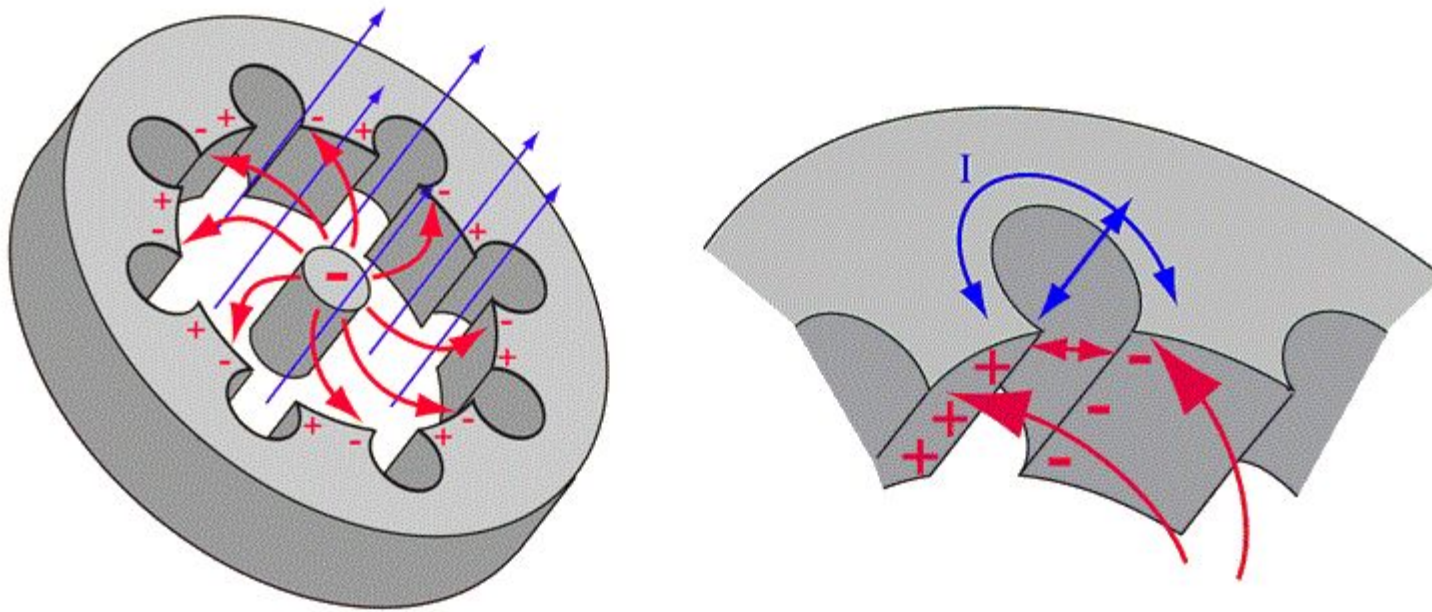
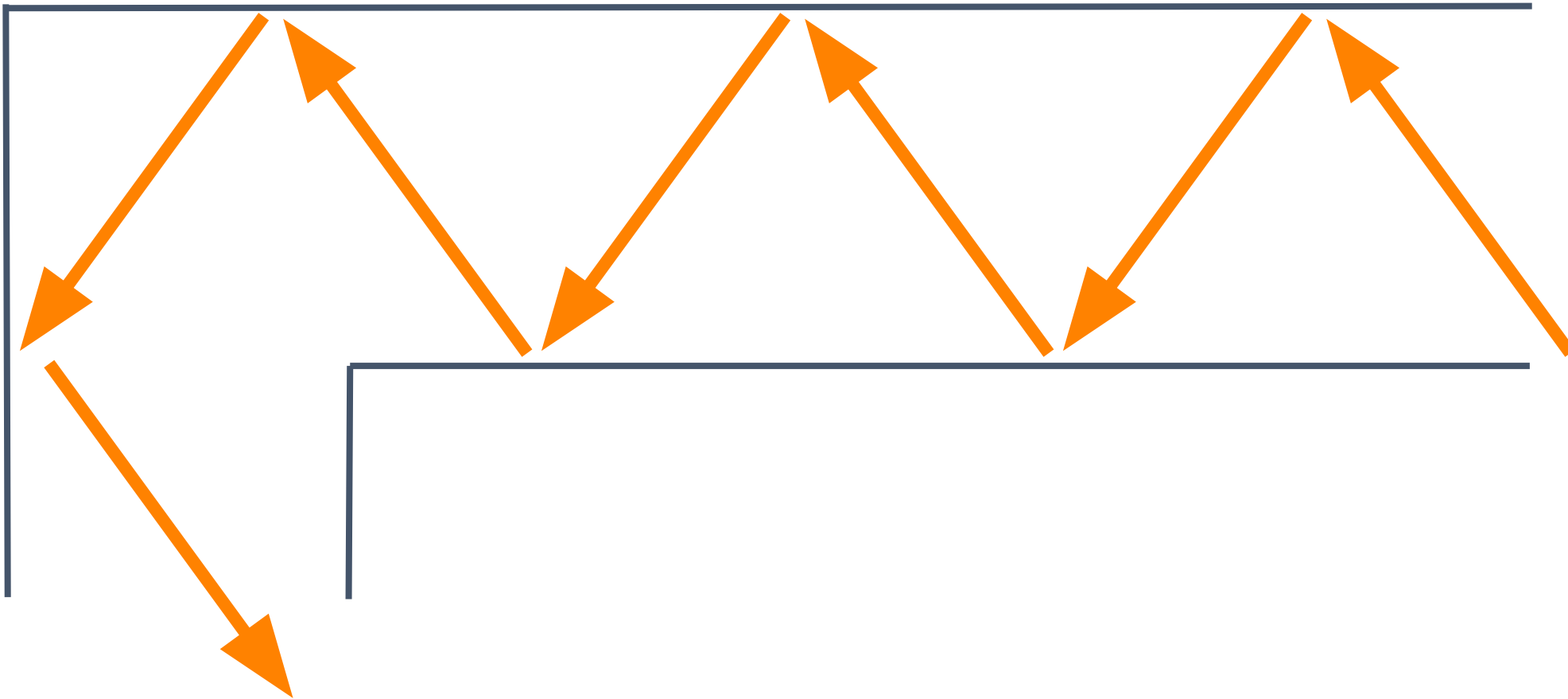


fig.: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Waves/magnetron.html>

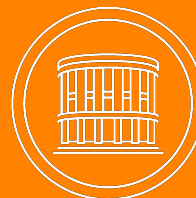


Vnovod

- Kov je pre mikrovlny ako zrkadlo.



Princíp fungovania komory



Princíp fungovania

- Faradayova klieťka (???)
- Stojaté vlny



Faradayova kletka (???)



Faradayova klietka (???)



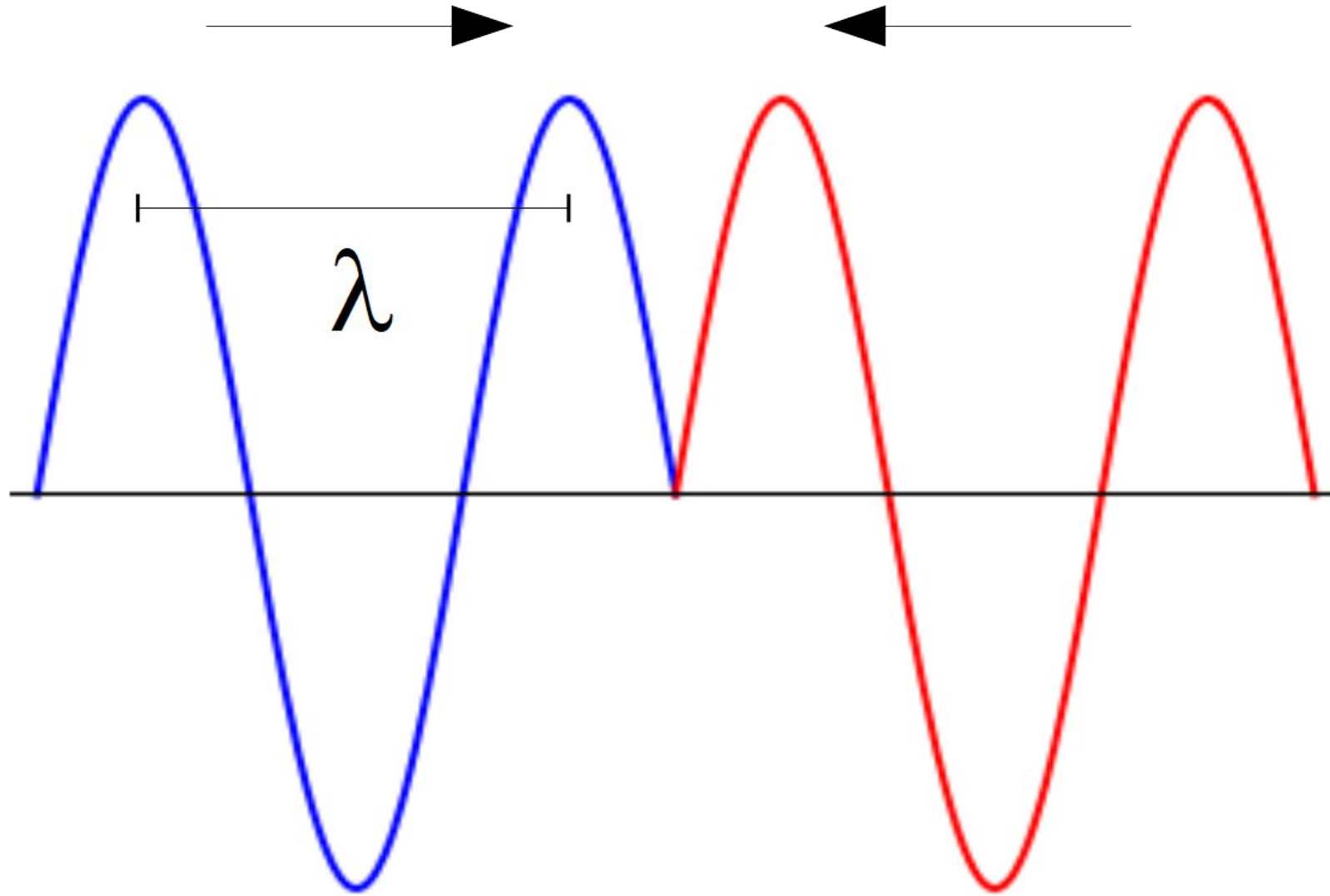
Prečo neujde žiarenie cez sklo?



