

1 **ЧУЛО ВИДА**



Светлост

2 **СХВАТАЊА О СВЕТЛОСТИ**

- физичка основа виђења
 - 'да нема сунца, не би било ни ока'
- светлост у религији, филозофији, науци
 - светлост у Библији
 - светлост и виђење код старих Грка
 - теорија **екстремисије**: 'из ока у свет'
 - виђење је слично хватању
 - **проблеми**: опажање веома далеких објеката
 - теорија **интремисије**: 'из света у око'
 - предмети емитују *eidole* (слике)
 - **проблеми**: како еидоле великих предмета улазе у око, зашто се не види у мраку, ...
- светлост и боја у физици
 - Еуклид, Декарт, Њутн, Ајнштајн, Хајзенберг, ...

3 **ФИЗИКА СВЕТЛОСТИ**

- физичке карактеристике светлости
 - **врста појаве**: спада у **електромагнетска зрачења**
 - постоје и ел-маг. зрачења која нису светлост
 - **узрок**: промена атомског стања материје
 - **двострука природа**: честична и таласна
- (а) светлост као **честица**
 - **фотони** (светлосни кванти)
 - шире се из извора **дивергентно** (у свим правцима)
 - максимална брзина у природи (300000 км/сек.)
 - простиру се и кроз безваздушни простор
 - за далеке изворе (сунце) зраци су практично **паралелни**



4 **ФИЗИКА СВЕТЛОСТИ**

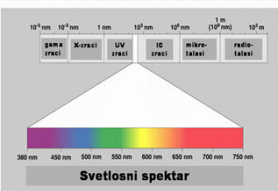
- (б) светлост као **талас**
 - **а**: **амплитуда** (интензитет таласа)
 - висина брега (доље)
 - **λ**: **таласна дужина** (брзина таласања)
 - размак брегова (доља)



- ел-маг. зрачења имају веома **различите** амплитуде и таласне дужине, од сићушних до огромних
- око није осетљиво на све таласне дужине, већ само на врло **узак** опсег, назван **спектар**
- **спектар**: λ између око 400 и 700 нанометара
 - **уочити**: 1000 нанометара (нм) = 1/1000 милиметра (мм)
 - спектар се понекад дефинише нешто ширим опсегом
- **СВЕТЛОСТ**: спектрални ел-маг. зраци

5 **ОПСЕГ ЕЛЕКТРОМАГНЕТСКИХ ТАЛАСА**

- ел-маг. таласе **изван** спектра ми не видимо
 - **инфрацрвени (ИЦ)** зраци: $\lambda > 700 \text{ nm}$
 - опајају се кожом, као **топли**
 - **ултравиолетни (УВ)** зраци: $\lambda < 400 \text{ nm}$
 - региструју их очи неких животиња (на пр. пчеле)
- за ел-маг. таласе **у оквиру** спектра, различите λ одговарају различитим **бојама**
- сунце снажно зрачи у оквиру спектра (а мање изван њега)
 - то је разлог зашто је око осетљиво баш за тај опсег ел-маг. зрачења
 - пример прилагођености организама на услове




6 **ОСОБИНЕ СВЕТЛОСТИ**

- врсте извора светлости (према λ)
 - **монохроматски**: емитују светлост само једне λ (или врло уског опсега λ)
 - **пример**: ласер
 - **полихроматски**: емитују светлост већег опсега λ
 - **примери**: сунце, већина других извора светлости
- простирање светлости:
 - светлост се **генерише** у извору,
 - **шири** се кроз провидну средину,
 - и **обасјава** површине предмета
- ако су предмети **непровидни**, светлост се:
 - делом **одбија** од површине (**рефлексција**), и
 - делом **упија** у површину (**апсорпција**)



7 ОДБИЈАЊЕ СВЕТЛОСТИ: ПОЈМОВИ



- **илуминанса:** колич. упадне светлости
- **апсорбанса:** колич. упијене светлости
- **луминанса:** колич. одбијене светлости
- **рефлектанса (алbedo):** пропорција (или процент) одбијене светлости


