

Наставна средства физике



Класификација 3 – прилагођена обradi у оквиру предмета



- основна наставна средства
- очигледна дводимензионална и тродимензионална наставна средства
- помоћна лабораторијска опрема
- наставна средства из механике чврстих тела
- наставна средства из механике течних и гасовитих тела
- наставна средства из молекуларне физике и топлоте
- наставна средства из електростатике и електродинимике
- наставна средства из акустике
- наставна средства из оптике
- наставна средства из атомске и нуклеарне физике
- посебни уређаји и збирке

Наставна средства из оптике



Геометријска и физичка оптика



- Основне величине и принципи
- Извори светлости
- Помоћни делови и оптички елементи
- Оптички системи
- Учила, комплети, збирке
- Пројектори
- Оптички инструменти
 - Лупа
 - Микроскоп
 - Дурбини и телескопи

Геометријска оптика



- Светлост је ЕМ талас
- Ако је таласна дужина светлости неколико пута мања од величине препрека
 - Светлост се понаша као зрак - област физике је геометријска оптика
- Ако светлост интерагује са “малим” телима
 - Светлост се понаша као талас – област физике је таласна оптика

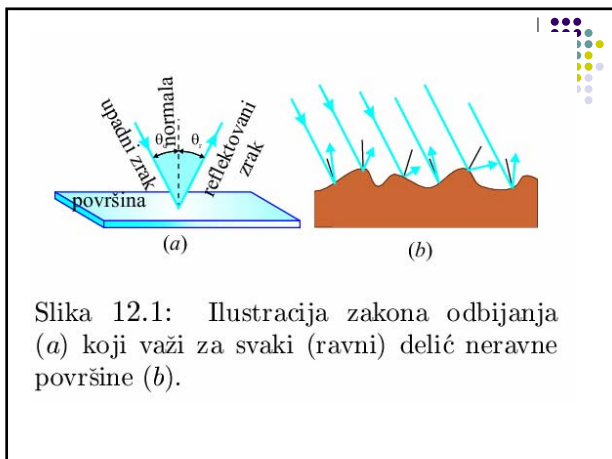
- Брзина светлости
 - Галилеј
 - Оле Ремер – 1676. Јупитерови сателити
 - $c = 2,9972458 \times 10^8 \text{m/s} \approx 3 \times 10^8 \text{m/s}$



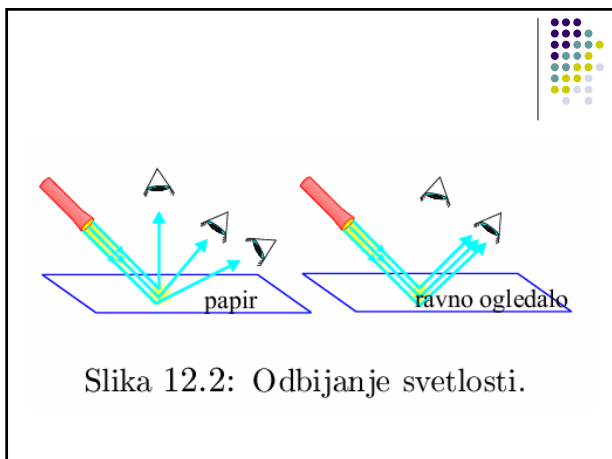
Закони геометријске оптике. Одбијање и преламање



- Закон праволинијског простирања светлости
- Закон независног простирања зракова.
- Закон одбијања
 - Угао под којим се светлост рефлектује је једнак њеном упадном углу.
 - Упадни зрак, нормала и одбојни зрак леже у истој равни а углови се мере у односу на нормалу
 - То важи и за глатке и за неравне површине (за сваки њихов приближно раван део)
 - Зато неравне површине видимо са свих страна (ми, одећа, лишће,) а равне само са једне (огледало)
- Закон преламања

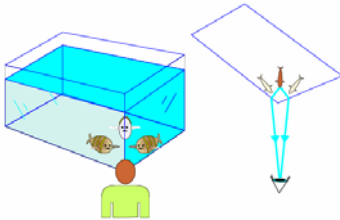


Slika 12.1: Илустрација закона одбијања (a) који важи за сваки (ravni) део неравне површине (b).



