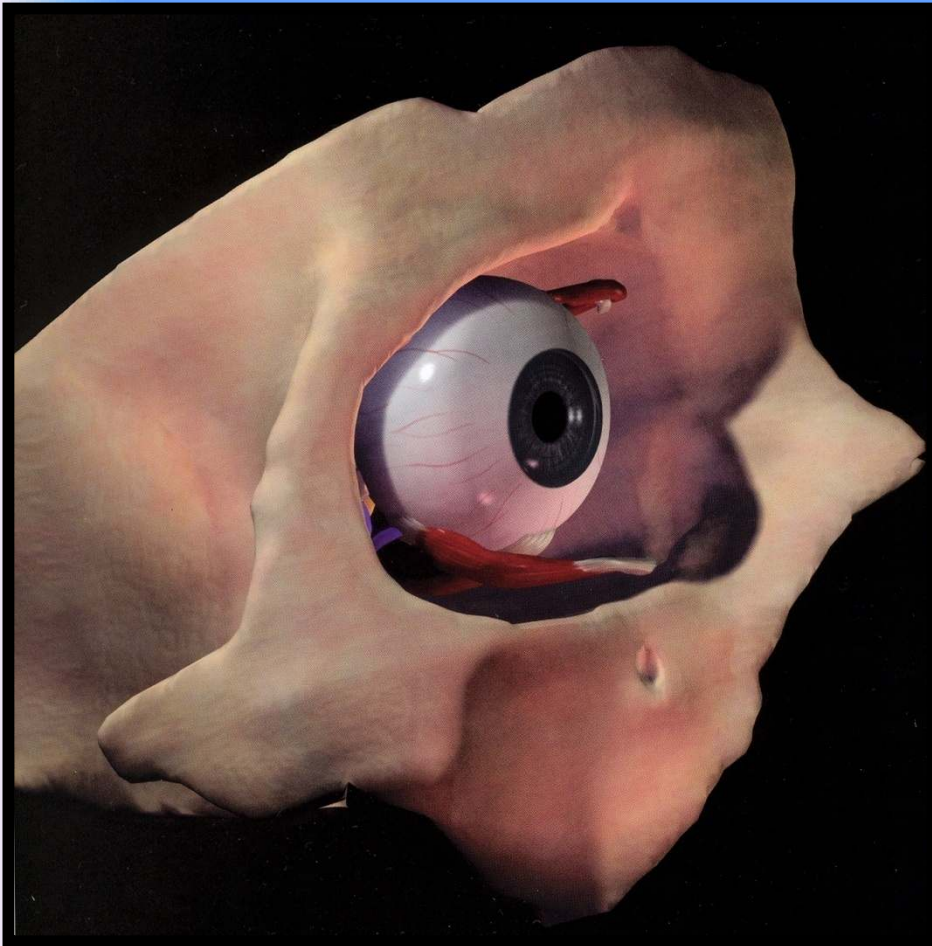
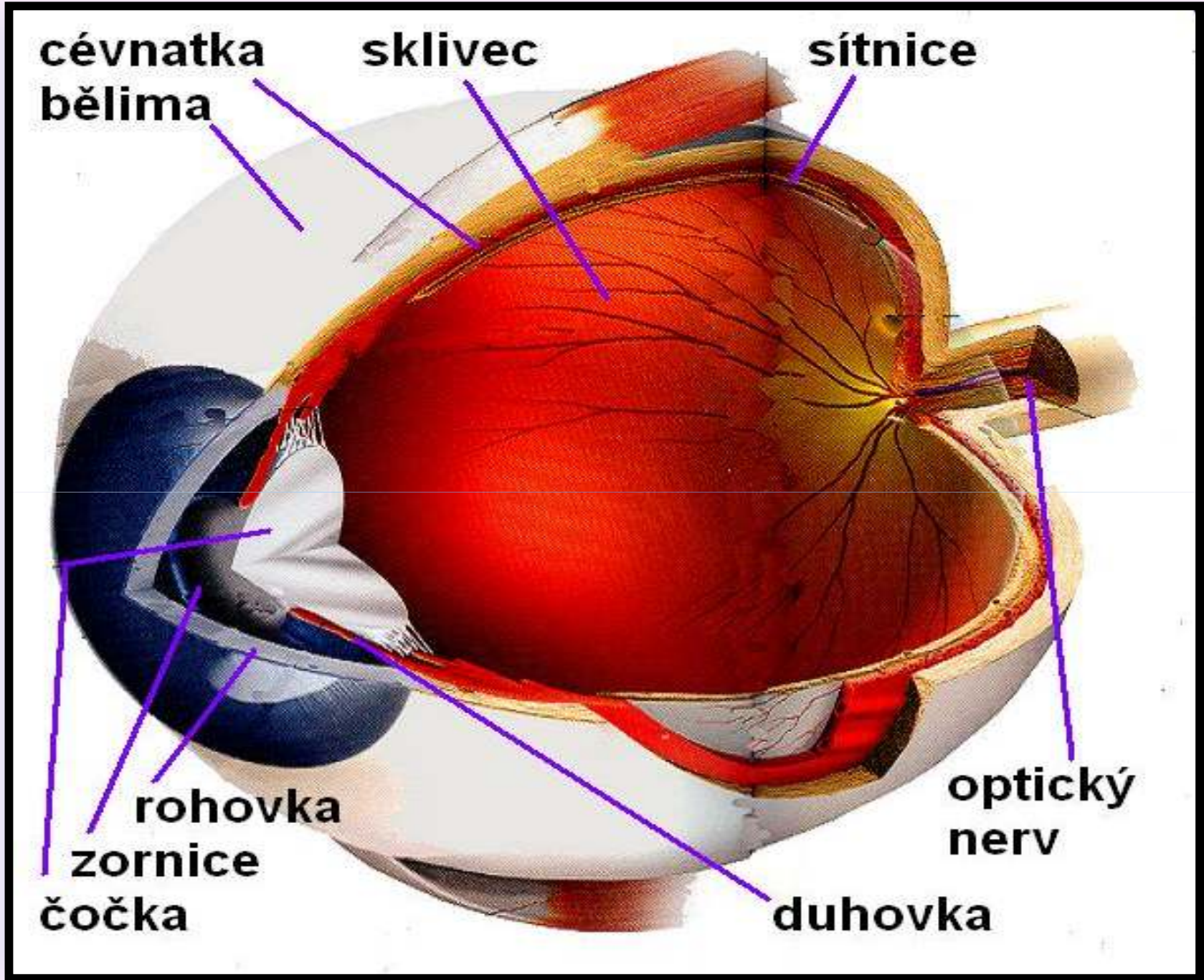


VIDĚNÍ A SLYŠENÍ POD VODOU

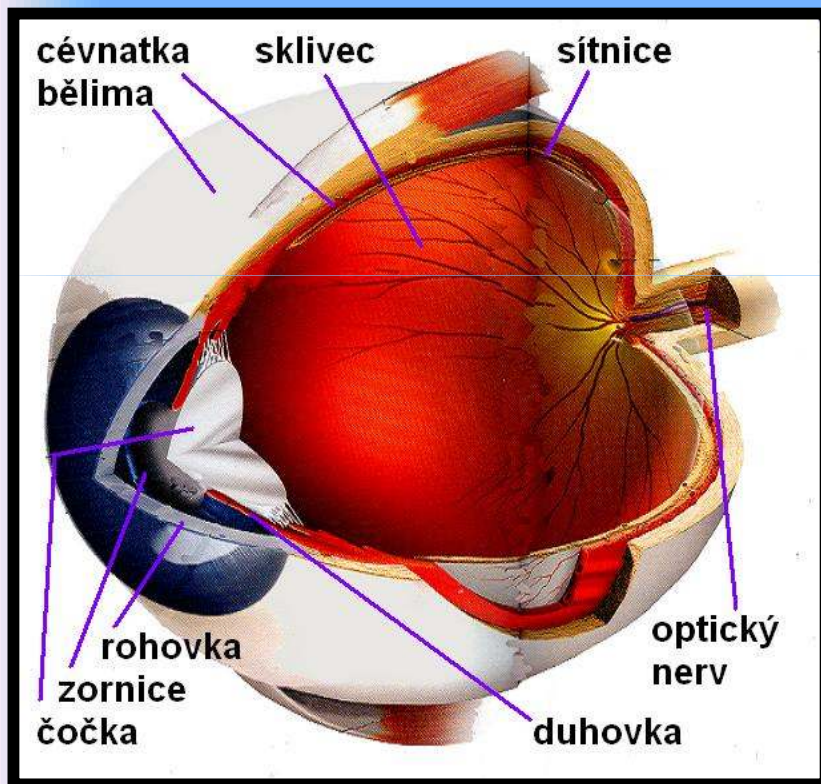
Lidské oko



- Oko uložené v kostěném očním důlku, je duté těleso vyplněné rosolovitou látkou sklivcem. Sklivec pokrývá několik vrstev blan, které tvoří oční bulvy: sítnici, cévnatka a bělima oční. Na přední části oka přechází bělima v perfektně průhlednou rohovku.

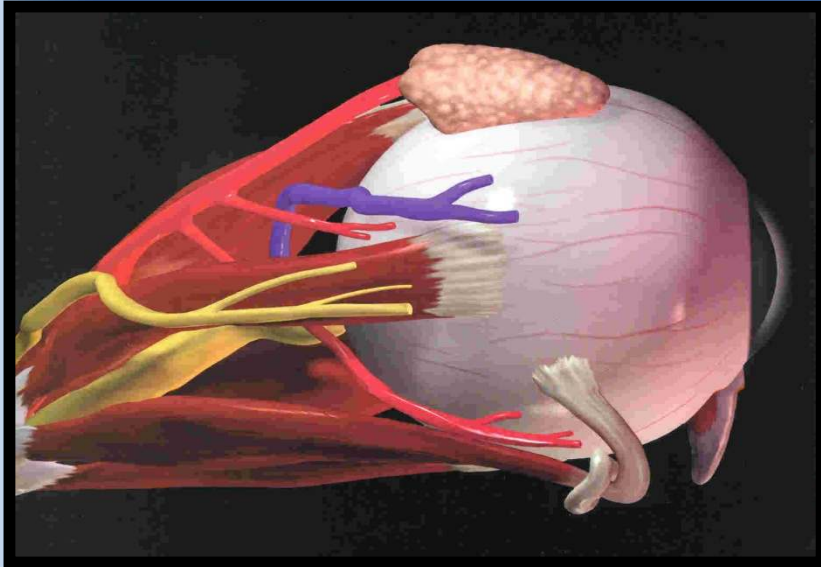


Uvnitř oční bulvy

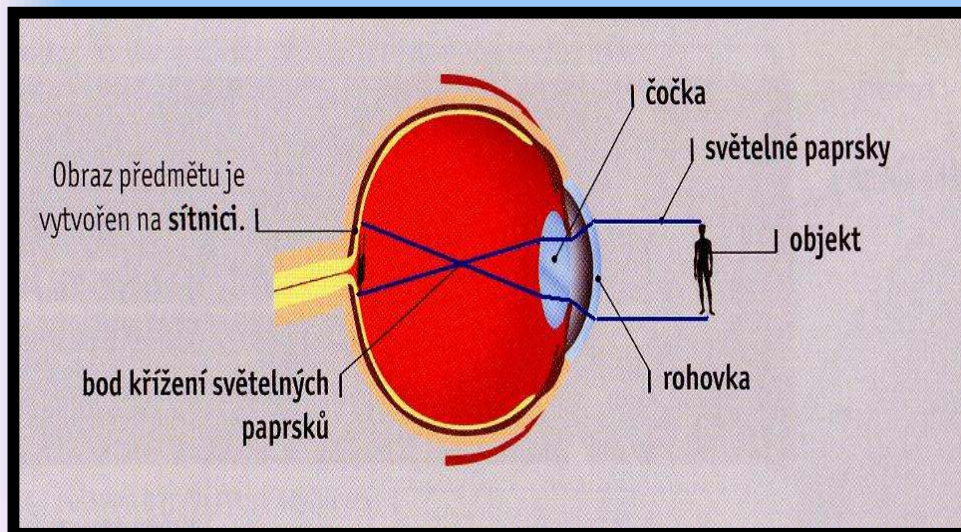


- **Cévnatka** - je cévnatá vrstva mezi bělimou a sítnicí. Zásobuje sítnici živinami a kyslíkem.
- **Bělima** - tvoří nejsilnější vrstvu obalu oční bulvy a chrání křehké vnitřní struktury oka. Je pokryta slizniční vrstvou spojivkou.
- **Rohovka** - její zakřivený tvar umožňuje lom světla v ostrém úhlu směrem dovnitř oka.
- **Zornice** - mění velikost podle množství světelných paprsků, které se k ní dostanou.
- **Čočka** - soustředí světelné paprsky směrem k sítnici.
- **Duhovka** - je sval, který kontrakcí a uvolněním určuje velikost otvoru zornice. Barva duhovky je různá člověk od člověka.

