

## 5.2.6 Čočky

**Předpoklady:** 5103, 5201, 5203

**Pedagogická poznámka:** Na začátku si studenti do dvojic rozdají kompletní pokusnou sadu čoček a navíc si každá dvojice vezme jednu z čoček, které jsem nashromáždil časem při rozebírání různých přístrojů určených k vyhození.

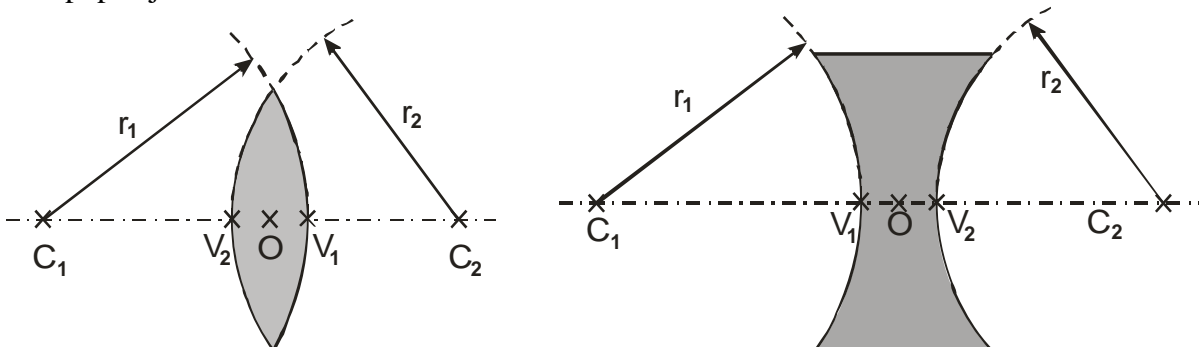
Čočky už jsme měli v rukou – vytvořili jsme s jejich pomocí první pořádné obrazy. Teď je prozkoumáme blíže.

Čočka – kus skla (nebo jiné průhledné hmoty), jeho okraje tvoří části kulových ploch (nebo rovina), index lomu materiálu čočky (značíme  $n_2$ ) je větší než index lomu okolního prostředí (většinou vzduch)  $n_1$

Dva druhy čoček:

- **spojky** (spojné čočky) – jsou uprostřed nejtlustší
- **rozptylky** (rozptylné čočky) – jsou uprostřed nejjužší

Čím popisujeme čočku?



$C_1$ ,  $C_2$  - středy optických ploch

$r_1$ ,  $r_2$  - poloměry křivosti optických ploch

přímka  $C_1C_2$  - optická osa čočky

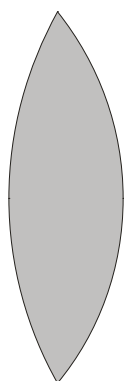
$V_1$ ,  $V_2$  - vrcholy čočky

$O$  - optický střed čočky

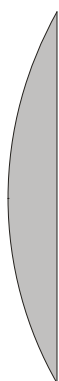
$|V_1V_2|$  - tloušťka čočky

V našich úvahách budeme všechny čočky považovat za tenké  $\Rightarrow$  tloušťku čočky zanedbáme a body  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $O$  splynou v jeden (při pohledu na čočky na stole je jasné, že tento předpoklad není vždy úplně oprávněný)

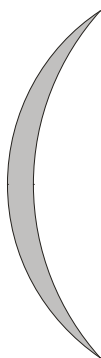
**Galerie spojek**



dvojvypuklá



ploskovypuklá

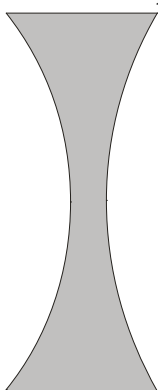


dutovypuklá

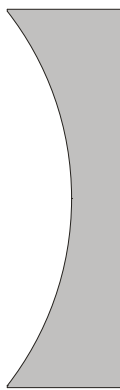


značka tenké spojky

### Galerie rozptylek



dvojdutá



ploskodutá



vypuklodutá



značka tenké rozptylky

Pojmenování čoček má svou logiku a sestává se ze dvou slov:

- druhé slovo – vyjadřuje, jaký je plocha, která rozhoduje o typu čočky (vypuklá = spojka, dutá = rozptylka), tato plocha má menší z poloměrů
- první slovo – vyjadřuje typ druhé plochy

**Př. 1:** Urči druhy všech pokusných čoček na lavici.

Záleží na konkrétní situaci. Naše standardní sada se skládá ze dvou dutovypuklých spolek (jedna z nich je téměř ploskovypuklá) a jedné vypukloduté rozptylky. Ve směsi zbývajících čoček jsou všechny tři druhy spolek.

podobně jako u zrcadel je základní charakteristikou čočky **ohnisková vzdálenost  $f$**

pro ohniskovou vzdálenost tenké čočky platí vztah: 
$$\frac{1}{f} = \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)$$

u poloměrů záleží na znaménku: poloměry křivosti  $r_1$ ,  $r_2$  jsou kladné pokud jsou příslušné kulové plochy vypuklé

**Př. 2:** Dvojvypuklá spojka s poloměry křivosti  $r_1=40\text{ cm}$ ,  $r_2=50\text{ cm}$  je vyrobena ze skla s indexem lomu 1,6. Urči její ohniskovou vzdálenost ve vzduchu.

