

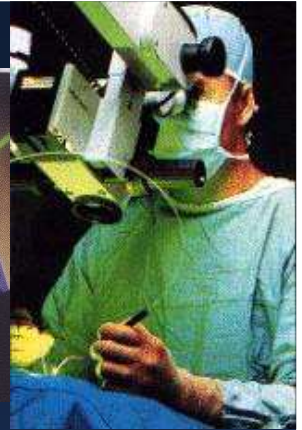
Optika

Co je světlo ?

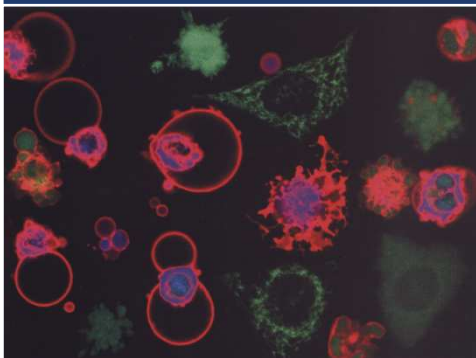
Laser – vlastnosti a využití

Josef Štěpánek
Fyzikální ústav MFF UK

Optika



Vědecká disciplína zabývající se světlem a zářením obdobných vlastností (optické záření) z hlediska jeho vzniku, šíření, interakcí s látkami a technickým využitím.



Co je to světlo?

