



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

FYZIKA PRO IV. ROČNÍK GYMNÁZIA - OPTIKA

1. ZÁKLADNÍ POJMY

Mgr. Monika Bouchalová

Gymnázium, Havířov-Město, Komenského 2, p.o.

Tento digitální učební materiál (DUM) vznikl na základě řešení projektu OPVK, registrační číslo CZ.1.07/1.5.00/34.0794 s názvem „Výuka na gymnáziu podporovaná ICT“.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

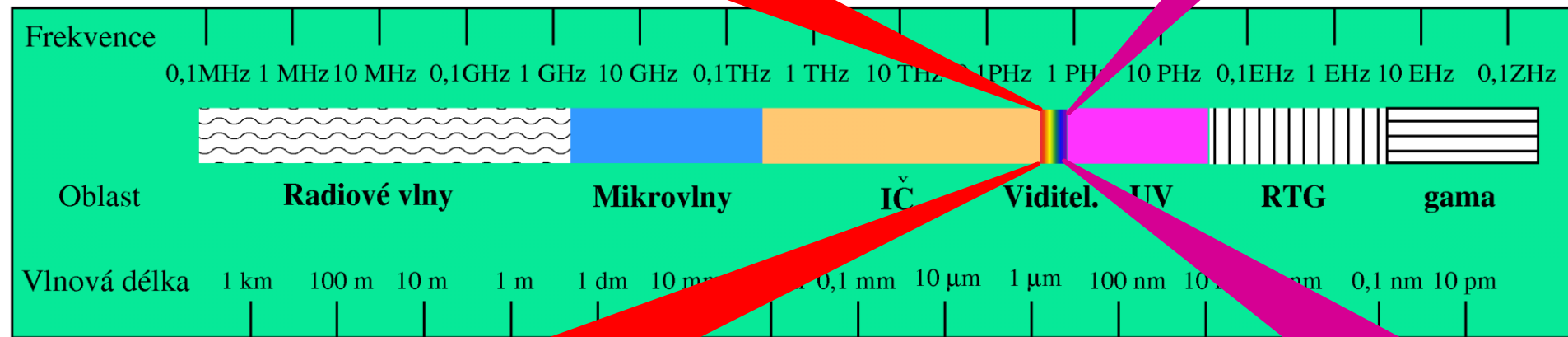
1. 1. SVĚTLO - ELEKTROMAGNETICKÉ VLNĚNÍ

Elektromagnetické vlnění nepotřebuje ke svému šíření látkové prostředí. → Šíří se i ve vakuu.

Viditelné záření leží v rozmezí:

$3,9 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

$7,7 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$



Obr.: 1

760 nm

390 nm

Barva	Vlnová délka	Frekvence
červená	~ 625 až 740 nm	~ 480 až 405 THz
oranžová	~ 590 až 625 nm	~ 510 až 480 THz
žlutá	~ 565 až 590 nm	~ 530 až 510 THz
zelená	~ 520 až 565 nm	~ 580 až 530 THz
modrá	~ 430 až 500 nm	~ 700 až 600 THz
fialová	~ 380 až 430 nm	~ 790 až 700 THz

Lidské oko je nejcitlivější na žlutozelenou barvu $\lambda \approx 550$ nm.

Barva světla

je určena frekvencí.

Monochromatické (monofrekvenční) světlo

je světlo s konstantní frekvencí.

Bílé světlo

je složeno z určitého poměru barevných složek.

Kolorimetrie

se zabývá skládáním světél různých barev.

Rychlost šíření světla ve vakuu $c = 299\,792\,458\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
 $c = 3\cdot 10^8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Rychlost šíření světla v jiných prostředích je vždy menší.

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r \cdot \mu_r}}$$

ϵ_r relativní permitivita
 μ_r relativní permeabilita

$$v_{\text{vzduch}} \approx c$$

$$v_{\text{voda}} = 2.25 \cdot 10^8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$v_{\text{sklo}} = 2 \cdot 10^8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1} - 1.5 \cdot 10^8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Vztah mezi vlnovou délkou a frekvencí

f – nezávisí na prostředí

λ – se mění podle rychlosti

c (v) – rychlost světla ve vakuu (v daném prostředí)

$$f = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{v}{\lambda}$$

1. 2. ŠÍŘENÍ SVĚTLA

ovlivňují vlastnosti prostředí.

absorpce světla

pohlcování světla nebo některé jeho vlnové délky prostředím

rozptyl světla

nastává, když prostředí nepravidelně mění směr šíření světla

OPTICKÉ PROSTŘEDÍ

- 1. průhledné** – nedochází k rozptylu světla, ale dochází k částečnému pohlcování
 - **čiré** – optické záření není pohlcováno ani rozptylováno
 - **barevné** – pohlcuje určité frekvence (barevná skla,...)
- 2. průsvitné (matné)** – dochází k částečnému rozptylu světla
- 3. neprůhledné** – světlo se pohlcuje nebo odráží

Opticky homogenní (stejnorodé) prostředí
má všude stejné optické vlastnosti.

Opticky izotropní prostředí

světlo se šíří všemi směry stejnou rychlostí.

Opticky anizotropní prostředí

rychlost světla závisí na směru šíření.

(krystal křemene, islandský vápenec)

Světelné zdroje

tělesa, která vyzařují světlo.

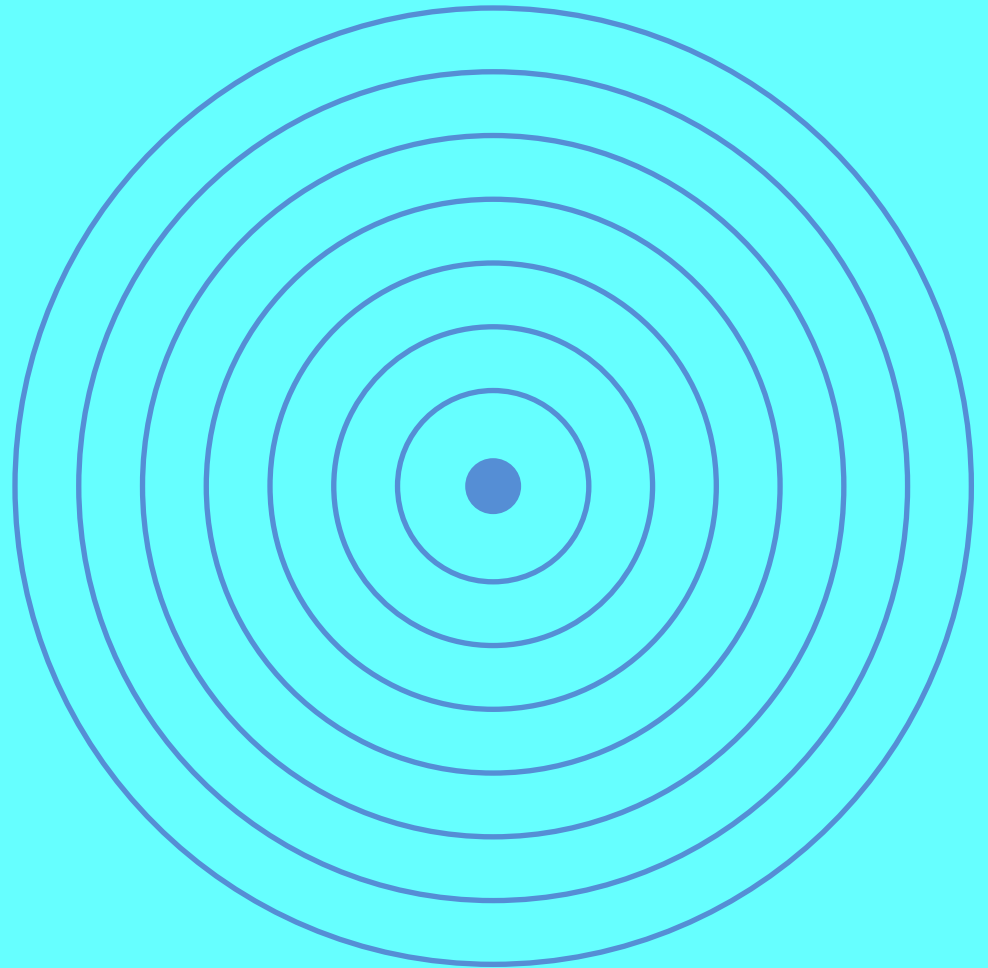
- bodové zdroje – jejich plošnou velikost lze zanedbat
- plošné zdroje

Vlnoplocha

je plocha, na níž leží body, do kterých vlnění dospělo za tutéž dobu.

V homogenním izotropním prostředí se světlo bodového zdroje šíří přímočaře podle Huygensova principu

v kulových vlnoplochách.

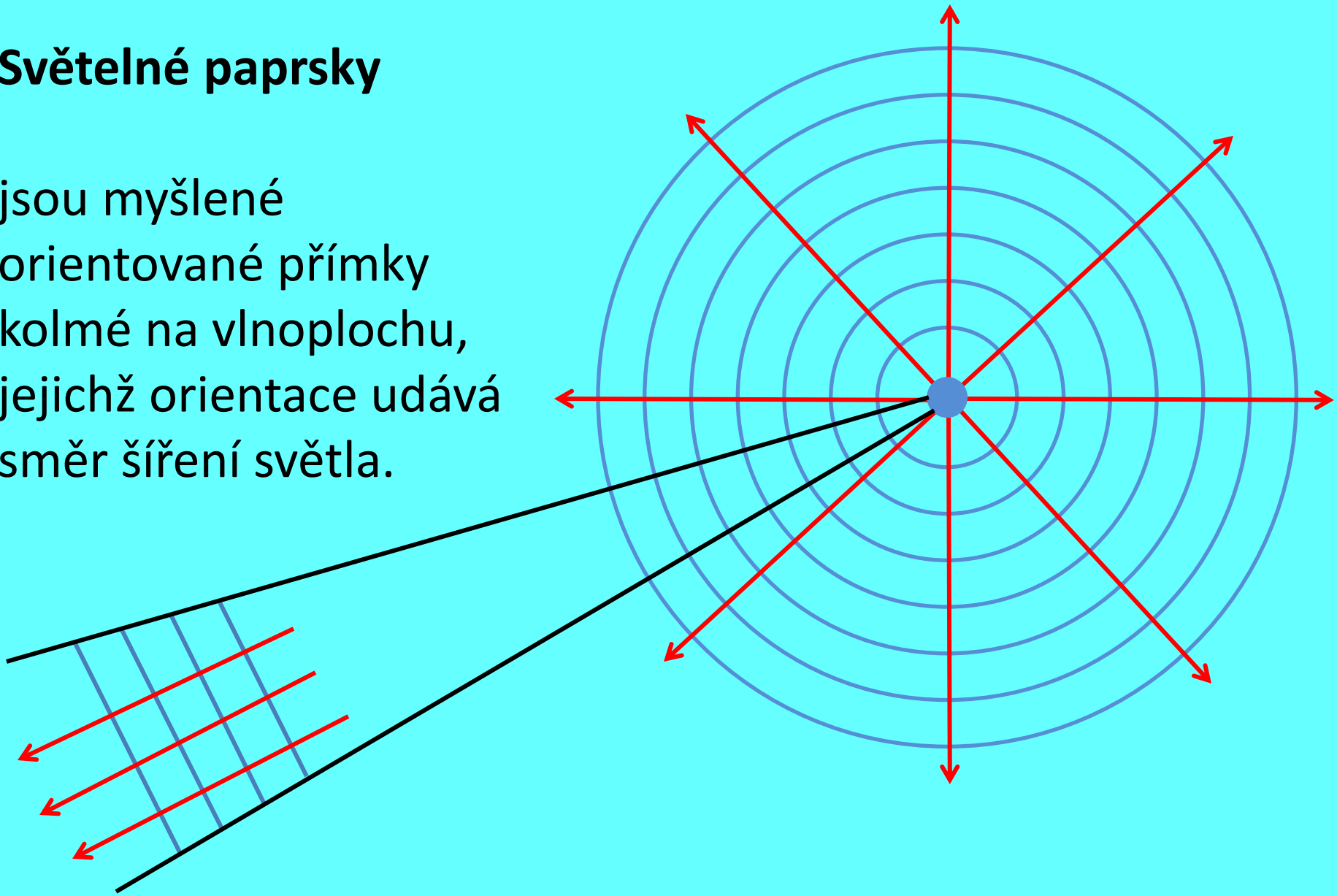


Je-li bodový zdroj světla
ve velké vzdálenosti,
můžeme část kulové
vlnoplochy považovat za
rovinnou vlnoplochu .