- **рефлектанса = луминанса / илуминанса**
 - на пр. ако је: илуминанса = 1000 јединица светлости
 - и ако је: луминанса = 700 јединица светлости
 - тада је: рефлектанса = $700/1000 = 0.7 = 70\%$
- рефлектанса је **константна** особина површине
 - од исте површине увек се одбије **исти процент** светлости
 - ако је илуминанса = 100, луминанса = 70
 - ако је илуминанса = 10000, луминанса = 7000, итд
- наше опажање усмерено је углавном на рефлектансу, а не на луминансу

8 ОДБИЈАЊЕ СВЕТЛОСТИ: ПРОЦЕНТИ


- две врсте површина (с обзиром на алbedo):
 - **ахроматске** ('безбојне') површине: црне, беле, сиве
 - **једнак** (или сличан) процент албеда за све λ
 - **црне** површине: рефлектанса < 5% за све λ
 - **беле** површине: рефлектанса > 80% за све λ
 - **сиве** површине: $5\% < \text{рефлектанса} < 80\%$ за све λ
 - **хроматске** ('обојене') површине: црвене, плаве, ...
 - **различит** процент албеда за различите λ
 - **црвене:** одбијају највише зраке дужих λ
 - **плаве:** одбијају највише зраке краћих λ
- **уочити:** различити материјали одбијају зраке различитих λ у различитим процентима
 - **стога:** боје нас информишу о материјалном саставу објеката - од чега је нешто

9 ОДБИЈАЊЕ СВЕТЛОСТИ: ПРАВЦИ

- правац одбијања зависи од **рапавости** површине



- (а) **директно** одбијање: веома углачане површине
 - зраци се одбијају само у **једном** правцу, под истим углом
- (б) **дифузно** одбијање: већина предмета ('мат')
 - зраци се одбијају скоро једнако у **свим** правцима
- (в) **комбиновано** одбијање: глатке површине
 - постоји **главни** правац одбијања (узрокује *одсјај*)
- количина одбијене светлости: зависи од угла
 - **прави** упадни угао: најјача луминанса
 - што је **косији** упадни угао - **мања** луминанса



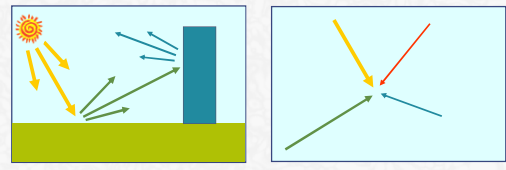
10 ОДБИЈАЊЕ СВЕТЛОСТИ: СТРУКТУРА

- **рељеф** тела (тродимензионални облик) утиче на количину одбијене светлости
 - примери:

	промена луминансе	изглед површине
• просторни углови: узрокују нагле промене луминансе		
• криве површине: узрокују постепене промене луминансе		
- **уочити:** просторна структура одбијене светлости носи информацију о рељефности тела
 - **стога:** просторна промена луминансе нас оптичким путем информише **којег облика** је нешто

11 ПРОСТИРАЊЕ СВЕТЛОСТИ

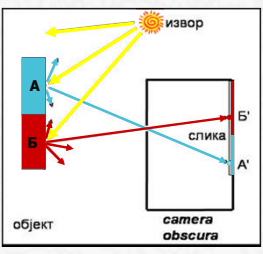
- **даљи пут** одбијене светлости:
 - светлост **наставља** да се простира до следеће површине, опет се одбије и упије, итд



- кроз сваку тачку провидне средине пролазе светлосни зраци из **свих** правца
- под одређеним условима ти зраци могу створити **слику** околине на дводимензионалној површини

12 ПРИНЦИП СТВАРАЊА СЛИКЕ

- **camera obscura** ('мрачна комора')
 - затворена просторија са малим отвором
- стварање слике
 - од извора светлост се шири на све стране
 - од сваке тачке објекта (А, Б, ...) светлост се одбија на све стране



- са сваке тачке објекта само врло узак сноп одбијених зракова доспева у комору
- састав светлости зрака зависи од **боје** тачке на објекту
- на зиду коморе зраци, одбијени од објекта стварају његову **слику** (А', Б', ...)