1. 17. století – souboj o otázku způsobu šíření

2. Začátek 19.

3. Polovina 19.
světlem a je

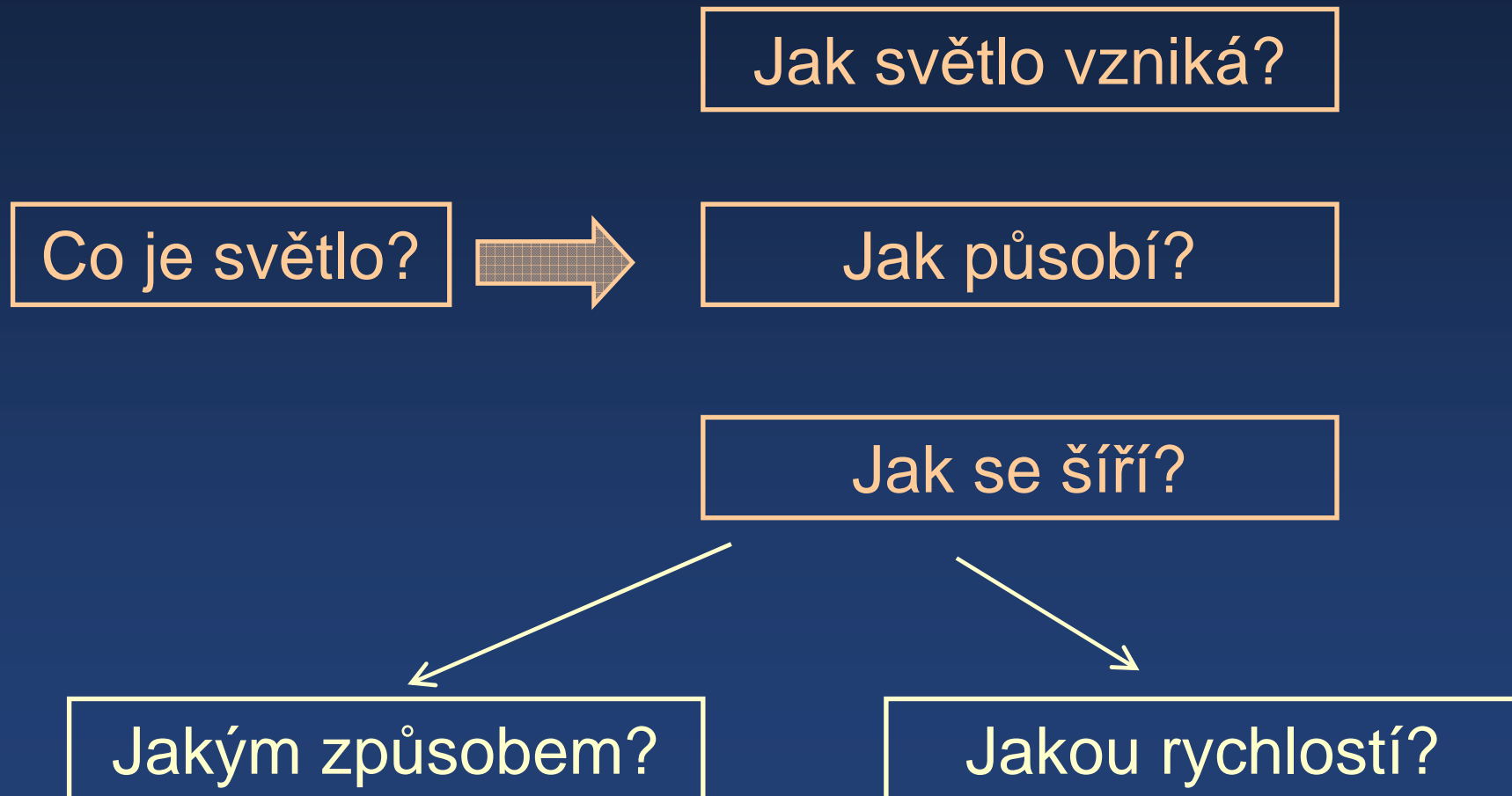


vyřešení

souvislost mezi
magnetismu?

17. století

období vzniku moderní fyziky



Částicová (korpuskulární) teorie



Rene Descartes

(1596 – 1650)



Isaac Newton

(1643 – 1727)

Vlnová teorie



Robert Hooke
(1635 – 1703)



Christians Huygens
(1629 – 1695)

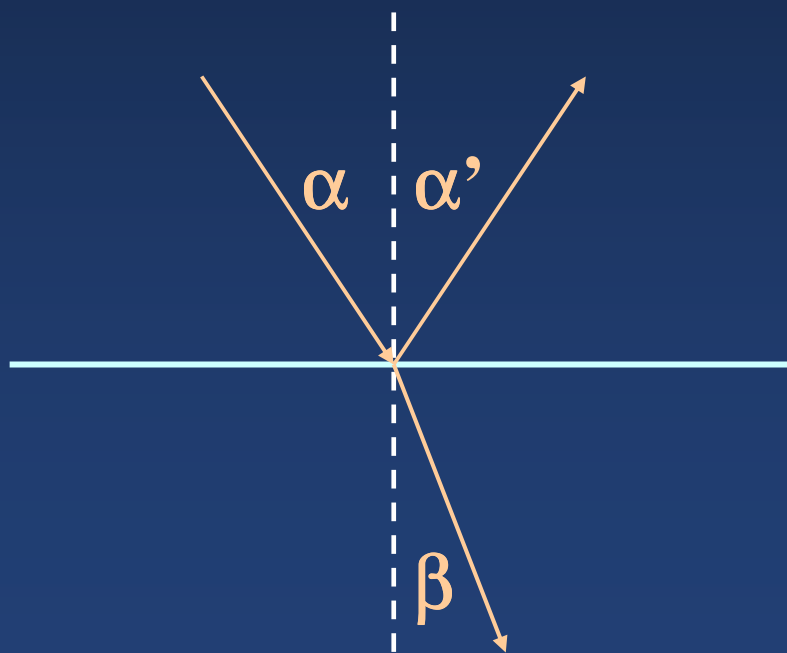
Jaké vlastnosti světla byly známy?

Přímocharé šíření světla



Jaké vlastnosti světla byly známé?