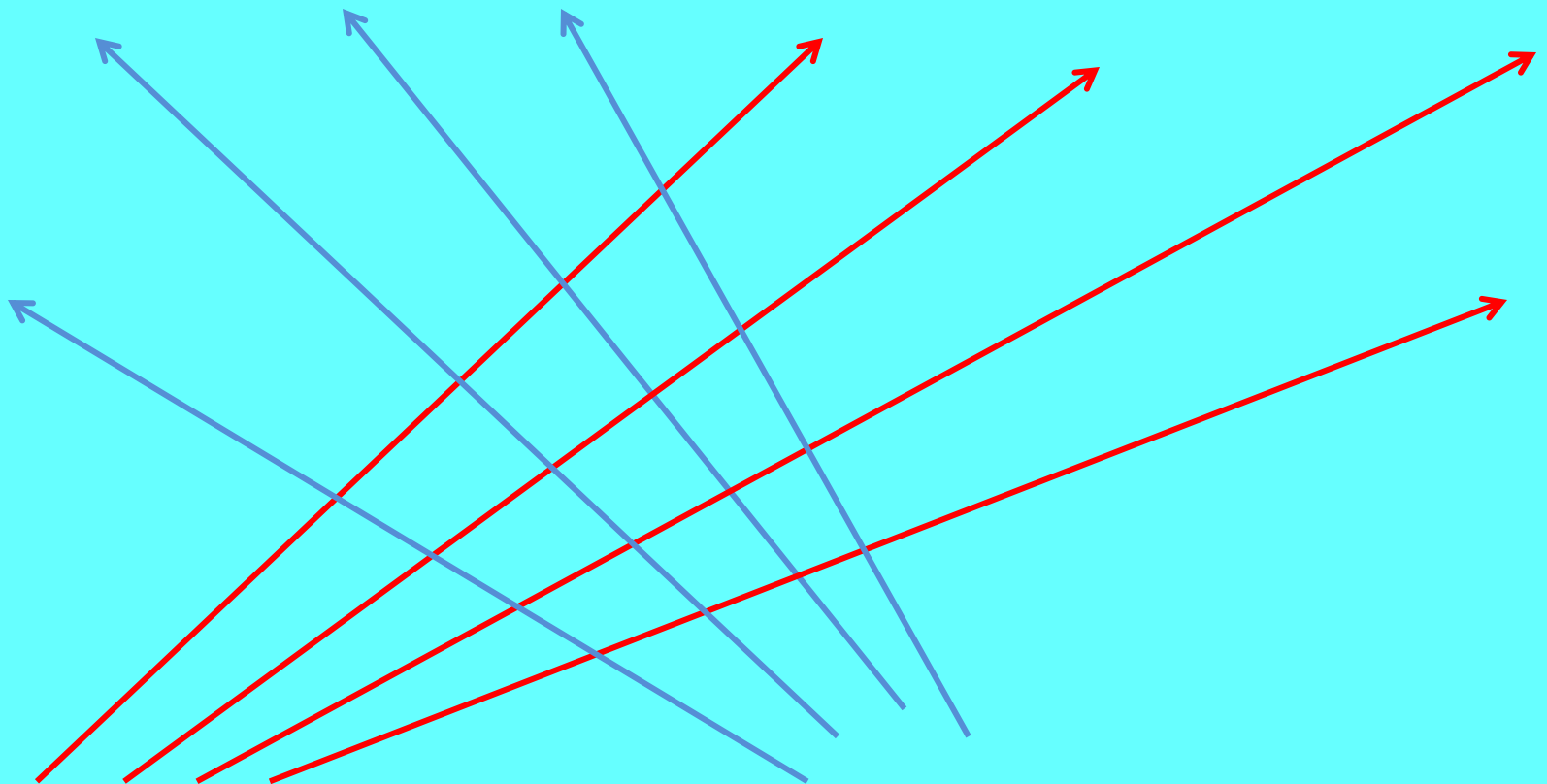
Světelné paprsky

jsou myšlené
orientované přímky
kolmé na vlnoplochu,
jejichž orientace udává
směr šíření světla.



Princip nezávislosti chodu světelných paprsků.

Jednotlivé světelné paprsky se mohou protínat, ale neovlivňují se a postupují nezávisle jeden na druhém.





evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

FYZIKA PRO IV. ROČNÍK GYMNÁZIA - OPTIKA

ODRAZ A LOM SVĚTLA

Mgr. Monika Bouchalová

Gymnázium, Havířov-Město, Komenského 2, p.o.

III/2-2-1-02

Zpracováno 18. září 2012

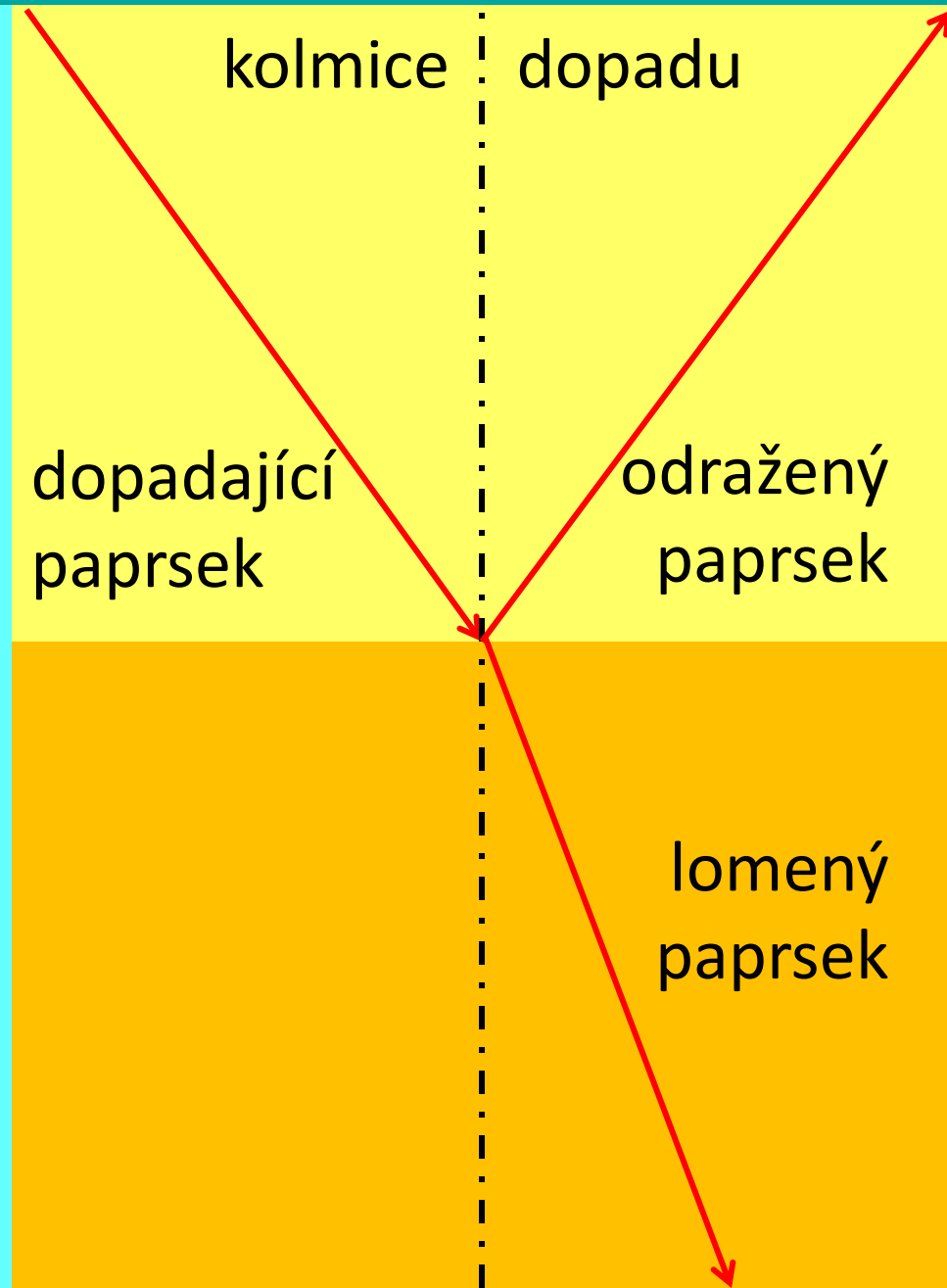
Tento digitální učební materiál (DUM) vznikl na základě řešení projektu OPVK, registrační číslo CZ.1.07/1.5.00/34.0794 s názvem „Výuka na gymnáziu podporovaná ICT“.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

1. 3. ODRAZ A LOM SVĚTLA

Při dopadu světla na rozhraní dvou různých optických prostředí se světlo částečně odráží a částečně láme.

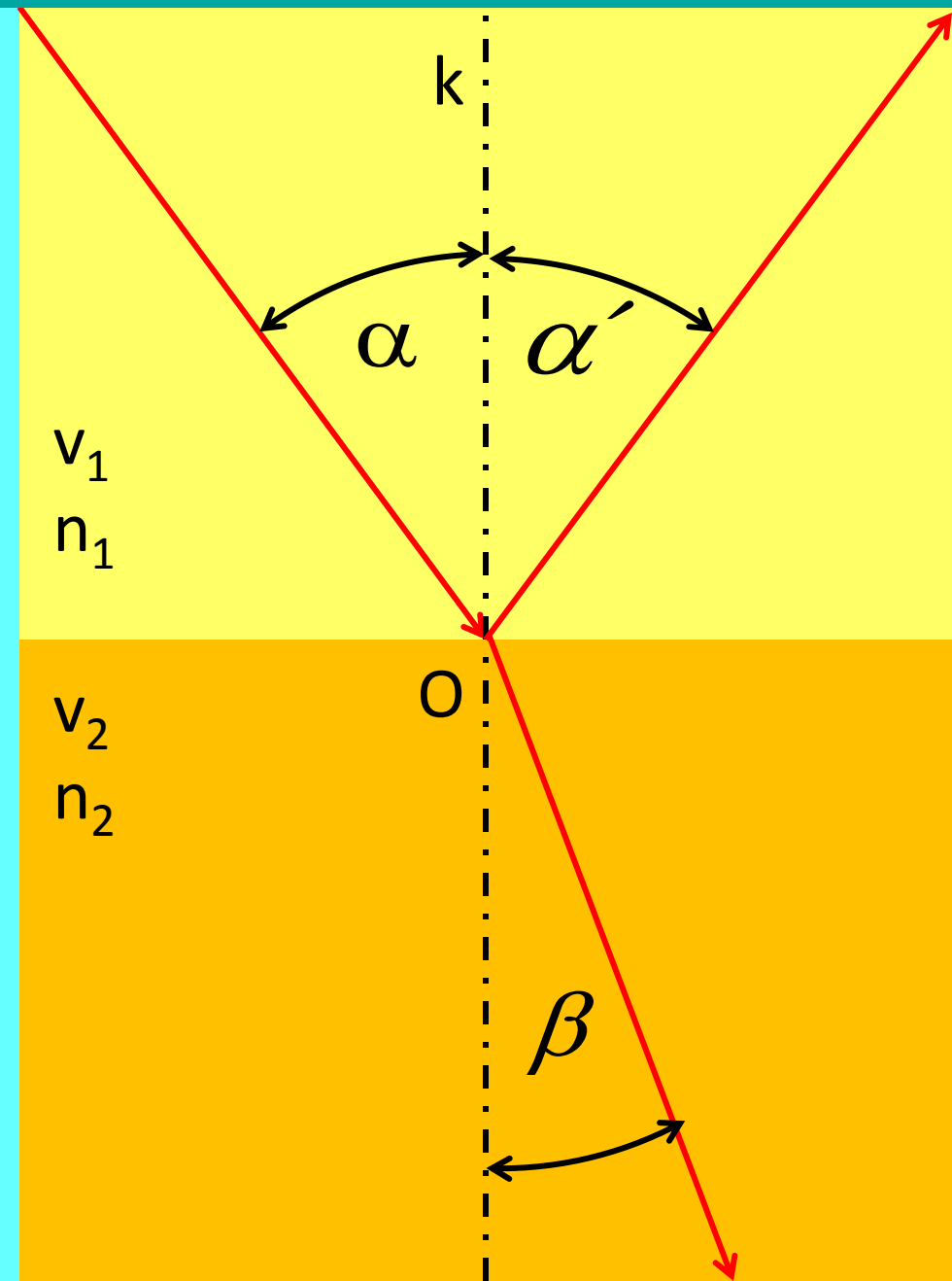
Rovina dopadu je rovina určená dopadajícím paprskem a kolmicí dopadu.



1. 3. ODRAZ A LOM SVĚTLA

- O místo dopadu
- k kolmice dopadu
- α úhel dopadu
- α' úhel odrazu
- β úhel lomu

- v_1, v_2 rychlosti světla
- n_1, n_2 indexy lomu



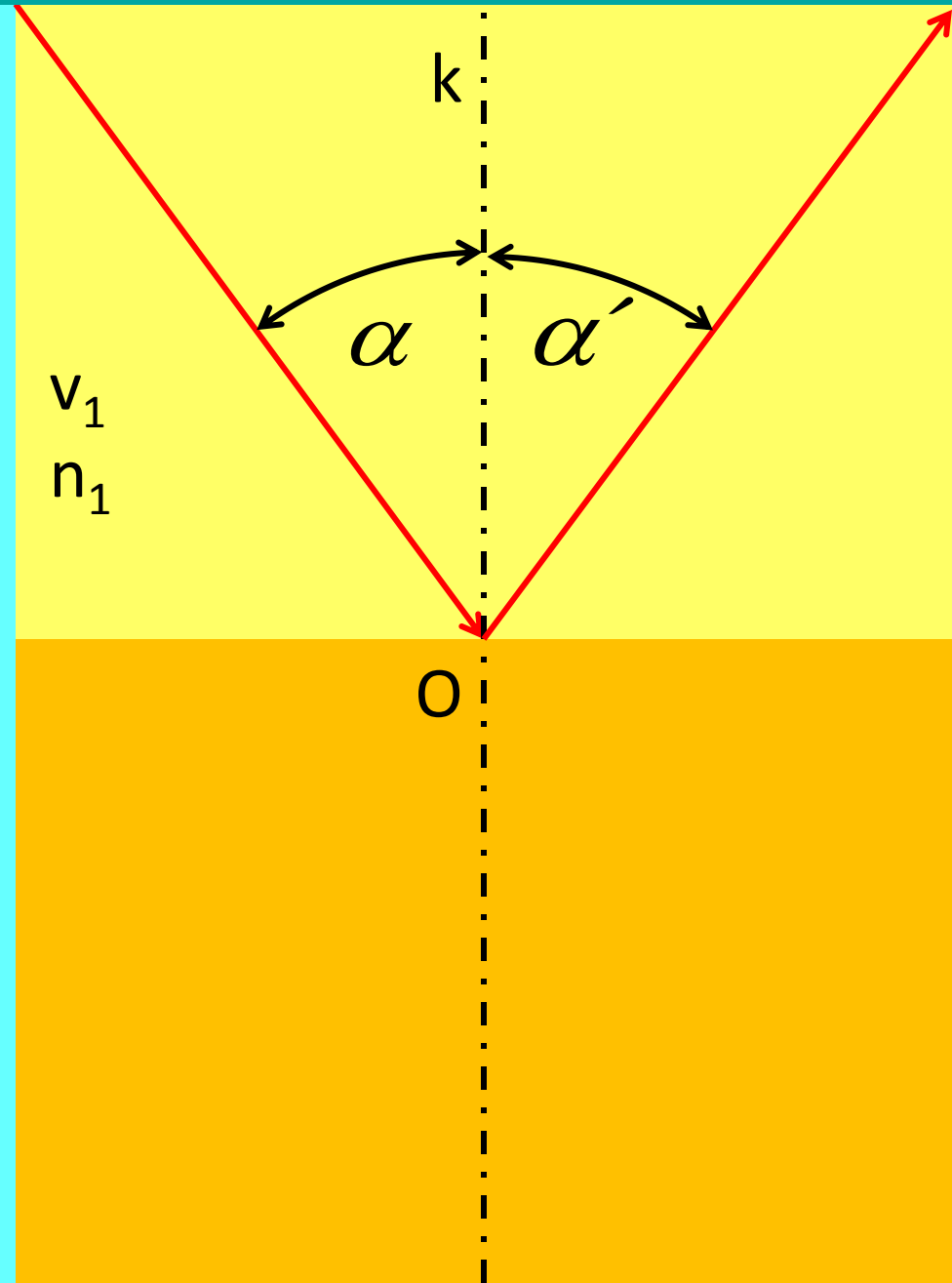
ZÁKON ODRAZU SVĚTLA

Úhel odrazu α'
se rovná úhlu dopadu α .

$$\alpha' = \alpha$$

Odražený paprsek leží
v rovině dopadu.

