

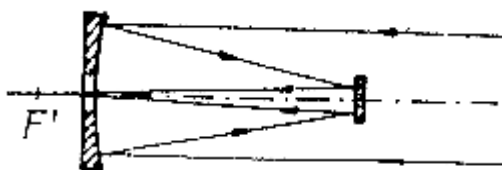
Fyzika 2 - rámcové příklady

Geometrická optika

1. Stanovte absolutní index lomu prostředí, jestliže rychlost elektromagnetických vln v daném prostředí dosahuje hodnoty $0,65c$. Jaký je rozdíl optických drah paprsků ve vzduchu a v daném prostředí, jestliže doba šíření paprsku ve vakuu je 1 s ?
2. Vysvětlete pojmy kulová a rovinná vlnoplocha.
3. Určete rychlost elektromagnetických vln ve vodě ($n = 1,33$) a ve skle ($n = 1,5$).
4. Jakou geometrickou a jakou optickou dráhu urazí světelný paprsek šířící se nádobou akvária naplněného vodou, jestliže podélný rozměr nádrže je 80 cm a tloušťka skla 4 mm ? Hodnoty indexů lomu obou prostředí naleznete v úkolu č. 3.
5. Světelný paprsek dopadá ze vzduchu na vodní hladinu ($n = 1,33$) pod úhlem 30° . Určete úhel odrazu a lomu.
6. Jak se situace v úkolu č. 5 změní, bude-li paprsek dopadat pod úhlem 30° na rozhraní voda-vzduch?
7. Jaká je geometrická a optická dráha paprsku šířícího se nádobou akvária (zadání jako v úkolu č. 4), jestliže úhel dopadu paprsku na první rozhraní je a) 5° , b) 10° , c) 30° ? Výška stěny akvária je dostatečná k tomu, aby paprsek dopadl na protější stěnu akvária.
8. Nalezněte mezní úhel dopadu světelného paprsku, při kterém dojde k úplnému odrazu. Optické rozhraní tvoří skleněná destička ($n = 1,65$) ponořená ve vodě ($n = 1,33$). Situaci načrtněte.
9. Ryba se v hloubce 3 m dívá směrem vzhůru (kolmo k hladině). Na jak velké ploše klidné hladiny vidí oblohu? Jak se změní plocha hladiny, na které je obloha pozorovatelná, jestliže se ryba ponoří o 2 m hlouběji?
10. Bodový zdroj světla je ponořen 50 cm pod hladinou vody. Najděte průměr kruhu na hladině, ve kterém světlo vystupuje z vody.
11. Akvárium má tvar kváдру. Přední stěnou pozorujete dění v akváriu, nicméně boční stěny akvária se při pozorování vodou jeví jako zrcadlové. Nakreslete lom a odraz paprsků při takovém pozorování. Určete mezní úhel pozorování, při kterém se boční stěna jeví jako zrcadlová. Tloušťka skla je 4 mm , index lomu skla je $1,65$ a index lomu vody $1,33$.
12. Do dráhy paprsku vložíme skleněnou destičku o tloušťce 1 mm a indexu lomu $1,65$. Jaká je geometrická a optická dráha paprsku destičkou, jestliže je rovina destičky skloněna vůči paprsku o úhel a) 30° , b) 45° , c) 60° ?
13. Pro zadání dle úkolu č. 12 určete posunutí paprsku po průchodu skleněnou destičkou.