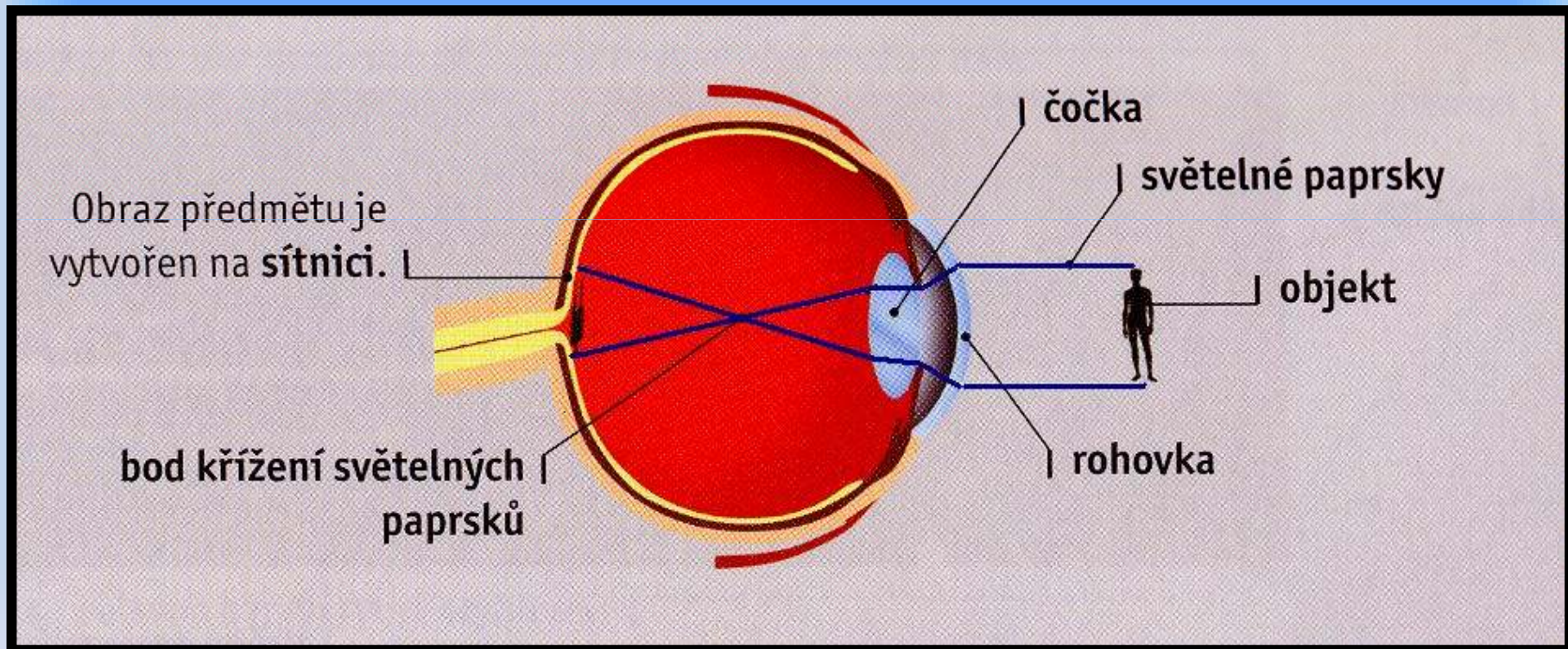
Jak oko zaostřuje



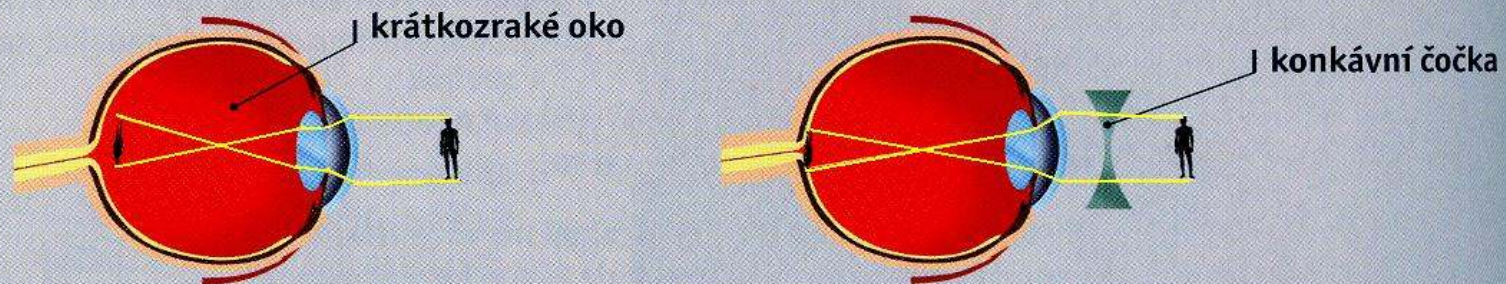
- Světelné paprsky vycházejí z předmětu , na který se díváme, nejdříve se lámou rohovkou a směřují do krystalicky čisté čočky. Na rozdíl od zakřivení rohovky je zakřivení čočky proměnlivé, takže se na sítnici mohou zaostřit různě vzdálené předměty (čočka mění optickou mohutnost).



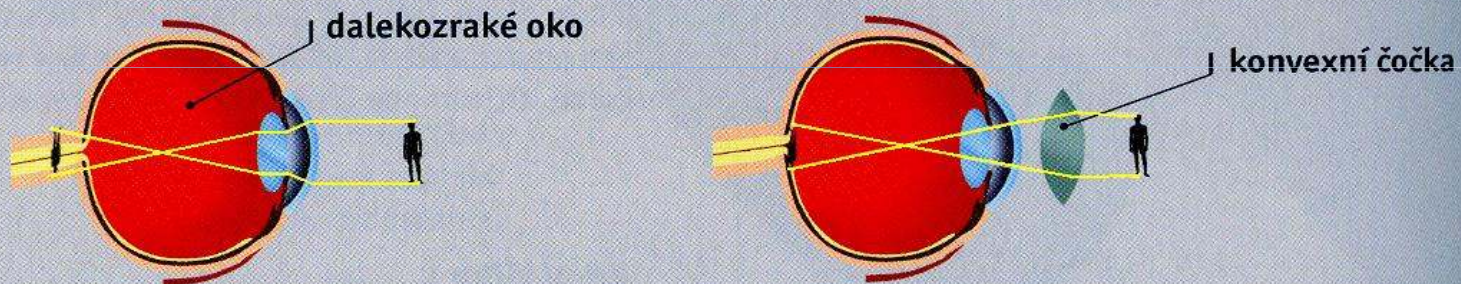
Jak oko zaostřuje



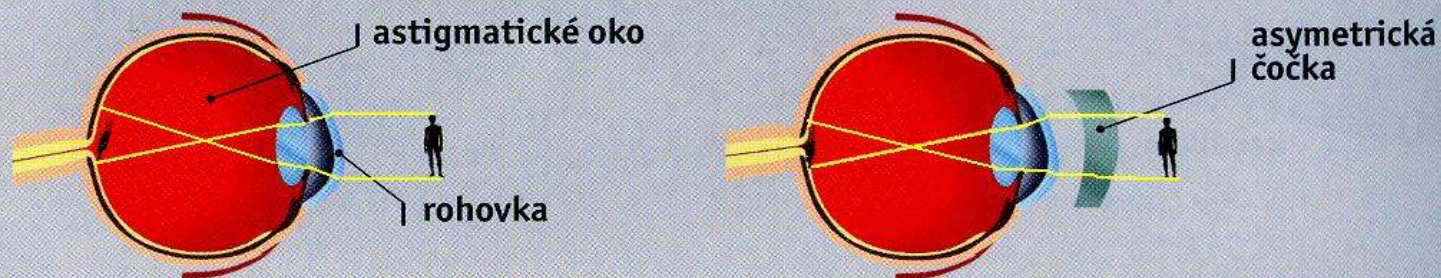
Krátkozrakost (myopie) je vada, při které jsou obrazy vzdálených objektů zaostřeny před sítnicí. Tato situace se napraví konkávní čočkou (rozptylkou), která posune bod křížení světelných paprsků dál do oka.



Naopak u **dalekozrakosti (hypermetropie)** ostrý obraz vzniká za sítnicí. K nápravě tohoto problému se používají konvexní čočky (spojky), které v oku posunou bod křížení světelných paprsků dopředu.



Astigmatismus je vada zakřivení rohovky nebo čočky zabraňující homogennímu (stejnorodému) sbíhání světelných paprsků. Tento problém může napravit asymetrická čočka.



Rozklad a šíření světla

Světlem nazýváme tu část elektromagnetického záření, kterou vnímáme zrakově. Každé záření si můžeme představit jako proud částic nebo jako vlnění určité vlnové délky.

Vlnová délka světla závisí na jeho barvě a sahá od 380 nm/fialové světlo/ do 760 nm /červené světlo/.

Obyčejné bílé světlo nemá určitou vlnovou délku; je to směs barevných světél různých vlnových délek.

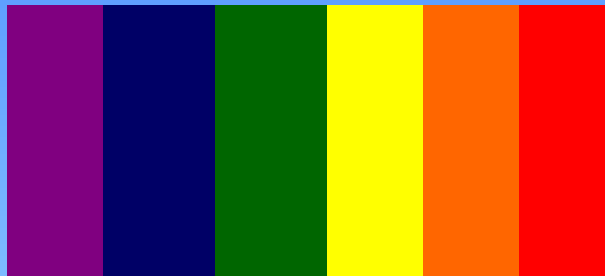
Vlnové délky jednotlivých barevných oborů

Fialový	395 až 455 nm
Modrý	455 až 490 nm
Zelený	490 až 575 nm
Žlutý	575 až 590 nm
Oranžový	590 až 650 nm
červený	650 až 750 nm

Ultrafialové a infračervené záření

Ultrafialové a infračervené záření oko nevnímá.

Ultrafialové
záření

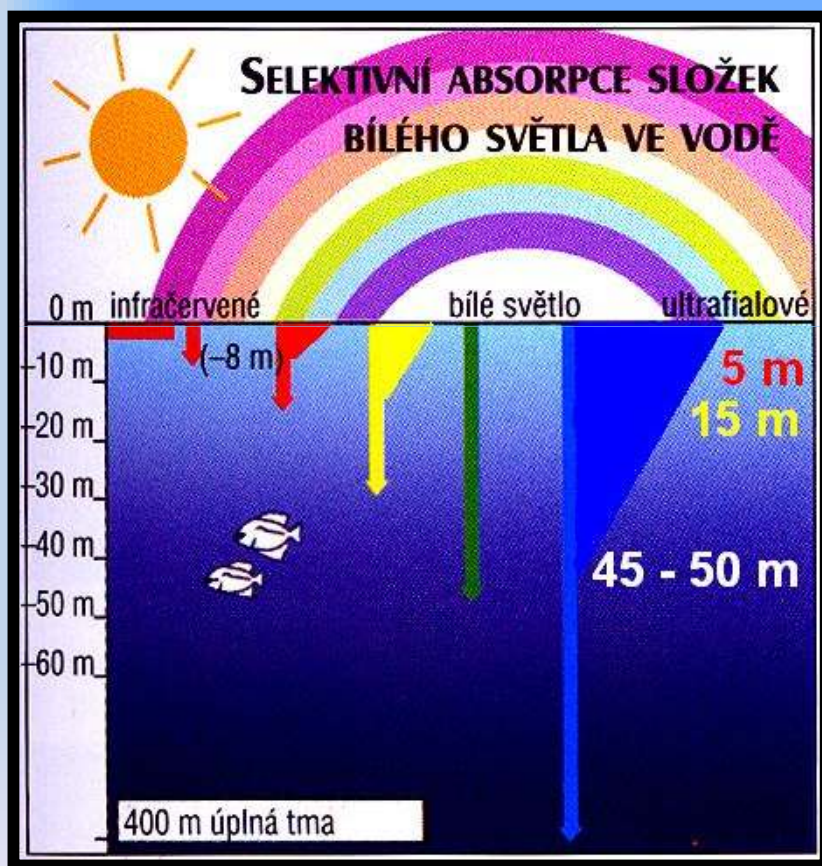


Infračervené
záření

↓
Projevuje se
fyziologickými
účinky jako, opálení
pokožky.