Zákon odrazu a zákon lomu

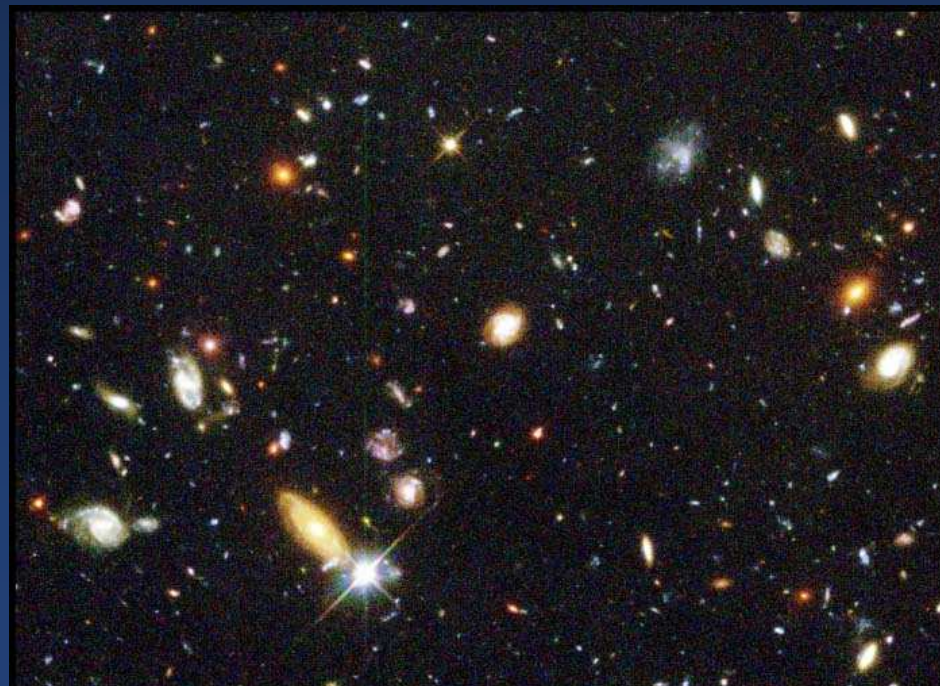


$$\alpha = \alpha'$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \text{konst.} = N_{12}$$

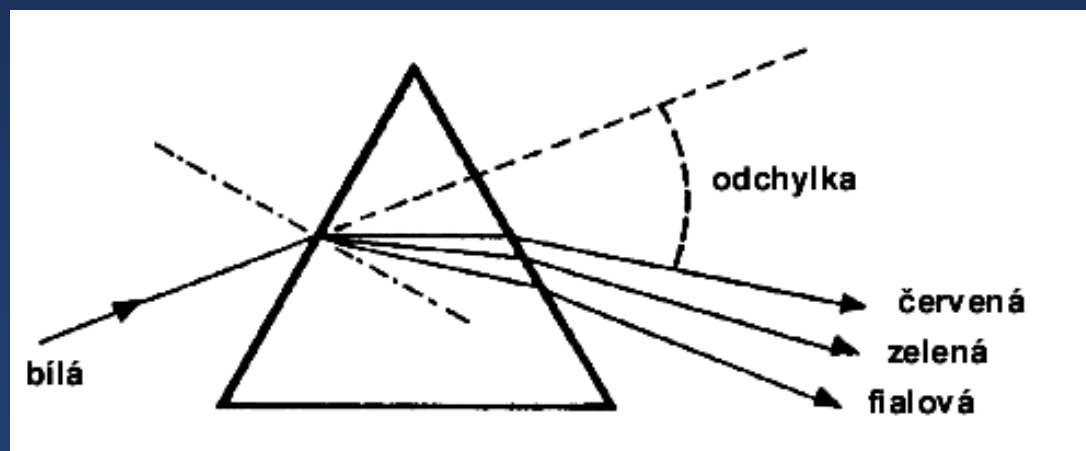
Jaké vlastnosti světla byly známé?