14. K úplné polarizaci odraženého paprsku dojde v případě, že odražený a lomený paprsek svírají vzájemně úhel 90° . Stanovte úhel dopadu paprsku dopadajícího ze vzduchu na vodní hladinu ($n = 1,33$), při kterém k polarizaci dojde.
15. Lze jev úplné polarizace odražené složky pozorovat i při dopadu paprsku z opticky hustšího na opticky řidší prostředí?
16. Tenká ocelová tyč je svisle vetknuta do země, její vyčnívající délka je 1 m. Jaká je délka vrženého stínu, jestliže je slunce právě 50° nad horizontem? Jak se změní délka stínu, bude-li tyč umístěna na dno vodní nádrže, jejíž výška hladiny je právě 2 m?
17. U polychromatického světla dochází při lomu na rozhraní k disperzi. Určete mezní indexy lomu viditelného spektra ($\lambda = 350 - 750 \text{ nm}$), jestliže se střední vlnová délka láme pod úhlem 25° a úhlový rozsah rozloženého spektra činí 12 úhlových minut. Paprsky bílého světla dopadají na rozhraní vzduch-sklo ($n = 1,65$).
18. Mezní indexy lomu viditelného spektra ($\lambda = 350 - 750 \text{ nm}$) pro vodu jsou 1,326 a 1,334. Určete úhlový rozsah barevného spektra ve vodě, jestliže se slunce nachází a) 10° , b) 30° , c) 50° nad horizontem. Jaké barvy přísluší mezním indexům lomu, jestliže jde o normální disperzi?
19. Navrhněte minimální výšku rovinného zrcadla a výšku dolní hrany zrcadla nad podlahou, jestliže stojíte ve vzdálenosti 80 cm před zrcadlem a chcete se v zrcadle vidět celí. Jak se změní nutné rozměry, jestliže poodstoupíte od zrcadla do vzdálenosti 1 m?
20. Popište vlastnosti obrazu při zobrazení rovinným zrcadlem.
21. Umístěte před rovinné zrcadlo pravotočivou souřadnou soustavu xyz tak, aby počátek soustavy byl 0,5 m před zrcadlem a rovina yz byla rovnoběžná s rovinou zrcadla. Budete v zrcadle pozorovat opět pravotočivou soustavu?
22. Načrtněte jednoduchý zrcadlový periskop a popište zobrazení předmětu. Jaké vlastnosti má obraz?
23. V optice, dopravní technice, mikrovlnné technice a jiných aplikacích se používá tzv. koutový odražeč, sestávající ze tří rovinných zrcadel spojených dohromady tak, že tvoří roh krychle. Koutový odražeč odráží paprsek dopadající z libovolného směru nazpět přesně ve směru nesouhlasně rovnoběžném. Načrtněte situaci, při kterém se paprsek v odrazeči odrazí právě a) 1x, b) 2x, c) 3x.
24. Ve filmu *Jurský park* sleduje *Tyrannosaurus rex* džíp, v jehož zpětném zrcátku vidíme obraz tyranosaura. Na zrcátku je natištěno "Objects in mirror are closer than they appear", což v kontextu scény vyznívá výhrušně. Je sklo zpětného zrcátka rovinným, dutým, nebo vypuklým zrcadlem?

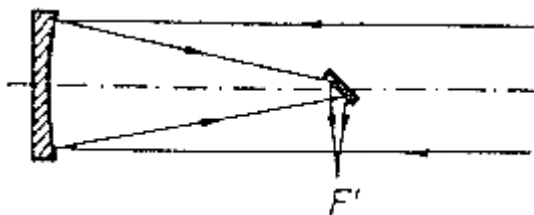
25. Na zvoleném typu kulového zrcadla (duté, vypuklé) popište znaménkovou konvenci odpovídající zobrazovacím rovnicím odvozeným ve skriptech Fyziky 2 pro FD ČVUT.
26. Definujte pojmy konvexní a konkávní kulové zrcadlo.
27. Jaké vlastnosti mají paprsky a) procházející středem křivosti kulového zrcadla, b) procházející ohniskem kulového zrcadla, c) dopadající na zrcadlo rovnoběžně s optickou osou?
28. Kde leží obraz ohniska dutého kulového zrcadla? (Nápověda: Umístěte předmět do ohniska a proveďte zobrazení.)
29. Navrhněte tvar kulového zrcadla tak, aby jej bylo možné použít k holení / líčení (Nápověda: Je třeba nalézt takové zobrazení, při kterém bude obraz zvětšený a přímý.)
30. Navrhněte modelový světelný reflektor pomocí kulového zrcadla. Umístěte vlákno žárovky tak, aby paprsky vystupující z reflektoru byly rovnoběžné.
31. Světélkující bod se pohybuje po optické ose rychlostí v_0 směrem ke kulovému dutému zrcadlu. Odvoďte vztah pro rychlost obrazu tohoto bodu.
32. Zvolte parametry dutého zrcadla a postupně proveďte zobrazení pro polohu předmětu odpovídající a) $x = 5r$, b) $x = 2r$, c) $x = r/2$, d) $x = r/4$. Polohu obrazu a jeho velikost ověřte výpočtem pomocí zobrazovací rovnice pro paraxiální prostor.
33. Zvolte parametry vypuklého zrcadla a postupně proveďte zobrazení pro polohu předmětu odpovídající a) $x = -5r$, b) $x = -2r$, c) $x = -r/2$, d) $x = -r/4$. Polohu obrazu a jeho velikost ověřte výpočtem pomocí zobrazovací rovnice pro paraxiální prostor.
34. Konstrukce optického zařízení s kulovým zrcadlem požaduje, aby vzdálenost předmětu a obrazu byla přesně 50 cm, přičemž obraz musí být 4x zvětšený a přímý. Do zařízení je třeba umístit vhodné kulové zrcadlo tak, aby splňovalo dané požadavky zobrazení.
35. Kulové zrcadlo používané při holení má poloměr křivosti $|r| = 100$ mm. Je umístěno tak, aby obraz tváře byl přímý a 4 krát zvětšený. Stanovte typ kulového zrcadla a polohu tváře před zrcadlem.
36. Cassegrainův zrcadlový dalekohled (princip Hubbleova teleskopu) má schéma toku paprsků dle obrázku níže.