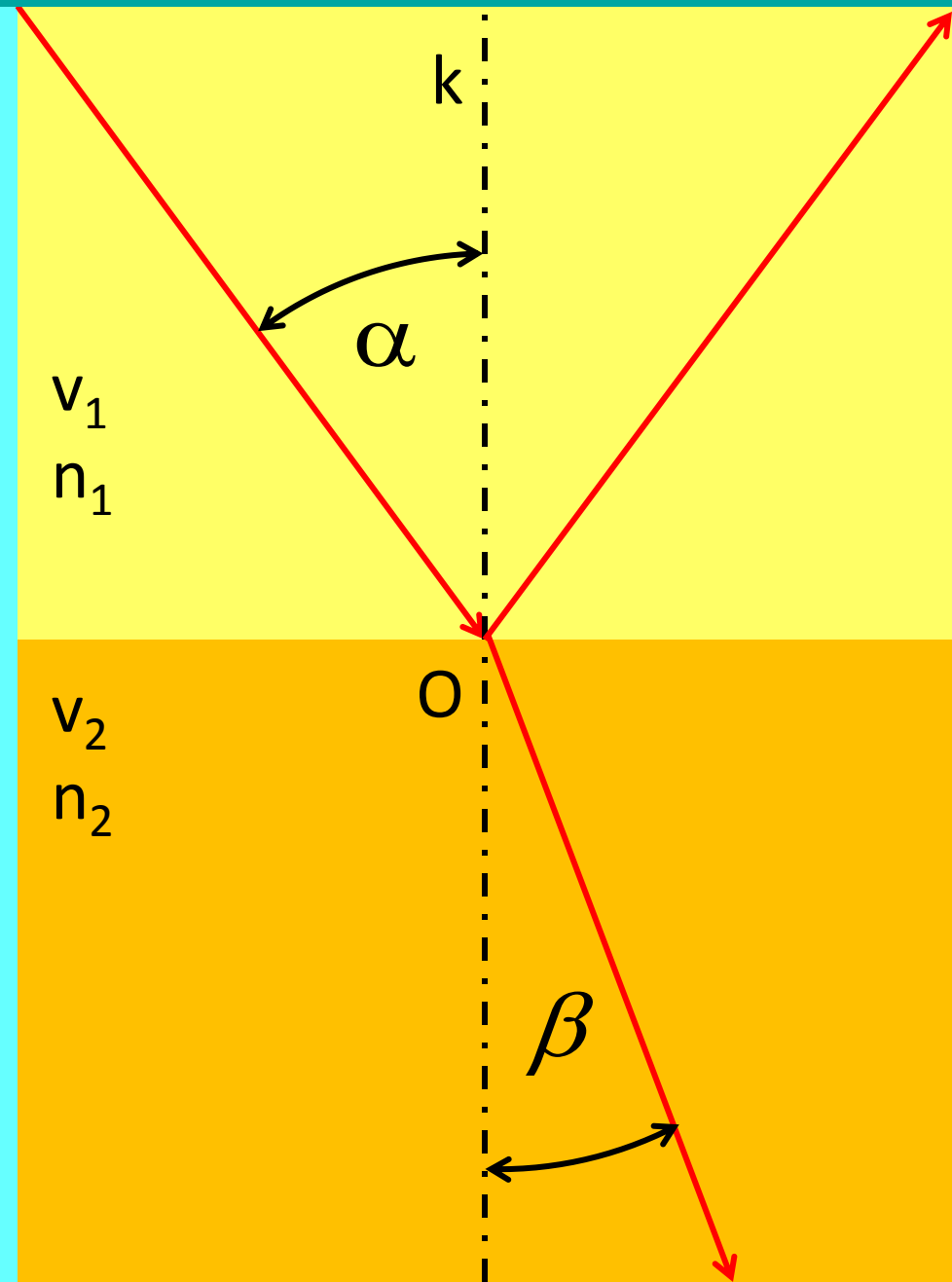
Úhel odrazu nezávisí
na frekvenci světla
→ paprsky světla různých
barev se odrážejí stejně.



ZÁKON LOMU SVĚTLA

Lom – refrakce

je optický jev,
ke kterému dochází
na rozhraní dvou prostředí,
kterými světlo prochází.



ZÁKON LOMU SVĚTLA

Snellův zákon lomu

1591-1626

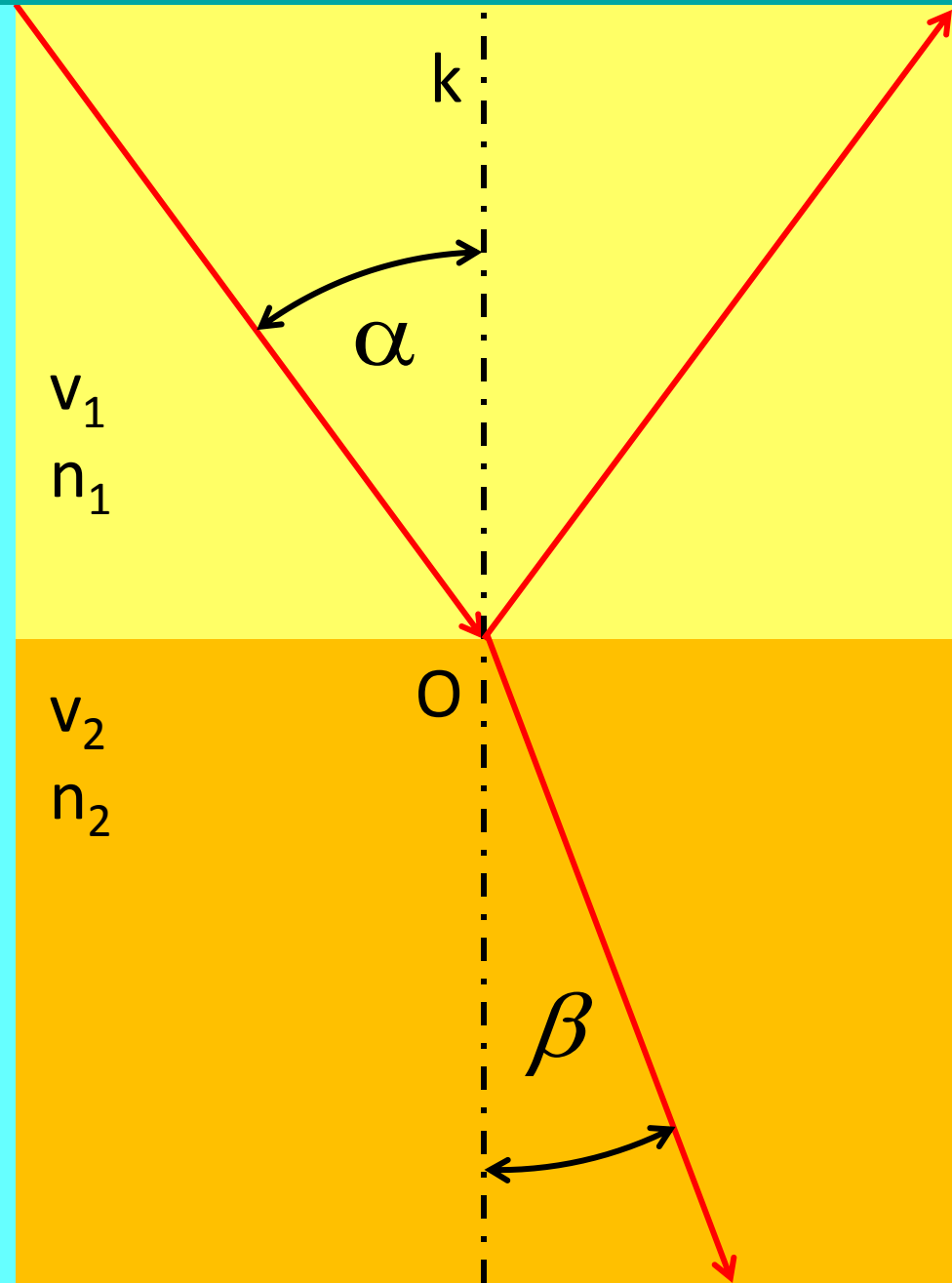
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}$$

Poměr sinu úhlu dopadu
a sinu úhlu lomu

je pro určitá dvě prostředí
stálý a rovný poměru velikostí
rychlostí vlnění v jednotlivých
prostředích.

Lomený paprsek leží
v rovině dopadu.

[LOM HUYGENS](#)



Absolutní index lomu n

vyjadřuje kolikrát se zpomalí světlo v prostředí s indexem lomu n oproti rychlosti světla ve vakuu

Když se světlo šíří z prostředí $n_1 (v_1) \rightarrow n_2 (v_2)$ pak:

$$n_1 = \frac{c}{v_1}$$

$$n_2 = \frac{c}{v_2}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\frac{c}{n_1}}{\frac{c}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1} = n$$

Index lomu n

charakterizuje optické prostředí

Porovnání dvou prostředí podle velikosti rychlostí světla:

$$v_1 > v_2$$
$$n_1 < n_2$$

v_1 n_1

Opticky řidší prostředí

- světlo se šíří větší rychlostí, než v hustším prostředí
- index lomu prostředí je menší, než v hustším prostředí

v_2 n_2

Opticky hustší prostředí

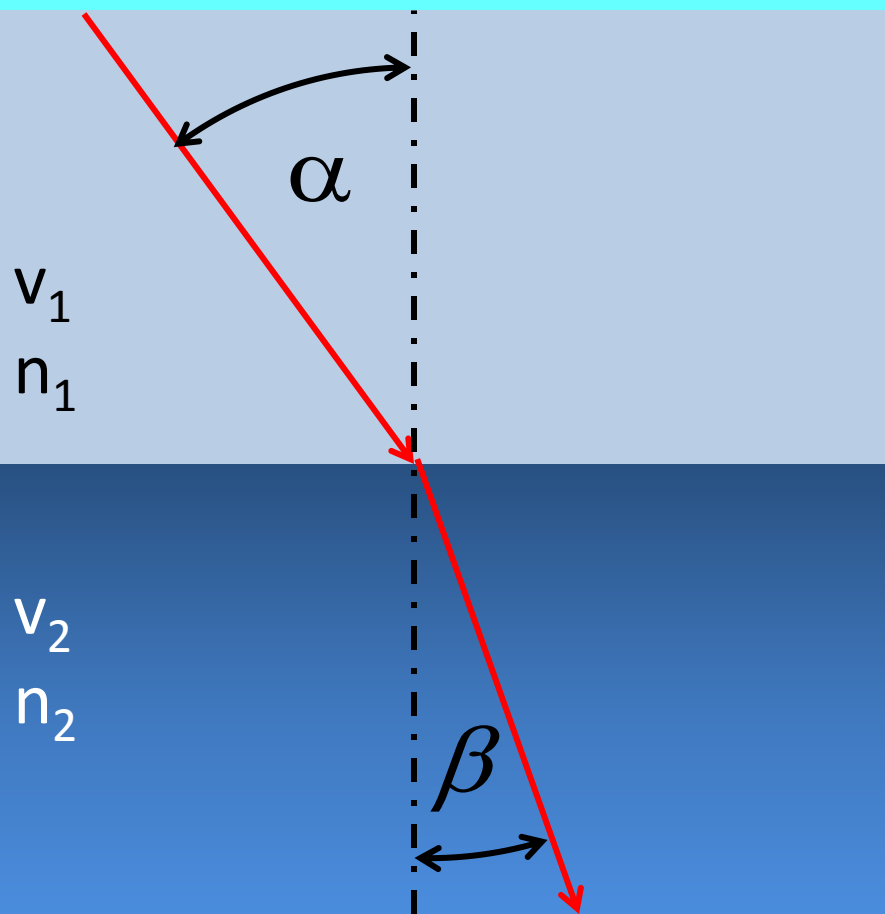
- světlo se šíří menší rychlostí, než v řidším prostředí
- index lomu prostředí je větší, než v hustším prostředí

