



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Digitální učební materiál

Číslo projektu	CZ.1.07/1.5.00/34.0802
Název projektu	Zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT
Číslo a název šablony klíčové aktivity	III/2 – Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT
Příjemce podpory	Gymnázium, Jevíčko, A. K. Vitáka 452

Název DUMu	Optické zobrazení odrazem a lomem, optické přístroje
Název dokumentu	VY_32_INOVACE_16_14
Pořadí DUMu v sadě	14
Vedoucí skupiny/sady	Mgr. Petr Mikulášek
Datum vytvoření	10. 3. 2013
Jméno autora	Mgr. Jiří Janeček
e-mailový kontakt na autora	janecek@gymjev.cz
Ročník studia	3. a 4.
Předmět nebo tematická oblast	Fyzika
Výstižný popis způsobu využití materiálu ve výuce	Shrnutí a procvičování učiva. Inovace: využití ICT, netradiční úlohy, mezipředmětové vztahy – matematika, biologie



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

1. Základní pojmy

Optická soustava je souhrn lomových a odrazových ploch, clon ohraničujících průchod paprsků, který ovlivňuje chod paprsků a slouží k vytváření **obrazu** nebo k měření optických veličin (Štrba, A., 1979). Paprsky vycházející z jednoho bodu **předmětu** tvoří **homocentrický** svazek. Po průchodu soustavou svazek

- Zůstane homocentrický – stigmatické zobrazení,
- Nezůstane homocentrický – astigmatické zobrazení.

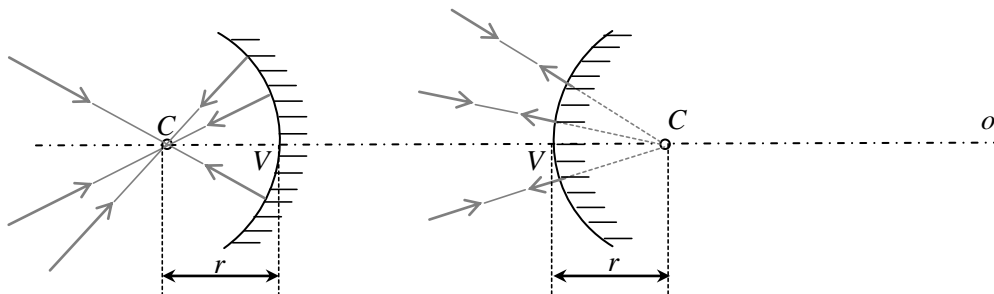
Je-li svazek procházející soustavou **sbíhavý**, mluvíme o **skutečném** obrazu zobrazovaného předmětu, je-li **rozbíhavý**, mluvíme o **zdánlivém** obrazu.

Rovinné zrcadlo – lesklá rovinná plocha. Obraz je vždy zdánlivý, vzpřímený, stejně velký jako předmět a souměrný s předmětem dle roviny zrcadla (Lepil, O., & Kupka, Z., 1993).

Kulové zrcadlo – část kulové plochy. Dle strany odrazové plochy jde o zrcadla **dutá** anebo **vypuklá**.

Význačné prvky:

- **Střed křivosti C**,
- **Vrchol V** zrcadla,
- **Optická osa o** zrcadla,
- **Poloměr křivosti r** zrcadla (viz obrázek 1.).