Šíření ve vakuu



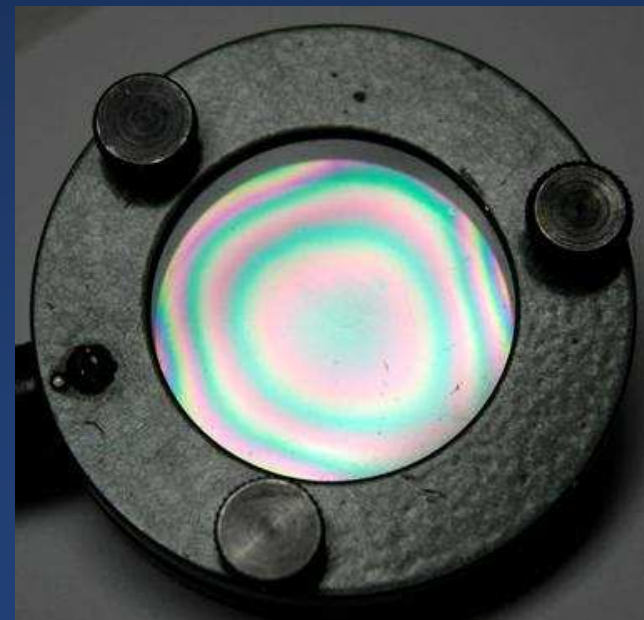
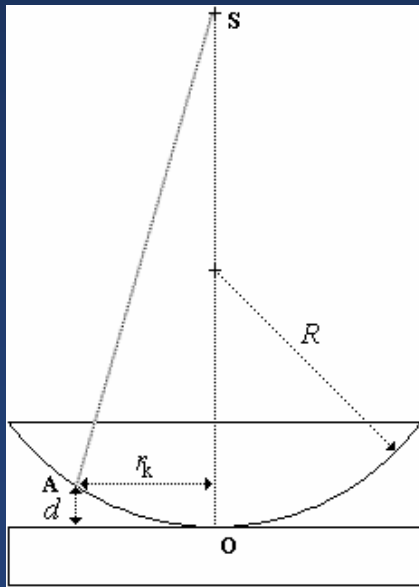
Jaké vlastnosti světla byly známy?

Rozklad bílého světla na barevné složky



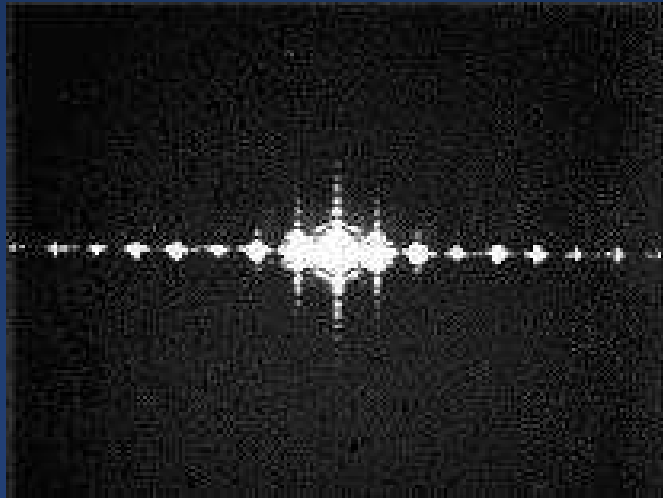
Jaké vlastnosti světla byly známy?

Světlé a tmavé kroužky na tenké vrstvě (Newtonova skla)



Jaké vlastnosti světla byly známy?

Difrakční jevy
(Grimaldiho pokusy)



Jak se obě teorie vyrovnaly se známými vlastnostmi světla?

Jev	Vlnová teorie	Korpuskulární teorie
Přímočaré šíření	ANO, ale problém „zpětné vlny“	ANO
Zákon odrazu	ANO	ANO
Zákon lomu	ANO, $N_{12} = v_1/v_2$	ANO, $N_{12} = v_2/v_1$
Šíření ve vakuu	Triviálně nelze, pojem „éteru“	ANO
Rozklad na barevné složky	?	ANO
Newtonova skla	?	?
Difrakce	?	?