Lom ke kolmici z řidšího do hustšího

$$v_1 > v_2$$

$$n_1 < n_2$$

$$\alpha > \beta$$

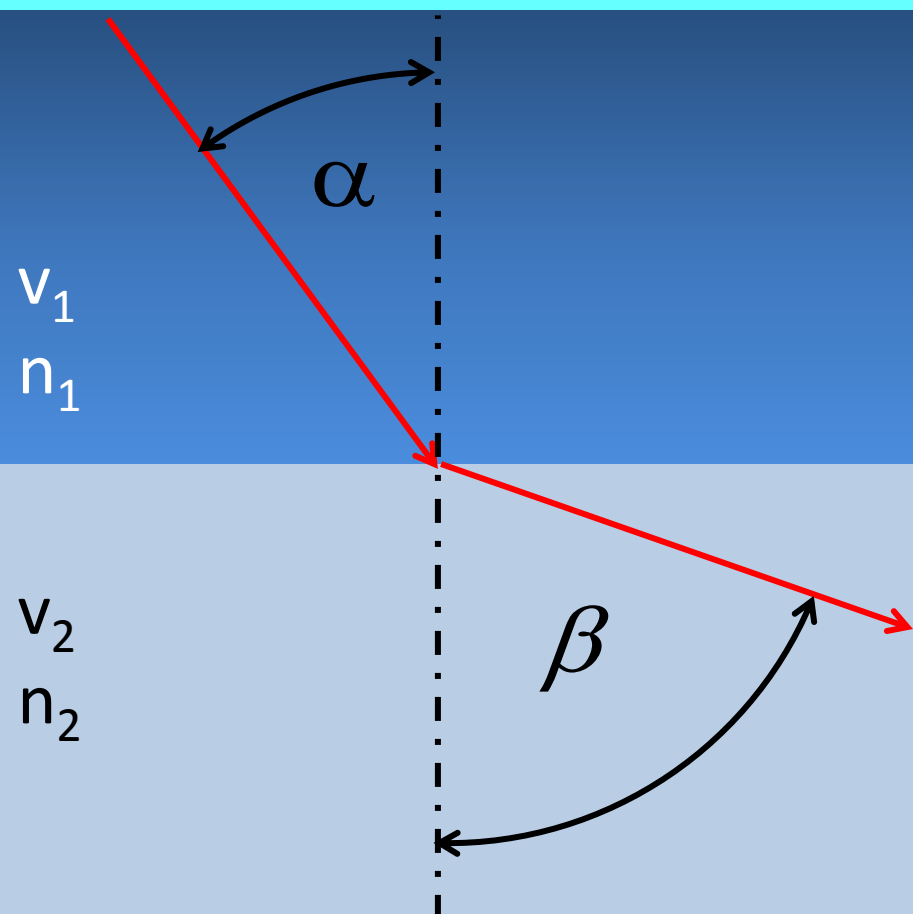


Lom od kolmice z hustšího do řidšího

$$v_1 < v_2$$

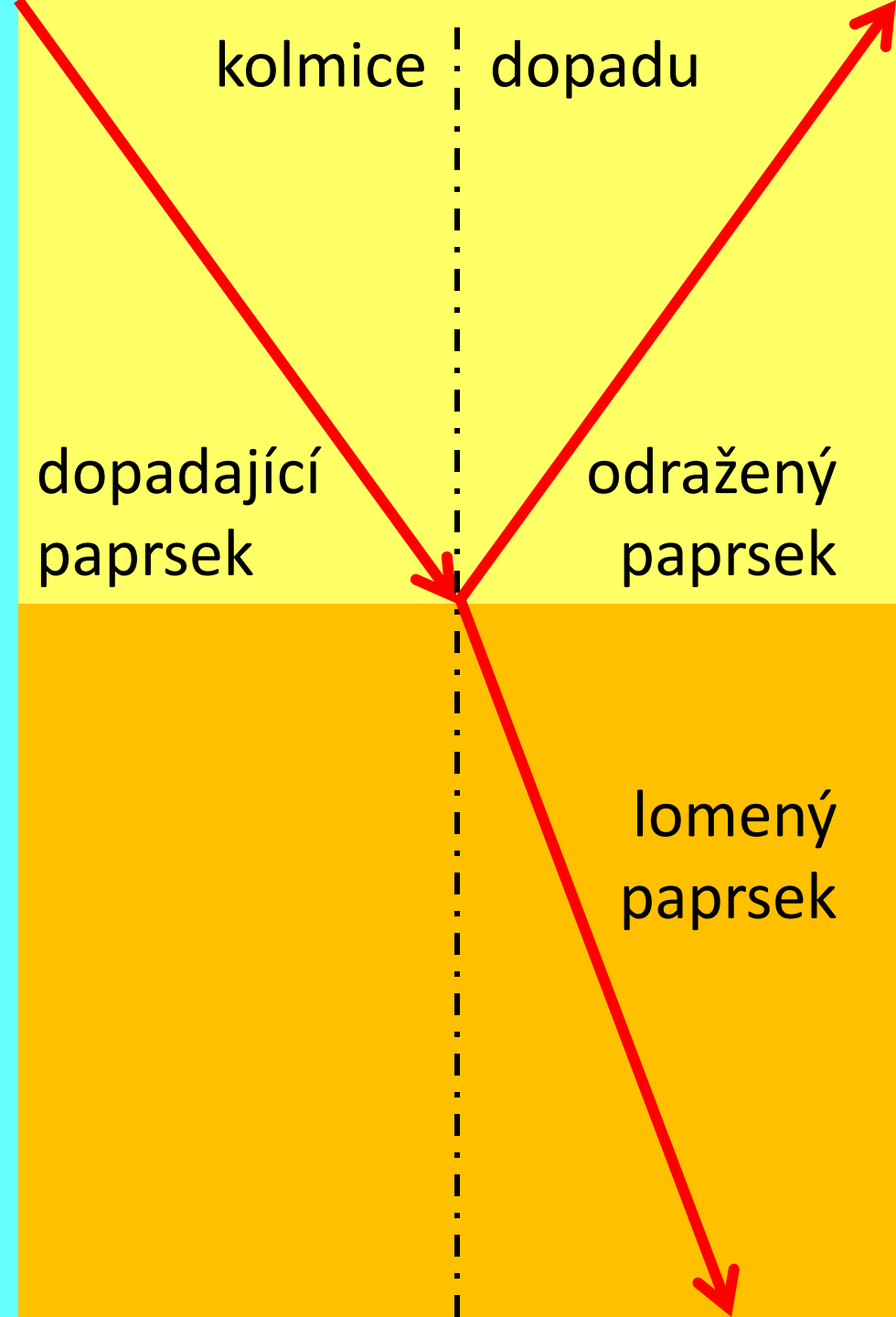
$$n_1 > n_2$$

$$\alpha < \beta$$



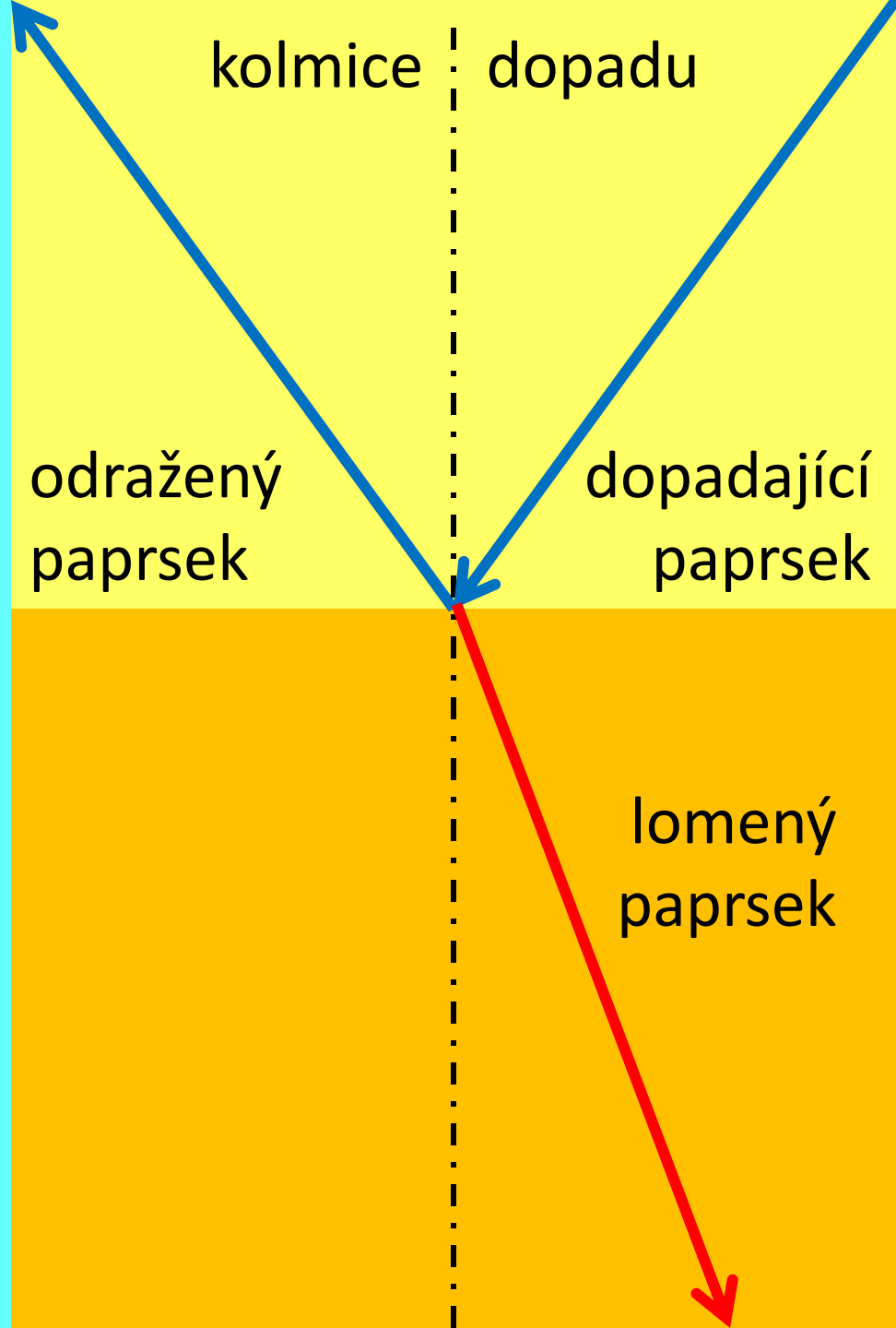
Zákon záměnnosti paprsků

Dopadající a odražený,
popřípadě
dopadající a lomený
paprsek
lze vzájemně zaměnit.



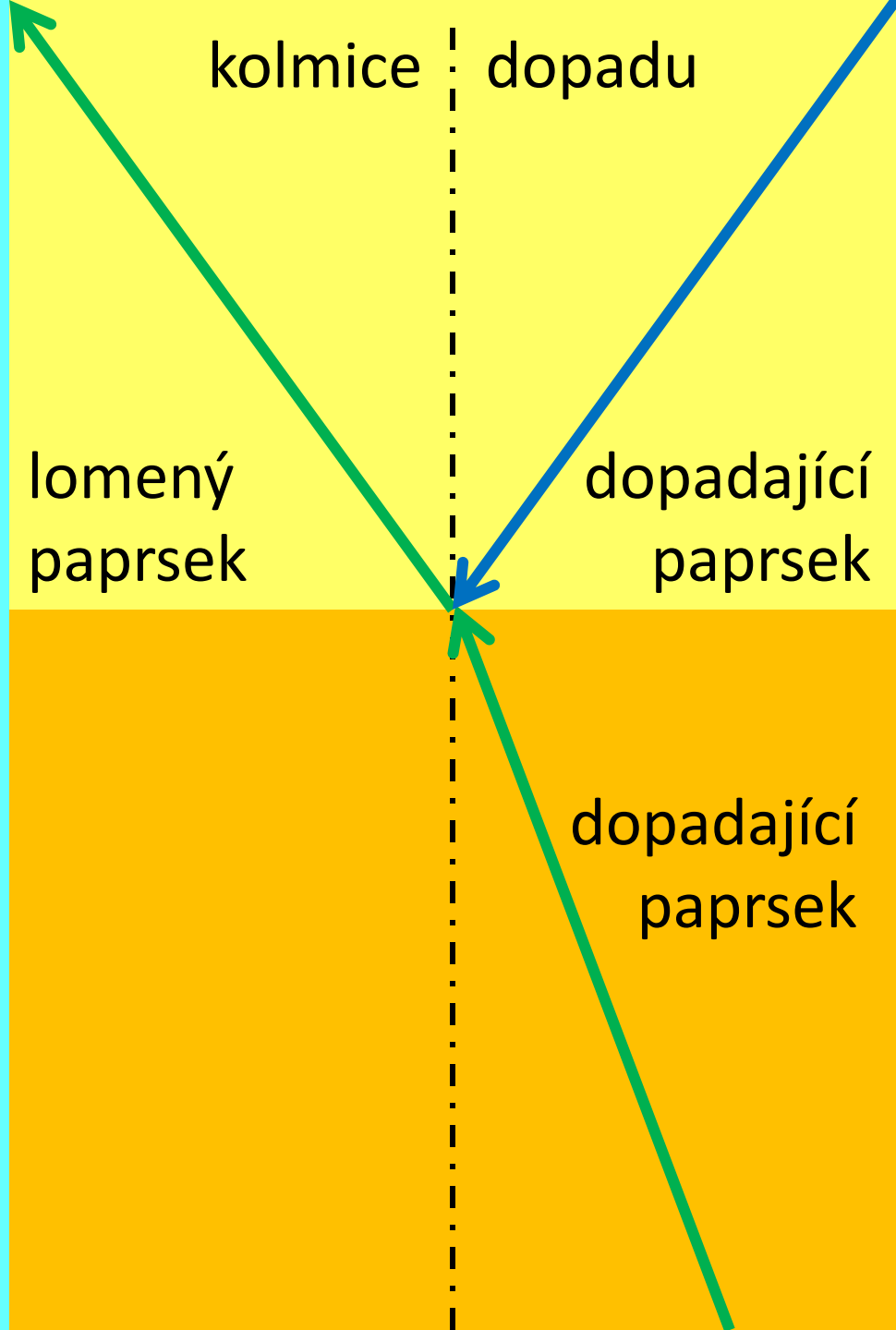
Zákon záměnnosti paprsků

Dopadající a odražený,
popřípadě
dopadající a lomený
paprsek
lze vzájemně zaměnit.



Zákon záměnnosti paprsků

Dopadající a odražený,
popřípadě
dopadající a lomený
paprsek
lze vzájemně zaměnit.