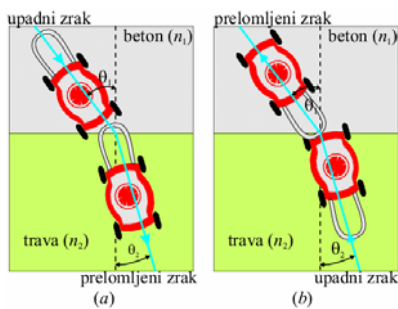
Slika 12.2: Одбијање светлости.

- Брзина светлости зависи од структуре средине
- Индекс преламања је: $n=c/v$



- Увек је $n \geq 1$
- За гасове $n \approx 1$
- За воду $n = 1,33$
- За лед $n = 1,309$

Slika 12.3: Efekat prelamanja svetlosti.

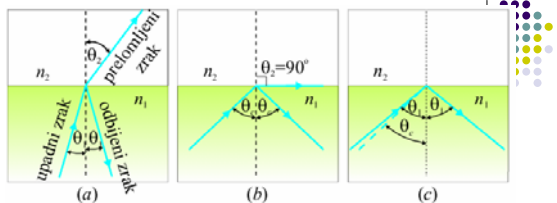


Slika 12.4: Ilustracija zakona prelamanja.

- Снелијусов закон преламања $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$.

Тотална унутрашња рефлексија

- Огледала рефлектују до 90%
 - Где је остатак?
- Потпуна рефлексија се догађа када светлост наилази из средине у којој се спорија (већи индекс преламања) а треба да пређе у средину у којој је бржа (мањи индекс преламања)
- Под одређеним условима се догађа тотална рефлексија
- Угао под којим се догађа је **критични угао**

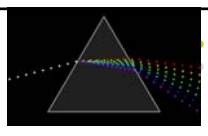


Slika 12.5: Uz objašnjenje efekta totalne refleksije.

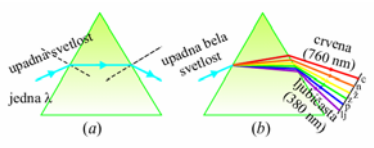
$$n_1 \sin \theta_c = n_2 \quad \theta_c = \arcsin(n_2/n_1), \quad n_1 > n_2. \quad (12.3)$$

- Критични угао за дијамант 24,4°
- Светлост када уђе тешко излази из дијаманта

Дисперзија (разлагање) светлости

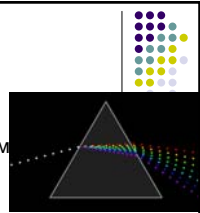


- Њутн 1672. – разложио Сунчеву светлост на боје
- Дисперзија – процес промене правца кретања светлости услед разлике у таласној дужини



Slika 12.6: Prelamanje (a) svetlosti jedne talasne duzine, (b) složene svetlosti – disperzija.

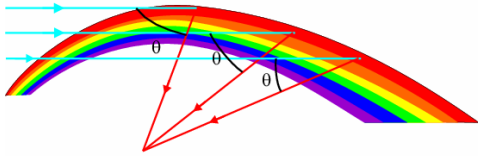
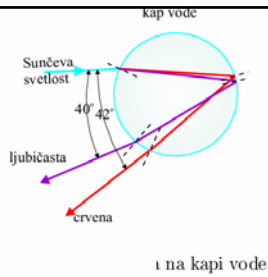
- Преломни угао зависи од индекса преламања (брзине) а он зависи од таласне дужине светлости
- Индекс преламања расте са смањењем таласне дужине
 - Највећи је за љубичасту светлост – она више скреће од црвене



	crvena	narandžasta	žuta	zelena	plava	ljubičasta
Sredina	660 nm	610 nm	580 nm	550 nm	470 nm	410 nm
voda	1,331	1,332	1,333	1,335	1,338	1,342
dijamant	2,410	2,415	2,417	2,426	2,444	2,458

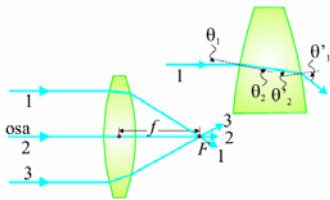
Tabela 12.1: Indeks prelamanja za vodu i dijamant za različite talasne duzine

- Дуга се види на супротној страни од Сунца када је позадина тамна (олујно небо)



Slika 12.8: Objašnjenje lučnog izgleda duge.