Stojaté vlny



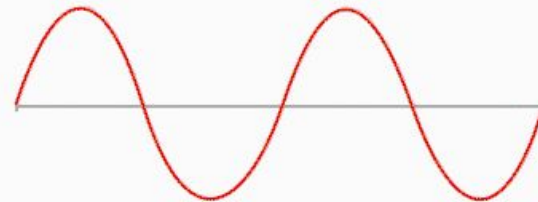
Stojaté vlny



Stojaté vlny



pozn.: skutočné kmitanie struny je menej výrazné



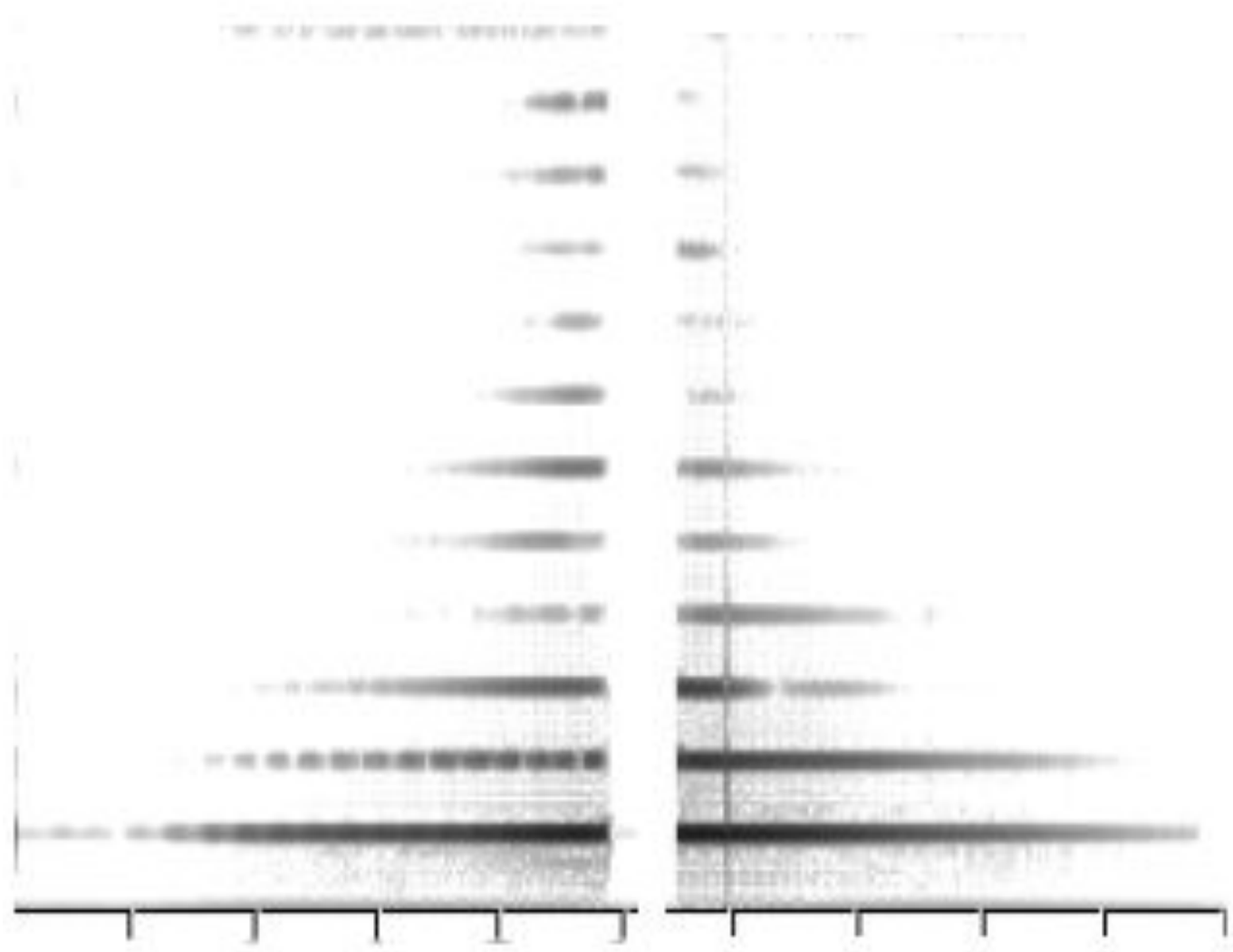
pozn.: skutočné kmitanie struny je menej výrazné