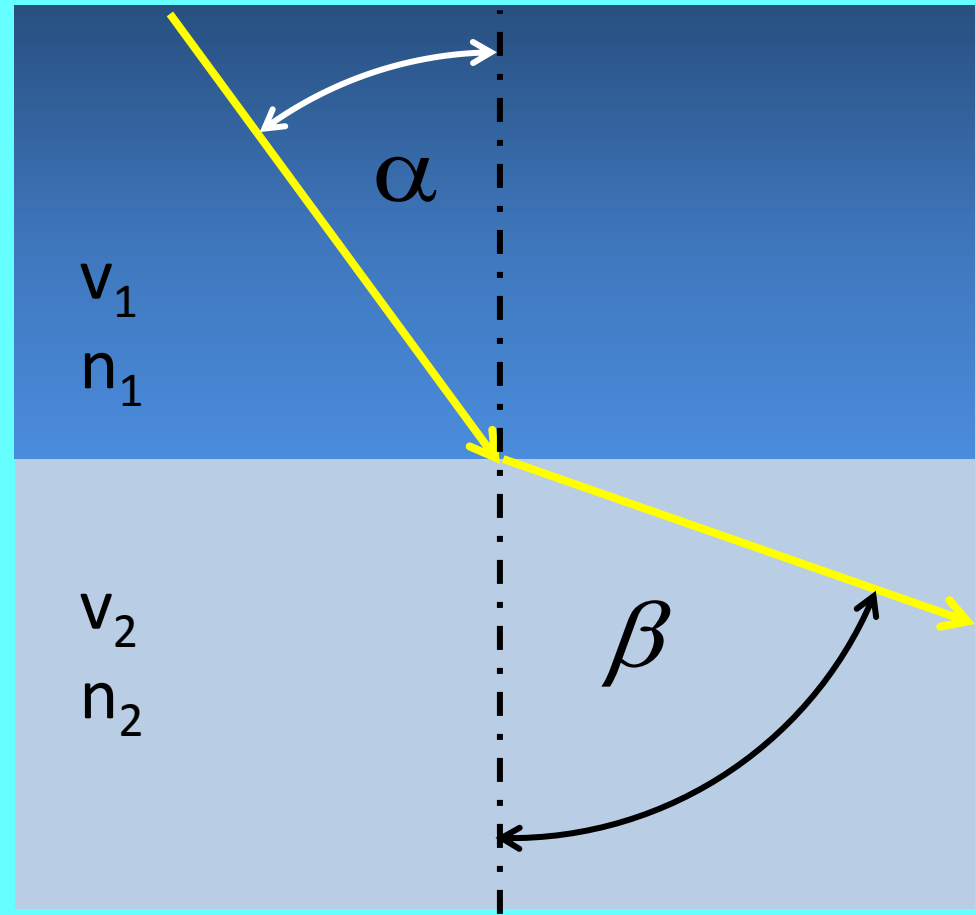
1. 4. ÚPLNÝ ODRAZ SVĚTLA

nastává jen
při lomu světla
od kolmice
(z hustšího
do řidšího prostředí).

$$v_1 < v_2$$

$$n_1 > n_2$$

$$\alpha < \beta$$



Při mezním úhlu dopadu

$$\alpha_m \rightarrow \beta = 90^\circ$$

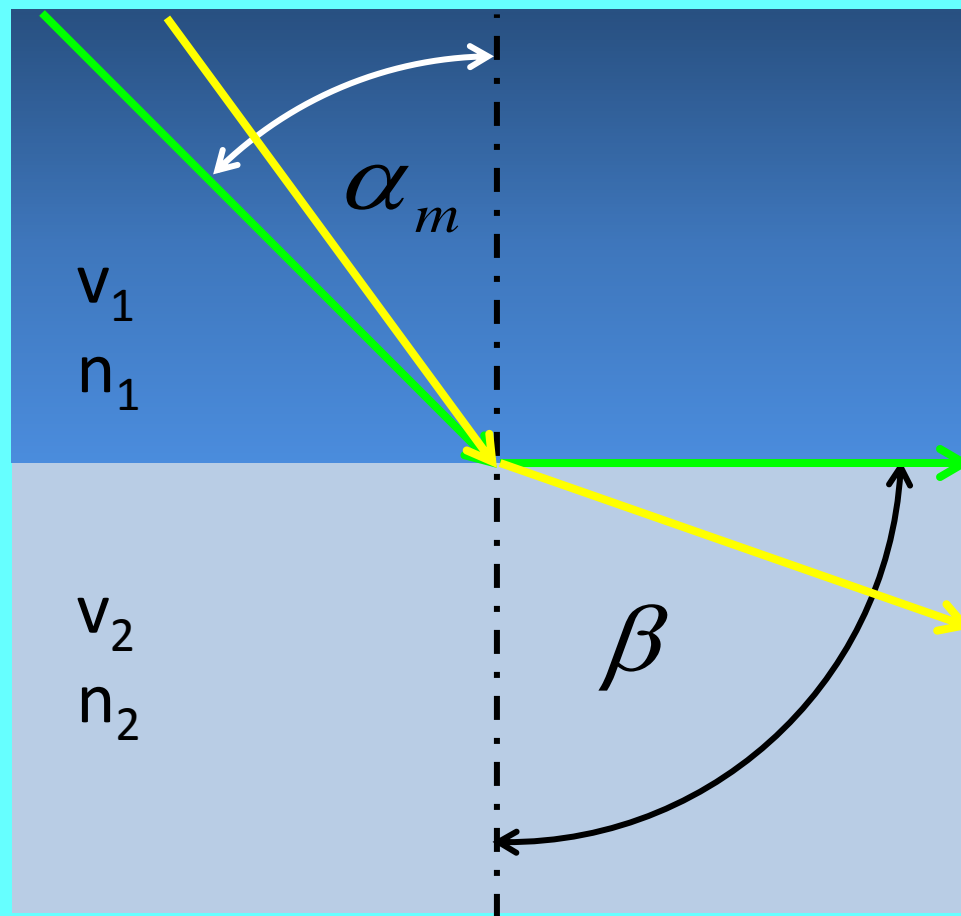
je-li řidší prostředí
vakuum nebo vzduch, pak

$$n_2 = 1$$

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

$$n_1 \cdot \sin \alpha_m = 1$$

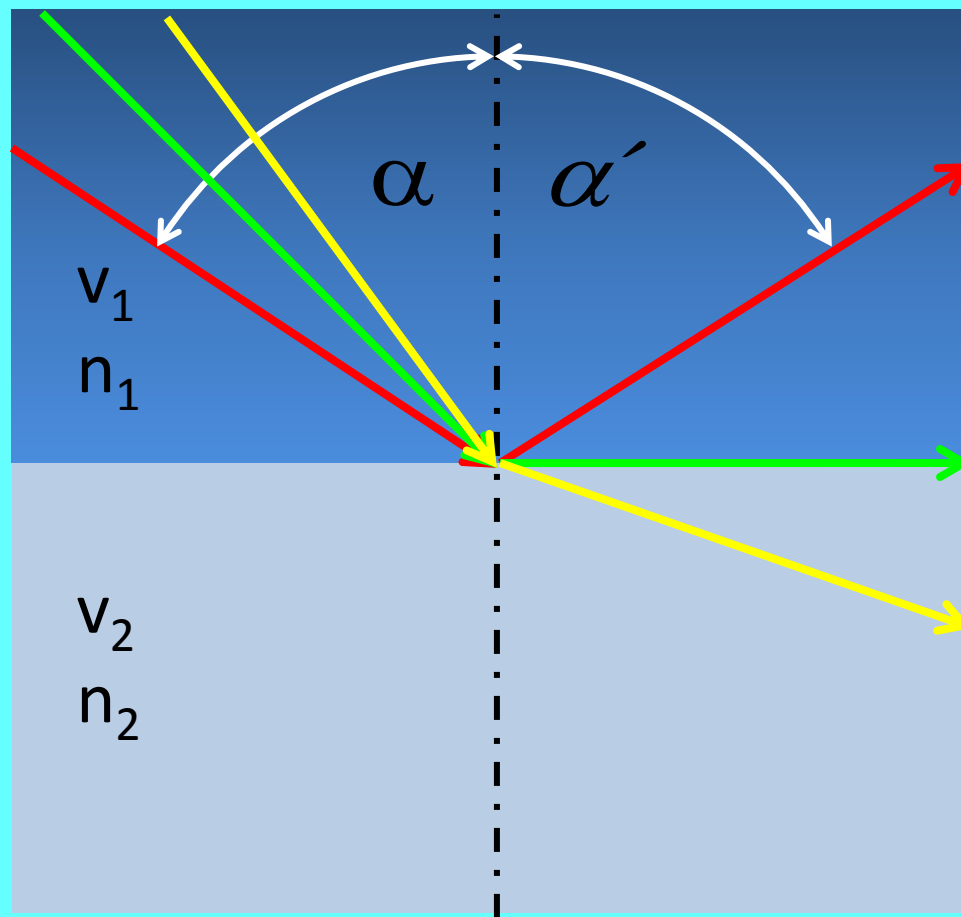
$$\sin \alpha_m = \frac{1}{n_1}$$



Je-li

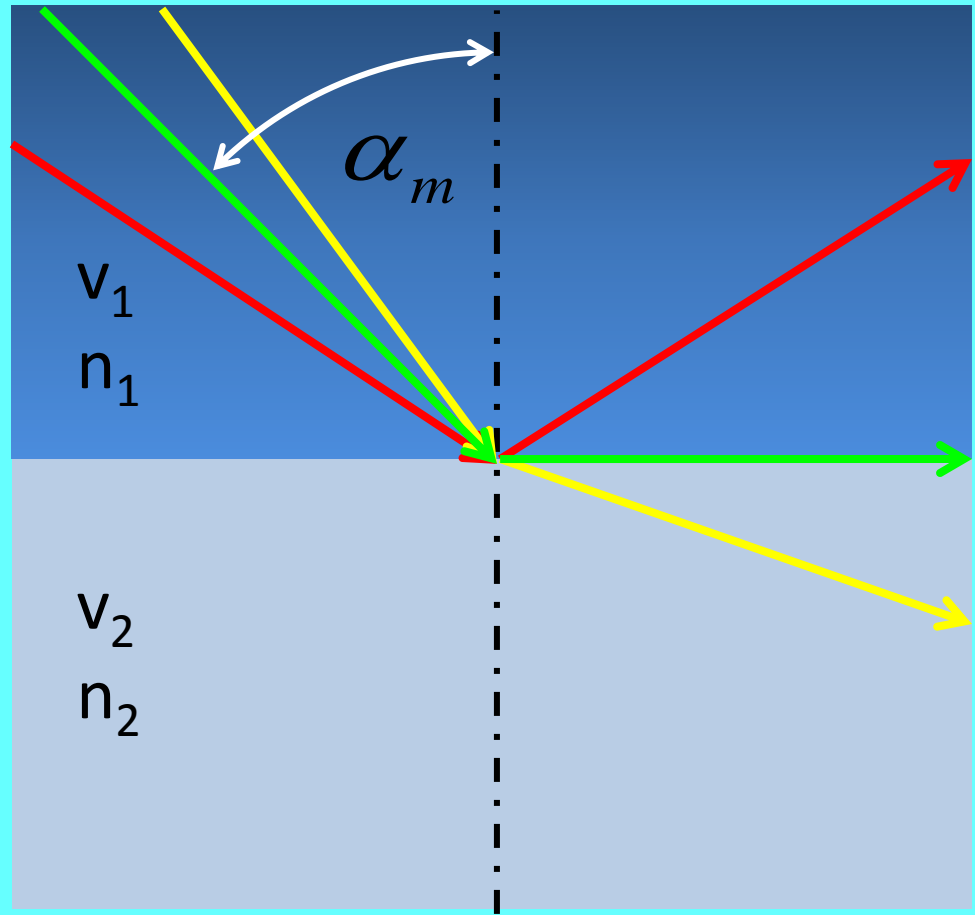
$$\alpha > \alpha_m$$

světlo se jen odráží
(k lomu nedochází)
a nastává **úplný odraz**.



ÚPLNÝ ODRAZ SVĚTLA

SHRNUTÍ:



VYUŽITÍ ÚPLNÉHO ODRAZU SVĚTLA

optické vlákno (vláknový vlnovod)

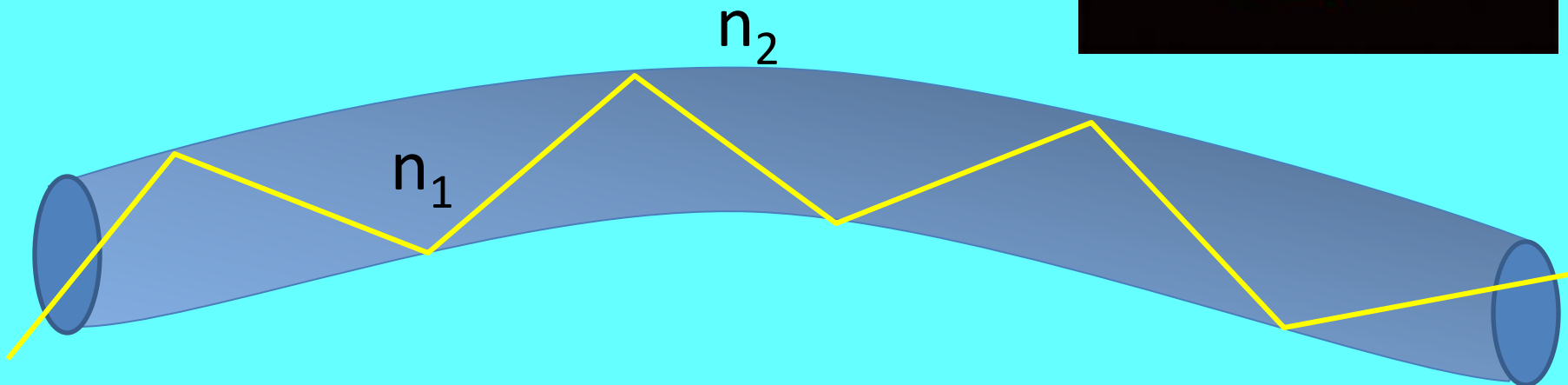
tenké vlákno z křemenného skla se stěnami umožňujícími úplný odraz světla

(střední část má

větší index lomu

než obvodová vrstva)