Сочива

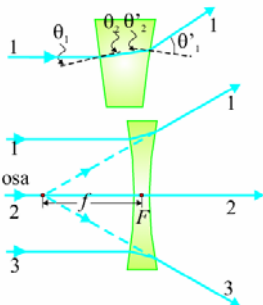


Slika 12.9: Sabirno sočivo.

$$\omega = 1/f. \quad (12.4)$$

- Име од поврха које личи на **конвексна** – сабирна сочива
- Праве се од стакла или провидних пластика
- Индекс преламања је већи од ваздуха
- **Фокус (жижа) сочива**
- Што је жижа ближе сочиву сочиво је моћније – већа му је **оптичка моћ**





Slika 12.10: Расипно соčиво.

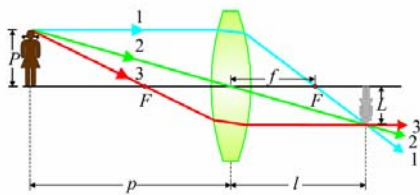
- Код конкавних – расипних сочива жижна даљина и оптичка моћ су негативне



Карактеристични зраци танких сочива и формирање lika



- Зрак који улази у **сабирно** сочиво паралелно оптичкој оси након преламања пролази кроз жижу са његове друге стране (зраци 1 и 3 са слике 12.9)
- Зрак који улази у **расипно** сочиво паралелно оптичкој оси, након преламања се креће као да долази из жиже са исте стране сочива (зраци 1 и 3 са слике 12.10)
- Зрак који пролази кроз центар сочива не мења правац кретања
- Важи и реверзибилност путања

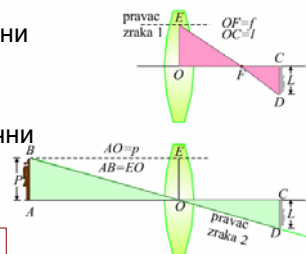


Slika 12.11: Formiranje lika kod sabirnog sočiva.

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{l} = \frac{1}{f}. \quad (12.5)$$

$$U = \frac{L}{P}. \quad (12.6)$$

- EOF и FDC су слични
 - $CD/CF=EO/OF$
 - $CD/EO=CF/OF=(l-f)/f$
- ABO и CDO су слични
 - $AB/AO=CD/OC$
 - $CD/EO=l/p$



Slika 12.12: Sabirno sočivo.

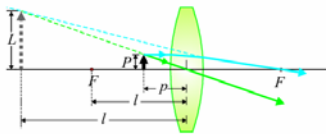
$$\frac{1}{p} + \frac{1}{l} = \frac{1}{f}. \quad (12.5)$$

$$U = L/P = l/p$$

- Реалан лик
 - Може да се пројектује на екран, филм, ретину
 - Код сабирних сочива када је $p > f$, лик је
 - обрнут,
 - умањен и
 - реалан
- Виртуелан (имагинаран) лик
 - Не може ...
 - Нпр. кад лупу приближимо предмету, тј. буде $p < f$, лик је
 - усправан
 - увећан
 - виртуелан



Формирање имагинарног лика код лупе



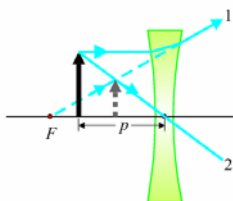
Slika 12.13: Konstrukcija lika predmeta koji je između žiže i centra sabirnog sočiva.