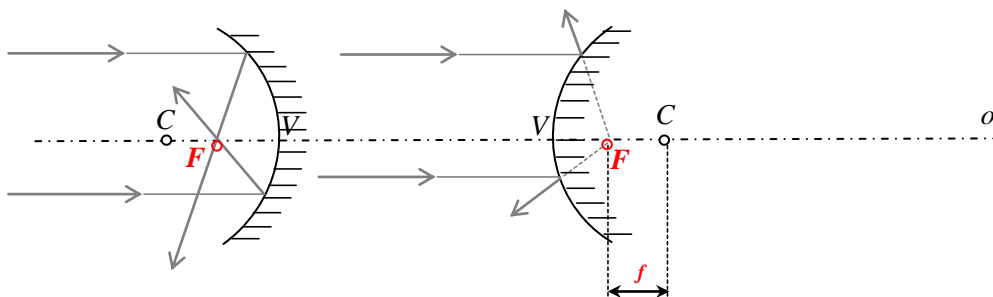


Obrázek 1 – vlevo duté a vpravo vypuklé zrcadlo

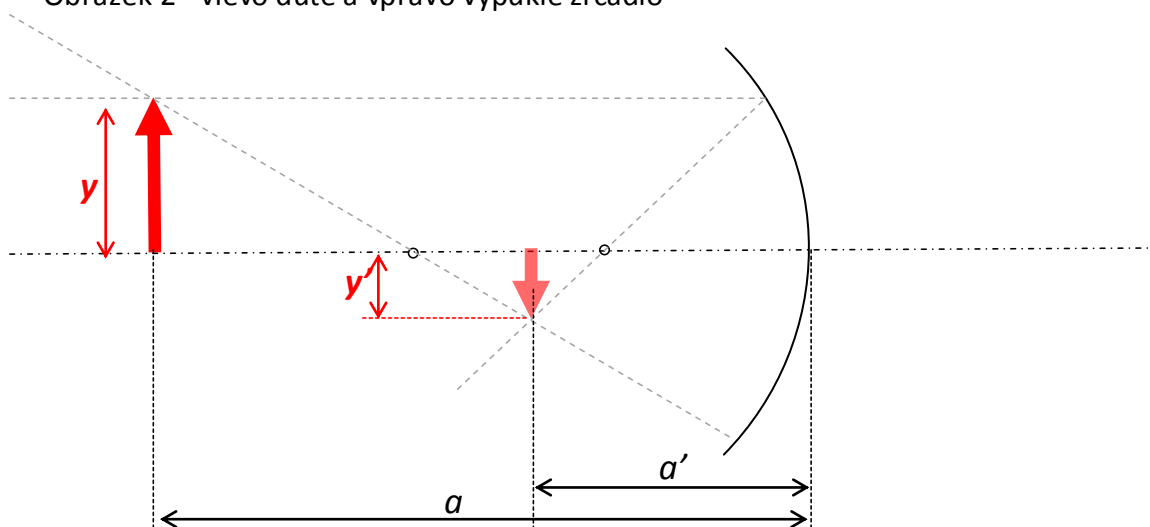
Při zobrazování využíváme 3 význačných paprsků – **paprsek procházející středem** křivosti, odráží se ve směru přesně opačném než je směr dopadu, **paprsek dopadající rovnoběžně** s osou, který míří po dopadu do bodu **F**, jenž je ohniskem a leží v polovině poloměru **r** a označujeme jim jako ohniskovou vzdálenost **f**. Toto může být skutečné (duté zrcadlo), anebo zdánlivé (vypuklé zrcadlo) – obrázek 2. Třetím geometricky

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

významným paprskem je paprsek dopadající na zrcadlo ohniskem, tento se odráží, dle předešlého, rovnoběžně s optickou osou.



Obrázek 2 - vlevo duté a vpravo vypuklé zrcadlo



Obrázek 3 – zobrazení dutým zrcadlem

Dle obrázku 3 určíme **předmětovou vzdálenost** a od vrcholu zrcadla, polohu obrazu najdeme pomocí význačných paprsků a je dána **obrazovou vzdáleností** a' od vrcholu zrcadla. Optické zobrazení charakterizuje **měřítka optického zobrazení** neboli **zvětšení** Z , definované jako poměr výšky obrazu y' a výšky vzoru (předmětu) y ,

$$Z = \frac{y'}{y}. \quad (1)$$

Obraz může být **skutečný** a **neskutečný**, **vzpřímený** a **převrácený**, **zmenšená** a **zvětšený**. Je-li $a > f$ je obraz vždy **skutečný a převrácený**.

Je-li $\infty > a > r$ je $Z < 1$.



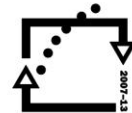
evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Je-li $a = r$ je $Z = 1$.

Je-li $r > a > f$ je $Z > 1$.