$r_1=40\text{ cm}$ ,  $r_2=50\text{ cm}$  (obě plochy jdou vypuklé),  $n_2=1,6$ ,  $n_1=1$ ,  $f=?$

stačí osadit do vzorce:  $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right) = \left(\frac{1,6}{1} - 1\right) \left(\frac{1}{0,4} + \frac{1}{0,5}\right) \Rightarrow$

$$f = 0,37 \text{ m} = 37 \text{ cm}$$

Daná čočka má kladnou ohniskovou vzdálenost 37 cm.

**Př. 3:** Urči ohniskovou vzdálenost ve vzduchu vypukloduté čočky s poloměry křivosti  $r_1 = 40 \text{ cm}$  ,  $r_2 = 50 \text{ cm}$  a indexem lomu 1,7.

Nejprve musíme určit znaménka poloměrů křivosti (nebudou obě kladná).

Vypuklodutá  $\Rightarrow$  jde o rozptylku  $\Rightarrow$  menší z poloměrů je záporný

$$r_1 = -40 \text{ cm} \text{ , } r_2 = 50 \text{ cm} \text{ (obě plochy jdou vypuklé), } n_2 = 1,7 \text{ , } n_1 = 1 \text{ , } f = ?$$

stačí osadit do vzorce:  $\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right) = \left(\frac{1,7}{1} - 1\right) \left(\frac{1}{-0,4} + \frac{1}{0,5}\right) \Rightarrow$

$$f = -2,86 \text{ m} = -286 \text{ cm}$$

Daná čočka má zápornou ohniskovou vzdálenost -286 cm.

**Př. 4:** Jak by se změnila ohniskové vzdálenosti čoček z předchozích příkladů, kdyby byly čočky umístěny ve vodě ( $n_1 = 1,33$ )?

Převrácená hodnota ohnisková vzdálenosti by vyšla menší (zmenšila by se velikost závorky

$$\left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right) \Rightarrow \text{absolutní hodnota ohniskové vzdálenosti by se zvětšila.}$$

Při výrobě brýlí se místo ohniskové vzdálenosti používá **optická mohutnost**  $\varphi$  . Platí:  $\varphi = \frac{1}{f}$

Jednotkou optické mohutnosti je  $\frac{1}{\text{m}} = \text{m}^{-1}$  , daleko častěji se však používá název **dioptrie [ D ]**, platí  $\text{m}^{-1} = \text{D}$

**Př. 5:** Vypočti ohniskové vzdálenosti pokusných čoček.

všechny tři čočky mají vyznačenou optickou mohutnost

ploskovypuklá spojka:  $\varphi = 12 \text{ D} \Rightarrow f = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{12} = 0,083 \text{ m} = 8,3 \text{ cm}$

dutovypuklá spojka:  $\varphi = 2,5 \text{ D} \Rightarrow f = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{2,5} = 0,4 \text{ m} = 40 \text{ cm}$

vypuklodutá rozptylka:  $\varphi = -6 \text{ D} \Rightarrow f = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{-6} = -0,167 \text{ m} = -16,7 \text{ cm}$

Existují dva druhy kulových zrcadel (duté a kulové) i dva druhy čoček (spojky a rozptylky).  
Můžeme sestavit páry, které se chovají podobným způsobem.

spojka  $\Leftrightarrow$  duté zrcadlo: kladná ohnisková vzdálenost, spojuje rovnoběžné paprsky

rozptylka  $\Leftrightarrow$  vypuklé zrcadlo: záporná ohnisková vzdálenost, rozptyluje rovnoběžné paprsky

**Př. 6:** Ověř, že ohnisková vzdálenost pokusných čoček z předchozího příkladu je určena správně.

Jak ověřit ohniskovou vzdálenost spojky?

Do ohniska spojuje paprsky, které jdou z rovnoběžně s osou, tedy paprsky z velmi vzdáleného předmětu  $\Rightarrow$  zjistím, do jaké vzdálenosti od spojky musím dát papír, aby se na něm udělal ostrý obraz předmětů z venku  $\Rightarrow$  tato vzdálenost je ohniskovou vzdáleností čočky

**Př. 7:** Urči poloměr ploskovypuklé spojky s největší optickou mohutností mezi pokusnými čočkami.

$$r_1 = \infty \text{ (jedna z ploch je rovinou), } r_2 = ? \text{ , } n_2 = 1,535 \text{ , } n_1 = 1 \text{ , } f = \frac{1}{12} \text{ cm}$$

$$\text{upravíme vzorec: } \frac{1}{f} = \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \quad (\text{použijeme } r_1 = \infty \Rightarrow \frac{1}{r_1} = 0 \text{ )}$$

$$\frac{1}{f} = \left( \frac{n_2 - n_1}{n_1} \right) \left( 0 + \frac{1}{r_2} \right)$$

$$\frac{n_1}{f \cdot (n_2 - n_1)} = \frac{1}{r_2} \Rightarrow r_2 = \frac{f \cdot (n_2 - n_1)}{n_1} = \frac{\frac{1}{12} \cdot (1,535 - 1)}{1} \text{ m} = 0,128 \text{ m} = 12,8 \text{ cm}$$

Poloměr vypuklé roviny ploskovypuklé čočky je 12,8 cm.

**Shrnutí:** Používáme dva druhy čoček: spojky (analogie dutého zrcadla) a rozptylky (analogie vypuklého zrcadla).