Předpokládejme, že průměr svazku paprsků vstupujících do dalekohledu je 30 cm, ohnisková vzdálenost primárního kulového zrcadla je 1,5 m. Do jaké vzdálenosti je třeba umístit

sekundární rovinné zrcadlo, jehož průměr je 5 cm, aby odráželo celý svazek dopadající na primární zrcadlo?

37. Newtonův zrcadlový dalekohled má schéma toku paprsků dle obrázku níže.



Předpokládejme, že průměr svazku paprsků vstupujících do dalekohledu je 30 cm, ohnisková vzdálenost primárního kulového zrcadla je 1 m. Ve vzdálenosti 80 cm umístíme sekundární rovinné zrcadlo. Jaký musí být geometrický tvar zrcadla a jeho rozměry, aby odráželo celý svazek dopadající na primární zrcadlo?

38. Popište zobrazení pomocí tenké čočky. Na modelovém příkladu určete polohy ohnisek, hlavních rovin a středu čočky. Popište znaménkovou konvenci odpovídající zobrazovacím rovnicím odvozeným ve skriptech Fyziky 2 pro FD ČVUT.

39. Jaké vlastnosti mají paprsky a) procházející středem tenké čočky, b) procházející předmětovým ohniskem tenké čočky, c) procházející obrazovým ohniskem tenké čočky?

40. Zvolte parametry tenké spojné čočky a postupně proveďte zobrazení pro polohu předmětu odpovídající a) $x = 5f$, b) $x = 2f$, c) $x = f$, d) $x = f/2$. Polohu obrazu a jeho velikost ověřte výpočtem pomocí zobrazovací rovnice pro paraxiální prostor.

41. Zvolte parametry tenké rozptylné čočky a postupně proveďte zobrazení pro polohu předmětu odpovídající a) $x = 5f'$, b) $x = 2f'$, c) $x = f'$, d) $x = f'/2$. Polohu obrazu a jeho velikost ověřte výpočtem pomocí zobrazovací rovnice pro paraxiální prostor.

42. Tenká čočka s ohniskovou vzdáleností 20,0 cm vytváří na stínítku obraz Slunce. Jaký je poloměr obrazu? Potřebné parametry Slunce vyhledejte s pomocí strýčka Google.

43. Optická soustava má právě jednu čočku a zobrazuje předmět o výšce 50 cm jako převrácený skutečný obraz o výšce 5 cm. Vzdálenost předmětu a obrazu činí 200 cm. Určete parametry tenké čočky.

44. Z jaké vzdálenosti x byl zhotoven fotografický snímek stromu o výšce 6 m, má-li jeho obraz výšku 0,12 m a obrazová ohnisková vzdálenost objektivu je 0,2 m?

45. Požadavkem konstrukce optického přístroje se soustavou čoček je, aby vzdálenost předmětu a obrazu byla přesně 20 cm, přičemž obraz musí být 5x zmenšený a převrácený. Soustavu nahraďte jednou tenkou čočkou tak, aby splňovala dané požadavky zobrazení. Stanovte parametry a polohu středu čočky vůči poloze předmětu.

46. Brýlovou spojnou čočkou s optickou mohutností 4 dioptrie zobrazujeme předmět, který je 50 mm před čočkou. Lze vytvořený obraz zobrazit na stínítku?