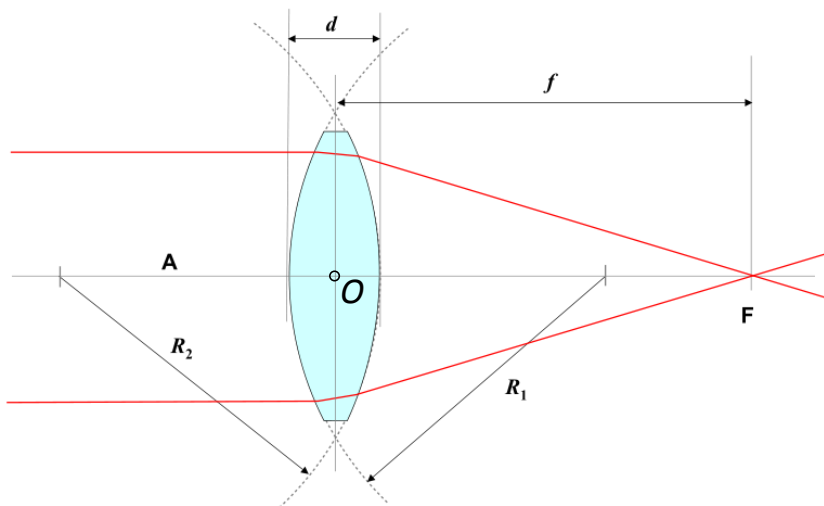
Veličiny $a > 0$ a $a' > 0$ je-li předmět před zrcadlem (vlevo) $a < 0$ a $a' < 0$ je-li těleso za zrcadlem (vpravo). Je-li $a' > 0$ je obraz je skutečný, je-li $a' < 0$ je obraz zdánlivý. Platí zobrazovací rovnice kulového zrcadla

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f} \quad (2)$$

a zvětšení je

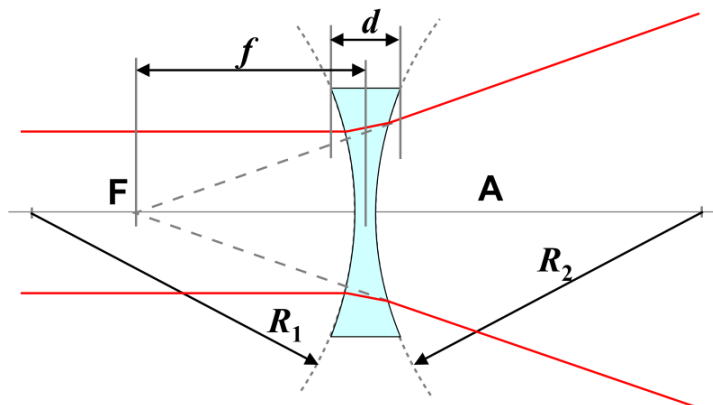
$$Z = \frac{y'}{y} = -\frac{a}{a'} = -\frac{a'-f}{f} = -\frac{f}{a-f} \quad (3)$$

Čočky – zobrazení lomem, materiál o vyšším indexu lomu světla n_2 než index lomu světla okolního prostředí n_1 . Tvoří ji dvě kulové plochy nebo plocha rovinná a kulová, dle uspořádání rozlišujeme **čočky spojné** (spojky) a **čočky rozptylné** (rozptylky). Popis podobně jako u kulových zrcadel (viz. obrázek 1) a význačné paprsky též (viz. obrázek 2). U čoček rozlišujeme navíc **tloušťku tenké čočky** $|V_1V_2| = d$ a střed optické čočky O (Obrázek 4).



Obrázek 4 – spojná čočka - Hhahn, CC-BY-SA,
(http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Positive_lens_2.svg)

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

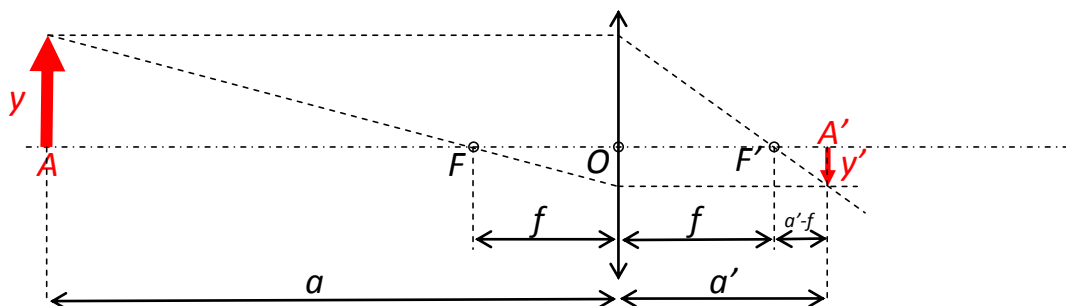


Obrázek 5 – rozptylná čočka – Hhahn, CC-BY-SA,
(http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Negative_lens_2.svg)

Čočku charakterizuje její **optická mohutnost** φ , jež je definována

$$\varphi = \frac{1}{f} = (n_2 - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right). \quad (4)$$

Jednotkou optické mohutnosti je dioptrie $[\varphi] = m^{-1} = D, (D = m^{-1})$.