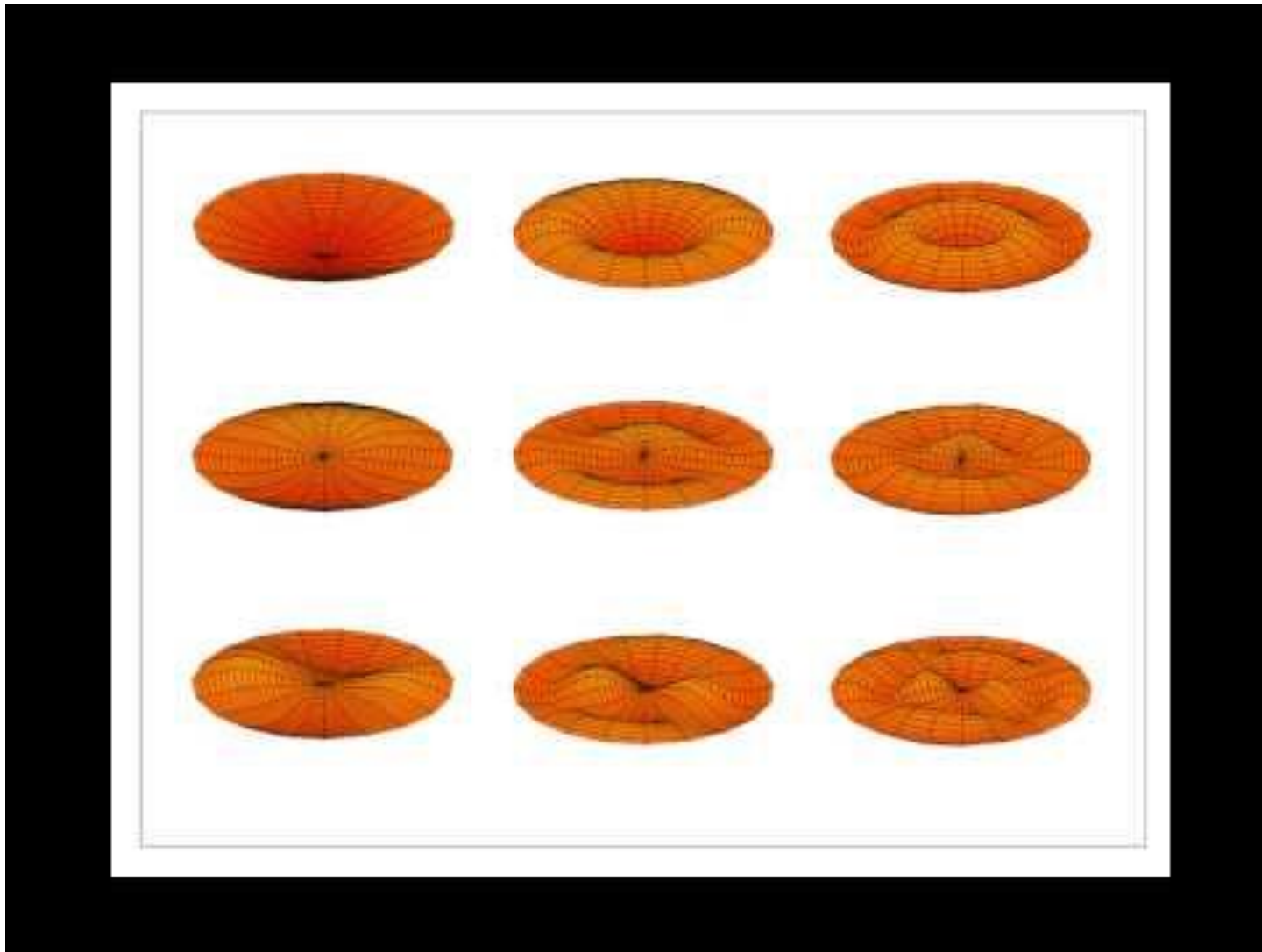
Stojaté vlny



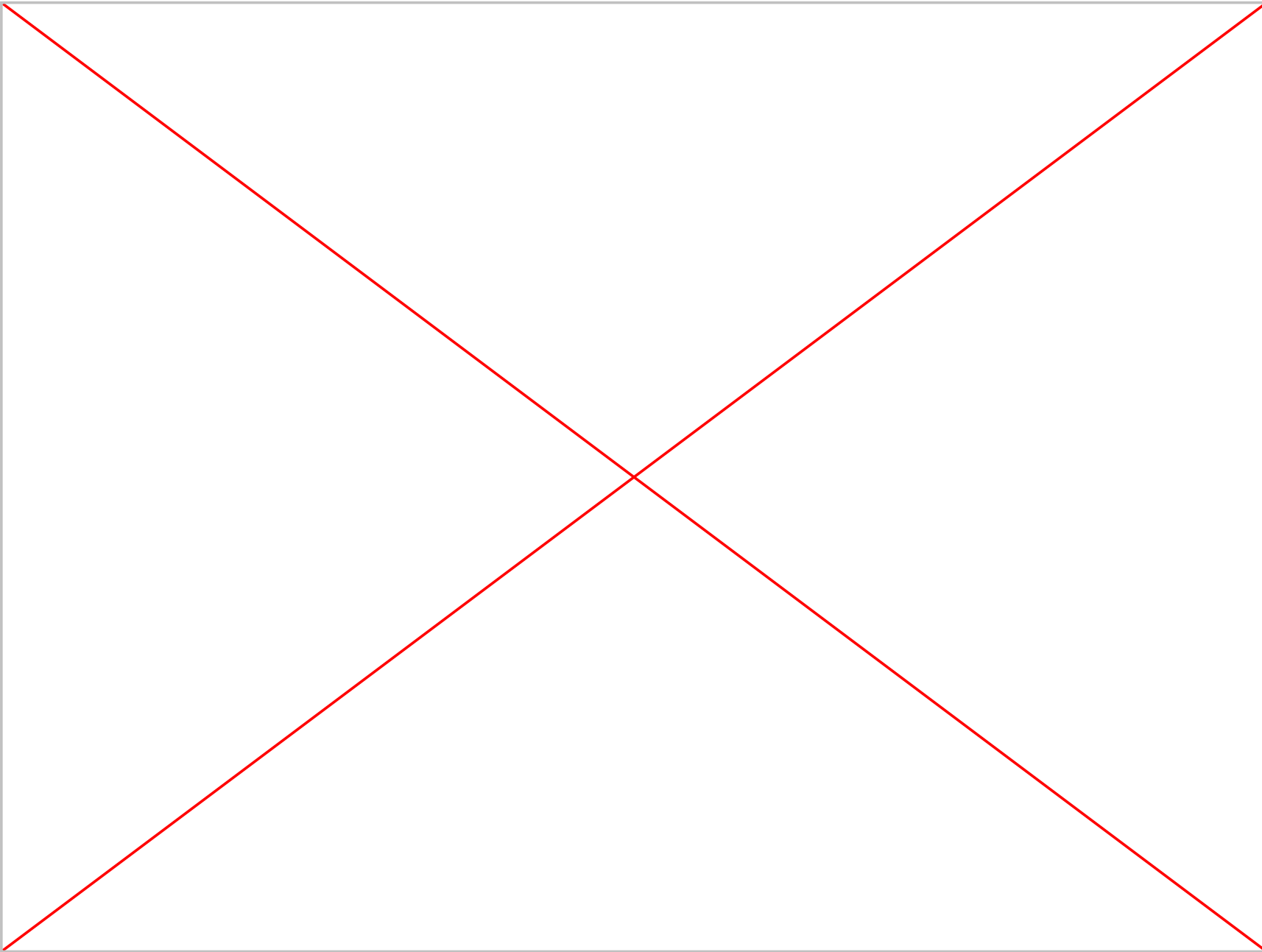
Stojaté vlny



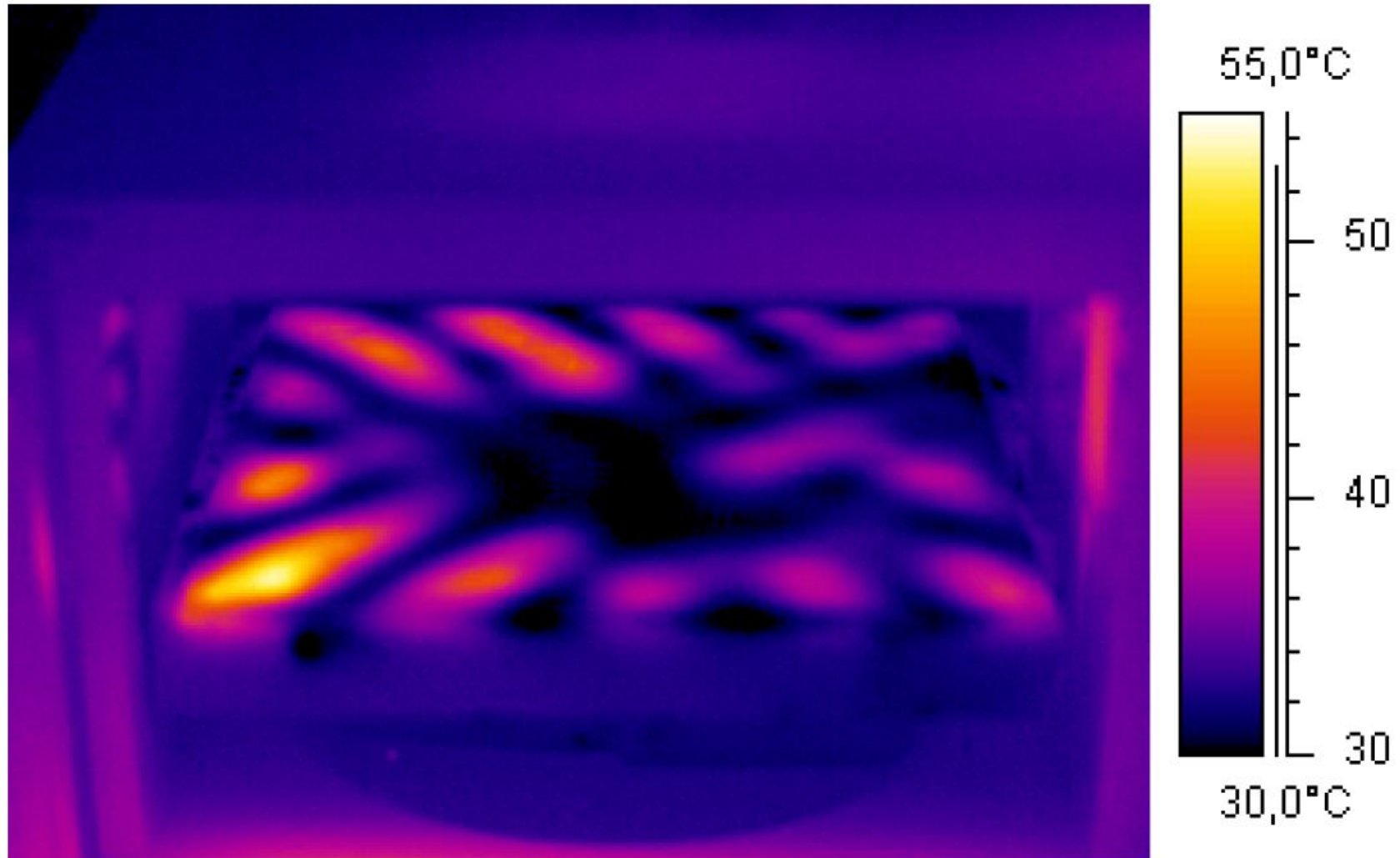
Stojaté vlny







Stojaté vlny



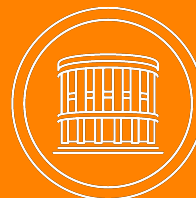
Stojaté vlny



λ_0 (cm)	l	m	n
12.103	1	1	3
12.274	2	4	1
12.274	4	2	1
12.277	2	3	2
12.277	3	2	2
12.375	0	1	3



Princíp ohrievania



Princíp ohrievania

- Dielektrické ohrievanie



Princíp ohrievania

- Dielektrické ohrievanie

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$$



Princíp ohrievania

- Dielektrické ohrievanie
- Technicky komplexná permitivita prostredia ϵ .
- Pre časovo premenné elektrické pole to vedie na (exponenciálne) upadanie intenzity.
- Stratená energia sa premení na teplo.



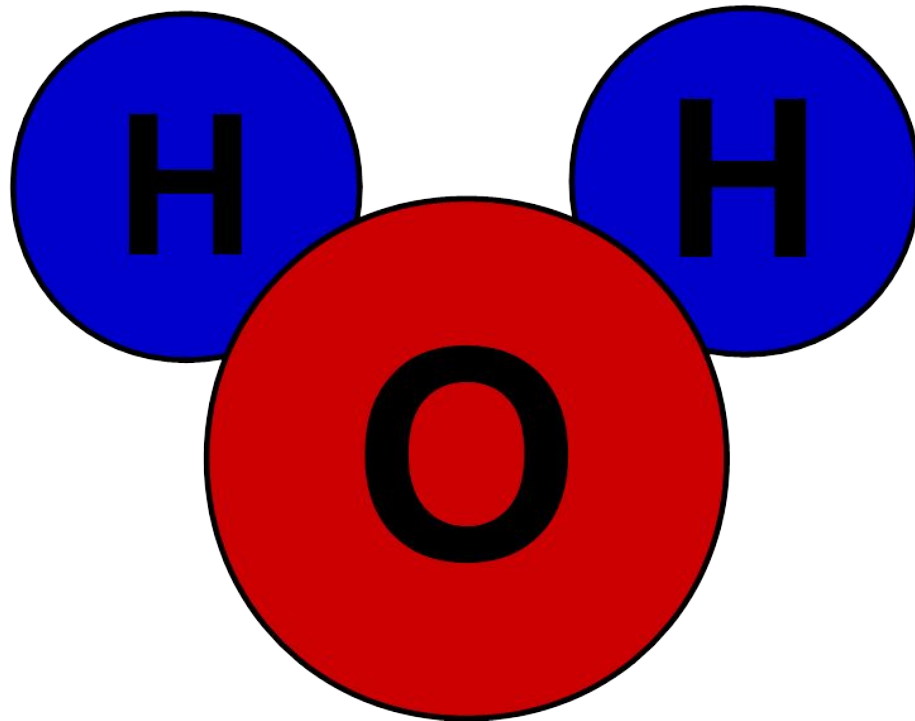
Princíp ohrievania

- Polárne molekuly reagujú na zmenu smeru E .



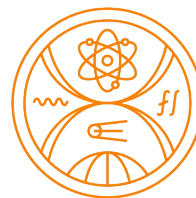
Princíp ohrievania

- Polárne molekuly reagujú na zmenu smeru E .

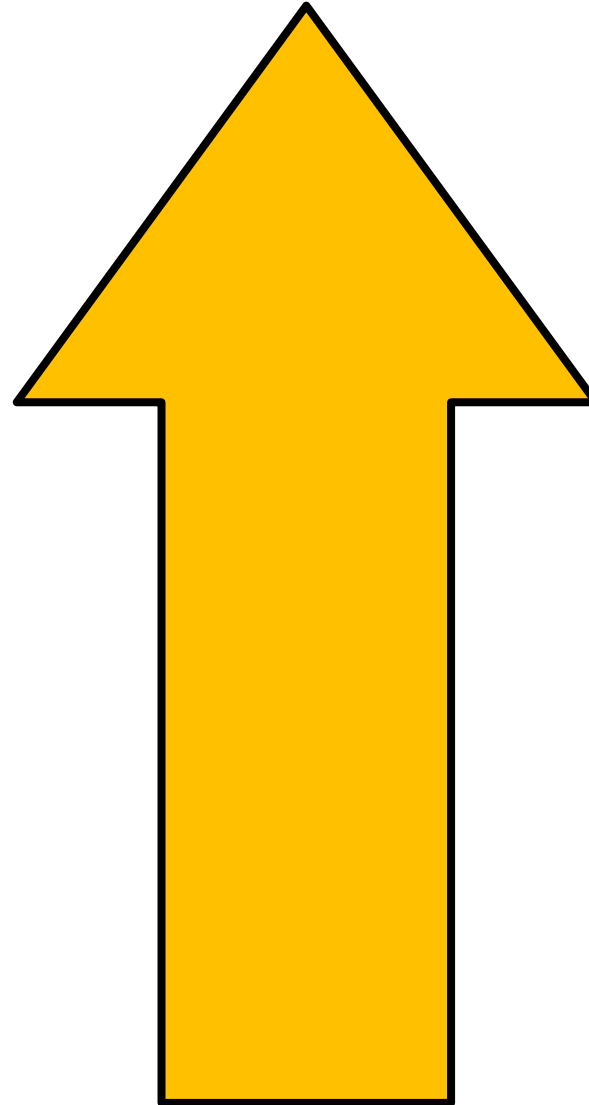
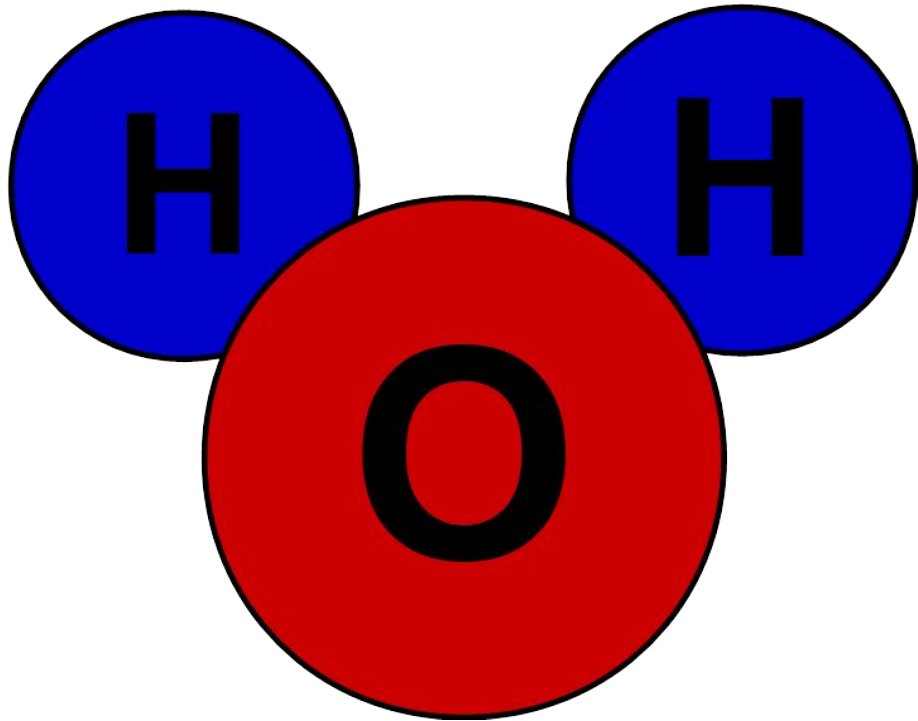