↓
Pocit'ujeme jako sálání
tepla.

Rozklad světla (disperze)

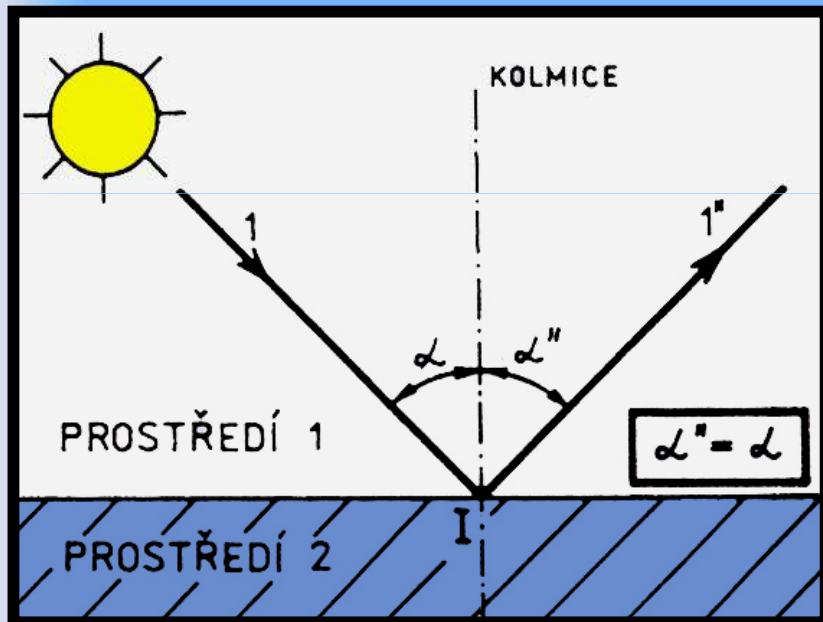


- Voda pohlcuje procházející světelné záření, část se odráží od vodní hladiny, část je pohlcována samotnou vodou a část se pohltí a rozptýlí na částech kalu a nečistot ve vodě.
- Čím delší je vlnová délka tím více je světlo pohlcováno.

Šíření světla

- Světlo se v homogenním (stejnorodém) průzračném prostředí šíří přímochaře.
- Myšlenou přímkou, po níž se šíří světlo, nazýváme světelný paprsek.
- Na rozhraní řidšího a hustšího prostředí dochází ke změně směru šíření a částečnému případně úplnému odrazu světla.

Odraz a lom světla



- Jestliže světelný paprsek dopadá na rozhraní dvou prostředí a odráží se platí pro jeho odraz zákon odrazu:
- Úhel dopadu se rovná úhlu odrazu.
- Paprsek dopadající, kolmice a paprsek odražený leží v téže rovině.

Lom světla

Jestliže světelný paprsek nějakým prostředím prochází platí pro něj

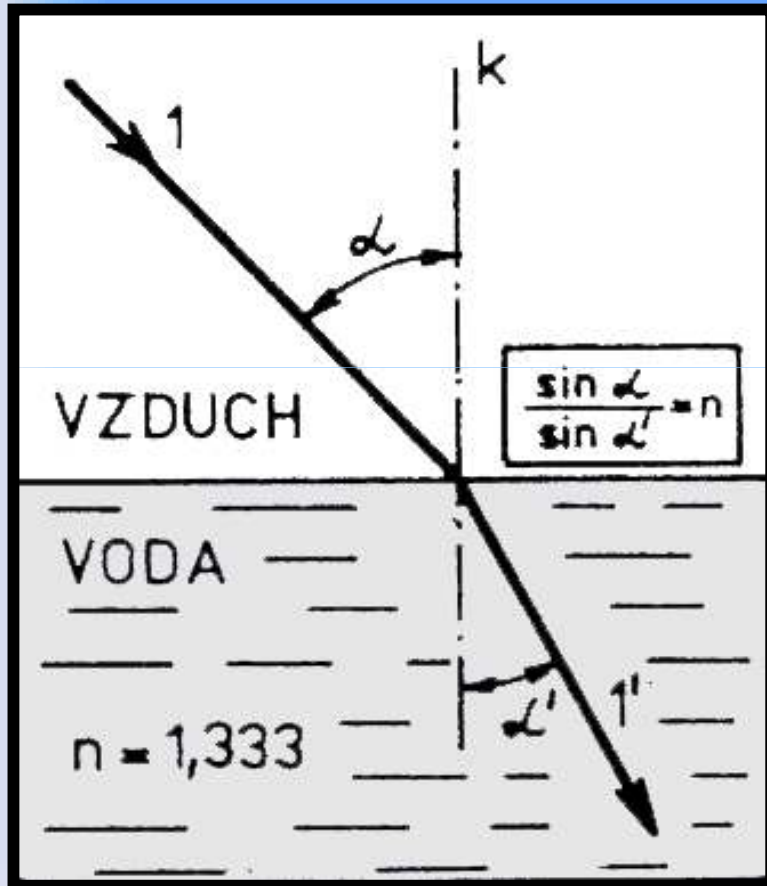
SNELLŮV ZÁKON.

Poměr sinu úhlu dopadu a sinu úhlu lomu je veličina stálá a udává poměr rychlosti v

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

Lom světla

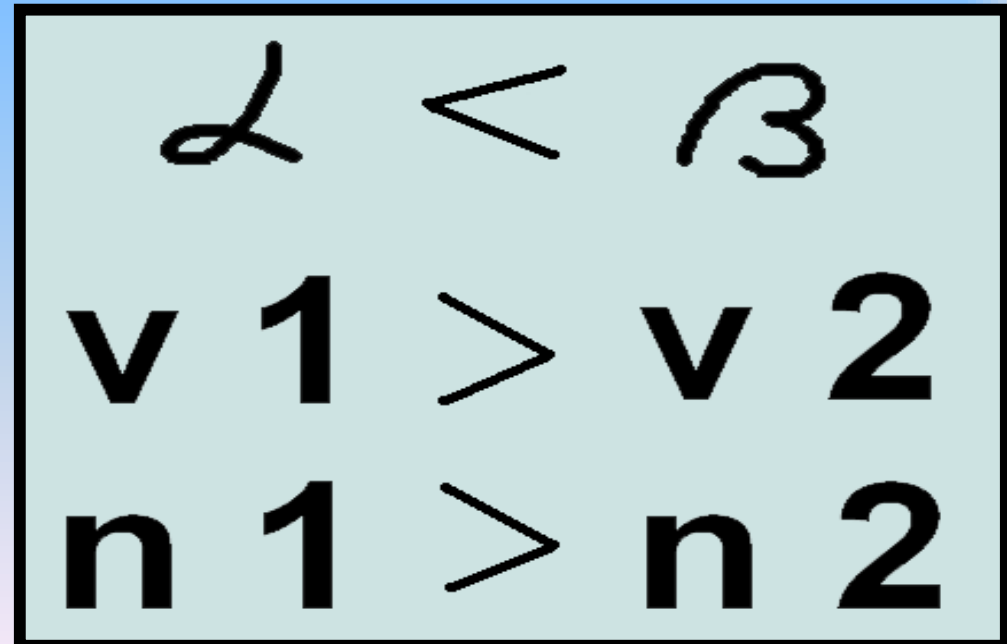
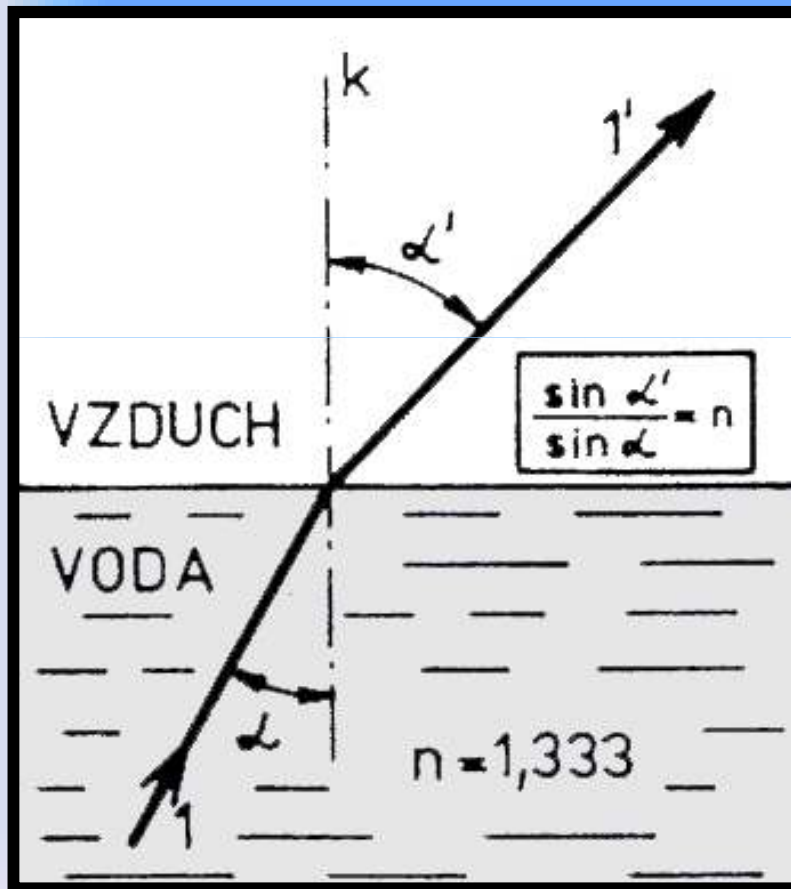
- Světelný paprsek prochází z prostředí opticky řidšího do prostoru opticky hustšího a láme se ke kolmici.



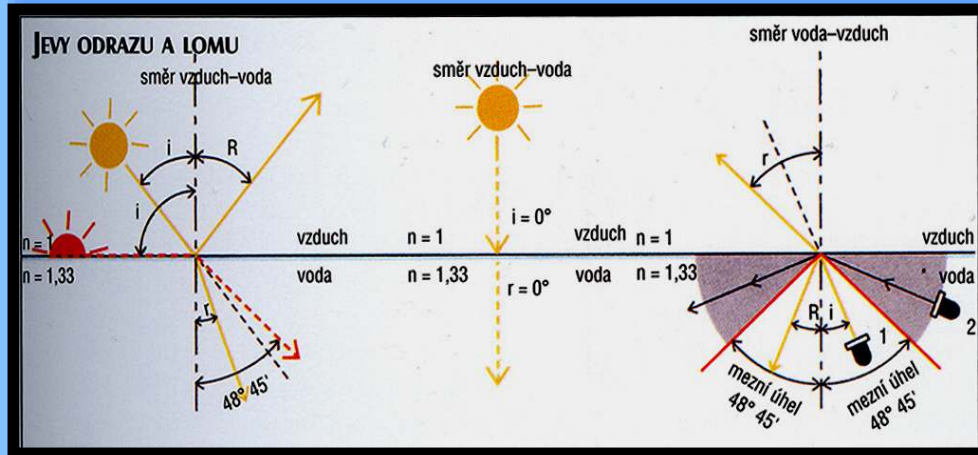
$$\alpha > \beta$$
$$v_1 > v_2$$
$$n_1 < n_2$$

Lom světla

- Světelný paprsek prochází z prostředí opticky hustšího do prostoru opticky řidšího a láme se od kolmice.