- Виртуелан лик не може да се пројектује на екран, филм, ретину, ...
- А зашто га онда видимо?
- Сочиво у нашем оку сакупља дивергентне зраке, сабира их и они падају на ретину



Формирање лика расипним сочивом

- Користе се за наочаре за кратковиде особе
- Ликови су усправни али мањи од објекта
- Са исте су стране сочива где је и предмет
- не могу да се пројектују – виртуелни су

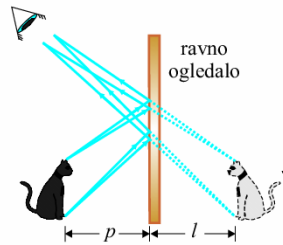


Slika 12.14: Konstrukcija lika kod rasipnog sočiva.



Огледала

- Равна кућна, огледала за надзор, код зубара, за шминку, ...
- Рефлектују светлост
- Равно огледало – лик на истом растојању са друге стране огледала – имагинаран/виртуелан (не може да се пројектује – не постоји иза огледала)

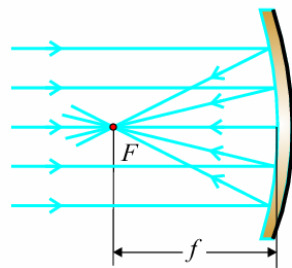


Slika 12.15: Konstrukcija lika kod ravnog ogledala.

- Сабирно огледало – жижна даљина је позитивна
- Што је жижа мања моћније је

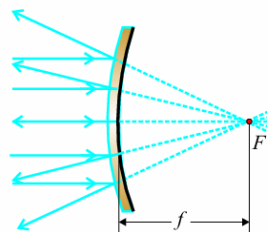
$$\omega = 1/f$$

$$f = \frac{R}{2}, \quad (12.7)$$



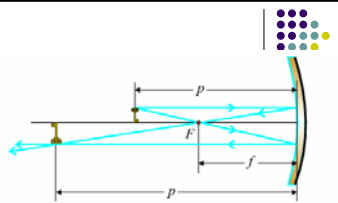
Slika 12.16: Konkavno sferno ogledalo.

- Расипно огледало, фокус је иза њега па је жижна даљина негативна
- правила:
 - Зрак који се приближава сабирном огледалу паралелно са оптичком осом, након одбијања пролази кроз његов фокус који је на истој страни огледала
 - Зрак који се приближава расипном огледалу паралелно са оптичком осом, након одбијања се крећу као да им је почетак у жижи која се налази иза огледала



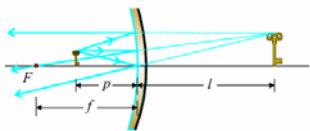
Slika 12.17: Konveksno sferno ogledalo.

- Из сличности троуглова следи да важе релације облика (12.5) и (12.6)
- Конструкција лика за $p > f$ (12.18)
- Лик је реалан, умањен и изврнут (увећање негативно) – случај 1 код сочива



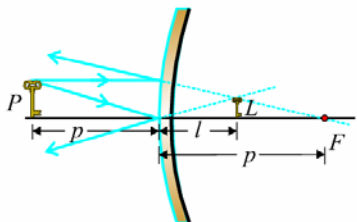
Slika 12.18: Konstrukcija lika kod sabirnog ogledala za $p > f$.

- Конструкција лика за $p < f$ (12.19)
- Лик је имагинаран, увећан и усправан (огледала за шминку, код зубара) – случај 2 код сочива



Slika 12.19: Konstrukcija lika kod sabirnog ogledala za $p < f$.

- Конвексна огледала – расипна (жична даљина негативна) - формирају само један тип ликова (тип 3) - као код расипних сочива, усправан и мањи од објекта.
- Лик је иза огледала – виртуелан је
- Конкавна огледала делују као конвексна сочива
- Конвексна огледала делују као конкавна сочива



Slika 12.20: Konstrukcija lika kod rasipnih ogledala.

Оптички инструменти

- Лупа
- Микроскоп, ...