Princíp ohrievania

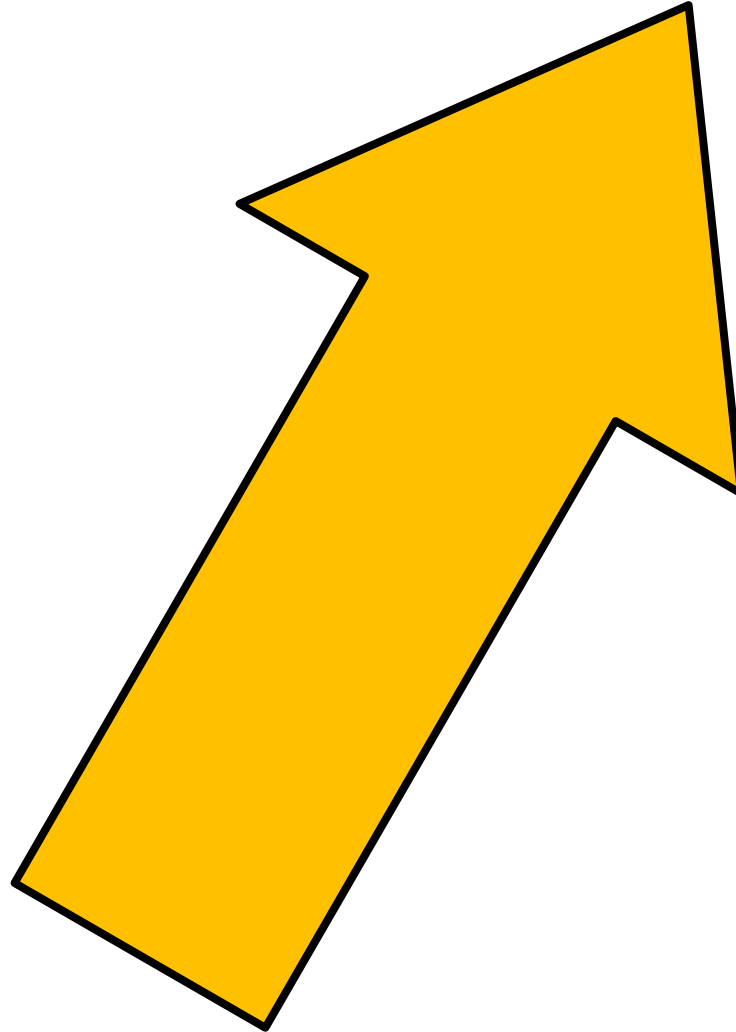
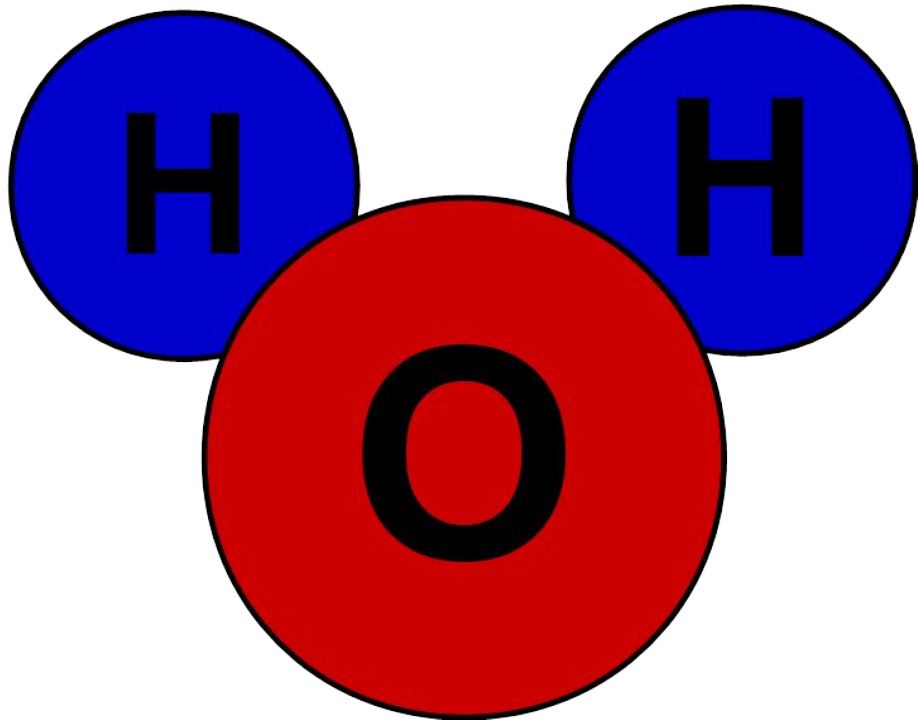
- Polárne molekuly reagujú na zmenu smeru E .



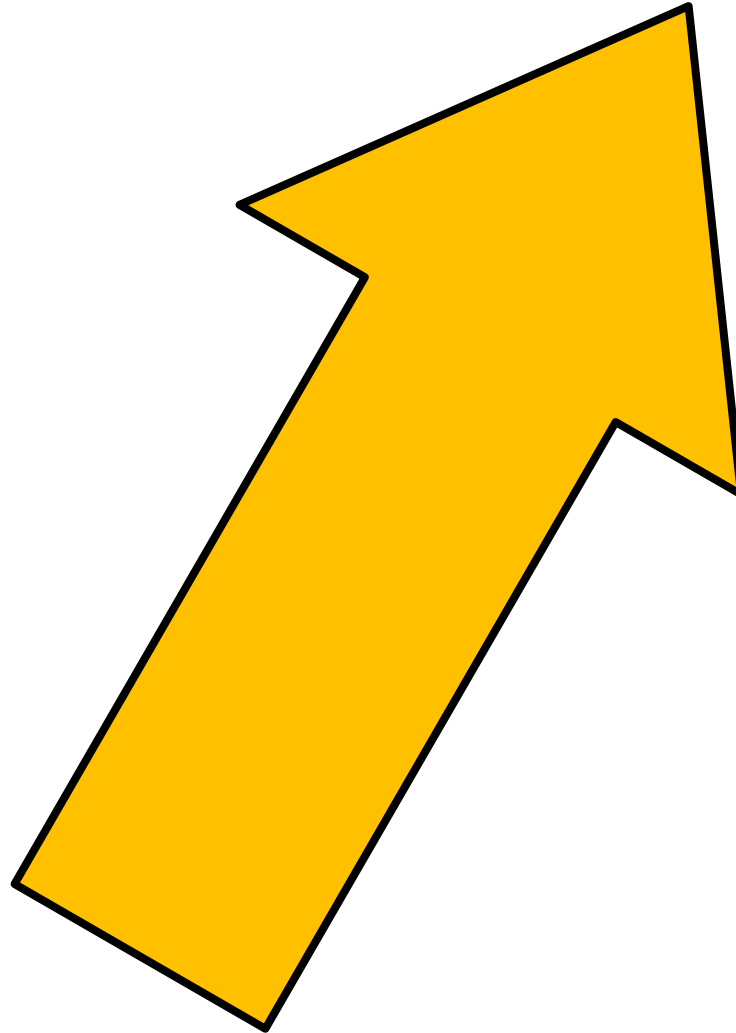
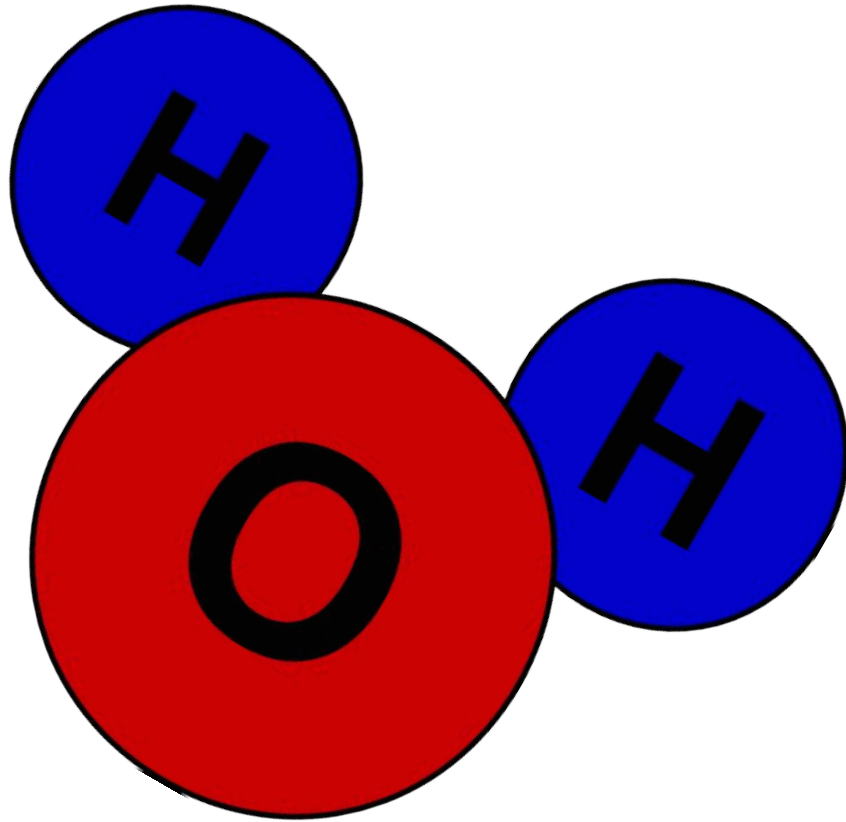
Princíp ohrievania