Obrázek 6 – zobrazení spojnou čočkou

Z obrázku 5 – zobrazení spojnou čočkou z podobnosti trojúhelníků geometrie plyne vztah pro **příčné zvětšení** ve tvaru

$$Z = \frac{y'}{y} = -\frac{a}{a'} = -\frac{a'-f}{f} = -\frac{f}{a-f}. \quad (5)$$

Vzdálenost $a > 0$ před čočkou (předmětový prostor), $a < 0$ za čočkou (obrazový prostor).
Vzdálenost $a' > 0$ za čočkou (obrazový prostor) a vzniká obraz skutečný, $a' < 0$ před čočkou (předmětový prostor), v tomto případě vzniká obraz zdánlivý.

Zobrazovací rovnice čočky má tvar

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}. \quad (6)$$

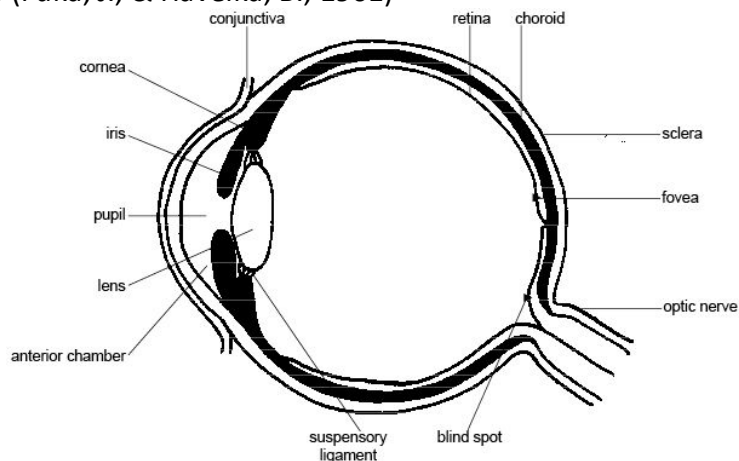
Zobrazování dutým zrcadlem			Zobrazování spojnou		
vzdálenost		velikost obrazu	vzdálenost		velikost obrazu
předmět	obraz		předmět	obraz	

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

$a > r$	$r > a' > f$	$ y' < y $	$a > 2f$	$2f > a' > f$	$ y' < y $
$a = r$	$a' = r$	$ y' = y $	$a = 2f$	$a' = 2f$	$ y' = y $
$r > a > f$	$a' > r$	$ y' > y $	$2f > a > f$	$a' > 2f$	$ y' > y $
$a = f$	$a' \rightarrow \infty$	$ y' \rightarrow \infty$	$a = f$	$a' \rightarrow \infty$	$ y' \rightarrow \infty$
$a < f$	$0 < a' < \infty$	$ y' > y $	$a < f$	$0 < a' < \infty$	$ y' > y $
zobrazení vypuklým zrcadlem			zobrazení rozptylkou		
$\infty > a > 0$	$a' < 0$	$ y' < y $	$\infty > a > 0$	$a' < 0$	$ y' < y $

Tabulka 1 – důsledky polohy vzoru při zobrazování zrcadlem a spojkou

Oko (Fuka, J., & Havelka, B., 1961)



Obrázek 7 – oko – Sunshineconnelly, CC-BY-3.0,

(http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anatomy_and_physiology_of_animals_Structure_of_the_eye.jpg)

Retina – sítnice

Fovea – fovea

Sclera – bělmo

Conjunctiva – spojivka

Choroid – cévnatka

Retina – sítnice

Pupil – pupila

Anterior chambre – přední komora

Suspensory ligament – řasnatá tělíska

Blind spot – žlutá skvna

Cornea – rohovka

Iris – duhovka

Lens – oční čočka

Má 3 blány: **bělmo** – vpředu čirá rohovka), **choroidea** – střední vrstva, výživa oční tkáně, v pření části **řasnaté tělísko** – ovládání čočky, vpředu před nimi je **duhovka** s otvorem **pupila** (zornice) – reaguje na osvětlení (kontrola životních funkcí). 3. Vrstvou je **sítnice** – rozvětvení očního nervu, citlivost na světlo.

Vnitřní prostor oka je vyplněn **očním mokem (sklivec)**.