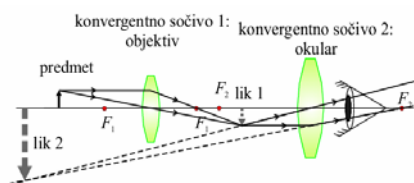


Микроскоп

- Користи светлост и систем сочива за добијање увећане слике малих узорака.
- Моћ раздвајања
 - Ока је око 0,1 мм (ограничена даљином јасног вида од 25 цм)
 - Лупе око 0,01 мм
 - Микроскопа 0,0001мм, тј. 0,1 микрометар
- Најједноставнији микроскоп (два сабирна сочива – објектив и окулар) конструисан пре око 400 година
 - (Ханс и Захаријас Јенсен (1580-1638)– холанђани, Галилеј, Хајгенс, Левенхук (1632-1723))



- Објектив – систем сочива која се понашају као једно сабирно сочиво које увећава предмет и даје реалан лик предмета мало даљег од жиже
- Окулар – систем сочива која имају улогу лупе која увећава додатно лик
 - Коначни лик је увећан, имагинаран и изврнут.



Slika 12.21: Šematski prikaz konstrukcije lika kod optičkog mikroskopa.



Таласна оптика

- Светлост је ЕМ талас на који је наше око осетљиво ($380 \text{ nm} < \lambda < 760 \text{ nm}$)
- Када наилази на “мала” тела њена таласна својства долазе до изражаја
- Када прелази из ваздуха у другу средину мења јој се брзина. Фреквенција се не мења (јер се боја не мења) следи да се таласна дужина мења

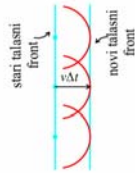
$$\left. \begin{aligned} v &= c/n, \\ c/n &= v = \lambda\nu/n \end{aligned} \right\} \begin{aligned} v &= \lambda_n \nu, \\ \lambda_n &= \frac{\lambda}{n} \end{aligned}$$

Таласна дужина светлости у материјалној средини је мања од таласне дужине у вакууму



Хајгенсов принцип. Дифракција

- Хајгенс – развио технику за одређивање позиције новог таласног фронта на основу познавања његове претходне позиције.
- Свака тачка таласног фронта је извор нових сферних секундарних таласа који се шире из ње одговарајућом брзином. Након неког времена нова позиција таласног фронта је површ (линија) која је тангентна на фронтове секундарних таласа.
- Важи за све врсте таласа. На основу њега се могу објаснити
 - одбијање и преламање (геометријска оптика)
 - интерференција (чисто таласни феномен).

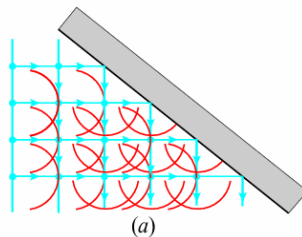


Slika 12.24: Хајгенсов принцип.



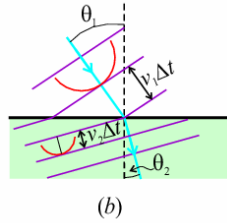
Објашњење закона одбијања уз помоћ Хајгенсовог принципа

- Секундарни таласи се емитују прво из тачака огледала која су прва погођена таласом.
- Секундарни таласи из ближег дела огледала стога прелазе веће растојање од оних из даљих.
- Правац преношења је нормалан у односу на таласни фронт
- Положај таласних фронтова пре и после рефлексије показује да је нови таласни фронт рефлектован под углом који је једнак упадном

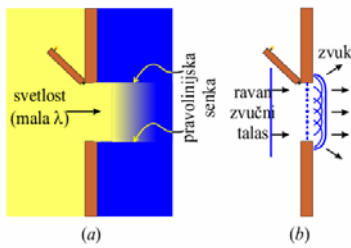


Објашњење преламања уз помоћ Хајгенсовог принципа

- Свака тачка раздеобне површине је извор секундарних таласа.
- Уколико је брзина у доњој средини мања секундарни таласи ће у њој за исто време прећи мање растојање него у првој па таласни фронт мења правац.

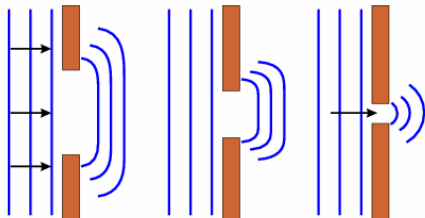


Пролазак светлости и звука кроз врата. (Колика је таласна дужина звука?)