Mezní úhel úplného odrazu



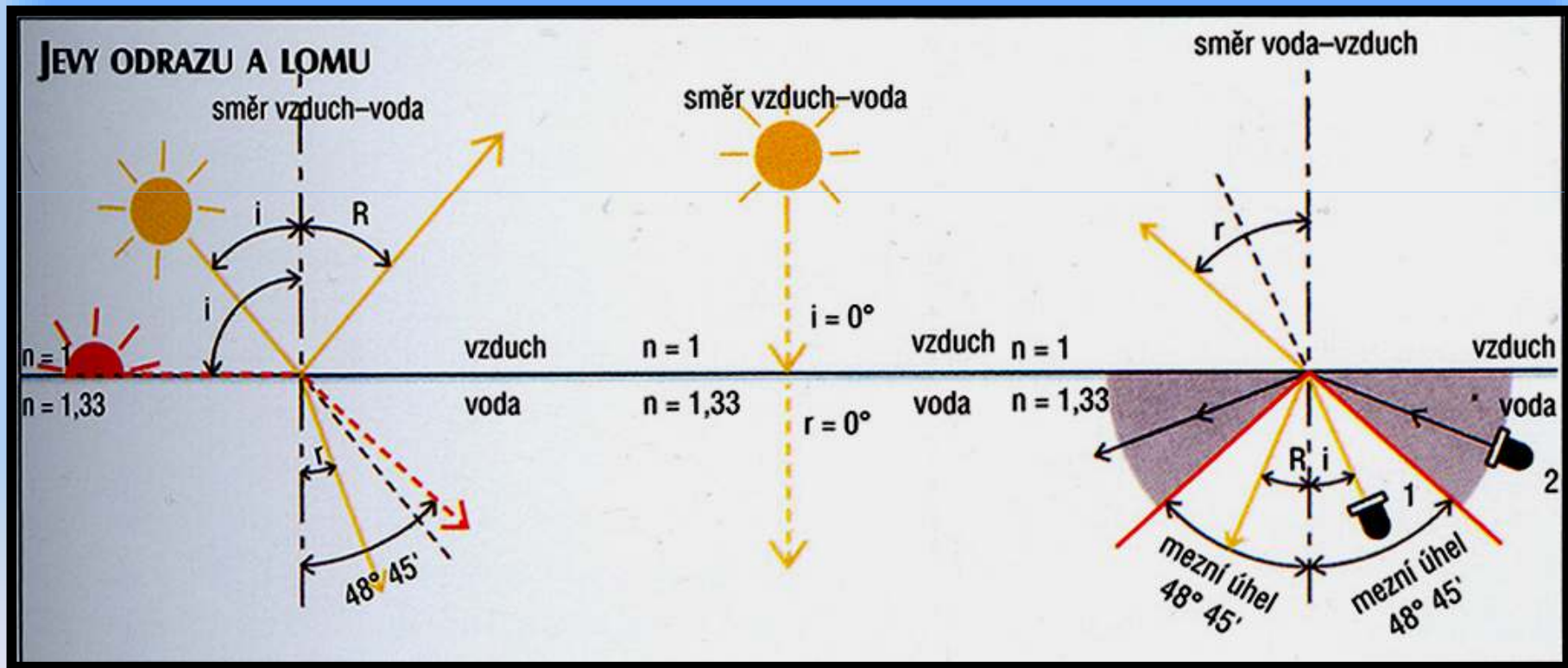
- Paprsek dopadá do určitého prostředí pod určitým úhlem nedochází k lomu, nýbrž odrazu.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin 90^\circ} = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow \sin \alpha = \frac{v_1}{v_2}$$

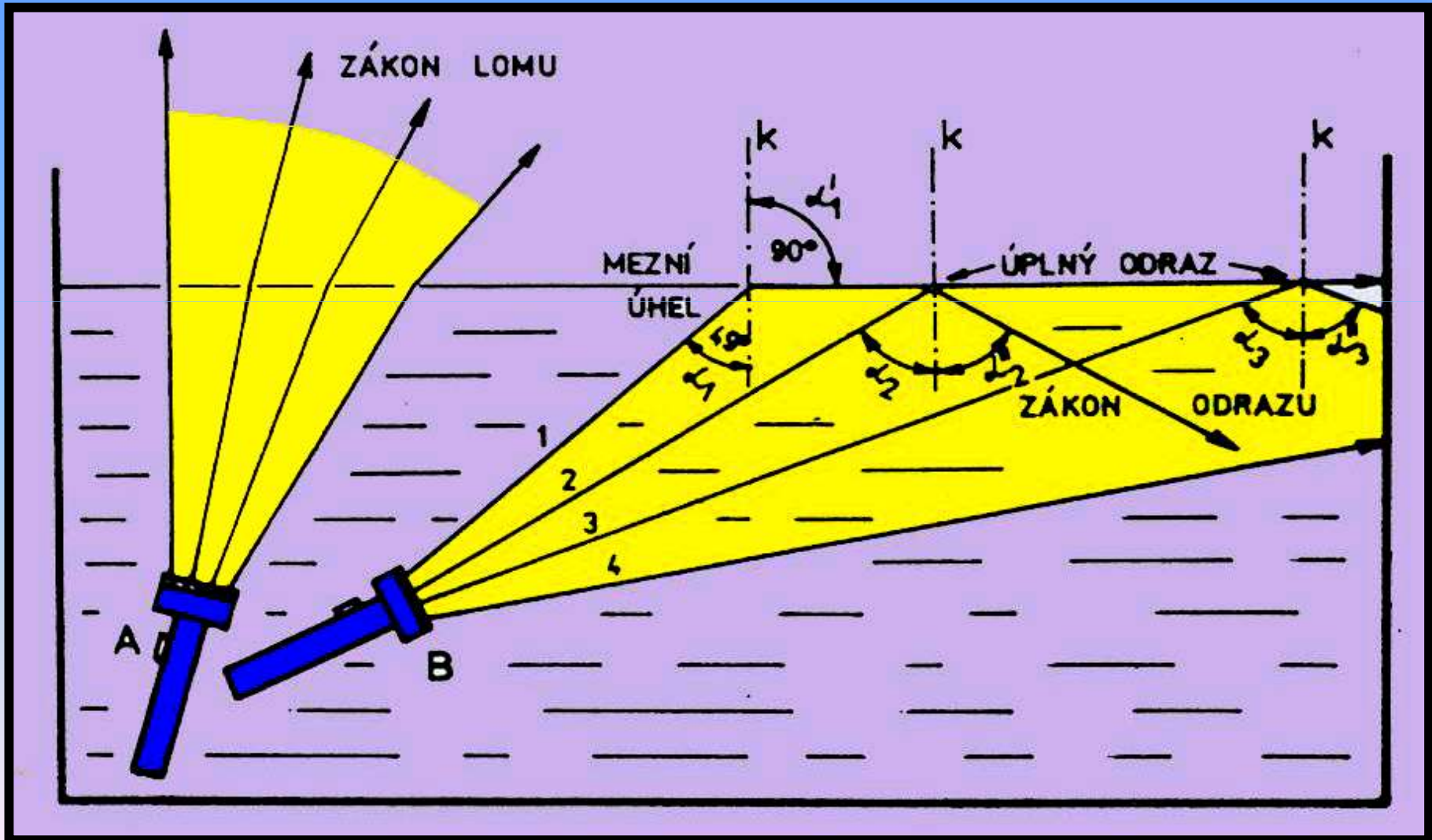
($\sin 90^\circ \Rightarrow 1$)

Pro vodu platí: dopadá-li paprsek na hladinu pod úhlem 49° tvoří hladina vlastně zrcadlo. Při západu slunce, kdy sluneční paprsky běží po hladině, najdeme stín naší lodi na dně pod úhlem 49° .