47. Lupa je v podstatě tenkou spojnou čočkou. Kde musí ležet předmět, abychom získali požadované zobrazení?
48. Osvětlený diapozitiv je ve vzdálenosti 44 cm od promítacího plátna. V jaké vzdálenosti od diapozitivu musíme umístit čočku o ohniskové vzdálenosti 11 cm, aby na plátně vznikl ostrý obraz diapozitivu?
49. V jaké vzdálenosti musí ležet předmět před spojnou čočkou s ohniskovou vzdáleností f' , abychom získali obraz o stejné velikosti?
50. V jaké vzdálenosti musí ležet předmět před rozptylnou čočkou s ohniskovou vzdáleností f' , abychom získali obraz o stejné velikosti?
51. Čočka krátkozrakého lidského oka zobrazuje předměty ležící ve velkých vzdálenostech před sítnicí. Navrhněte korekci pomocí tenké čočky (spojka nebo rozptylka) tak, aby byl obraz zobrazen na sítnici.
52. Čočka dalekozrakého lidského oka zobrazuje předměty ležící ve velkých vzdálenostech za sítnicí. Navrhněte korekci pomocí tenké čočky (spojka nebo rozptylka) tak, aby byl obraz zobrazen na sítnici.
53. Keplerův dalekohled je soustava dvou spojných čoček (objektiv a okulár) uspořádaných tak, aby obrazové ohnisko objektivu bylo ve stejné poloze jako předmětové ohnisko okuláru. Předpokládejme, že vzdálenost středů čoček na optické ose je 60 cm a ohniskové vzdálenosti jsou v poměru 4:1. Načrtněte zobrazení předmětu ležícího v nekonečnu. Určete vlastnosti obrazu. Dále proveďte konstrukci obrazu pro předmět ležící ve vzdálenosti 30 cm před okulárem.
54. Objektiv fotoaparátu lze nahradit jednou spojnou čočkou, která fokusuje dopadající rovnoběžný svazek na filmový pás, ležící ve vzdálenosti 5 cm od spojně čočky. Do jaké vzdálenosti od filmu je třeba posunout čočku objektivu, chceme-li zobrazit předmět ležící 100 cm před objektivem fotoaparátu?
55. Centrovanou soustavu tvoří tenké čočky s hodnotami ohniskových vzdáleností $f'_1 = 60$ mm, $f'_2 = -20$ mm, které jsou od sebe vzdáleny o vzdálenost $d = 10$ mm. Jaká je poloha obrazu x'_2 vzhledem ke druhé čočce, pokud je předmět ve vzdálenosti 75 mm před spojkou?
56. Centrovanou soustavu tvoří tenké čočky s hodnotami ohniskových vzdáleností $f'_1 = 20$ mm, $f'_2 = -30$ mm, které jsou od sebe vzdáleny o vzdálenost $d = 15$ mm. Jaká je poloha obrazu x'_2 vzhledem ke druhé čočce, pokud je předmět ve vzdálenosti 50 mm před spojkou?
57. Princip Keplerova dalekohledu (úkol č. 53) lze využít i pro obrácený tok paprsků. V takovém případě funguje dalekohled jako expander (rozšiřovač) dopadajícího rovnoběžného svazku. Navrhněte soustavu dvou čoček - spojky a rozptylky - tak, aby soustava fungovala také jako expander rovnoběžného svazku.

58. Popište princip diskretního optického vlákna, zakreslete do řezu vláknem paprsek vedený a nevedený a odvoďte vztah pro numerickou aperturu vlákna.
59. Pro diskretní optické vlákno odvoďte vztah pro určení optické dráhy paprsku vláknem, jestliže libovolný vedený paprsek dopadá na čelo vlákna pod úhlem α .
60. Pro diskretní optické vlákno odvoďte vztah pro určení počtu odrazů na 1 m délky vlákna, jestliže libovolný vedený paprsek dopadá na čelo vlákna pod úhlem α a průměr jádra optického vlákna je d (volte jednotky μm)
61. Přímé optické vlákno má délku 10 m, index lomu jádra 1,58 a index lomu pláště 1,54. Vláknem prochází dva paprsky - první dopadá na čelo pod úhlem 0° , druhý pod úhlem 8° . Určete geometrickou a optickou dráhu obou paprsků vláknem a stanovte časové zpoždění paprsků, jestliže do vlákna vstoupily ve stejném čase.
62. Optické vlákno má délku 10 m, index lomu jádra 1,58 a index lomu pláště 1,54. Na čelo vlákna dopadá paprsek pod neznámým úhlem. Z měření časového zpoždění paprsku bylo stanoveno, že optická dráha šikmého paprsku je ve vlákně o 2 % delší než optická dráha paprsku dopadajícího kolmo na čelo vlákna. Stanovte úhel dopadu šikmého vlákna a dráhový rozdíl paprsků.
63. Průhledná tyč kruhového průřezu z materiálu PMMA má index lomu 1,49. Stanovte numerickou aperturu vlákna z materiálu PMMA, jestliže vlákno nemá plášť. Stanovte maximální úhel dopadu paprsku, při kterém je ještě splněna podmínka vedení paprsku vláknem.