Sítnice – receptory na světlo

A) Tyčinky – citlivější



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

B) Čapíky - barevné vidění, nejvíce žlutá skvrna, nejméně slepá skvrna – vstup očního nervu

Poruchy oka

A) Astigmatismus – poruchy lomných ploch = nepravidelnosti

B) Krátkozrakost – ohnisko spojky je před sítnicí – korekce rozptylkou

C) Dalekozrakost – ohnisko spojky je za sítnicí – korekce spojkou

Příčiny: rozměry oka, změna optické mohutnosti oka, nevhodné indexy lomu prostředí optické soustavy oka

D) Starozrakost – zvětšení konvenční zrakové vzdálenosti oka, od 40. až 50. roku života, redukce spojkou, zobrazující předmět do blízkého bodu

Subjektivní optické přístroje.

Pomáhají zvětšit zorný úhel τ pod kterým pozorujeme určitý předmět. Jsou to lupa, mikroskop a dalekohled. Vytvářejí zdánlivý obraz, který okem pozorujeme pod zvětšeným úhlem τ' . Tyto přístroje charakterizuje veličina **úhlové zvětšení**

$$\gamma = \frac{\tau'}{\tau}. \quad (7)$$

Lupa – ohnisková vzdálenost f je obvykle menší než konvenční zraková vzdálenost d .

Platí $\gamma \doteq \frac{d}{f}$.

Mikroskop – sestává se ze 2 základních prvků **objektiv** (předmět umístěn v jeho ohnisku, malá ohnisková vzdálenost f_1) a **okulár** (funkce jako lupa, kterou prohlížíme obraz vytvořený objektivem, ohnisková vzdálenost f_2). Platí vztah $\gamma \doteq \frac{\Delta d}{f_1 f_2}$, kde Δ je **optický**

interval – vzdálenost mezi ohniskem objektivu a ohniskem okuláru.

Dalekohled – též z objektivu a okuláru, je-li objektivem spojka, mluvíme o **refraktor**, je-li objektivem zrcadlo, mluvíme o **reflektor**.

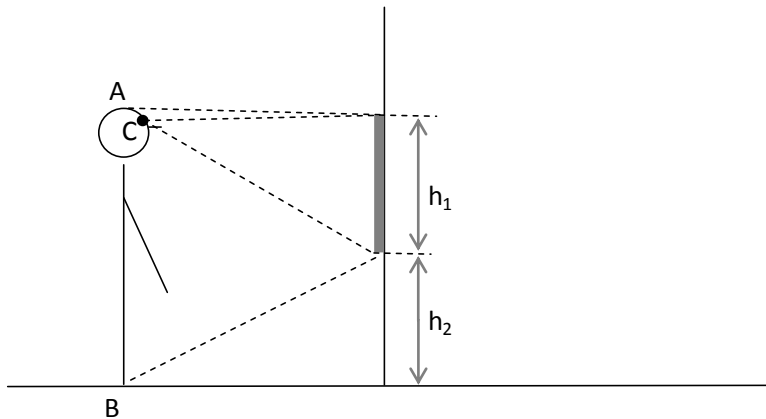
Objektivní optický přístroj – zachycení obrazu na projekční ploše přístroje – **fotografický přístroj**. Objektiv přístroje charakterizují 2 základní veličiny: **ohnisková vzdálenost objektivu** a světelnost **objektivu**. Kratší ohnisková vzdálenost umožňuje širší úhel záběru. Světelnost popisuje **clonové číslo**, jež je definováno jako podíl ohniskové vzdálenosti objektivu a průměru vstupního otvoru – ovlivňujeme hloubku ostrosti snímku.

2. Řešený příklad (Lepil, O., Bednařík, M., & Šíroká, M. 1995)

Jak vysoké musí být rovinné zrcadlo zavěšené svisle na stěnu, aby člověk vysoký 1,7m stojící 2,0m od zrcadla viděl v zrcadle celou postavu? Oči pozorovatele jsou 0,1m ve

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

svislé vzdálenosti od temene hlavy. Jak vysoko musí být od podlahy dolní okraj zrcadla, aby pozorovatel viděl svoji celou postavu z větší vzdálenosti?



Obrázek 8 – k řešenému příkladu

Paprsky vycházející z krajních bodů pozorovatele (A a B) a odrážející se od rovinného zrcadla do oka pozorovatele (C) jsou na obrázku vyznačeny, odtud je zřejmá výška zrcadla

$$h_1 = \frac{AC}{2} + \frac{BC}{2} = \frac{h}{2} = 0,85m.$$

Podobně pro vzdálenost dolního okraje zrcadla od podlahy

$$h_2 = \frac{AB-AC}{2} = 0,80m.$$

Jelikož velikost zrcadla a jeho poloha závisí jen na výšce pozorovatele, při větším odstupu nebude třeba měnit výšku zrcadla ani jeho umístění.