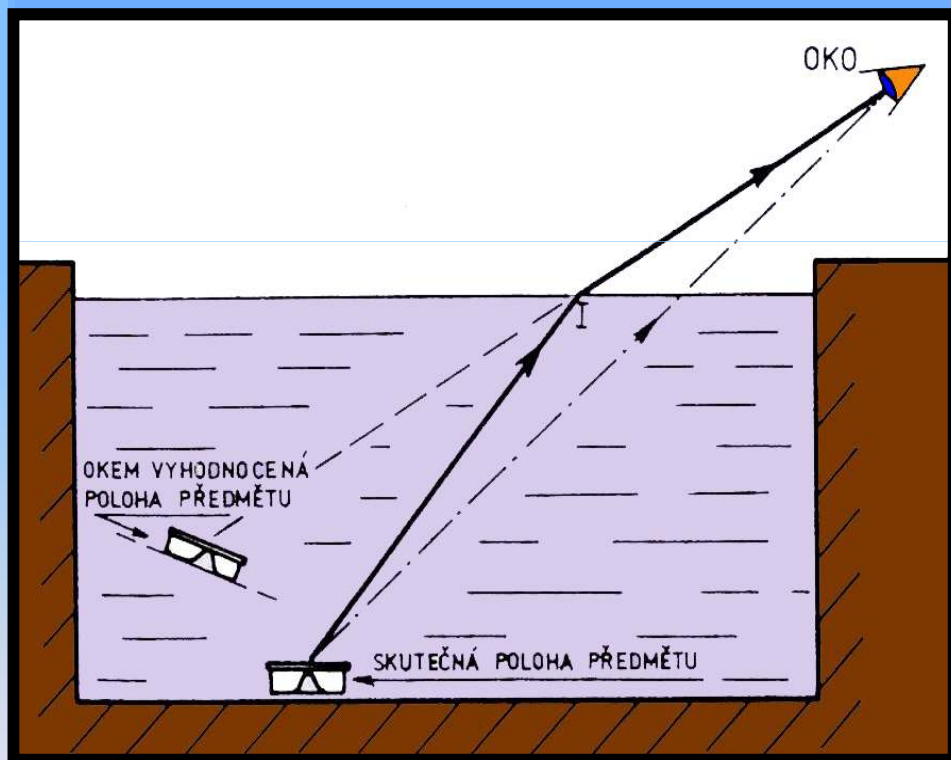
Mezní úhel úplného odrazu



Zákon lomu, zákon odrazu, mezní úhel a úplný odraz

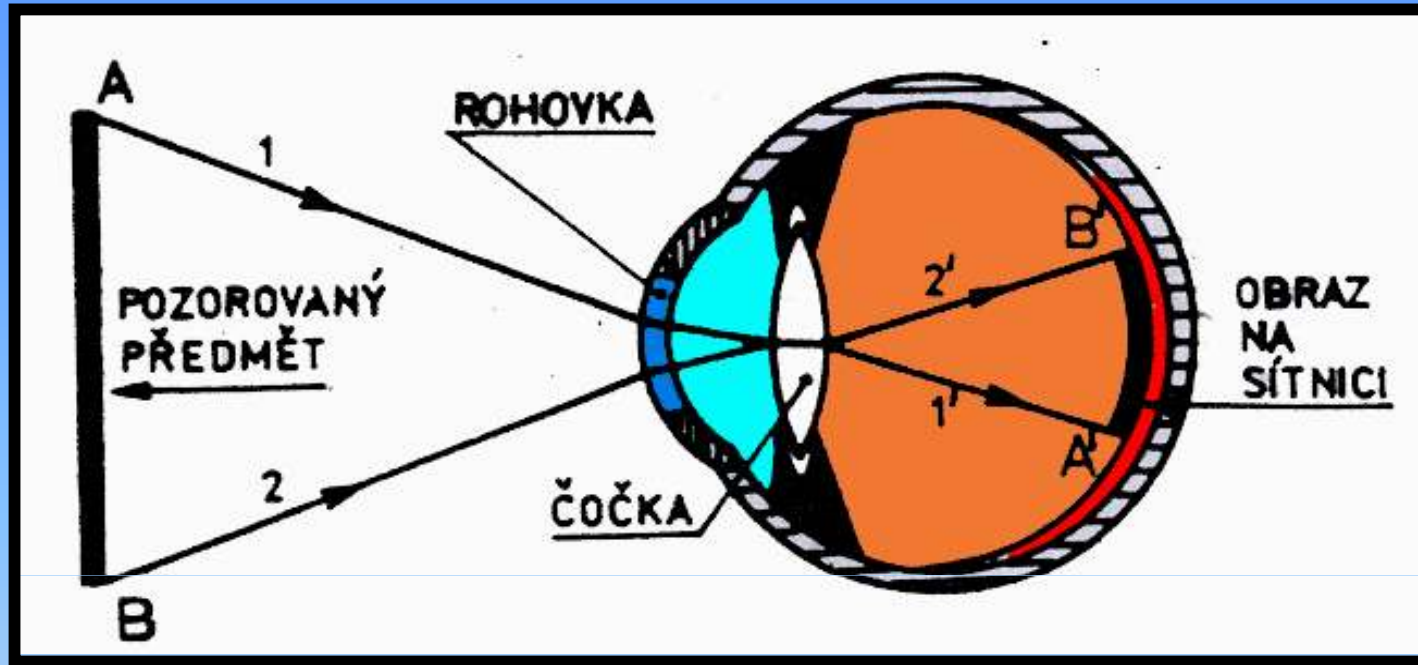


Zkreslení skutečné polohy ponořeného předmětu způsobené lomem světelného paprsku



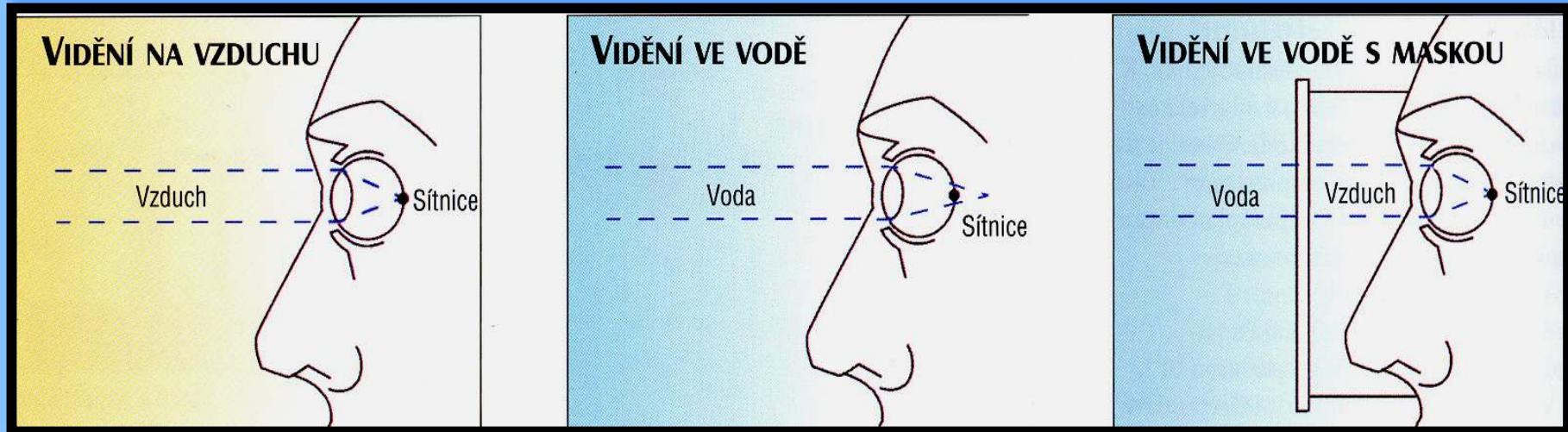
- Paprsky vycházející z vody do vzduchu se lámou od kolmice. Podle směru, odkud paprsek přichází do oka, vyhodnotí oko polohu všech, bodů i celého dna.
- Předměty, nalézající se pod vodou, vidíme z břehu na jiném místě, než ve skutečnosti jsou.

Znázornění funkce oka vidění na vzduchu



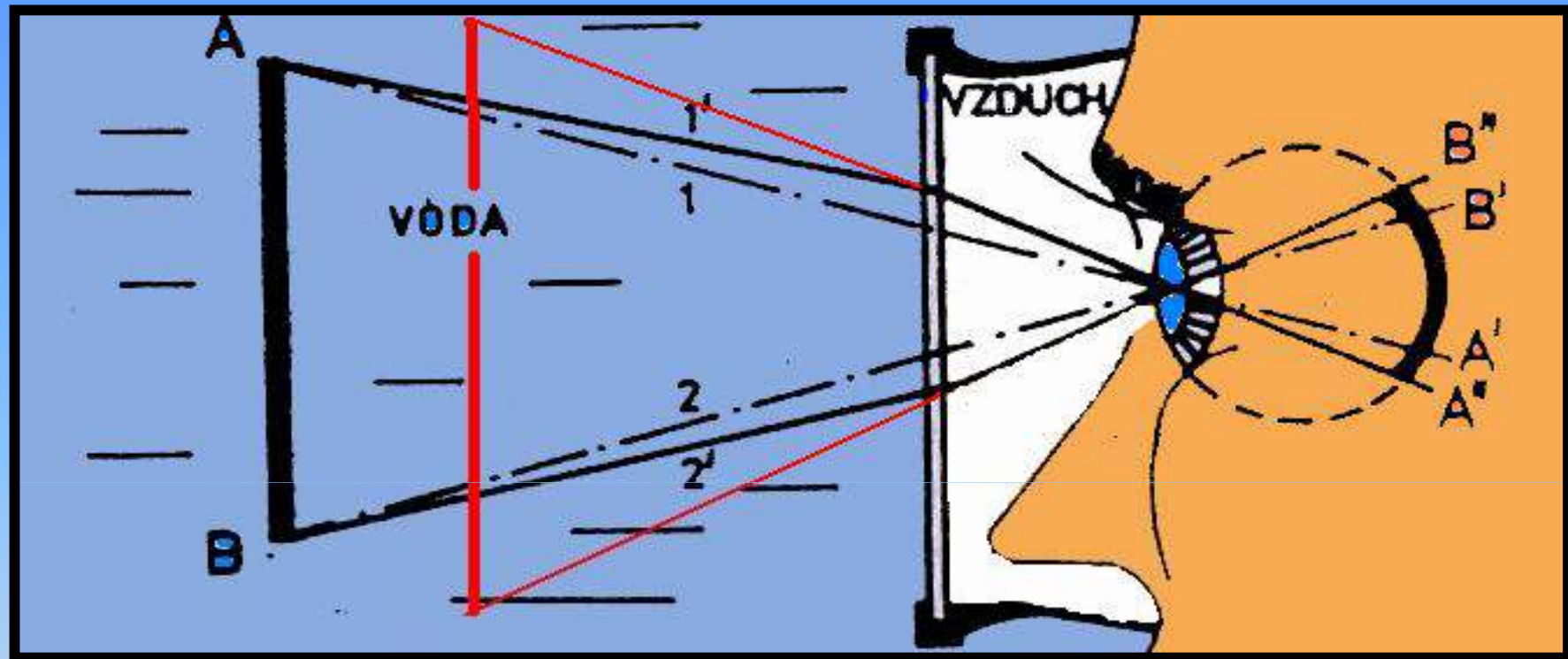
- Oko je v principu koule vyplněna průhlednou hmotou, sklivcem. Přední část oka je tvořena rohovkou, za níž je uložena čočka. Světlo dopadající do oka se nejprve láme na rozhraní vzduchu a rohovky, pak v čočce a postupuje sklivcem k zadní stěně oka, pokryté citlivou sítnicí. Zakřivená plocha rohovky, čočka a sklivec lámou paprsky tak, že se na sítnici vytváří ostrý obraz. Úsilím očních svalů lze poněkud měnit tvar čočky, a tím zaostřovat zrak na bližší a vzdálenější předměty.

Vidění vzduch, voda, ve vodě s maskou



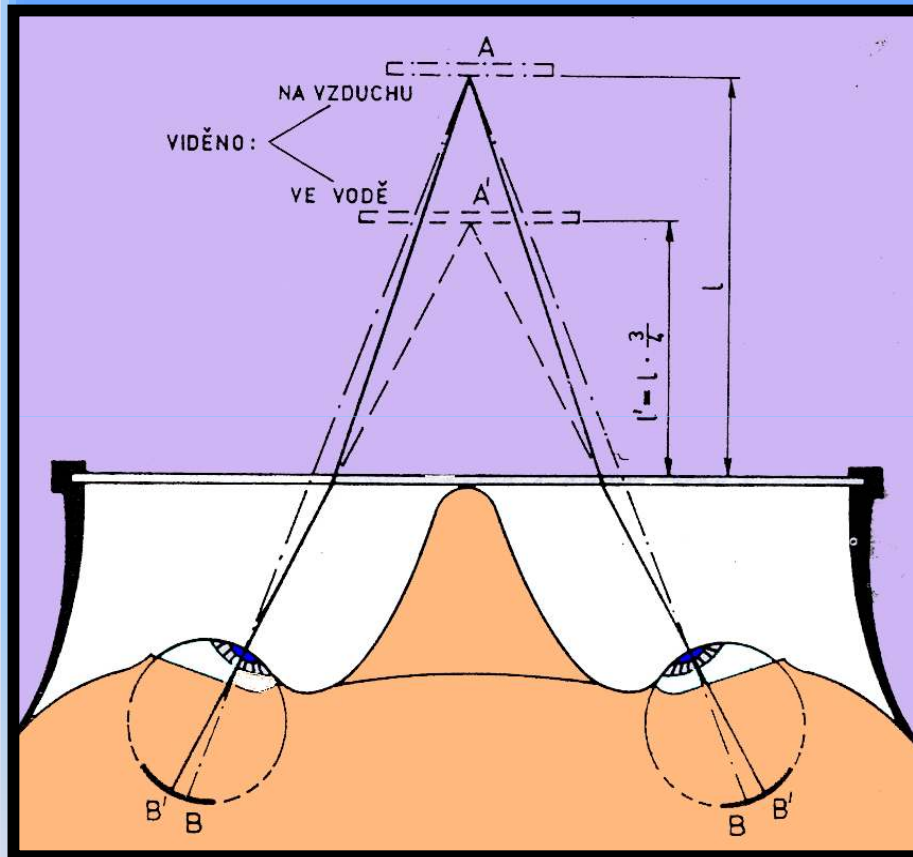
- Otevřeme-li však ničím nechráněné oči pod vodou, zjistíme, že všechno vidíme rozmazaně, neostře. To je způsobené tím, že rohovka je stejně jako ostatní části oka složena převážně z vody, a má tedy index lomu blíží se indexu lomu vody. Proto se světlo přicházející přímo z vody na ploše rohovky téměř neláme, takže nemůže vytvořit na sítnici ostrý obraz. Pod vodou je každý člověk silně dalekozraký (až + 50 dioptrií). Ostrého vidění snadno dosáhneme, když zajistíme před rohovkou vzduchový prostor, a tím obnovíme její lámavý účinek.

Zvětšení předmětů viděných pod vodou

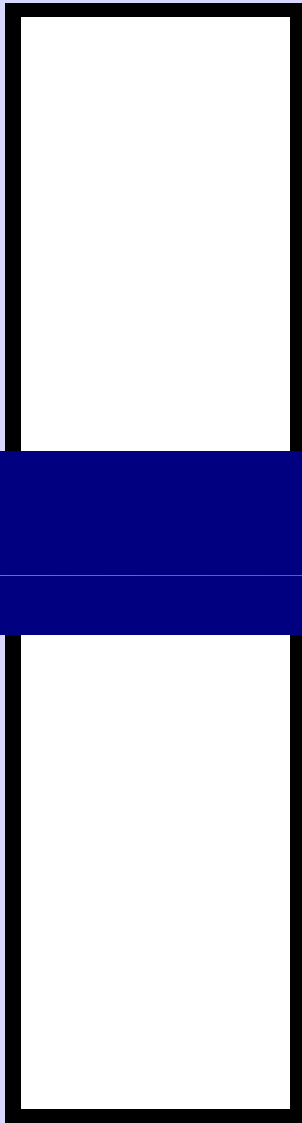
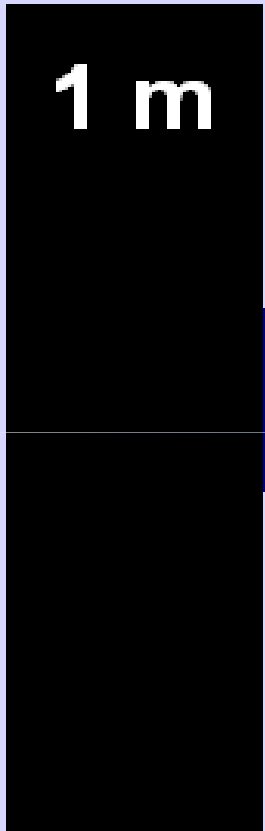


- Předmět AB se na vzduchu promítá pomocí paprsků 1 a 2 ve velikosti $A'B'$. Ve vodě s maskou se paprsky 1', 2' lámou na rozhraní voda - vzduch od kolmice tak, že tentýž předmět na sítnici promítají ve velikosti $A''B''$, je tedy zdánlivě větší.
- **Měřítko zvětšení se rovná indexu lomu vody, tedy $4/3$. Pod vodou se všechny předměty jeví ve $4/3$ původní velikosti, tedy o $1/3$ větší.**

Zdánlivé zkrácení vzdálenosti předmětů viděných pod vodou



- Vzdálenost blízkých předmětů posuzujeme hlavně podle úhlu, který spolu svírají osy obou očí. Osy očí se stáčí tak, aby se protínaly v témže bodě. Abychom viděli předmět A pod vodou s maskou, musí se oční osy stočit ve směru paprsků po lomu od kolmice na rozhraní voda vzduch.
- Ze zákona lomu je možno vypočítat, že zdánlivé přiblížení činí $1/n$ ($3/4$) skutečné vzdálenosti. Všechny předměty se tedy jeví o $1/4$ bližší.