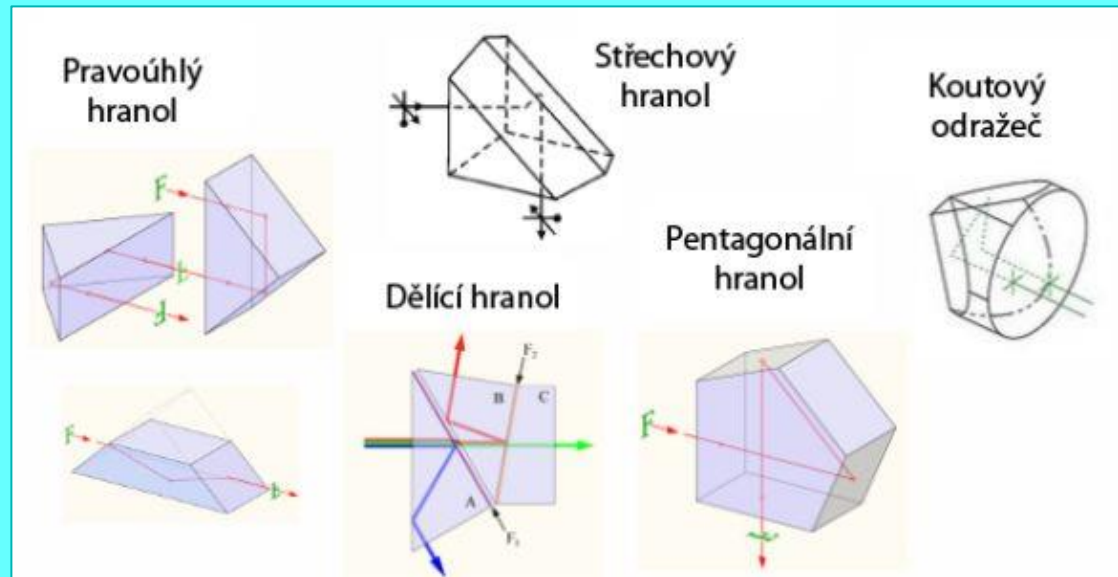
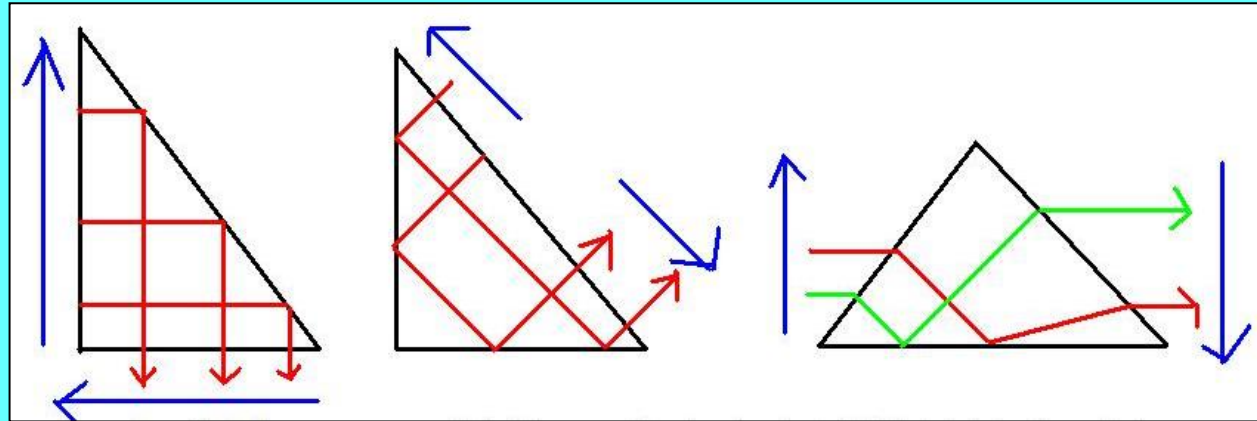
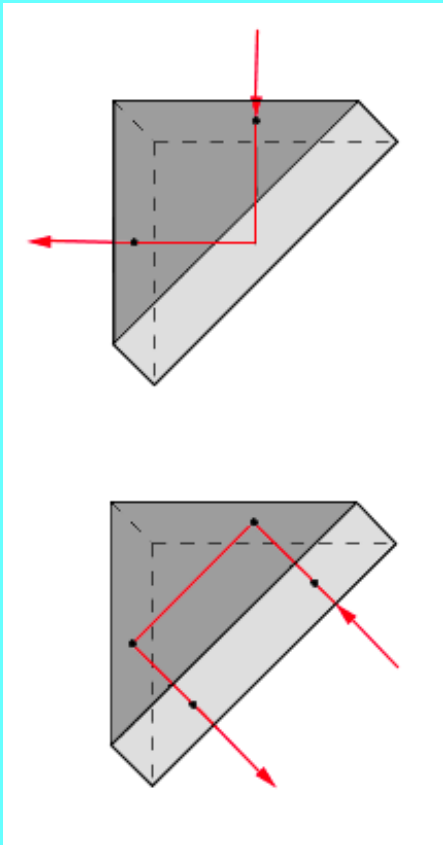
$$n_1 > n_2$$



- využití v optoelektronice, sdělovací technice

VYUŽITÍ ÚPLNÉHO ODRAZU SVĚTLA

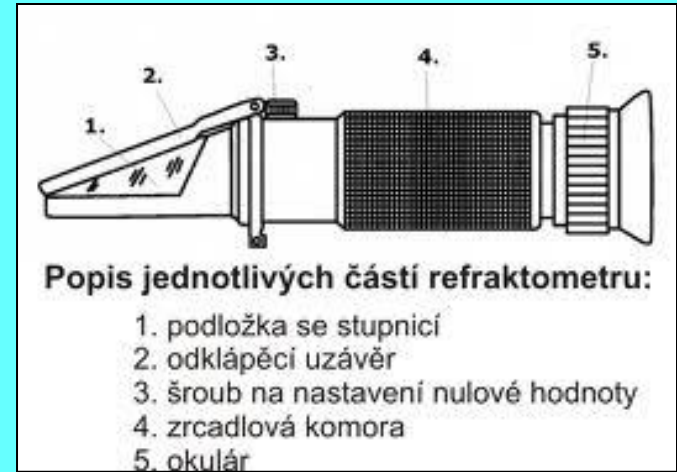
odrazné hranoly využití v dalekohledech, mikroskopech, hledáčcích kamer



VYUŽITÍ ÚPLNÉHO ODRAZU SVĚTLA

refraktometr

přístroj pro určení indexu lomu
založený na měření mezního úhlu



Fata morgana

Vzniká v poušti v důsledku nerovnoměrného ohřevu vzduchu nad zemí. Vrstvy vzduchu mají různé teploty, různé indexy lomu n . Na rozhraní těchto vrstev pak může docházet i k totálnímu odrazu světla.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

FYZIKA PRO IV. ROČNÍK GYMNÁZIA - OPTIKA

DISPERZE SVĚTLA

Mgr. Monika Bouchalová

Gymnázium, Havířov-Město, Komenského 2, p.o.

III/2-2-1-03

Zpracováno 10. října 2012

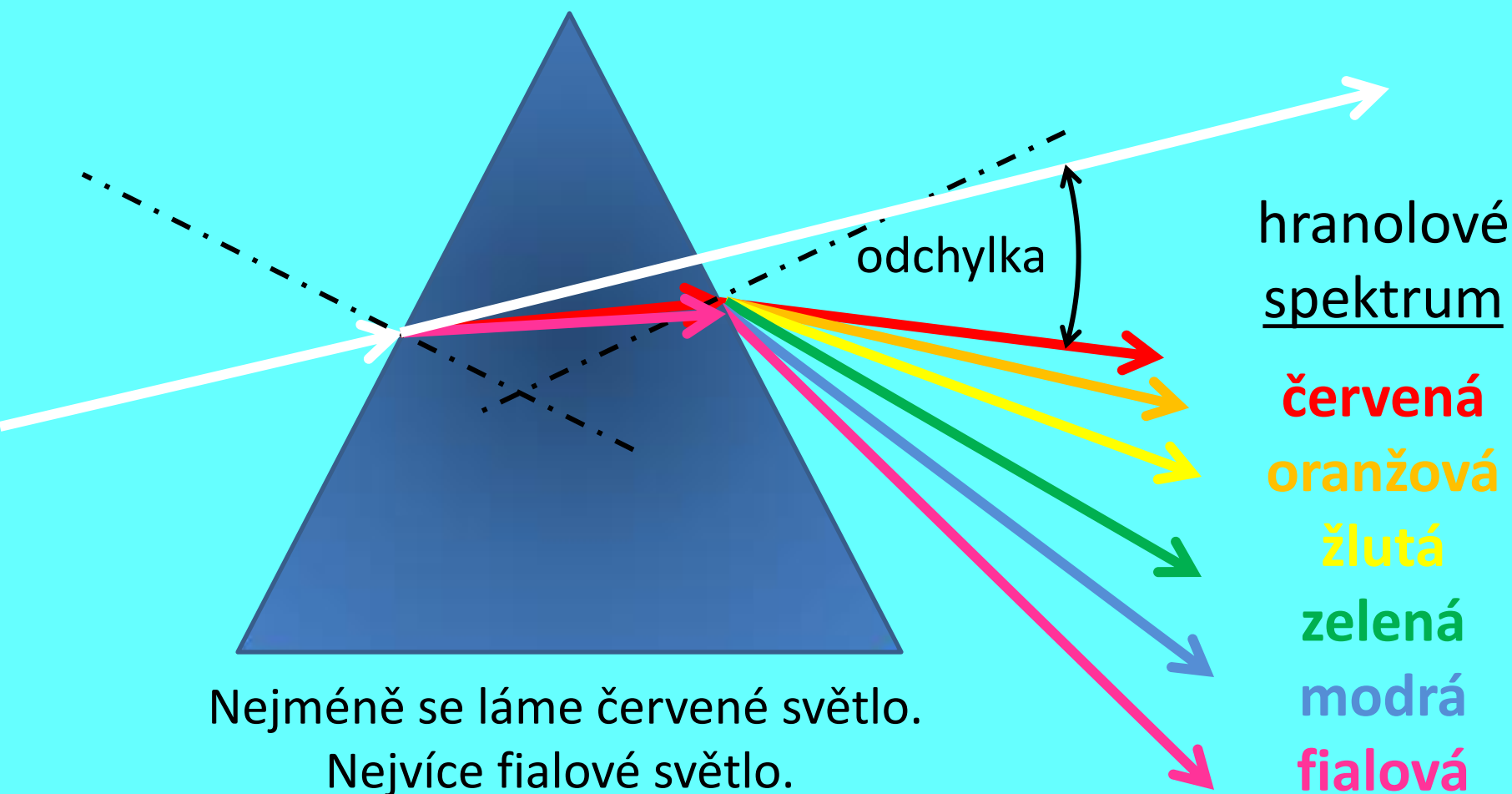
Tento digitální učební materiál (DUM) vznikl na základě řešení projektu OPVK, registrační číslo CZ.1.07/1.5.00/34.0794 s názvem „Výuka na gymnáziu podporovaná ICT“.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

1. 5. DISPERZE SVĚTLA

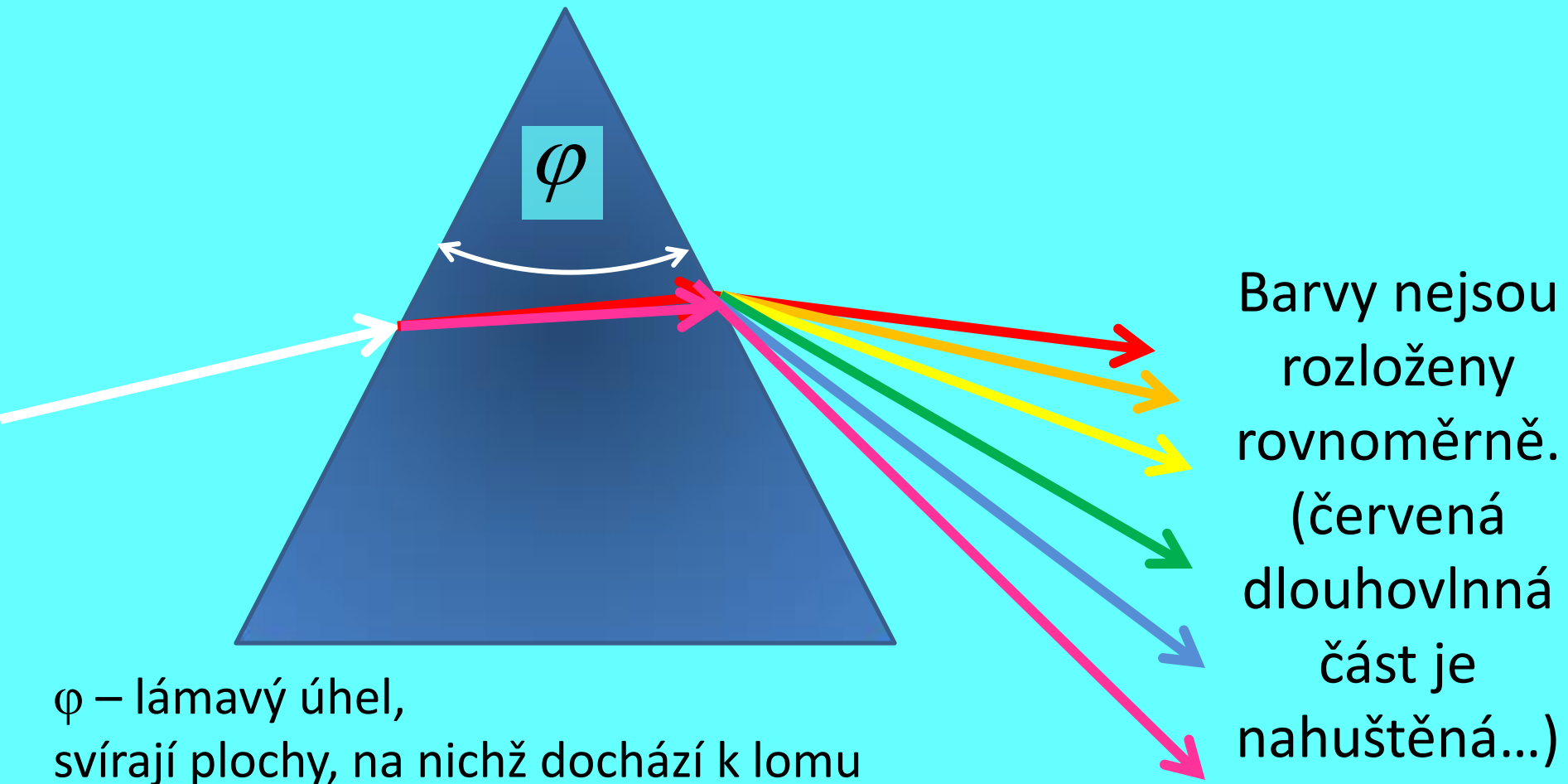
je závislost rychlosti světla v látkách na jejich frekvenci,
tedy rozklad světla na barevné složky.