Od 17. do začátku 19. století

- spor Hooke x Newton, příklon ke korpuskulární teorii po celé 18. století
- konec 18. století ... **Thomas Young**:
difrakce na dvojštěrbíně – interference



Od 17. do začátku 19. století

- spor Hooke x Newton, příklon ke korpuskulární teorii po celé 18. století
- konec 18. století ... Thomas Young:
difrakce na dvojštěrbíně – interference
- Vyhlášení ceny Francouzské akademie

Od 17. do začátku 19. století

- spor Hooke x Newton, příklon ke korpuskulární teorii po celé 18. století
- konec 18. století ... **Thomas Young**: difrakce na dvojštěrbíně – interference
- Vyhlášení ceny Francouzské akademie
- **Augustin Jean Fresnel**: světlo jako vlnění, které se skládá



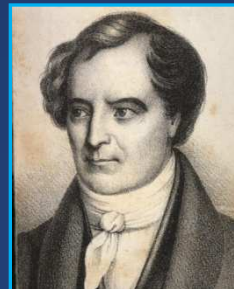
Od 17. do začátku 19. století

- spor Hooke x Newton, příklon ke korpuskulární teorii po celé 18. století
- konec 18. století ... Thomas **Young**: difrakce na dvojštěrbíně – interference
- Vyhlášení ceny Francouzské akademie
- Augustin Jean **Fresnel**: světlo jako vlnění, které se skládá
- Snaha o zavržení Fresnelovy teorie (Poisson x Arago)

Od 17. do začátku 19. století

- spor Hooke x Newton, příklon ke korpuskulární teorii po celé 18. století
- konec 18. století ... Thomas Young:
difrakce na dvojštěrbíně – interference
- Vyhlášení ceny Francouzské akademie
- Augustin Jean **Fresnel**: světlo jako vlnění, které se skládá
- Snaha o zavržení Fresnelovy teorie (Poisson x Arago)

Francois Arago

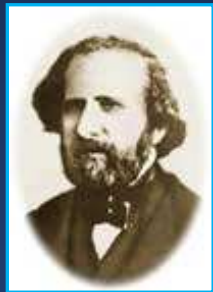
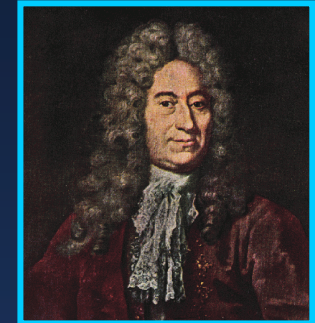


Od 17. do začátku 19. století

- spor Hooke x Newton, příklon ke korpuskulární teorii po celé 18. století
- konec 18. století ... Thomas Young:
difrakce na dvojštěrbíně – interference
- Vyhlášení ceny Francouzské akademie
- Augustin Jean **Fresnel**: světlo jako vlnění, které se skládá
- Snaha o zavržení Fresnelovy teorie (Poisson x Arago)
- Rozpor s jevem polarizace světla odrazem
- Young, Arago: světlo je příčné vlnění

Další pokrok – určení rychlosti světla

První experimentální zjištění konečné rychlosti světla a odhad její velikosti – Olaf **Römer** (1676) na základě pozorovaných nepravidelností v zatmění Jupiterova měsíčku Io. Získal řádově správnou hodnotu $c = 2 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$



První změření rychlosti světla v pozemských podmínkách - Hippolyte Armand Louis **Fizeau** (1849) pomocí rychle rotujícího ozubeného kola s využitím stroboskopického principu. Určil rychlost světla ve vzduchu $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ (s chybou 5%)



Další zpřesnění (chyba pod 1%) a změření rychlosti světla i v jiném látkovém prostředí – Jean Bernard Leon **Foucault** (1850) pomocí rychle rotujícího zrcadla s využitím stroboskopického principu.