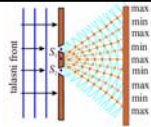
Slika 12.26: Prolazak svetlosti (a) i zvuka (b) kroz isti otvor.

Пролазак светлости кроз мали отвор и савијање (дифракција)

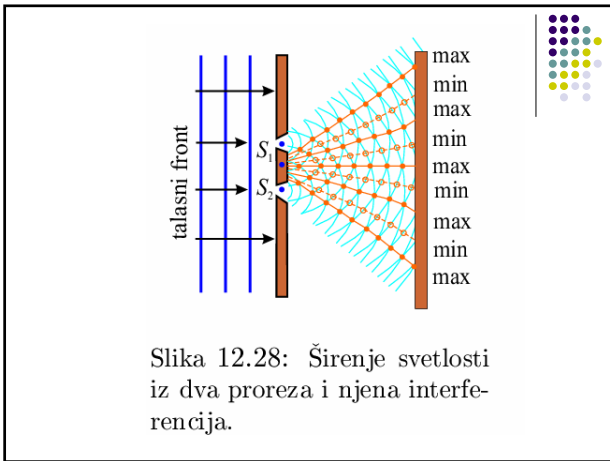


Slika 12.27: Хајгенсов принцип и објашњење дифракције.

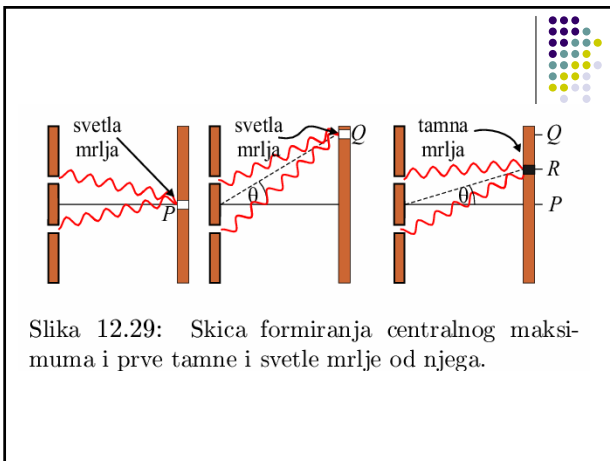
Јангов експеримент са два прореза



- Њутново честично гледиште на светлост
- Хајнсово – таласно
- 1801. Јангов експеримент дифракције на два прореза
- Зашто то не региструјемо у свакодневним околностима?
 - Светлост мора да интерагује са нечим малим – упоредивим са њеном таласном дужином
 - Светлост није кохерентна. Јанг је направио кохерентну светлост (фазна разлика је константна) пропуштајући је прво кроз један прорез
 - Након проласка кроз два прореза долази до интерференције секундарних таласа
 - Сложена светлост интерферира по свакој боји појединачно – боље је да се узме монохроматски извор
 - Након пролаза кроз прорезе дифрактује у семициркуларне таласе
 - На местима где се поклопе брегови (или доље) долази до појачања, ...



Slika 12.28: Širenje svetlosti iz dva proreza i njena interferencija.



Slika 12.29: Skica formiranja centralnog maksimuma i prve tamne i svetle mrlje od njega.

- Заклон је на растојању много већем од удаљености прореza па је угао исти за све зраке који иду у исту тачку.
- Разлика пређених путева је $\delta = d \sin \theta$.

Појачање – конструктивна интерференција
 $d \sin \theta = m\lambda, \quad m = 0, 1, 2, \dots$

Слабљење – деструктивна интерференција
 $d \sin \theta = (m + \frac{1}{2})\lambda, \quad m = 0, 1, 2, \dots$

Slika 12.30: Razlika pređenih puteva talasa iz dva proreza koji dolaze u istu tačku na zaklonu.