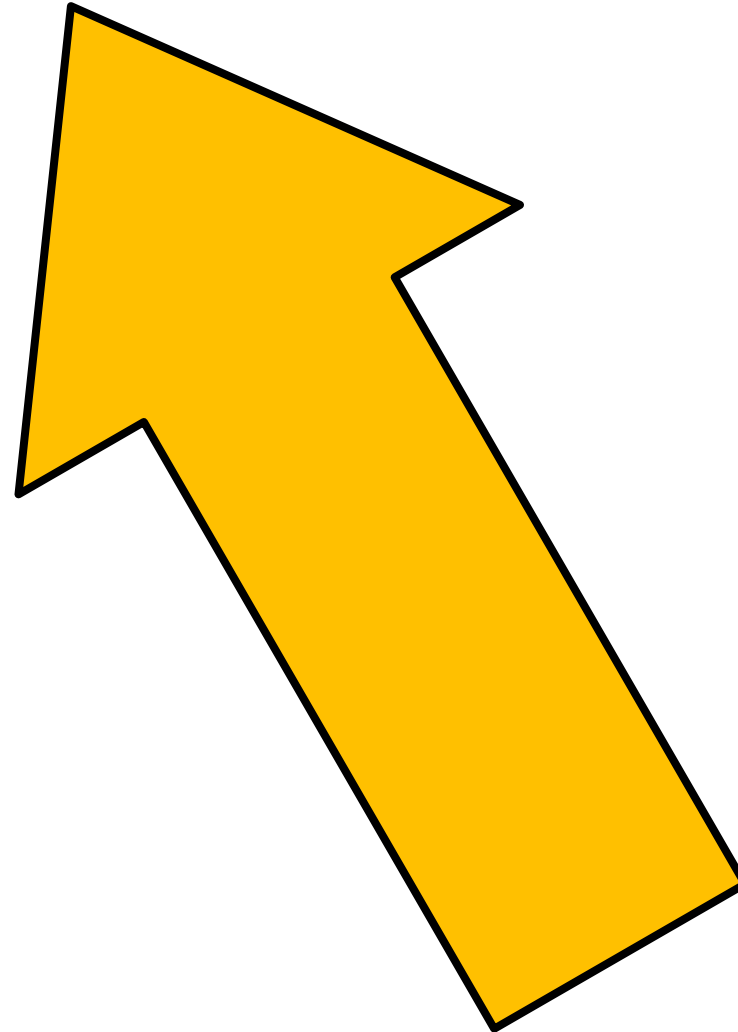
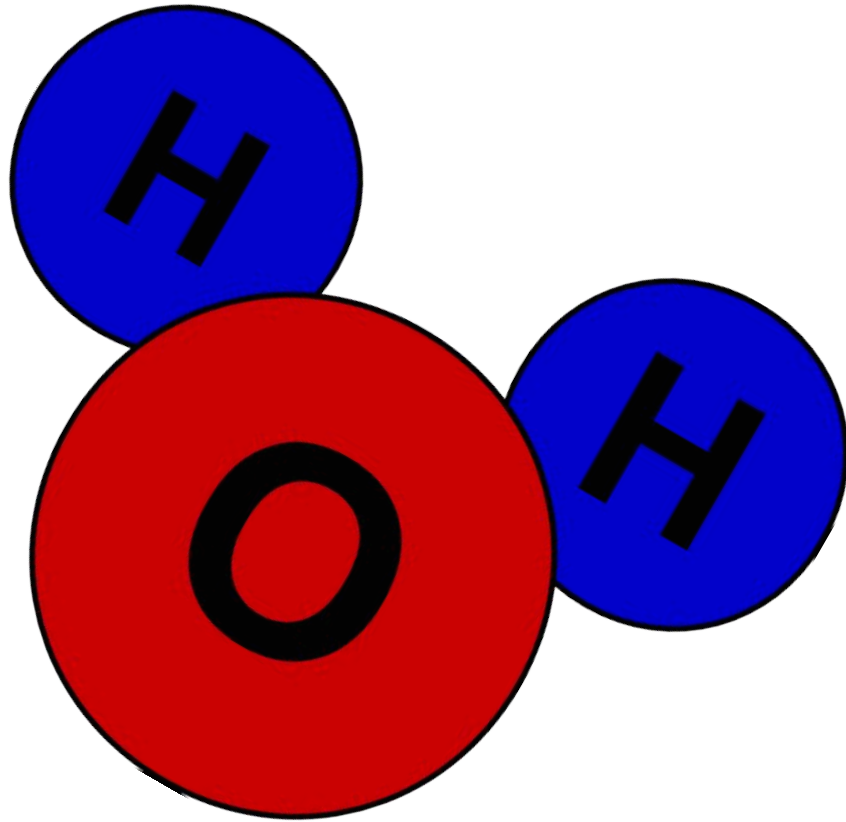
Princíp ohrievania



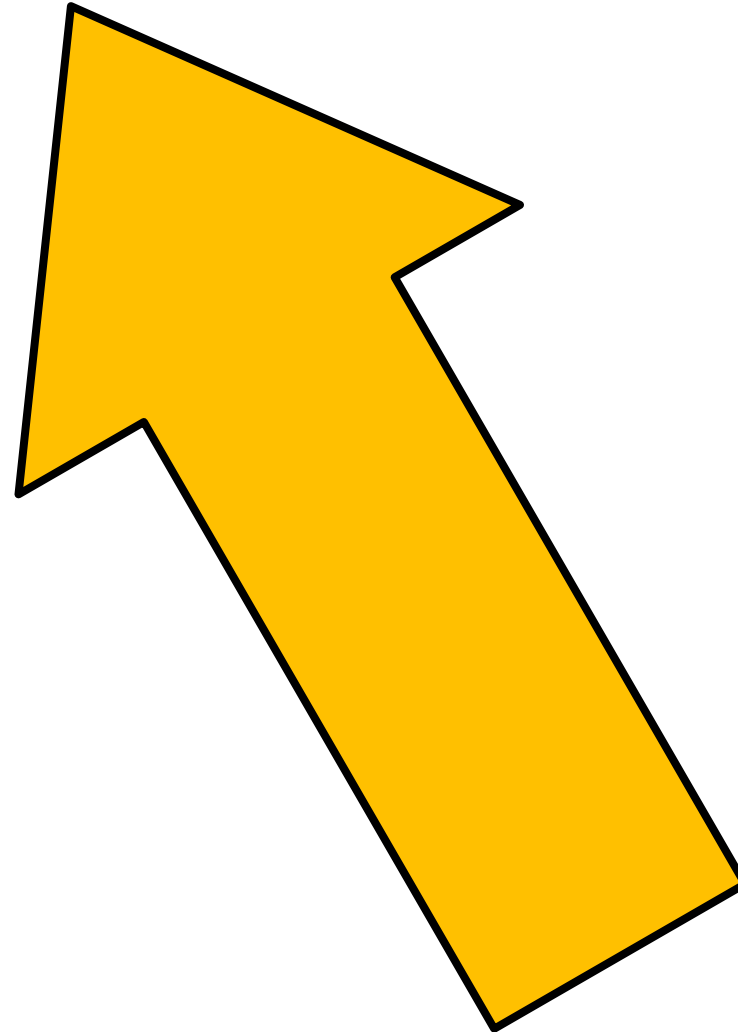
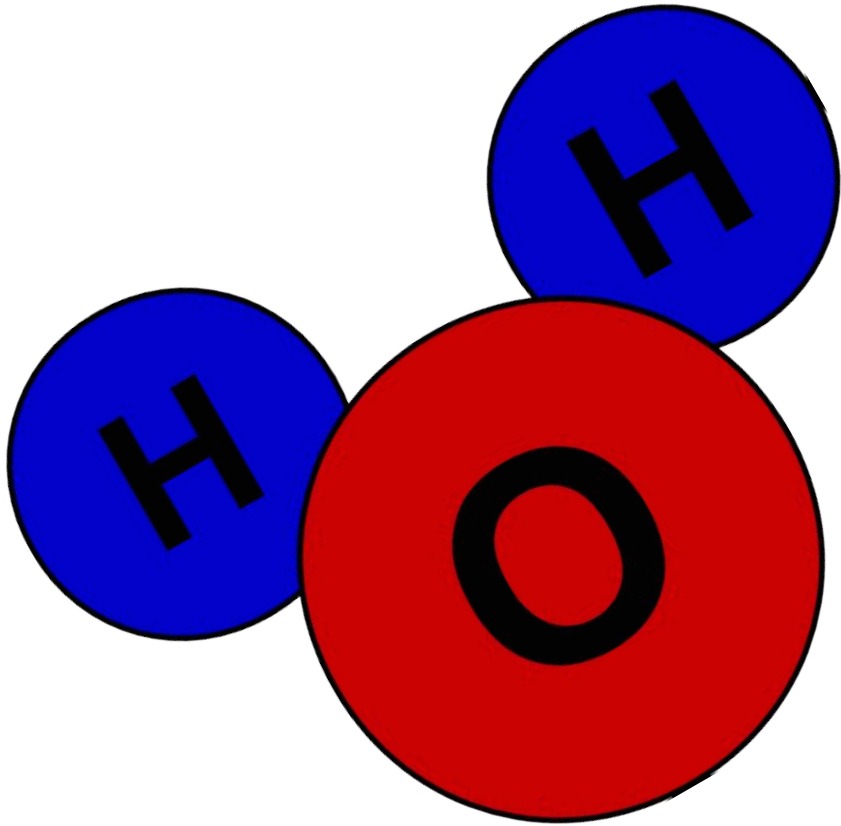
Princíp ohrievania



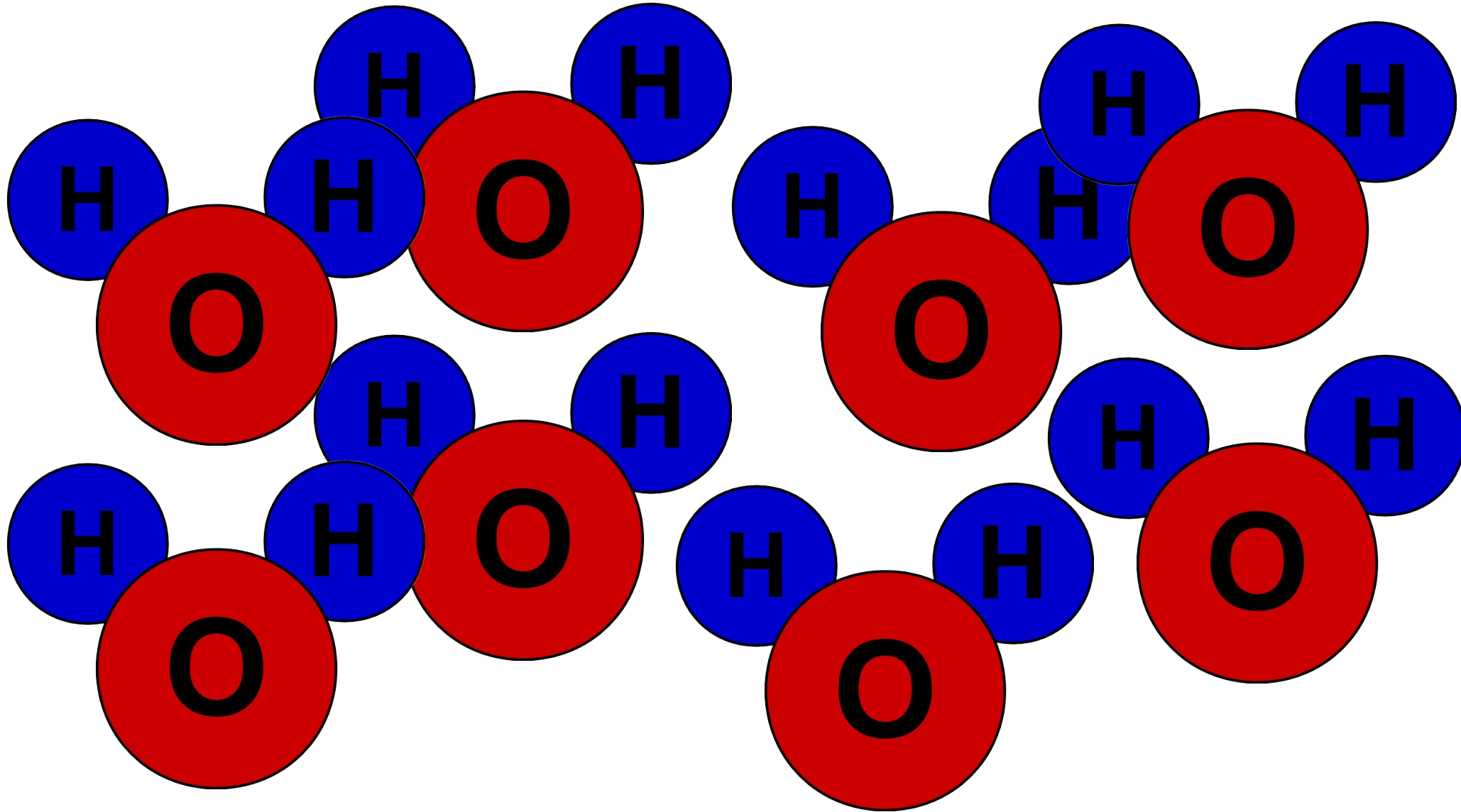
Princíp ohrievania



Princíp ohrievania



Princíp ohrievania



Princíp ohrievania

- Dielektrické ohrievanie
- Technicky komplexná permitivita prostredia ϵ .
- Pre časovo premenné elektrické pole to vedie na (exponenciálne) upadanie intenzity.
- Stratená energia sa premení na teplo.