Překvapivé nalezení veličiny $3 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ v oblasti elektřiny a magnetismu

- V 19.století řešení soustavy jednotek. Pro mechaniku soustava **CGS** (Centimetr Gram Sekunda)

-Pro oblast elektřiny a magnetismu řešení pomocí fyzikálních rovnic. Dvě možná řešení:

1. Coulombův zákon

soustava **CGSE**

$$[Q]_E = \text{g}^{1/2}\text{cm}^{3/2}\text{s}^{-1}$$

$$F_{12} = \text{konst.} \frac{Q_1 Q_2}{R_{12}^2} , \quad \text{konst.} = 1$$

2. síla mezi vodiči

soustava **CGSM**

$$[Q]_M = \text{g}^{1/2}\text{cm}^{1/2}$$

$$F_{12} = \text{konst.} 2 \frac{I_1 I_2}{R_{12}^2} l , \quad \text{konst.} = 1$$

Překvapivé nalezení veličiny $3 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ v oblasti elektřiny a magnetismu

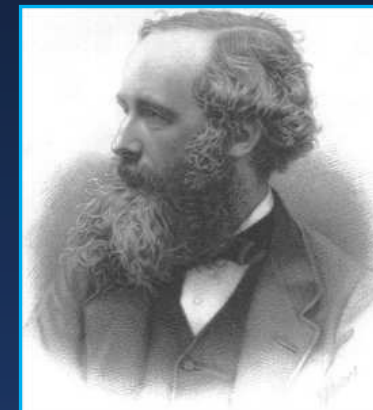
Velikost obou jednotek náboje je možné určit měřením

Výsledek: $[Q]_E / [Q]_M = 3 \times 10^{10} \text{ cm s}^{-1} !!!$

Zpřesňování hodnot tohoto poměru i rychlosti světla ve
vakuu → nejde o nahodilou shodu

Konečné vyřešení problému

James Clerk **Maxwell** (1865) – vytvořil soustavu diferenciálních rovnic (Maxwellovy rovnice), které shrnovaly známé zákonitosti elektrostatického pole, magnetostatického pole, elektromagnetické indukce a vytváření magnetického pole kolem vodiče protékaného proudem. Soustavu ještě doplnil jedním členem.



Bylo možné ukázat, že tato soustava má řešení v podobě příčného elektromagnetického vlnění, které nese energii (proto se může nazývat záření) a ve vakuu se šíří rychlostí

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} .$$

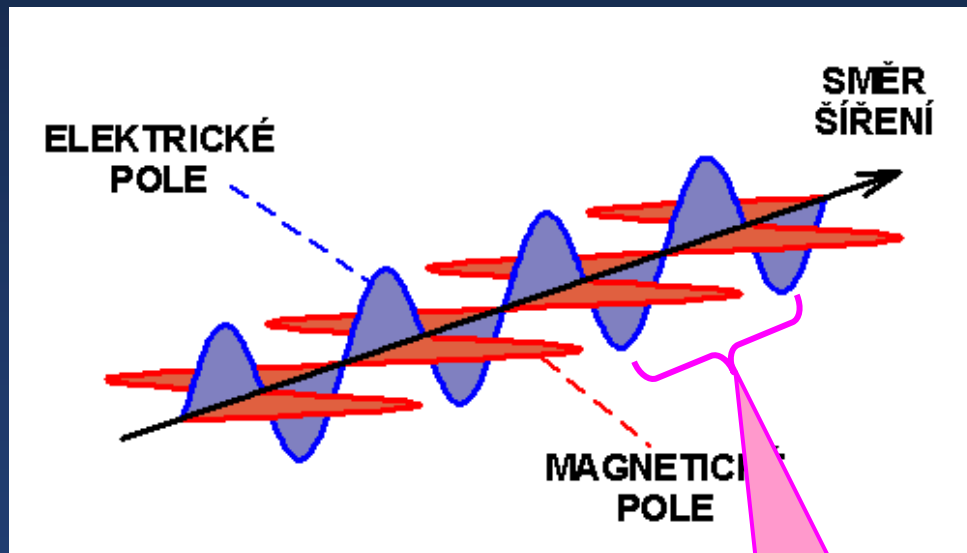
Závěr ze 70. let 19.století:

