

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.

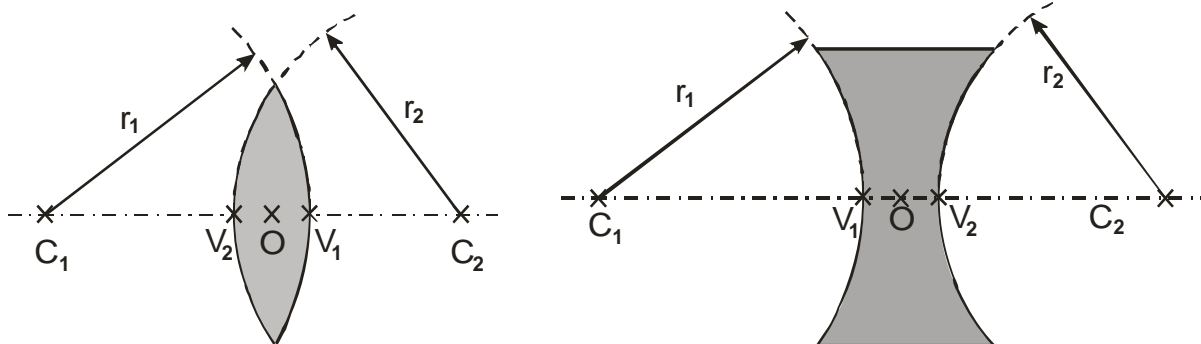
Čočky už jsme měli v rukou – vytvořili jsme s jejich pomocí první pořádné obrazy. Teď je prozkoumáme blíž.

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

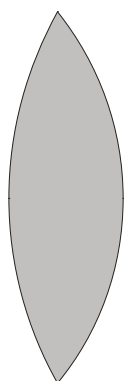
V_1 , V_2 - vrcholy čočky

O - optický střed čočky

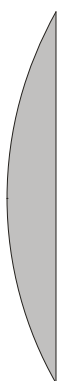
$|V_1V_2|$ - tloušťka čočky

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)

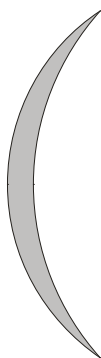
Galerie spojek



dvojvypuklá



ploskovypuklá

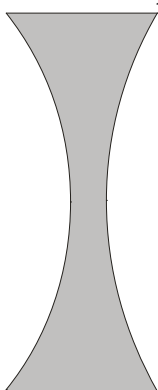


dutovypuklá

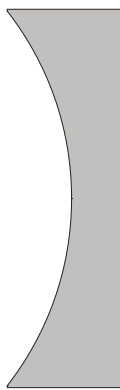


značka tenké spojky

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** φ . 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.

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

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

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

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

Poloměr vypuklé roviny ploskovypuklé čočky je 12,8 cm.

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