Princíp ohrievania



- Dielektrické ohrievanie
- Technicky komplexná permitivita prostredia ϵ .
- Pre časovo premenné elektrické pole to vedie na (exponenciálne) upadanie intenzity.
- Stratená energia sa premení na teplo.



Princíp ohrievania

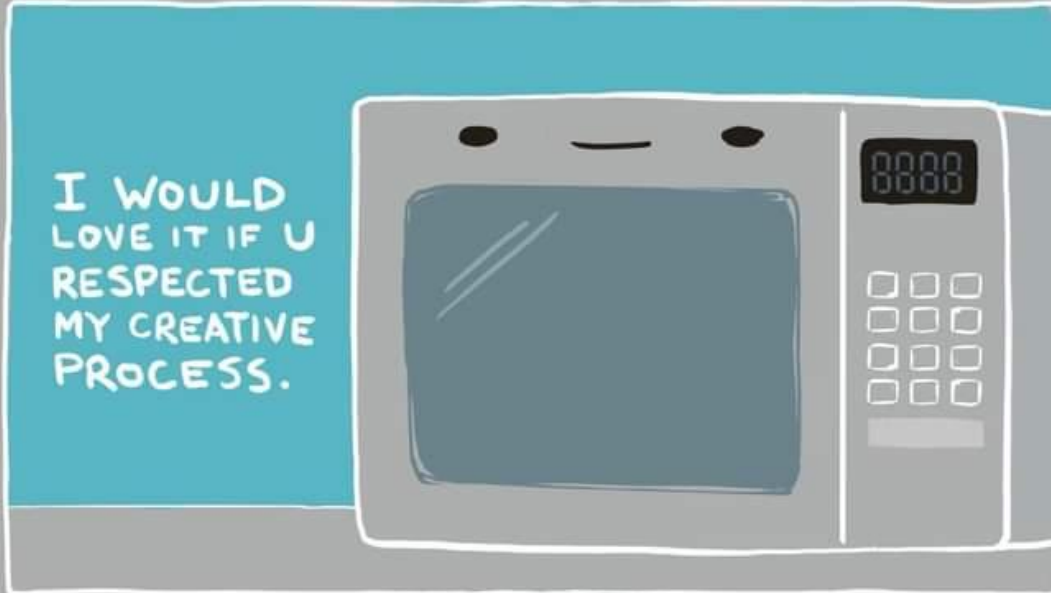


- Dielektrické ohrievanie
- Technicky komplexná permitivita prostredia ϵ .
- Pre časovo premenné elektrické pole to vedie na (exponenciálne) upadanie intenzity.
- Stratená energia sa premení na teplo.
- Elektrické pole sa dostane do nejakej hĺbky, ktorá závisí od materiálu.