3. Příklady k řešení (Lepil, O., Bednařík, M., & Široká, M. 1995)

- 3.1 Na zrcadlo dopadá světelný paprsek. Zrcadlo se otočí o 2° okolo osy ležící v rovině zrcadla a kolmé na paprsek. O jaký úhel se odkloní odražený paprsek? O kolik se posune světelná stopa na stínítku, které je kolmé na odražený paprsek a vzdálené 8m od zrcadla? (56cm)
- 3.2 Bodový zdroj světla je umístěn na optické ose ve vzdálenosti 72cm od ohniska zrcadla a obraz zdroje je 18cm od ohniska. Urči ohniskovou vzdálenost zrcadla. (36cm)
- 3.3 Duté zrcadlo vytváří převrácený a 5krát zvětšený obraz. Urči ohniskovou vzdálenost, je-li vzájemná vzdálenost předmětu a obrazu 24cm. (5cm)
- 3.4 Obraz vytvořený dutým zrcadlem je 3krát menší než předmět. Jestliže se předmět přemístí o 20cm směrem k zrcadlu, je obraz menší jen 2krát. Urči ohniskovou vzdálenost zrcadla. (20cm)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- 3.5 Vzdálenost svíčky od stěny je 80cm. V jaké vzdálenosti od svíčky (mezi svíčkou a stěnou) je třeba umístit spojnou čočku s $f = 20\text{cm}$, aby na stěně vznikl ostrý obraz? (40cm)
- 3.6 Úzký paprsek laseru je rovnoběžný s optickou osou čočky ve vzdálenosti 5mm a po průchodu čočkou je od původního směru odchýlen o 2° . Urči ohniskovou vzdálenost čočky. (14,3cm)
- 3.7 Jak se změní ohnisková vzdálenost čočky ze skla s indexem lomu 1,8, ponoříme-li ji do vody s indexem lomu 1,33? ($\frac{f_2}{f_1} = 2,26$)
- 3.8 Čočky s mohutnostmi 5,0D a 2,5D jsou na společné optické ose ve vzdálenosti 120cm. Jaký obraz vytváří tato optická soustava, je-li předmět ve vzdálenosti 25cm od první čočky? (zdánlivý zvětšený, $Z=8$)
- 3.9 Krátkozraký člověk vidí ostře do vzdálenosti 40cm od oka. Urči optickou mohutnost čoček jeho brýlí, které mu umožní vidět ostře velmi vzdálené předměty. (-2,5D)
- 3.10 Fotoaparát s objektivem o ohniskové vzdálenosti 50mm fotografujeme postavu vysokou 180cm ze vzdálenosti 36m. Jakou výšku bude mít postava na filmu ve fotoaparátu? (asi 2,5mm)

4. Použitá literatura

- Fuka, J., & Havelka, B. (1961). Optika a atomová fyzika. I. Optika – fyzikální kompendium pro vysoké školy, 4. Praha: SPN
- Lepil, O., Bednařík, M., & Šíroková, M. (1995). Fyzika – sbírka úloh pro střední školy. Praha: Prometheus, ISBN 80-7196-048-9
- Lepil, O., & Kupka, Z. (1993). Fyzika pro gymnázia – Optika. Praha: SPN, ISBN 80-04-26092-6
- Štrba, A. (1979). Všeobecná fyzika 3 – Optika. Praha: SNTL

Obrázky

Obrázky 1, 2, 3, 6, 8 – Janeček, J. (2012) (Vytvořeny v programu Microsoft Office Word 2007)

Obrázek 4 – Hhahn, CC-BY-SA, retrieved 09. 12. 2012 from database Wikimedia Commons on World Wide Web:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Positive_lens_2.svg,

Obrázek 5 – Hhahn, CC-BY-SA, retrieved 09. 12. 2012 from database Wikimedia Commons on World Wide Web:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Negative_lens_2.svg,

Obrázek 7 – Sunshineconnelly, CC-BY-3.0, retrieved 09. 12. 2012 from database Wikimedia Commons on World Wide Web:



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anatomy_and_physiology_of_animals_Structure_of_the_eye.jpg

Materiály jsou určeny pro bezplatné používání pro potřeby výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení. Jakékoliv další využití podléhá autorskému zákonu. Dílo smí být dále šířeno pod licencí CC BY-SA (www.creativecommons.cz)