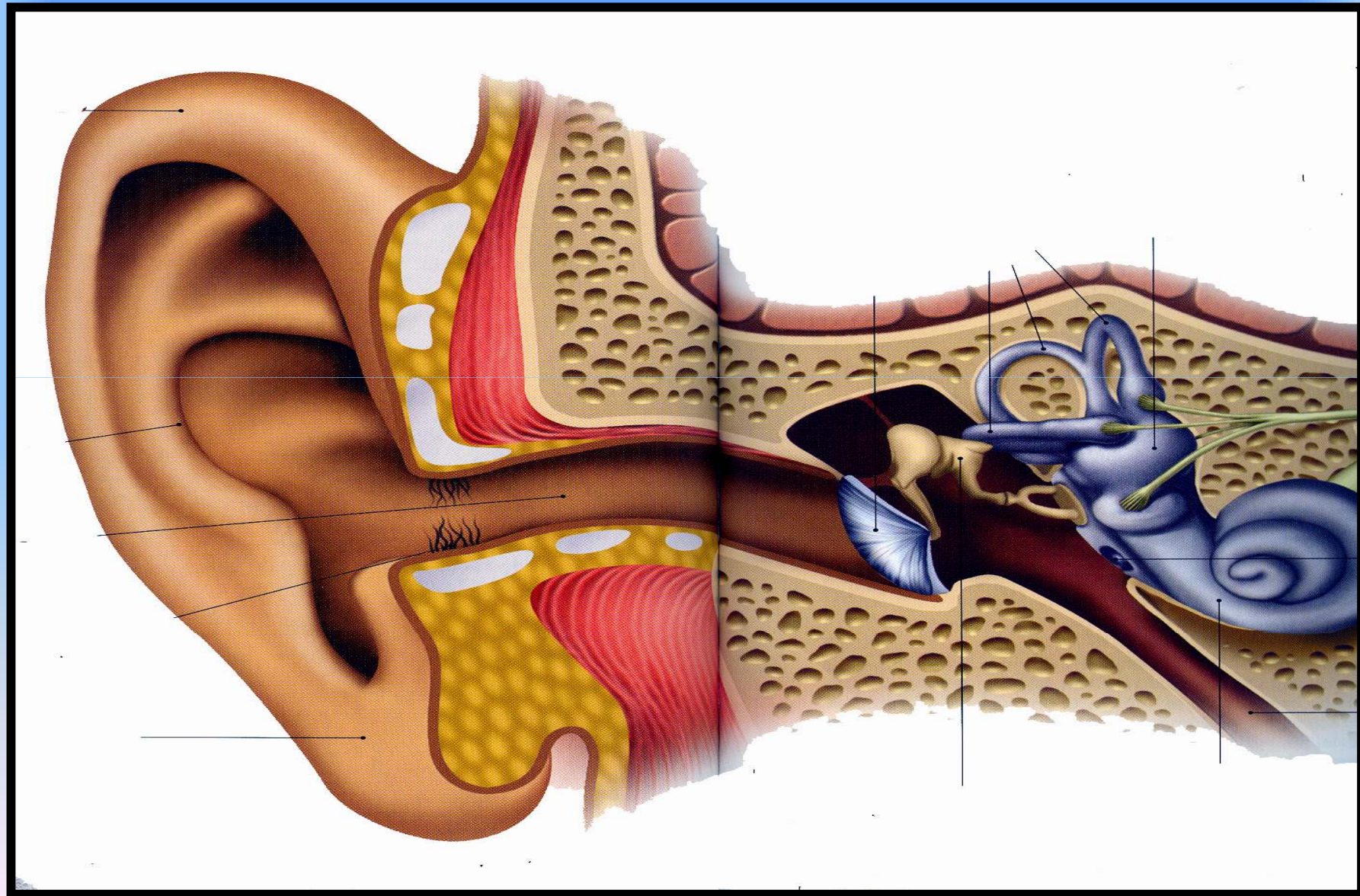
$$1 / 1,33 = 0,75 \text{ m}$$

$$1 \times 1,33 = 1,33 \text{ m}$$

Orgán sluchu

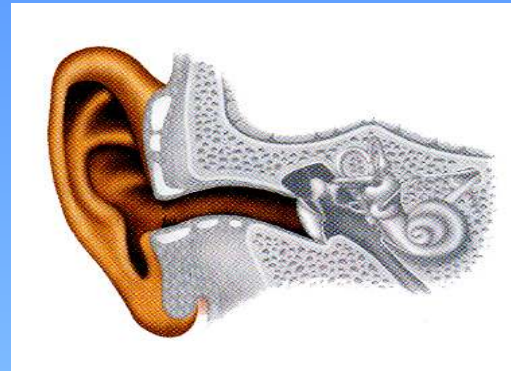
- Uši nám umožňují rozlišit téměř 400 000 zvuků.
- Orgán odpovědný za sluch není viditelné zevní ucho, ale skupina malých křehkých vnitřních struktur uložených v kostěné dutině uvnitř hlavy.

Lidské Ucho

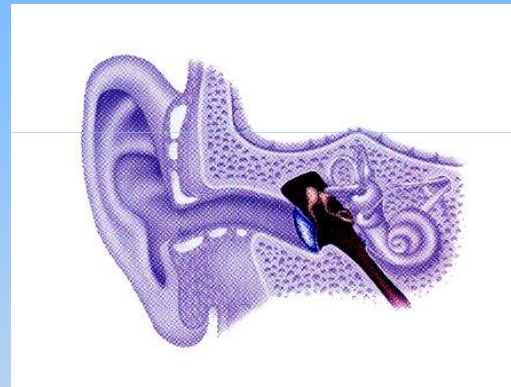


LIDSKÉ UCHO

VNĚJŠÍ



STŘEDNÍ



VNITŘNÍ

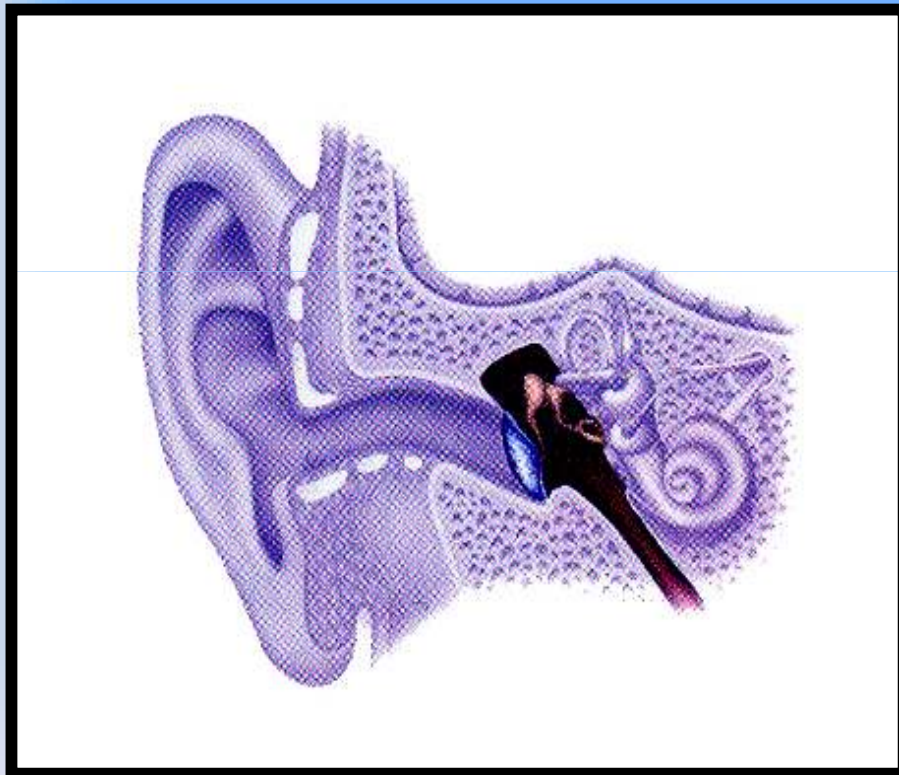


Zevní ucho



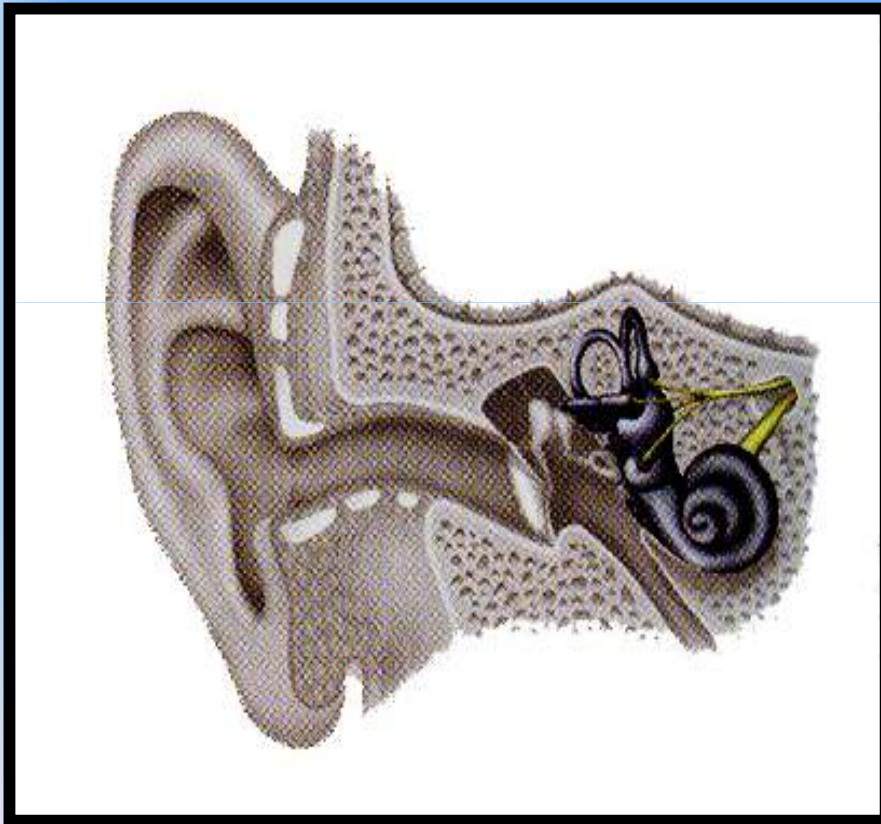
- Ušní boltec obsahuje mnoho chrupavčitých a kožních záhybů, umožňuje lepší zachycení zvuku.
- Zvukovod je pokryt chloupky a ušním mazem, voskovitou látkou, která zachycuje prach.

Střední ucho



- Střední ucho, ohraničené jemnou blankou (bubínkem), obsahuje skupinu tří drobných kůstek: kladívko - kovadlinka - třmínek.
- Střední ucho je spojeno s nosem a hrdlem úzkým průchodem, Eustachovou trubicí.