Horúce a studené miesta

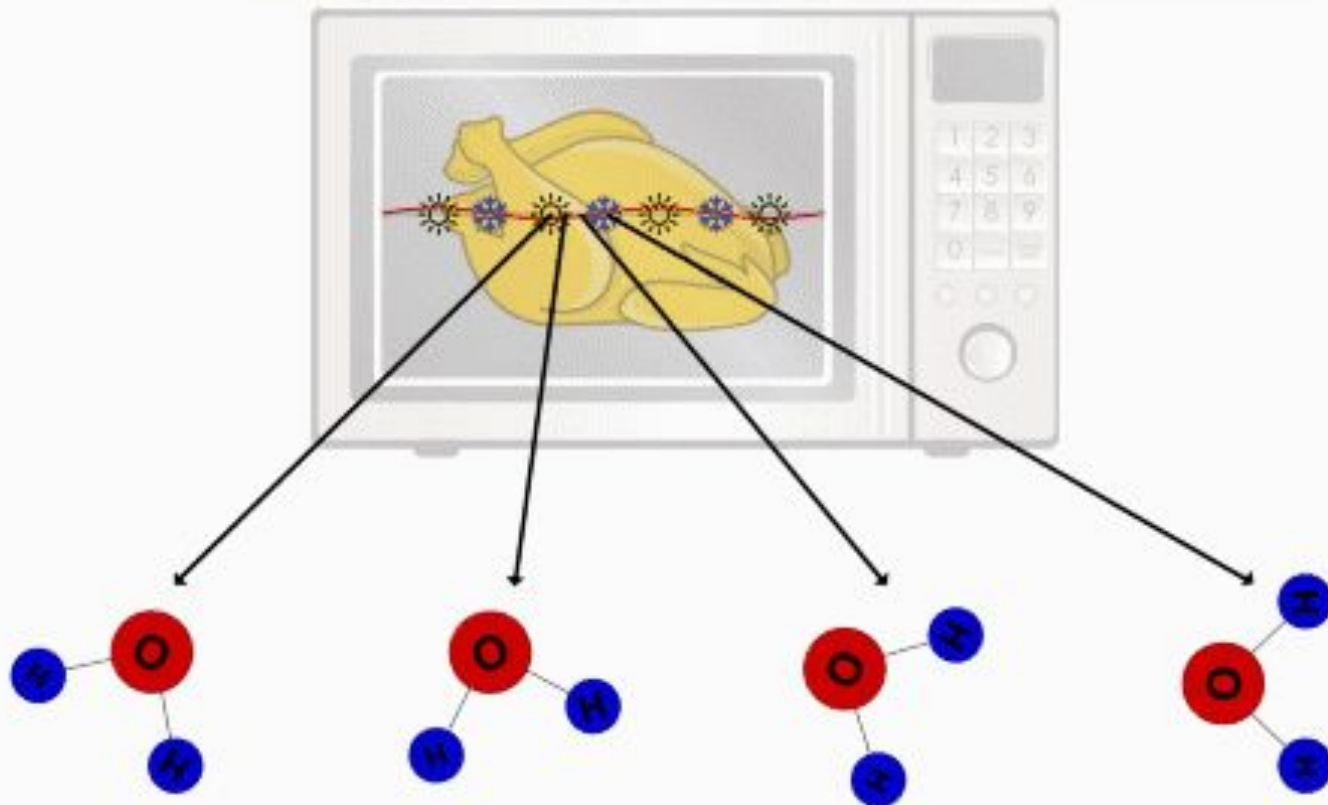




NATHANWPLYE



Horúce a studené miesta



* skutočný pohyb je mnohonásobne rýchlejší

Rýchlost světla v mikrovlnce



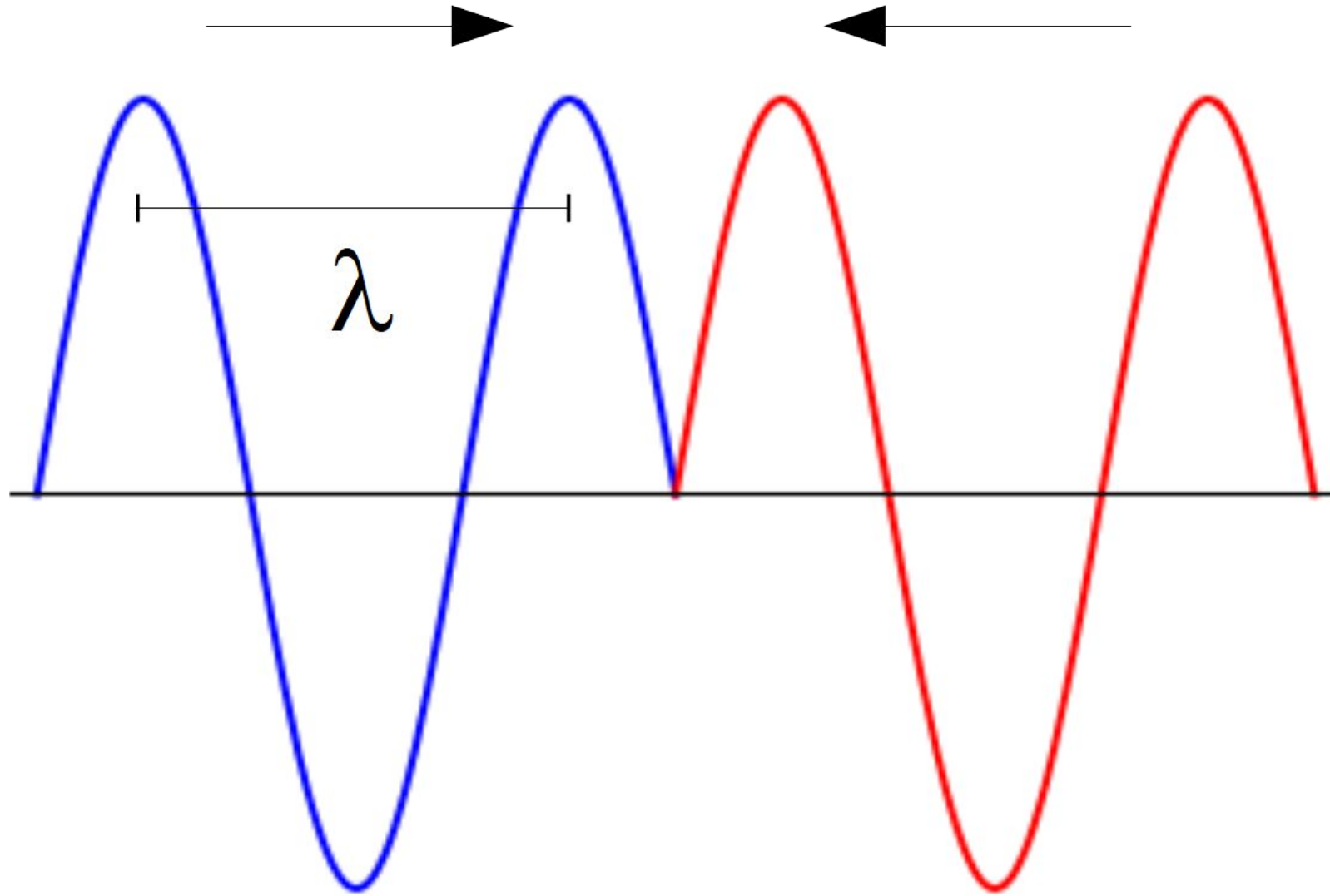
Rýchlosť svetla v mikrovlnke



$$c = \lambda f$$

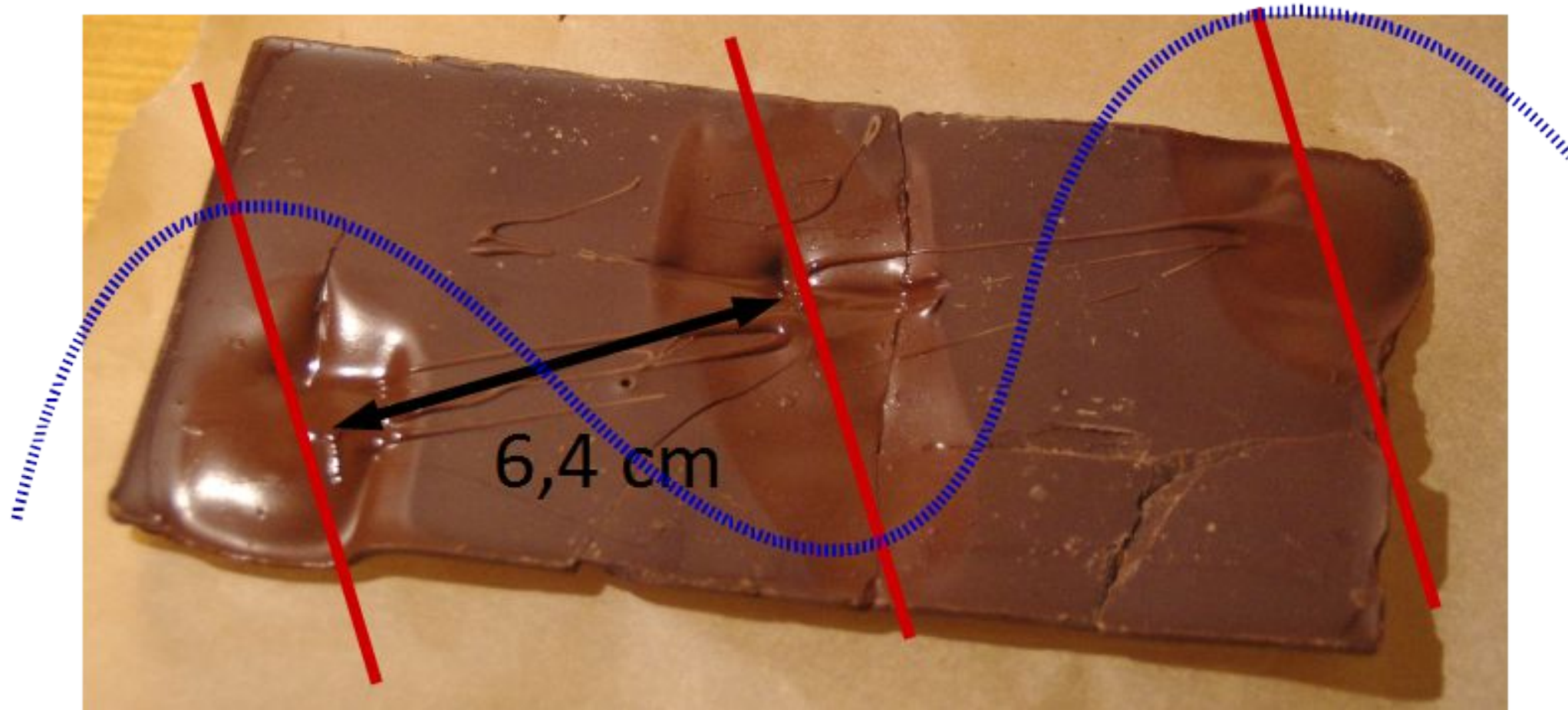


Rýchlosť svetla v mikrovlnke





Rýchlosť svetla v mikrovlnke



Rýchlosť svetla v mikrovlnke



$$c = 0,128 \text{ m} \times 2.45 \text{ GHz}$$



Rýchlosť svetla v mikrovlnke



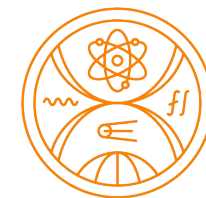
$$\begin{aligned}c &= 0,128 \text{ m} \times 2.45 \text{ GHz} \\ &= 313\,600\,000 \text{ m/s}\end{aligned}$$



Prečo práve 2.45GHz?



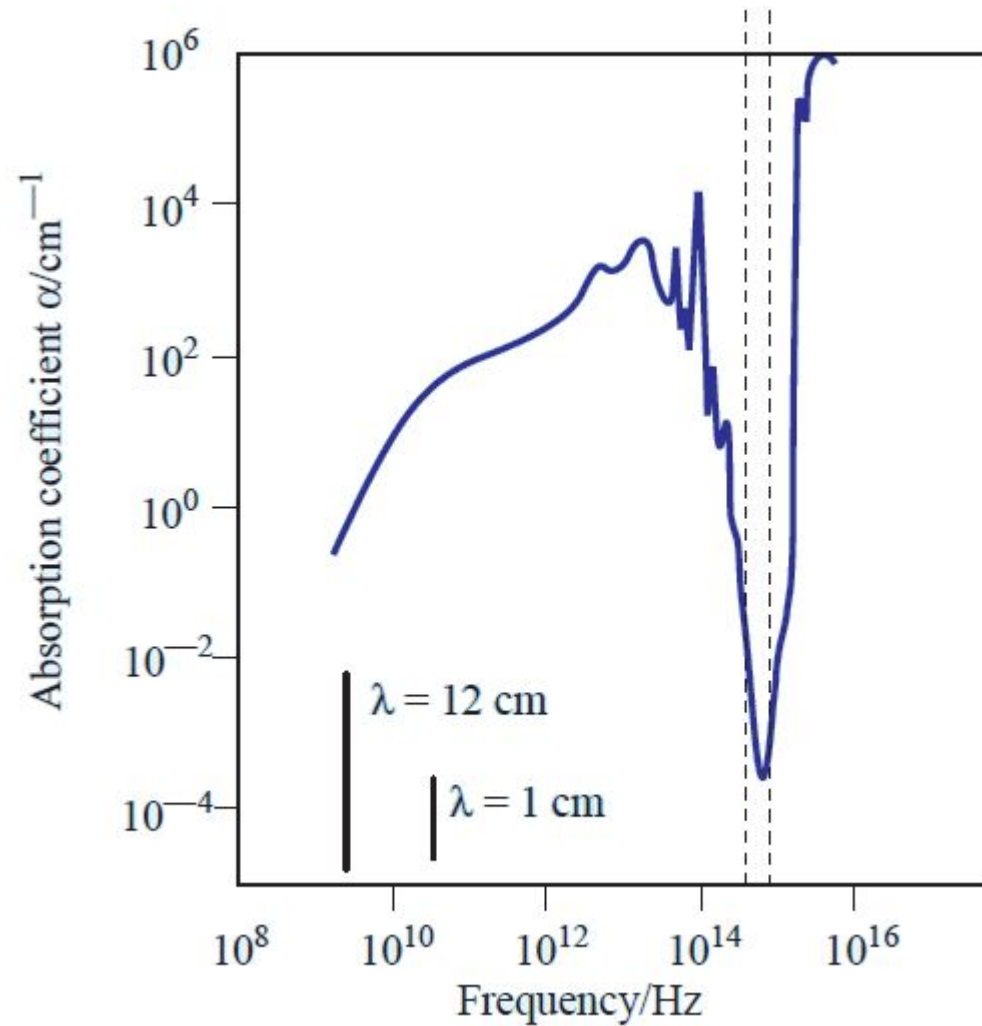
Prečo práve 2.45GHz?



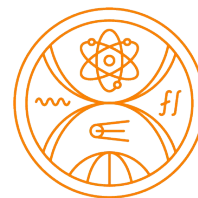
- Ľahko sa vyrába.
- Pre štandardný interval teplôt by bolo ideálne 10 - 100 GHz (lebo pohlcovanie závisí od teploty).
- Táto frekvencia ale preniká rozumne hlboko do potravín.



Prečo práve 2.45GHz?



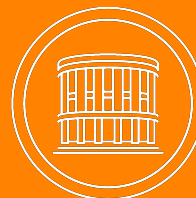
Prečo práve 2.45GHz?



- Ľahko sa vyrába.
- Pre štandardný interval teplôt by bolo ideálne 10 - 100 GHz (pohlcovanie závisí od teploty).
- Táto frekvencia ale preniká rozumne hlboko do potravín.
- Preto má aj kopa ďalších zariadení rovnakú frekvenciu (wifi, bluetooth, garážové brány, ...).



Ako sa varí v mikrovlnke?

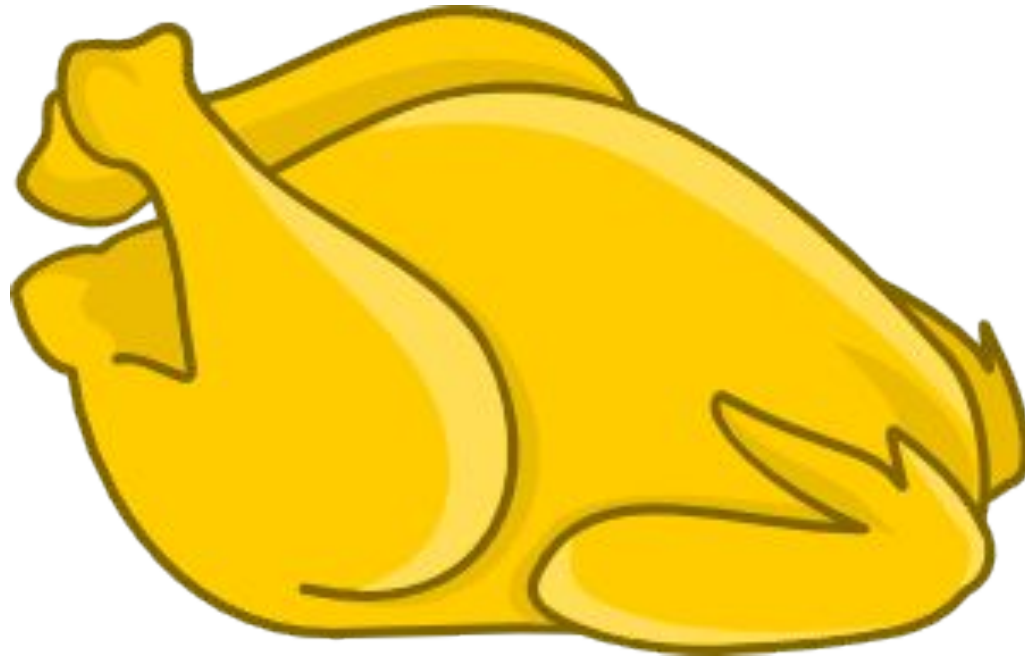


Ako sa varí v mikrovlnke?

- Na prd!

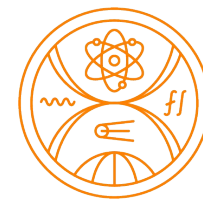


Ako sa varí v mikrovlnke?