13 ПРИНЦИП СТВАРАЊА СЛИКЕ

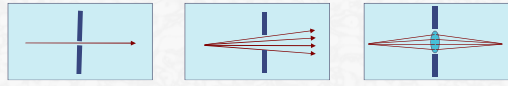
- слика која настаје у комори је **двоструко** обрнута
 - вертикално (горе – доле) и хоризонтално (лево – десно)



- мракна комора је у употреби од 16. века
- предходница фотокамере
- користили су је физичари и сликари

14 ПРИНЦИП СТВАРАЊА СЛИКЕ

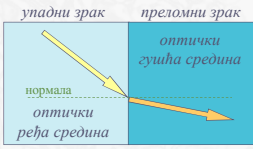
- проблеми са мракном комором
 - да би слика била *оштра*, отвор мора да буде *мали*
 - али: мало светлости пролази у комору, слика је *бледа*
 - ако се отвор *прошири*, слика постаје светлија, али мање оштра, мутнија
 - *разлог*: шири сноп зрака дивергира из сваке тачке кроз отвор коморе



- решење проблема: провидно *СОЧИВО* на отвору
 - сочиво фокусира дивергентне зраке
 - слика је *и светла и оштра*
 - који су принципи проласка светлости кроз сочива?

15 СВЕТЛОСТ И ПРОВИДНЕ СРЕДИНЕ

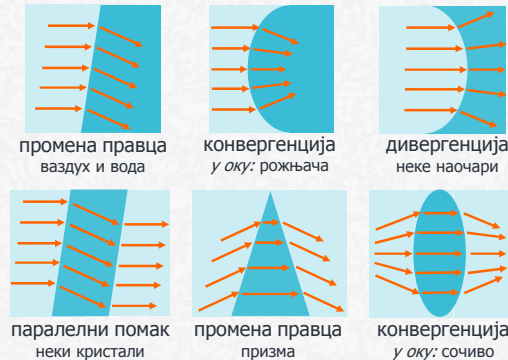
- када светлост прелази из једне провидне средине у другу, она:
 - *пролази* кроз нову средину (**трансмисија**), и
 - *прелама* се, тј. мења правац (**рефракција**)
 - *пример 1*: прелаз светлости из ваздуха у воду (и обрратно)
 - *пример 2*: улазак светлости у око



- упадни и преломни угао:
 - *ређа сред.* => *гушћа сред.*: преламање *ка* нормали
 - *гушћа сред.* => *ређа сред.*: преламање *од* нормале
- што је већа разлика у густини, јаче је преламање
- угао преламања зависи и од таласне дужине светлости
 - што је већа таласна дужина, мање је преламање

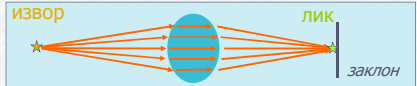
16 СВЕТЛОСТ И ПРОВИДНЕ СРЕДИНЕ

- примери преламања светлости
 - промена правца ваздух и вода
 - конвергенција у оку: рожњача
 - дивергенција неке наочари
 - паралелни помак неки кристали
 - промена правца призма
 - конвергенција у оку: сочиво



17 СОЧИВО

- сочиво **фокусира** зраке
 - *дивергентни* зраци из **извора** светлости испред сочива **конвергирају** у **лик** извора иза сочива



- положај лика зависи од положаја извора
 - зраци из извора могу бити емитовани или одбијени
 - лик је **видљив** ако се пројектује на **заклон**
- сочива постоје у очима људи и животиња

18 СОЧИВО

- два фактора од којих зависи удаљеност лика:
 - удаљеност извора
 - *ближи извор* => *даљи лик*
 - *даљи извор* => *ближи лик*
 - *најдаљи извор* => *најближи лик*
 - закривљеност (испупченост) сочива
 - већа закривљеност => јаче преламање => *ближи лик*
 - мања закривљеност => слабије преламање => *даљи лик*