Světlo je elektromagnetické záření z určitého frekvenčního oboru

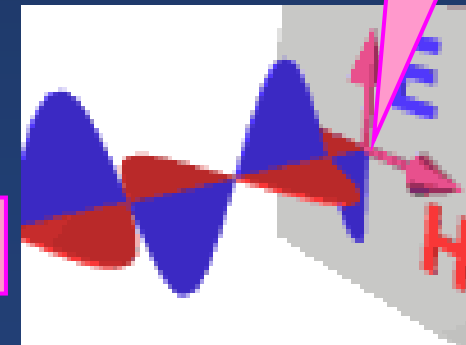
Světlo je elektromagnetické záření

Postupná elektromagnetická vlna:

Elektrické a magnetické pole osciluje ve vzájemně kolmých směrech ve fázi; obě komponenty jsou kolmé na směr šíření



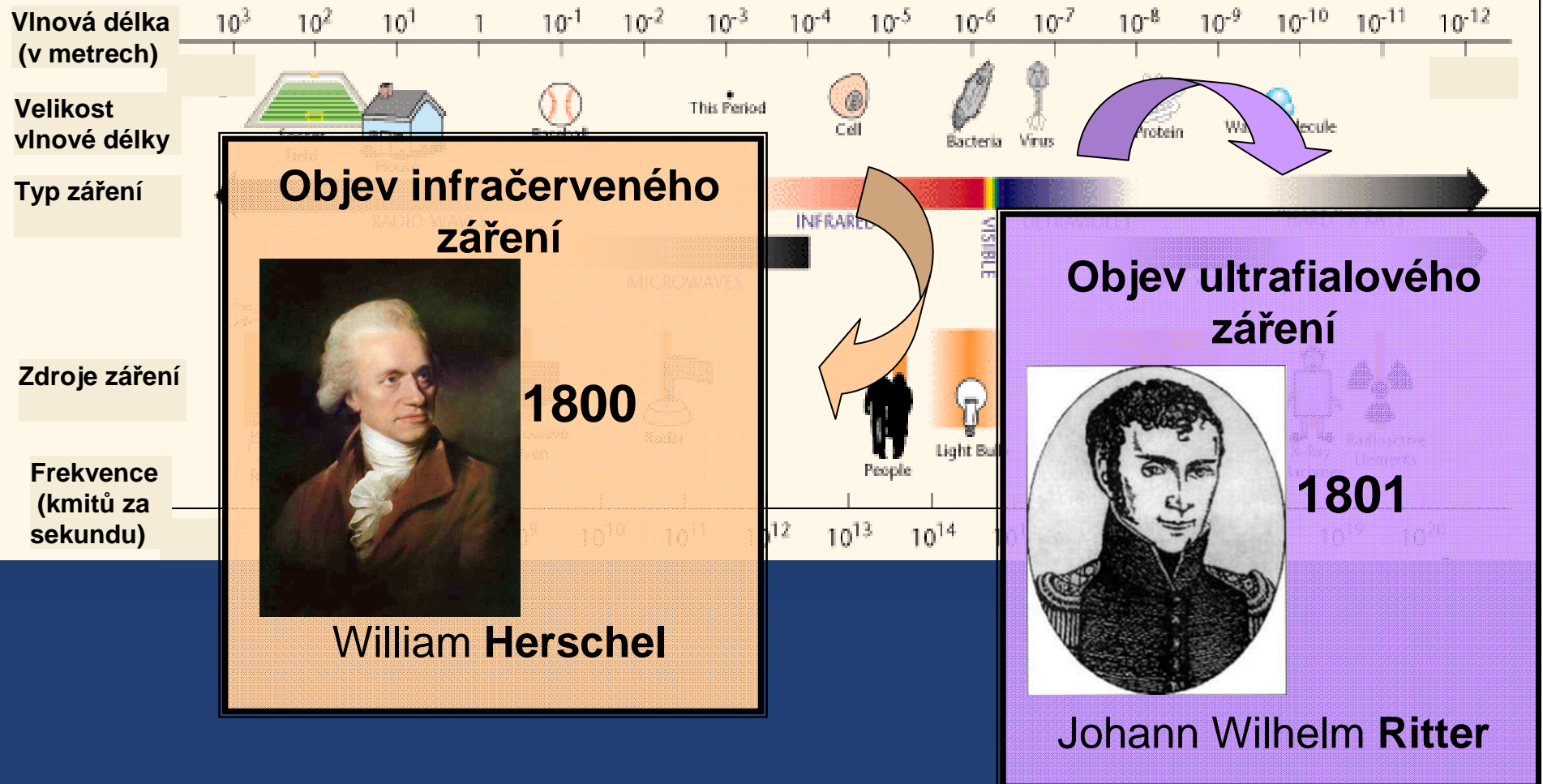