Vnitřní ucho

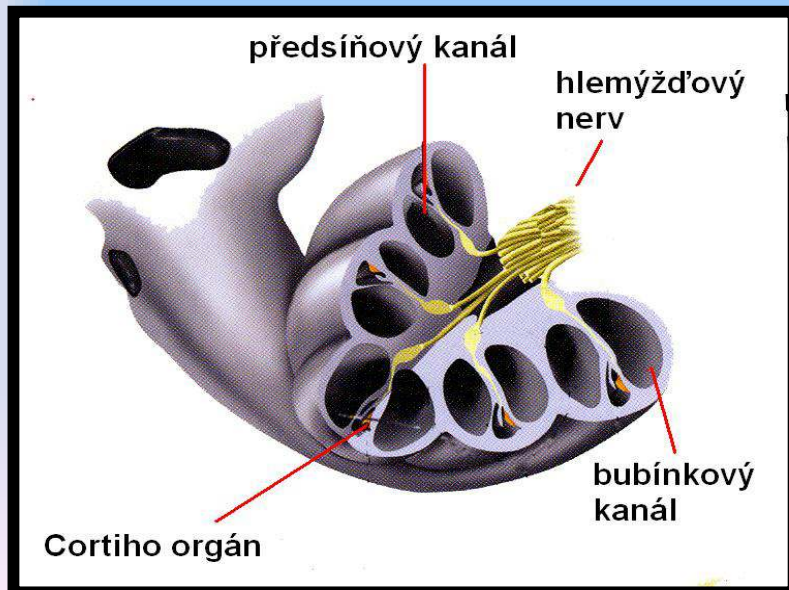
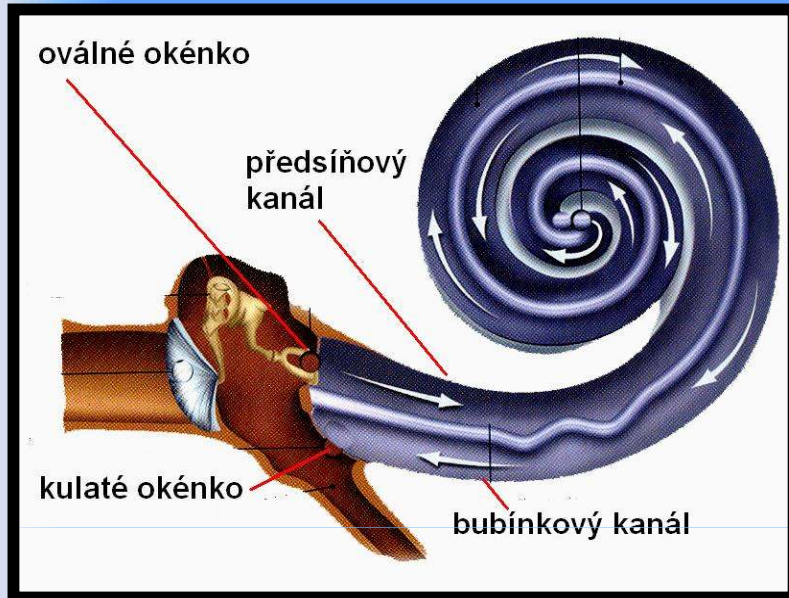


- Ustrojí rovnováhy jsou tři polokruhovitě kanálky.
- Hlemýžď, naplněný tekutinou, je uložený v dutině spánkové kosti. Systém blanitých a kostěných přepážek vymezuje tři kanálky. Jeden z těchto kanálků obsahuje Cortiho orgán, který je vlastním sluchovým orgánem.

Eustachova trubice

- Sluchová trubice je z větší části plošně stlačená, svisle uložená štěrbina se stěnami z vazivově chrupavčité tkáně, z menší části je to kostní kanálek.
- V okolí trubice jsou tuková tělíska, která spolu s chrupavkou ve stěně způsobují stálý uzávěr trubice.
- V těsném spojení s trubicí jsou dva svaly ovládající pohyby měkkého patra a hltanu. Svým stahem také způsobují otevření trubice a krátkodobé spojení dutiny bubínkové s dýchacími cestami.
- Funkcí sluchové trubice je regulovat tlak vzduchu v dutině středoušní tak, aby byl stejný na obou stranách bubínku.
- Téměř trvalý uzávěr trubice má ochranný význam. Chrání středoušní aparát před prudkými tlakovými změnami při kašli, kýchání, smrkání aj.

Vnímání zvuku



- Zvukové vlny procházejí zevním zvukovodem, pak přes kůstky středního ucha a přes oválné okénko do vnitřního ucha. Způsobí vznik vibrací v roztoku vyplňujícím spirálovitě stočený kanál ve spánkové kosti - tzv. hlemýžd' ve vnitřním uchu. Uvnitř hlemýždě se nacházejí mechanoreceptory. Cortiho orgán přemění vibrace na nervové impulzy, které jsou přenášeny do mozku hlemýžd'ovým nervem. Zvukové vlny opouštějí hlemýžd' bubínkovým kanálkem.

Akustika

- Kmitající tělesa šíří kolem sebe určitý druh mechanického vlnění, které vnímáme sluchem jako zvuk.
- Nejhlubší slyšitelné tóny mají kmitočet asi 16 Hz, nejvyšší asi 16 kHz.

Infrazvuk a ultrazvuk

infrazvuk
ultrazvuk

16 Hz - 16 k Hz



Rychlost šíření zvuku

je v různých prostředích různá. Závisí na teplotě prostředí, nezávisí na kmitočtu zvuku.

Plyny	m/s	Kapaliny	m/s
Vzduch 20°C	344	Voda 20°C	1484
Vzduch 0°C	332	Voda 0°C	1412
Vzduch -20°C	319	Mořská voda 20°C	1508

Dopadne-li zvukové vlnění
přibližně kolmo na rozhraní
dvou prostředí (vzduch - voda),
odráží se část vlnění zpět do
původního prostředí, zbytek
vniká do druhého prostředí.
Odražený podíl je tím větší, čím
více se od sebe liší akustické
vlnové impedance obou
prostředí.

Akustická vlnová impedance

$$Z = \rho \times c$$

$$z = \text{N.s/m}^3$$

Vzduch

$$z = 400 \text{ N.s/m}^3$$

Voda

$$z = 1\,500\,000 \text{ N.s/m}^3$$

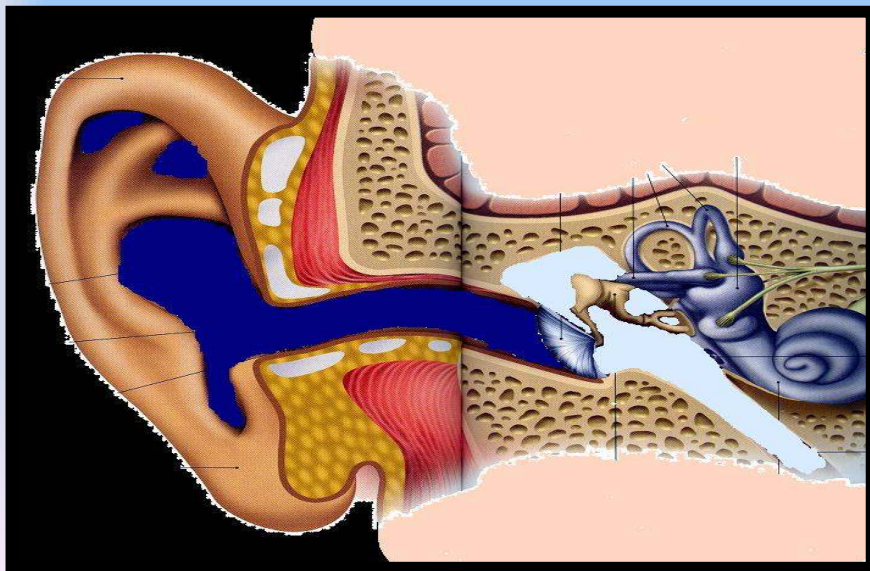
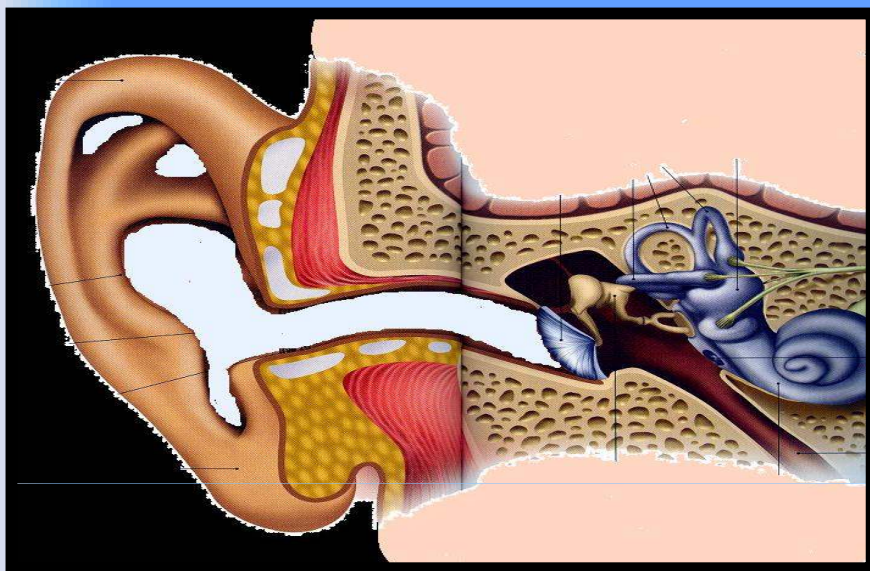
**Poměr těchto hodnot je
velmi velký, asi 1 : 4000**

**Proto se na rozhraní vody a
vzduchu skoro všechny zvuk
odráží; nezáleží přitom, jde-
li zvuk ze vzduchu do vody
nebo obráceně.**

Uvedené jevy způsobují, že potápěči se pod vodou nemohou dorozumívat hlasem, protože z ústní dutiny vniká do vody jen nepatrný podíl zvukového vlnění, a to, co přece jen pronikne, je zkresleno do nesrozumitelného „huhlání“.

Díky příhodným podmínkám šíření zvuku nad hladinou bývá částečně hlasitý hovor slyšet na velké vzdálenosti.

Slyšení pod vodou

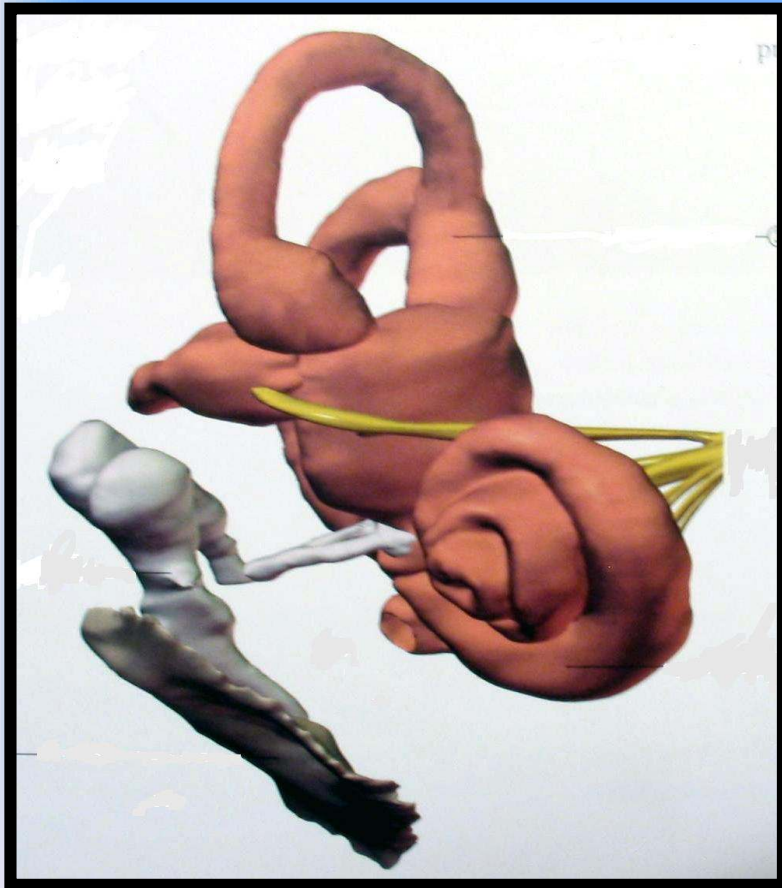


Pod vodou se zvukové vlnění dopadající do ucha odráží v důsledku impedančního nepřizpůsobení buď od rozhraní vody a vzduchu, je-li ve zvukovodu vzduch, nebo od bubínku, jsou-li uši plně zality vodou.