Rozložení bílého světla na optickém hranolu:



1. 5. DISPERZE SVĚTLA

Světla různých frekvencí (různých barev) se v daném prostředí šíří různou rychlostí, proto mají i jiné indexy lomu. Monofrekvenční světla nelze dále rozložit.



Index lomu prostředí závisí na frekvenci světla.

Při tzv. normální disperzi se

- index lomu s rostoucí frekvencí zvětšuje. (**s↑f se n↑**)
- rychlost světla se s rostoucí frekvencí zmenšuje (**s↑f se v↓**)

Frekvence se nemění, mění se rychlost :

$$f = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{v}{\lambda}$$

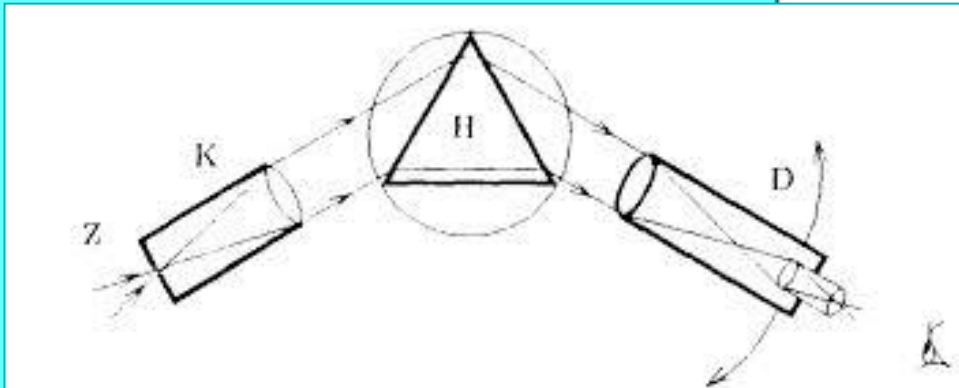
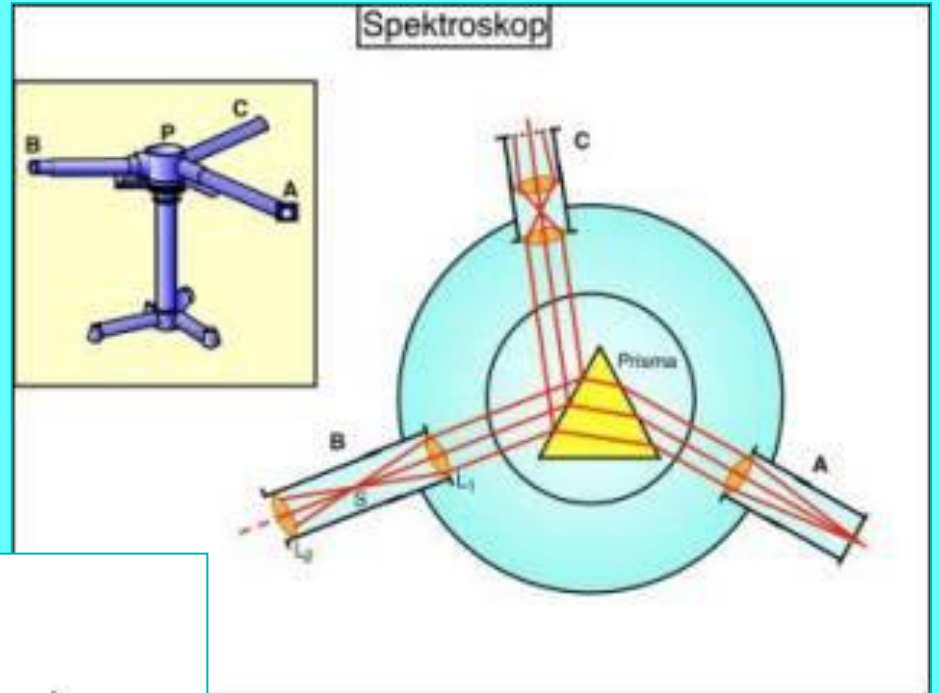
$$n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_0}{\lambda}$$

λ_0 – vlnová délka světla ve vakuu

λ – vlnová délka světla v prostředí s indexem lomu n
(λ je n -krát menší než λ_0)

Hranolový spektroskop

přístroj určující složení světla tzv. spektrální analýzou



1. 6. BARVA SVĚTLA

Barvu světla

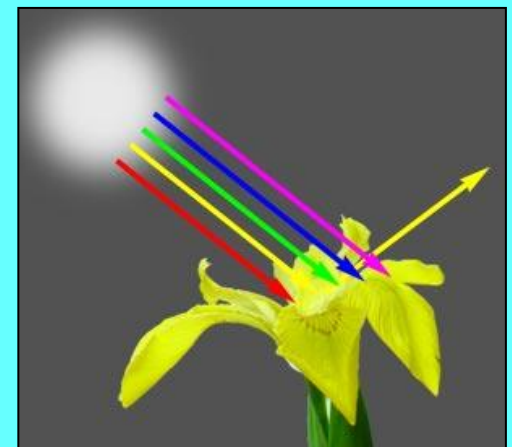
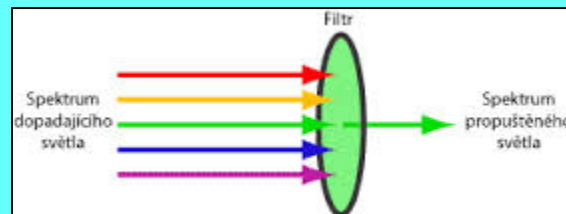
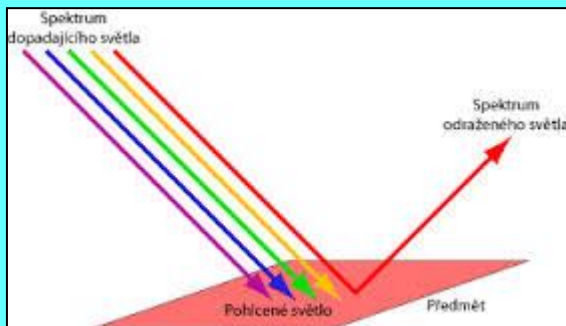
určuje spektrální složení – souhrn monofrekvenčních světél.

Barva předmětu

závisí také na barvě světla, kterým je předmět osvětlen.

Sytost

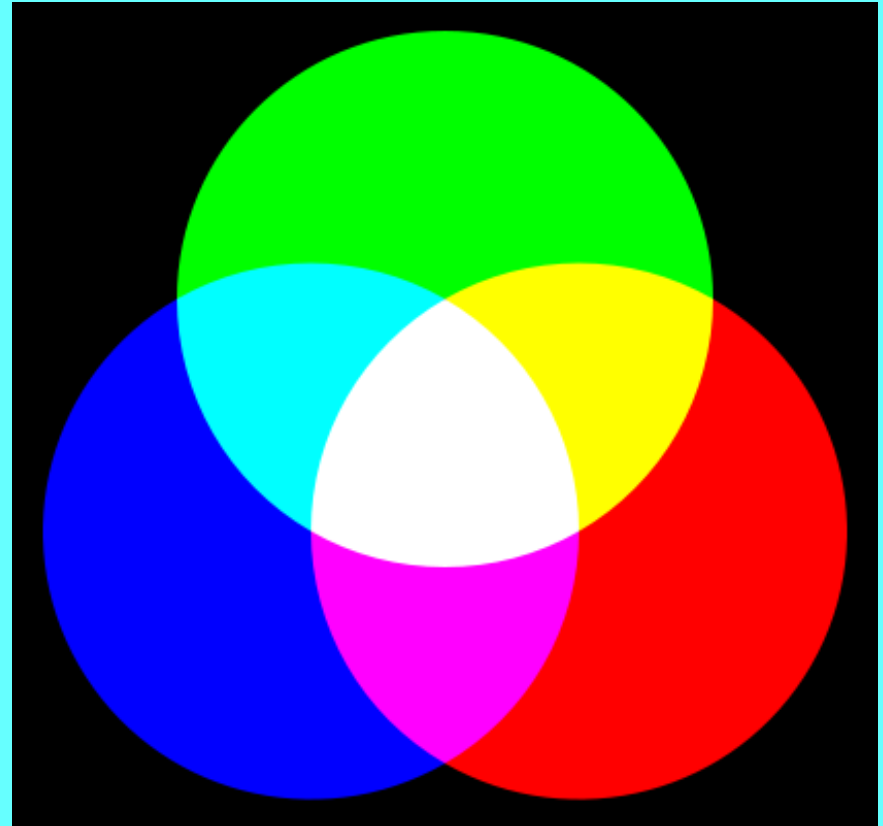
je dána podílem bílé složky ve světle dané barvy.



MÍCHÁNÍ BAREV

Aditivní (součtové)

- Jednotlivé složky barev (**R****G****B**) se sčítají a vytváří světlo větší intenzity.
- Smícháním dvou základních barev vznikne **komplementární (doplňková)** barva k třetí základní barvě.
- Princip aditivního míchání barev se uplatňuje na počítačových monitorech a TV obrazovkách.