Vlnová délka



frekvence

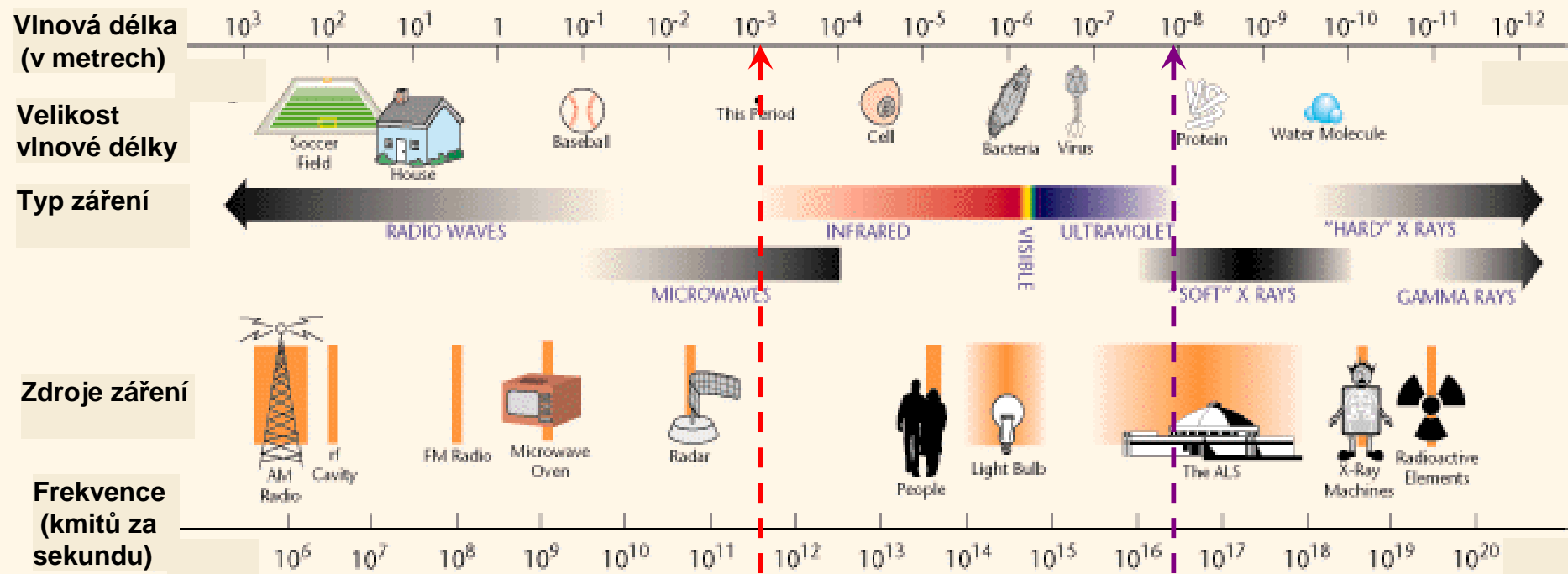
Světlo je elektromagnetické záření

THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



Světlo je elektromagnetické záření

THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



Nejmenší velikosti optických prvků

Meziatomové vzdálenosti