Zvuk se tedy nedostává do ucha normální cestou.

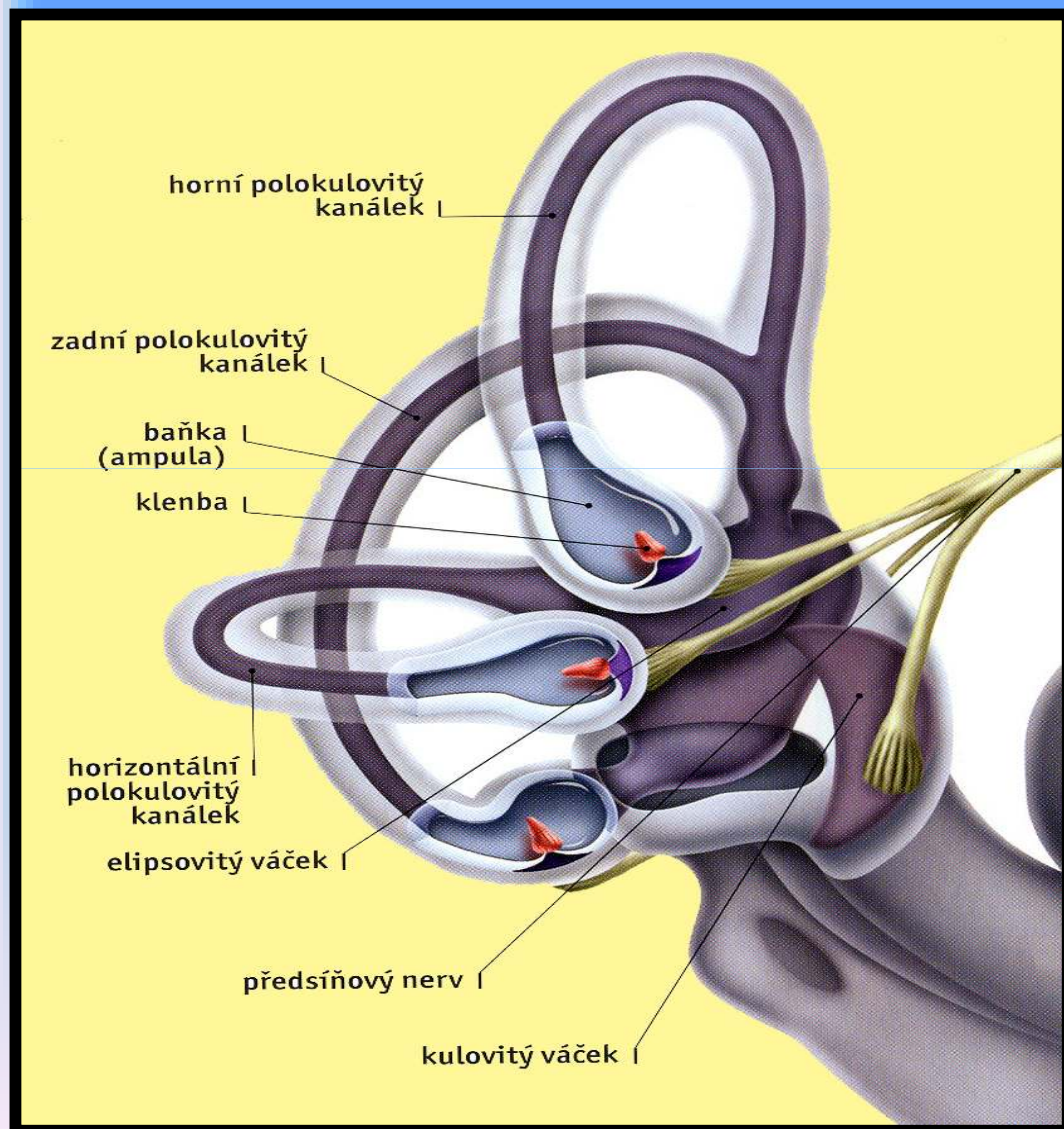
Slyšení pod vodou je zprostředkováno vibracemi lebeční kosti, jejíž vlnová impedance se blíží vlnové impedanci vody, a proto pod vodou přijímá zvuk lépe než bubínek.

SLYŠENÍ POD VODOU



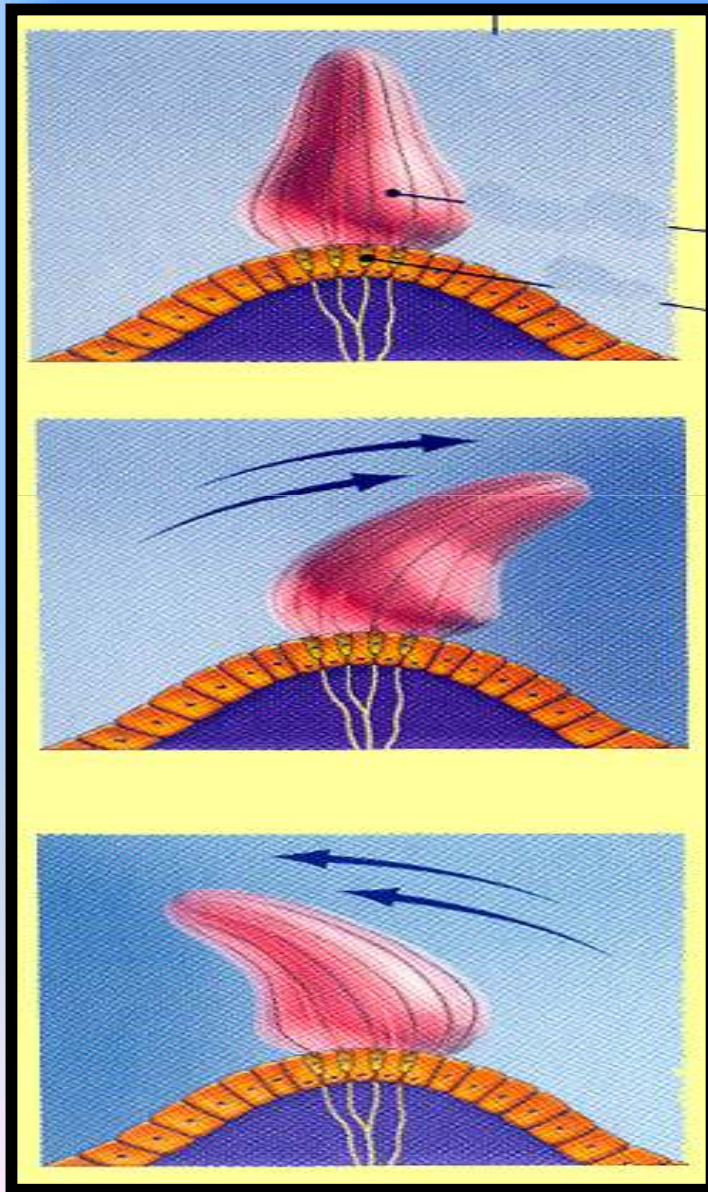
- Rychlost šíření zvuku pod vodou je 5 x větší než na vzduchu.
- Vzduch 331,7 m/s
- Voda 1484 m/s
- **Proto není možné pod vodou spolehlivě určit polohu zdroje zvuku!**

Ucho jako orgán rovnováhy



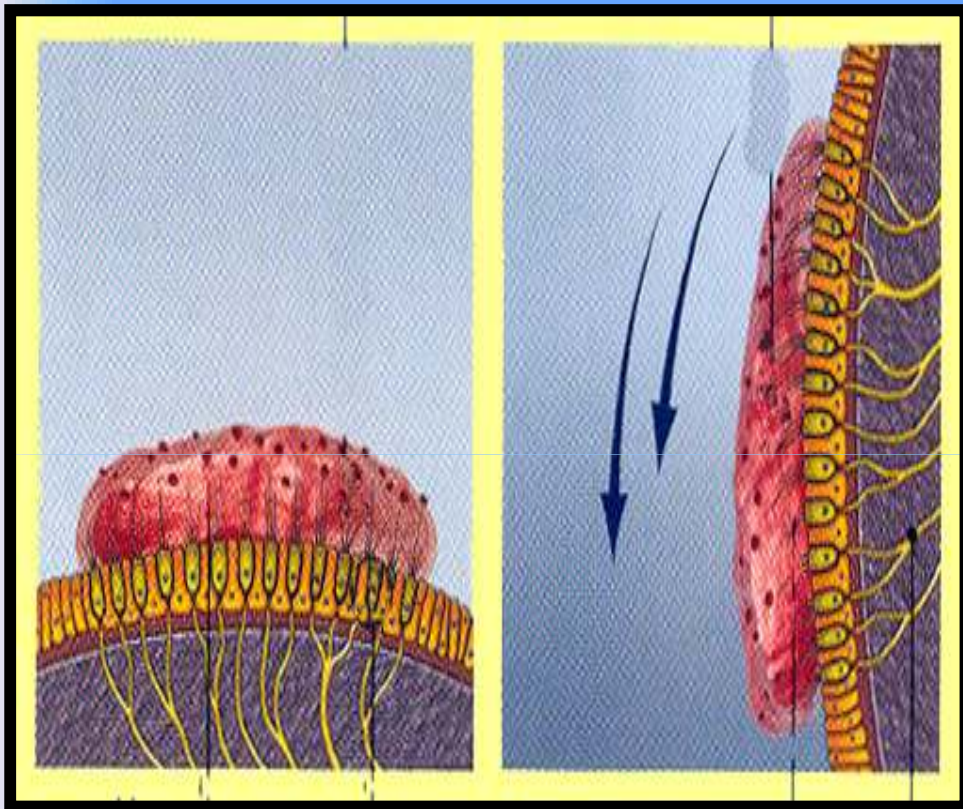
- Kromě informací o zvucích podává ucho mozku také zprávy o poloze těla. Tyto informace jsou využívány k udržení rovnováhy těla během pohybu nebo stání na místě

Ampula



- Na bázi každého ze tří polokruhovitých kanálků vyplněných tekutinou ve vnitřním uchu je rozšířená část zvaná ampulla. Ta obsahuje senzorické buňky s vlásky pevně usazené v rosolovitém lůžku. Dojde-li k pohybu hlavy, tekutina se pohne v opačném směru a vychýlí vlásky buněk, které začnou vysílat signály do mozku. Protože jsou všechny tři kanálky navzájem umístěné v pravých úhlech, mozek rozpozná pohyb hlavy v jakémkoliv směru.

Utriculus a sacculus



Ve vestibulu (části kostěného labyrintu) jsou dva další detektory polohy, utriculus a sacculus. Ty obsahují senzorycké buňky s vlásky v rosolu, který je "zatížen" krystaly uhličitanu vápenatého. Sacculus určuje, zda je hlava vzpřímená, předkloněná nebo zakloněná. Utriculus vnímá zrychlení a zpomalení. Mozek pak tyto informace porovná s informacemi z očí, nohou a svalů a vytvoří podmínky pro zachování rovnováhy.

Chladná voda ve zvukovodu

- Kinetické vestibulární čidlo se dráždí také chladnou vodou vstříknutou do zevního zvukovodu.
- Lokalizované ochlazení nebo oteplení v některém z kanálků, jež leží blízko zevního zvukovodu, vyvolá proud endolymfy, a tím dráždění, jež se projevuje pocitem závratí.

SONARY



- Voda přenáší dobře ultrazvuk (oblast kmitočtů nad 20 kHz), které jsou pro ucho neslyšitelné. Lze je soustředit do úzkého svazku a měřit čas mezi vysílaným impulsem a příjmem ozvěny.

**OTÁZKY
A
DISKUSE**