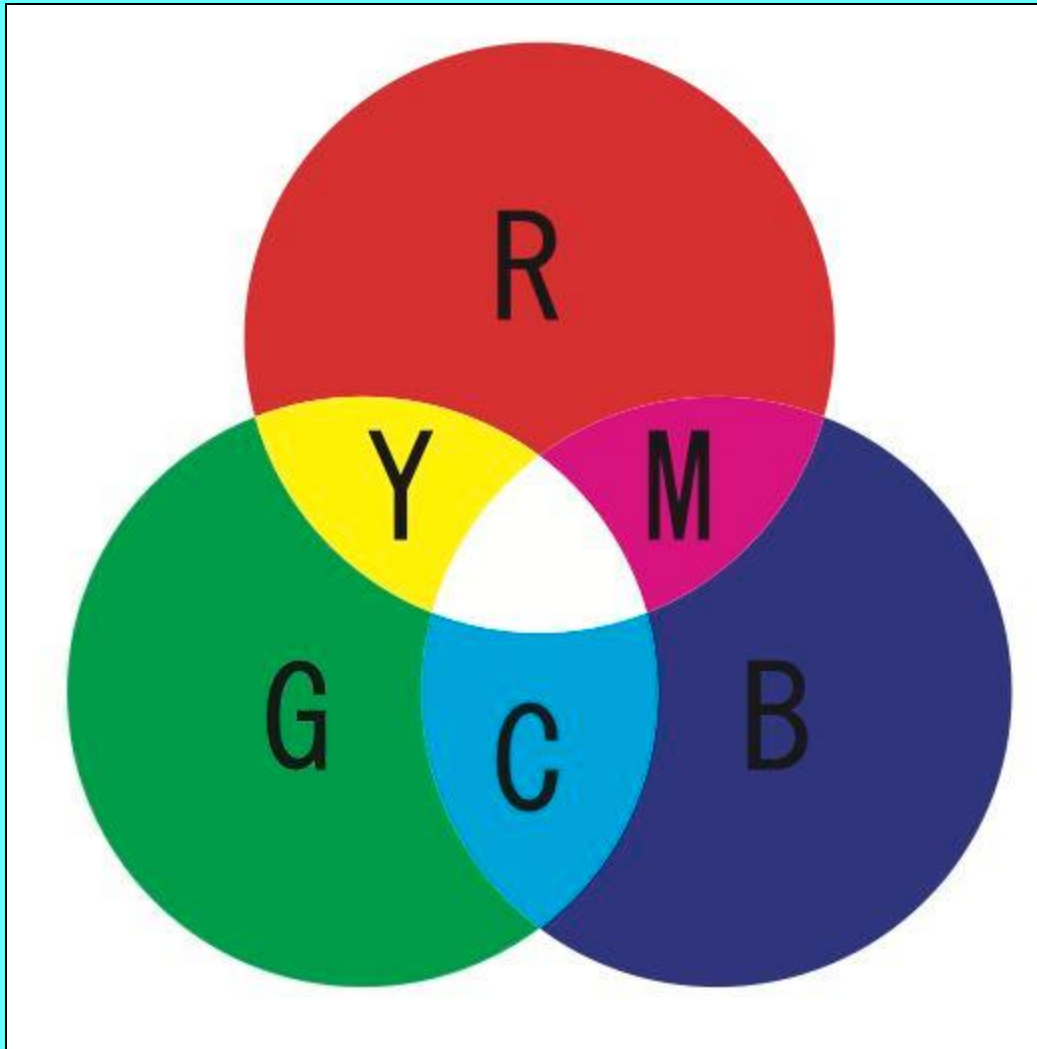


Obr.: 1

MÍCHÁNÍ BAREV



MÍCHÁNÍ BAREV



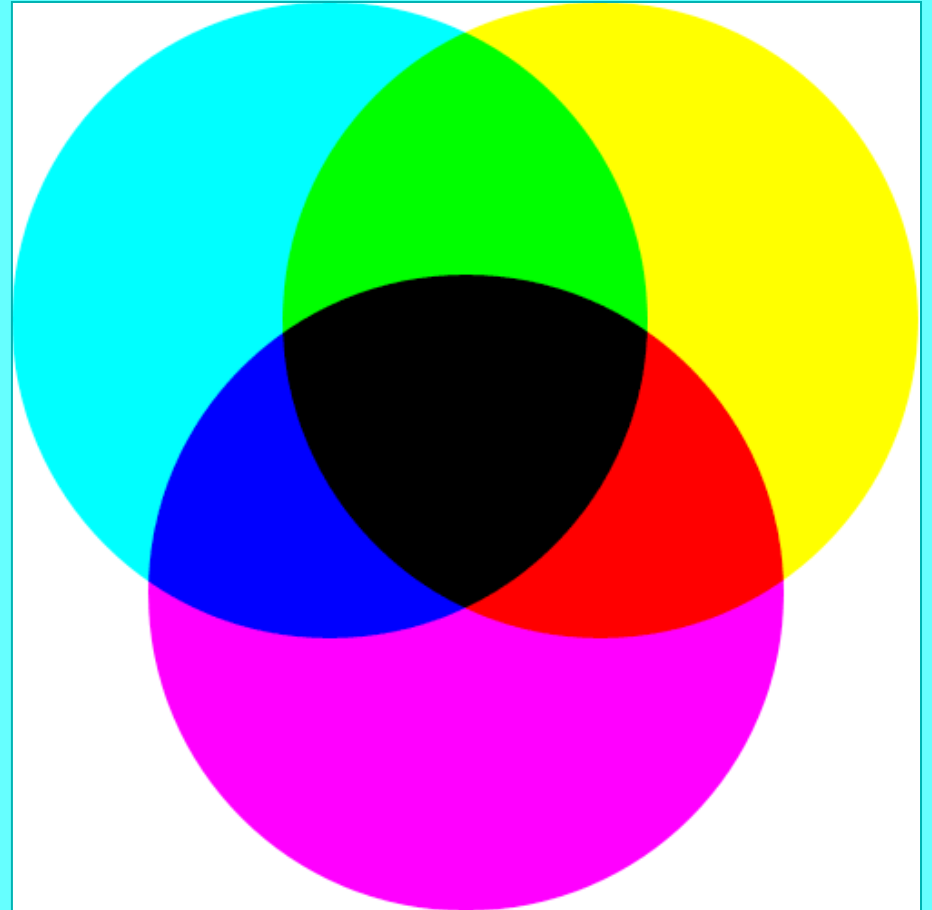
MÍCHÁNÍ BAREV

Subtraktivní (odčítací)

- S každou další přidanou barvou se ubírá část původního světla.

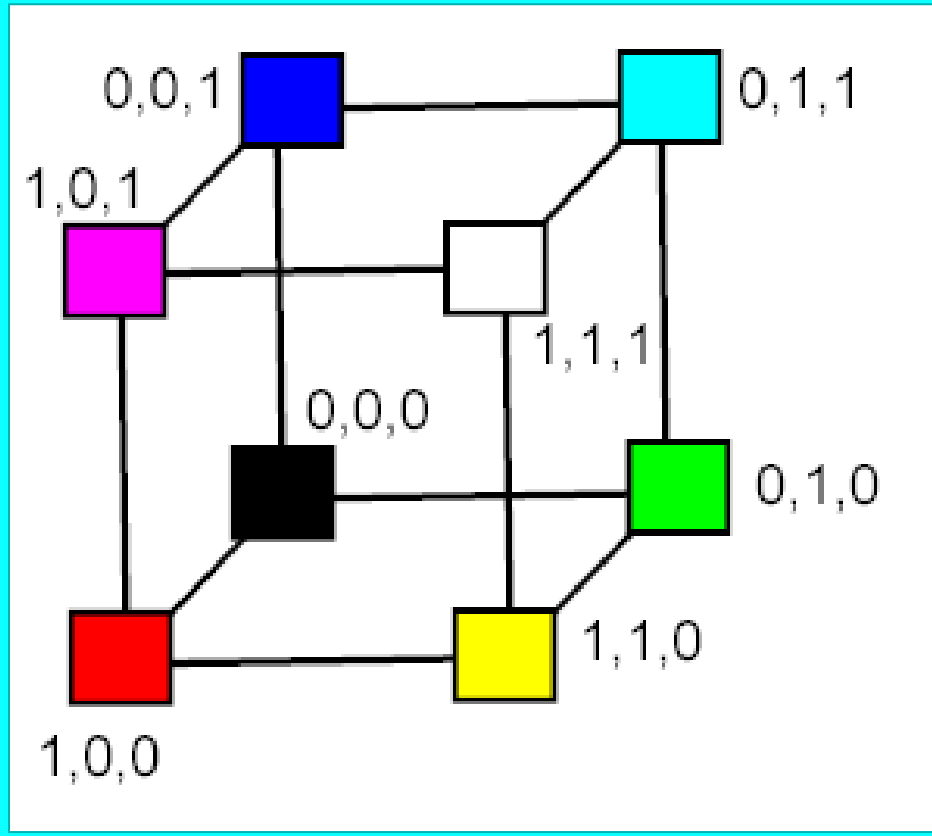
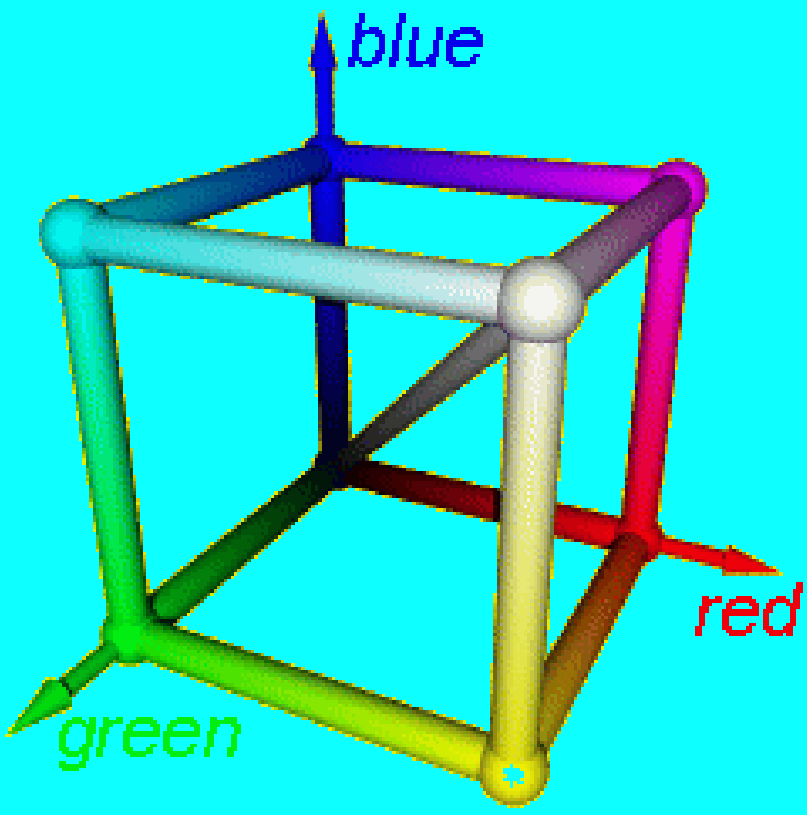
Yellow žlutá,
Cyan azurová,
Magenta purpurová

- Využití v tiskárnách.
- **CMYK**



Obr.: 2

MÍCHÁNÍ BAREV (RGB)

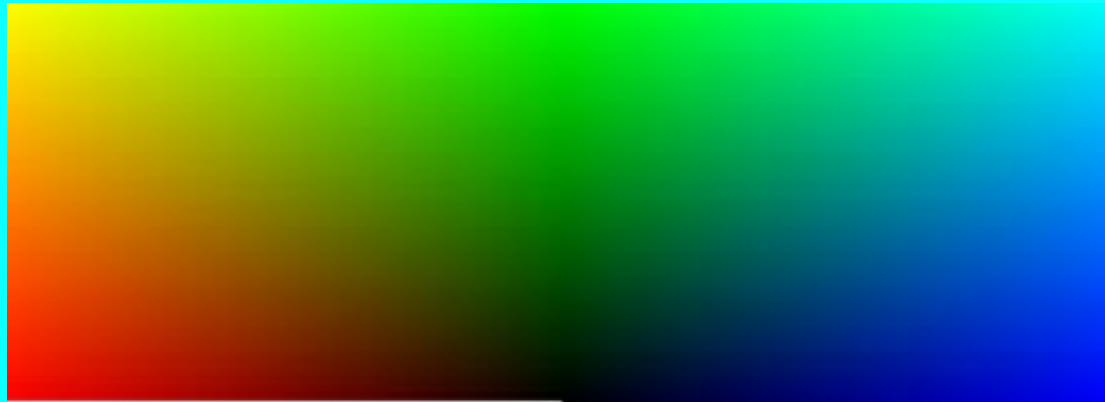


MÍCHÁNÍ BAREV (RGB)

žlutá
(255,255,0)

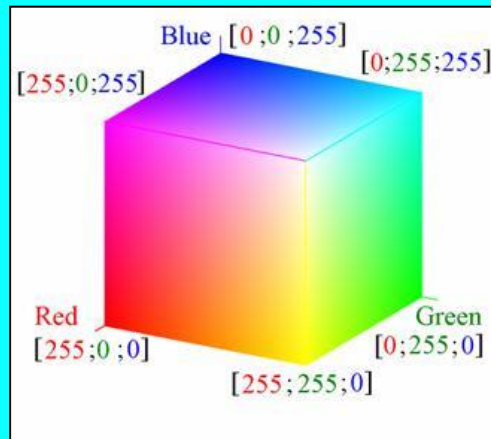
zelená
(0,255,0)

azurová
(0,255,255)



červená
(255,0,0)

modrá
(0,0,255)



červená
(255,0,0)

purpurová
(255,0,255)



OPAKOVÁNÍ

Na každém snímku je vždy osm tvrzení
a polovina z nich je pravdivá.

Vyberte, která to jsou.

pravdivá

nepravdivá

A

- 1 V opticky průhledném prostředí dochází k rozptylu světla.
- 2 V opticky izotropním prostředí je rychlost světla stejná nezávisle na směru šíření.
- 3 Světelné paprsky mají stejný tvar jako vlnoplocha.
- 4 Absorpce světla je pohlcování světla nebo jeho složky prostředím.
- 5 Při lomu z opticky hustšího do řidšího prostředí nastává lom ke kolmici ($\alpha > \beta$).
- 6 Dopadající a odražený paprsek můžeme vzájemně zaměnit.
- 7 Při lomu světla ze vzduchu do vody může nastat při dosažení mezního úhlu úplný odraz světla.
- 8 Zelené světlo má menší frekvenci než modré.

A

- 1 V opticky průhledném prostředí dochází k rozptylu světla.
- 2 V opticky izotropním prostředí je rychlost světla stejná nezávisle na směru šíření.
- 3 Světelné paprsky mají stejný tvar jako vlnoplocha.
- 4 Absorpce světla je pohlcování světla nebo jeho složky prostředím.
- 5 Při lomu z opticky hustšího do řidšího prostředí nastává lom ke kolmici ($\alpha > \beta$).
- 6 Dopadající a odražený paprsek můžeme vzájemně zaměnit.
- 7 Při lomu světla ze vzduchu do vody může nastat při dosažení mezního úhlu úplný odraz světla.
- 8 Zelené světlo má menší frekvenci než modré.

B

1 Žluté světlo má větší frekvenci než modré.

2 Při disperzi bílého světla se od původního směru nejvíce odchýlí červené světlo.

3 Vlnová délka světla v prostředí s indexem lomu n je n -krát menší než ve vakuu.

4 Dopadající a lomený paprsek můžeme vzájemně zaměnit.

5 Světlo potřebuje ke svému šíření látkové prostředí.

6 Absorpce světla je pohlcování světla nebo jeho složky prostředím.

7 $v_1 \cdot \sin \alpha = v_2 \cdot \sin \beta$

8 Při lomu z opticky hustšího do řidšího prostředí nastává lom od kolmice ($\alpha < \beta$).

B

1 Žluté světlo má větší frekvenci než modré.

2 Při disperzi bílého světla se od původního směru nejvíce odchýlí červené světlo.

3 Vlnová délka světla v prostředí s indexem lomu n je n -krát menší než ve vakuu.

4 Dopadající a lomený paprsek můžeme vzájemně zaměnit.

5 Světlo potřebuje ke svému šíření látkové prostředí.

6 Absorpce světla je pohlcování světla nebo jeho složky prostředím.

7 $v_1 \cdot \sin \alpha = v_2 \cdot \sin \beta$

8 Při lomu z opticky hustšího do řidšího prostředí nastává lom od kolmice ($\alpha < \beta$).

C

1	Vlnová délka světla v prostředí s indexem lomu n je n -krát větší než ve vakuu.
2	Barvy po rozkladu bílého světla jsou rozloženy rovnoměrně.
3	Vlnoplocha je plocha na níž leží body, do kterých vlnění dospělo za tutéž dobu.
4	V opticky průsvitném prostředí dochází k částečnému rozptylu světla.
5	Při lomu z opticky hustšího do řidšího prostředí nastává lom od kolmice ($\alpha < \beta$).
6	$v_1 \cdot \sin \alpha = v_2 \cdot \sin \beta$
7	Dopadající a lomený paprsek nemůžeme vzájemně zaměnit.
8	Při disperzi bílého světla se od původního směru nejvíce odchýlí fialové světlo.

C

1

Vlnová délka světla v prostředí s indexem lomu n je n -krát větší než ve vakuu.

2

Barvy po rozkladu bílého světla jsou rozloženy rovnoměrně.

3

Vlnoplocha je plocha na níž leží body, do kterých vlnění dospělo za tutéž dobu.

4

V opticky průsvitném prostředí dochází k částečnému rozptylu světla.

5

Při lomu z opticky hustšího do řidšího prostředí nastává lom od kolmice ($\alpha < \beta$).

6

$$v_1 \cdot \sin \alpha = v_2 \cdot \sin \beta$$

7

Dopadající a lomený paprsek nemůžeme vzájemně zaměnit.

8

Při disperzi bílého světla se od původního směru nejvíce odchýlí fialové světlo.