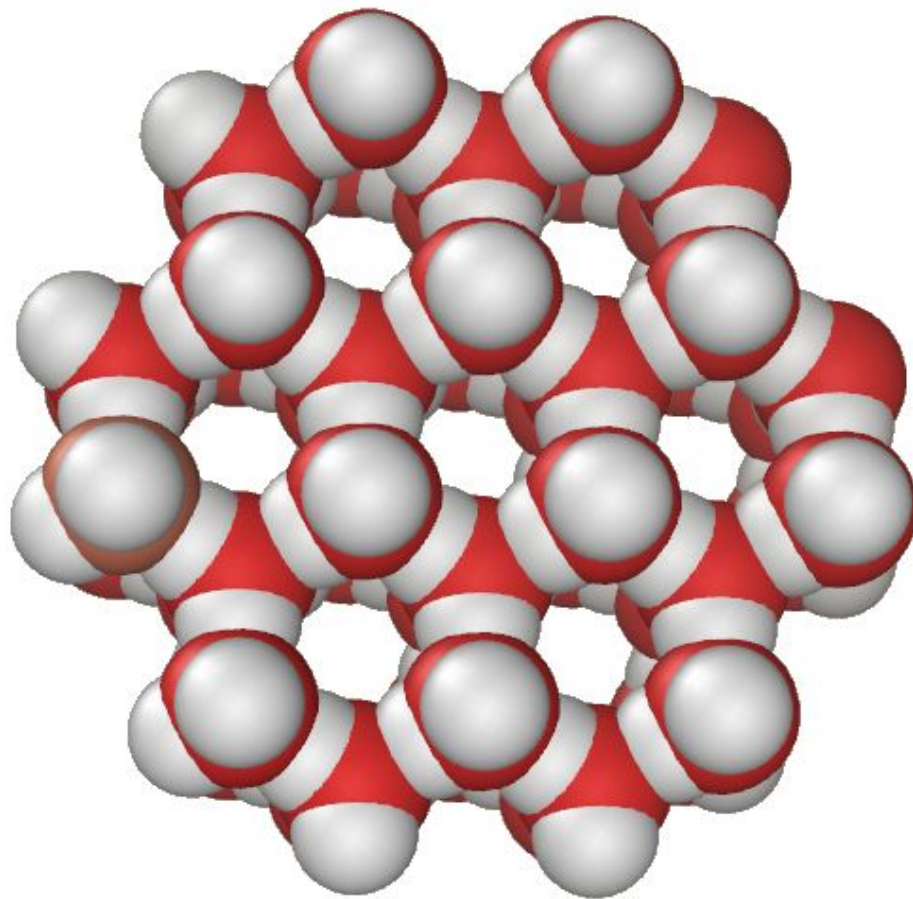
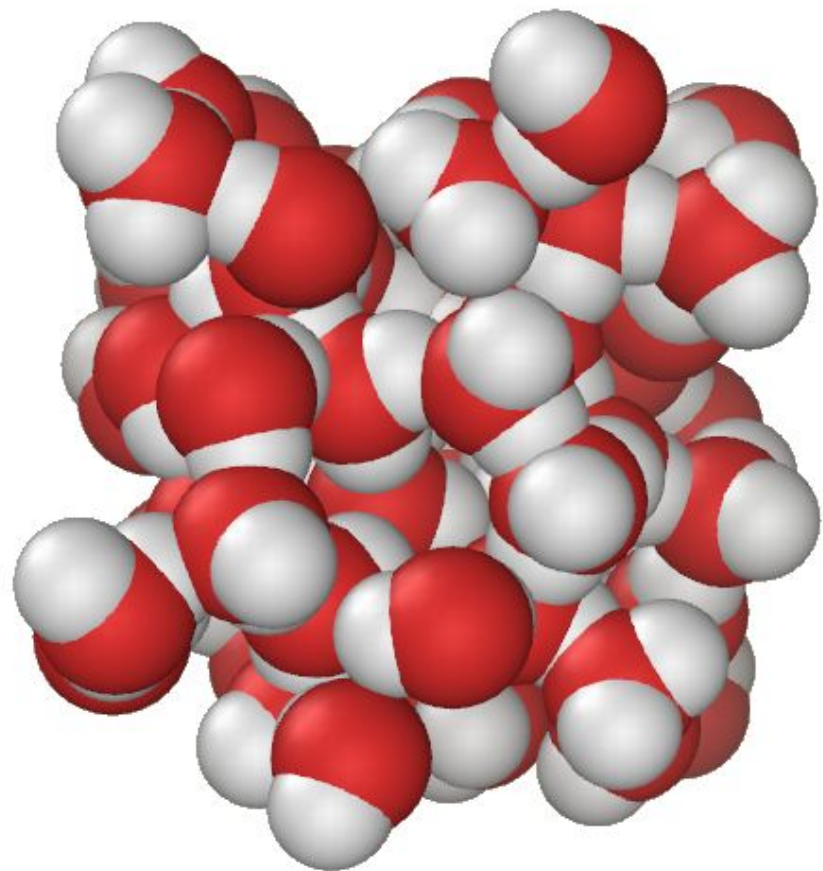
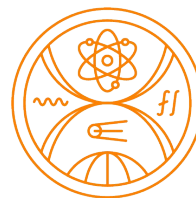


Ako sa varí v mikrovlnke?

- Veľmi citlivé na čas varenia.
- Veľmi závisí od veľkosti a kvality prepravovaného materiálu.
- Najužitočnejšie na prípravu vopred daných množstiev a druhov jedál, a.k.a. **microwave food**.

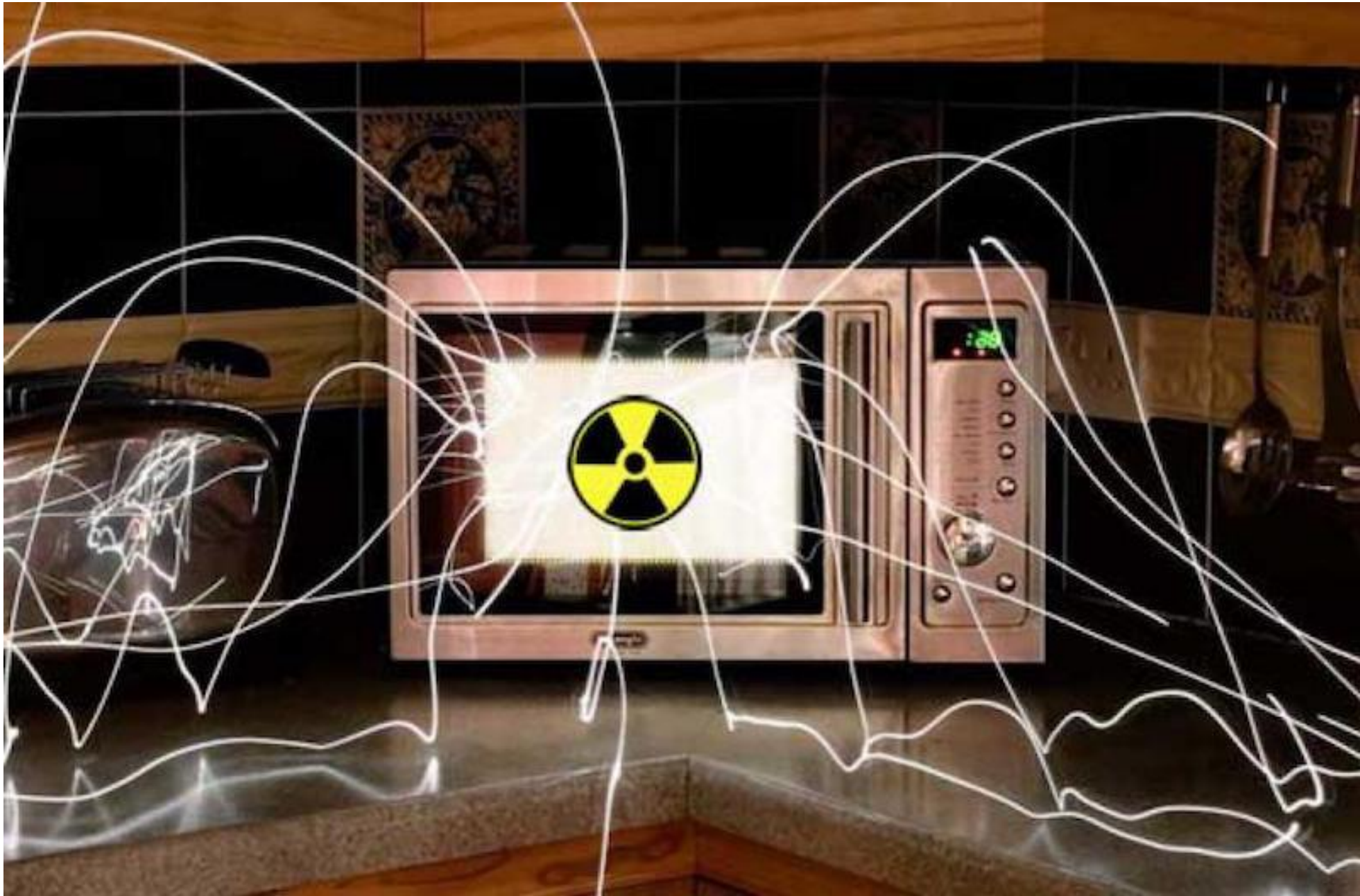


Rozmrazovanie v mikrovlnke



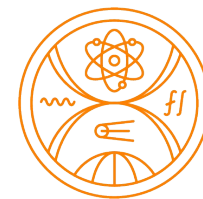
Ľudia toho narozprávajú







Ľudia toho narozprávajú



Ľudia toho narozprávajú

- Ničenie vitamínov.



Ľudia toho narozprávajú

- Ničenie vitamínov.
- Nebezpečné žiarenie.



Ľudia toho narozprávajú

- Ničenie vitamínov.
- Nebezpečné žiarenie.
- Kovy v mikrovlnke.



Ľudia toho narozprávajú

- Ničenie vitamínov.
- Nebezpečné žiarenie.
- Kovy v mikrovlnke.
- Varenia z vnútra.



Ľudia toho narozprávajú

- Ničenie vitamínov.
- Nebezpečné žiarenie.
- Kovy v mikrovlnke.
- Varenia z vnútra.
- Špeciálne naladená frekvencia na vodu.



Na čo si ozaj
dávať veľký
pozor?



Na čo si ozaj dávať veľký pozor?

- Malé kovové veci sa vedia prehriať a môžu začať horieť.



Na čo si ozaj dávať veľký pozor?

- Malé kovové veci sa vedia prehriať a môžu začať horieť.
- Ľahko vzniká prehriata voda.



Na čo si ozaj dávať veľký pozor?

- Malé kovové veci sa vedia prehriať a môžu začať horieť.
- Ľahko vzniká prehriata voda.
- Uzavreté veci sa môžu poriadne natlakovať a vybuchnúť.





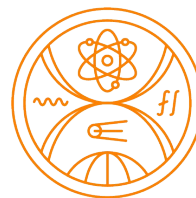
fig.: Michael Vollmer et al 2004 Phys. Educ. 39 346



Óda na mikrovlnku

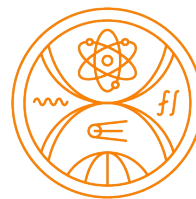
- Elmag žiarenie
- Náhodný objav
- Technologický pokrok
- Pohyb nabitých častíc v elmag poli
- Pískanie na fľašiach
- Odraz elmag vln od vodičov
- Faradayova kletka
- Postupné vlny
- Stojaté vlny
- Módy a vyššie harmonické pohyby
- Vlny v 3D
- Veľké vlny a malé prekážky
- Dielektrické ohrievanie
- Elektrické dipóly a polárne molekuly

- Dipól v elmag poli
- Exponenciálne upadanie
- Vlnová dĺžka
- Rýchlosť svetla
- Pohlcovanie elmag žiarenia látkou
- Súvis s wifi, bluetooth, ...
- Vedenie tepla
- Microwave food ako kultúrny fenomén
- Krištálická štruktúra ľadu
- Prehriata voda
- Výbuchy
- Povery a strach pred novinkami
- Overmarketing



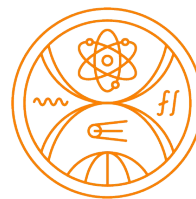
Mikrovlnka je vec, ktorá z takých
tých bežných predmetov skrýva v
sebe **najviac zaujímavej fyziky** na
jeden centimeter kubický.

A nie len fyziky.





Fyzika – a ďalšie vedy – sú všade okolo nás. Vďaka nim je svet zaujímavejší, hlbší a prepletenejší.



Fyzika – a ďalšie vedy – sú všade okolo nás. Vďaka nim je svet zaujímavejší, hlbší a prepletenejší.

Rozumieť tomu je **fajn** a **užitočné**.



Ďakujem za
pozornosť!