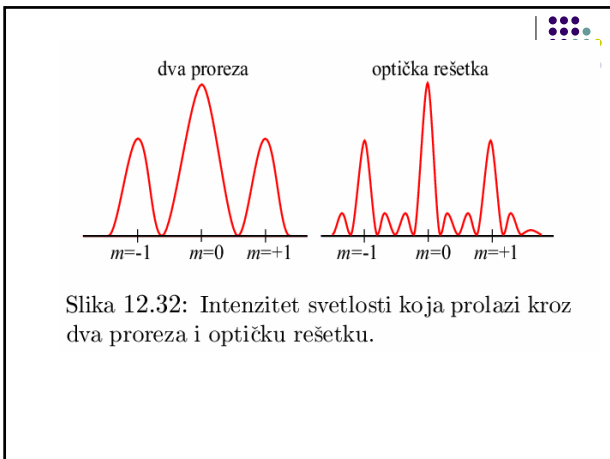
Slika 12.31: Intenzitet svetlih linija opada sa povećanjem ugla difrakcije.

$$d \sin \theta = m\lambda, \quad m = 0, 1, 2, \dots \quad (12.9)$$

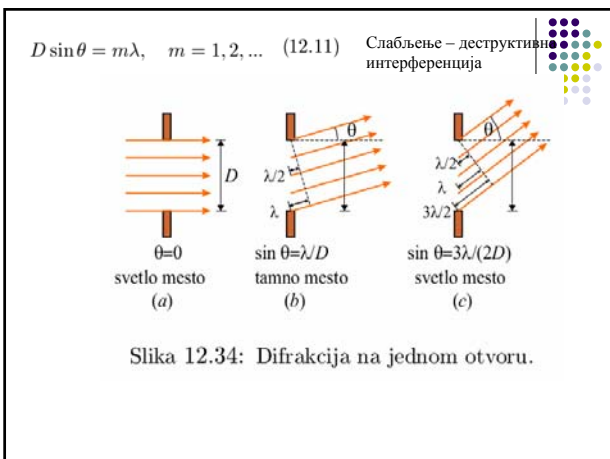
$$d \sin \theta = (m + \frac{1}{2})\lambda, \quad m = 0, 1, 2, \dots \quad (12.10)$$

Дифракција на више прореза и дифракција на једном прорезу

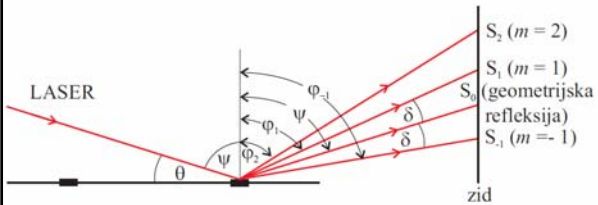
- Исти процес се дешава и када је у питању један отвор али и када их је више
- Оптички систем са више отвора – дифракциона решетка
- На решетки се добија слика слична оној на два прореза али је израженија
- Формуле за дифракцију на решетки су исте као и за дифракцију на два прореза.





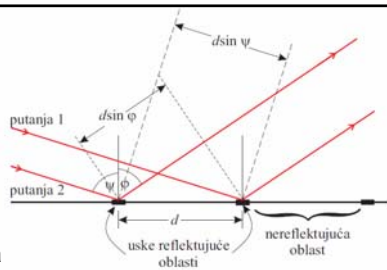


Рефлексиона дифракциона решетка



Slika 2.4: Interferencija na refleksionoj rešetki.

- Путања 1 је дужа до наилазка зрака на глатки део решетке али је краћа након рефлексије
- Разлика путева



Slika 2.5: Razlika puteva zraka.

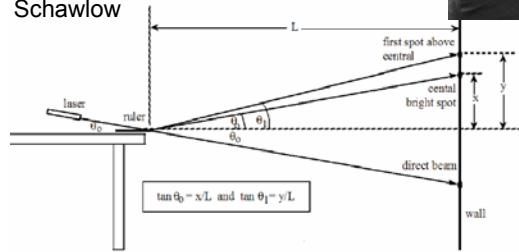
$$d(\sin \psi - \sin \varphi) = m\lambda, \quad m = 0 \pm 1, \pm 2, \dots$$

CD и DVD као рефлексиона решетка



Лењир као (рефлексиона) дифракциона решетка

- Нобеловац (1981.) Arthur Leonard Schawlow



Slika 2.10: Difrakcija na lenjiru.
