

## Arabská optika

Z hlediska dějin fyziky je nutno přiznat Arabům přínos zejména v optice. Zamýšleli se nad podstatou [světla](#) a světelných [paprsků](#), experimentovali s nimi a objevili řadu nových zákonitostí.

Za největšího fyzika středověku, jehož přínos fyzice je srovnatelný s přínosem [Archiméda](#), se považuje **ABÚ ALÍ AL-HASAN IBN AL-HAYTHAM** (965 - 1038) zvaný **ALHAZEN** (viz obr. 85). Narodil se v Basře v jižním Iráku, působil v Bagdádu a Ahvazu v Persii a proslavil se svými filozofickými a přírodovědnými spisy. Posléze byl povolán do Egypta do Káhiry a byl pověřen úkolem regulace Nilu, která měla vyrovnávat hladinu vodu při každoročních záplavách. Úkol vybudovat účinnou regulaci se ukázal nereálný, a tak upadl u chalífy, který jej do Egypta pozval, v nemilost. Nějakou dobu vykonával úřednické [práce](#), pak předstíral duševní chorobu a nakonec se raději vzdal z dosahu chalífových mocí. Po smrti chalífy se do Egypta vrátil a zabýval se studiem a překlady matematických a astronomických spisů.



Obr. 85

Odmítal hlavně představy starých [Řeků](#) o tom, že lidské [oko](#) vysílá světelné paprsky nebo že do oka vstupují obrazy věcí jako celek. Ukázal, že světelné paprsky šířící se ze zdroje světla se odrážejí od předmětů a vstupují do oka. Tam se lámou a vytvářejí zobrazení složené z průmětů odpovídajících jednotlivým bodům na povrchu předmětu. Svoje tvrzení demonstroval sestrojením camera obscura, uzavřené krabice, do níž vstupuje světlo malým otvorem a dopadá na protější stěnu. Přitom ho ale zarazila skutečnost, že obraz na matnici je obrácený ve srovnání se zobrazovaným předmětem. Vyvodil z toho, že i obraz na [sítnici](#) oka je převrácený, ale nevěděl, jakým mechanismem jej novorozenec převrací, aby si zvykl na pozorování okolního světa. Alhazen nevěděl o [očním nervu](#) a o interpretaci vytvořeného obrazu mozkiem. Proto vyslovil chybný závěr, že obraz vzniká na povrchu oční [čočky](#) a ne na sítnici.

Camera obscura byla předchůdcem současných [fotoaparátů](#).

Vycházel z předpokladu, že světelné paprsky vytvářejí svazky a mají i určitou šířku. Barevné předměty podle něj odrážejí barevné paprsky, které se šíří stejně jako světelné paprsky a mísí se s nimi. Alhazen provedl [experiment](#), při kterém světlo procházelo tenkou trubičkou, čímž dokázal, že se světlo šíří přímočaře. Ověřil, že světelné paprsky, které se protínají nebo se šíří spolu, se navzájem neovlivňují. Studoval [odraz světla](#) a [lom světla](#) - zjistil např. že dopadající paprsek, odražený paprsek a lomený paprsek leží ve stejné rovině a proměřoval úhly lomu.

V jeho teorii o barevných paprscích a jejich interakci s předměty lze tušit základy pozdější

[Newtonovy](#) korpuskulární teorie, že [bílé světlo](#) je složeno z barevných paprsků.

V souvislosti se zobrazováním na zrcadle formuloval a řešil slavnou Alhazenovu úlohu o tom, ve kterém bodě zakřiveného zrcadla se musí odrazit paprsek vycházející z bodového zdroje, aby po odrazu dopadl do oka, které je umístěné v dané poloze. Tato úloha vede na algebraickou rovnici čtvrtého stupně a v Evropě se jí později zabývali Leonardo da [Vinci](#) a Christian Huygens. Při svých [pokusech](#) používal Alhazen čočky vlastní výroby, které si sám odléval a brousil. Zabýval se též optickými jevy v [atmosféře](#), vysvětlil, proč ve dne nejsou vidět [hvězdy](#), zkoumal [astronomickou refrakci](#) a z délky [soumraku](#) vypočítal velmi přesnou hodnotu výšky atmosféry nad povrchem [Země](#). Při svých experimentech s čočkami se velmi přiblížil vynálezu [dalekohledu](#).

Nejvýznamnějším jeho dílem je *Traktát o optice (Kitab al-Manazir)*, který obsáhl veškeré znalosti o světle až do doby, v níž žili [Kepler](#) nebo Newton. Velmi pravděpodobně byl spis přeložen a koloval i v Evropě. Dlouhou dobu se předpokládalo, že se jedná o překlad [Ptolemaiovy Optiky](#). Později se ovšem ukázalo, že Alhazenův traktát je původní. Traktát je rozdělen na sedm knih:

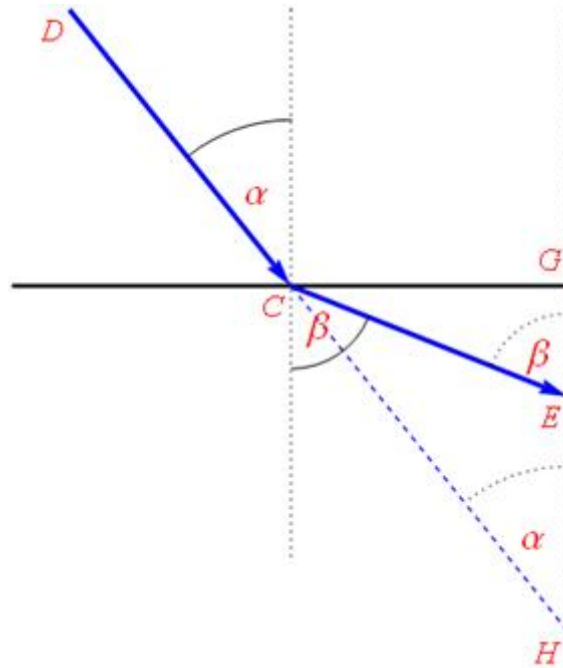
1. kniha pojednává o složení oka a teorii vidění a částečně vychází z údajů řeckého lékaře Galena;
2. kniha popisuje [přímočaré šíření světla](#);
3. kniha je věnována optickým iluzím - např. [fata morgana](#);
4. kniha je věnována odrazu světla od hladkých zakřivených ploch;
5. kniha se věnuje Alhazenově úloze o odrazu světla od různých typů zrcadel a je v ní uvedeno 10 geometrických vět sloužících ke snadnějšímu popisu úlohy;
6. kniha rozebírá vady zrcadel;
7. kniha je věnována lomu světla a šíření světla čočkou. V té souvislosti mluví Alhazen o astronomické refrakci, která má vliv na pozorovanou polohu hvězd na obloze.

K těmto sedmi knihám je připojena stať *O soumraku*, v níž se Alhazen zabývá odhadem výšky atmosféry nad povrchem Země.

Vlastnosti světla a šíření světla prozkoumal Alhazen opravdu velmi důkladně. Neznal ovšem [zákon](#) lomu a jeho matematickou podobu. Pomáhal si analogií z [mechaniky](#): na rozhraní dvou prostředí rozkládal paprsek na tečnou složku a normálovou složku a zkoumal, jak se tyto složky po průchodu rozhraním změní. Tyto své úvahy ovšem nedovedl do konce a vlastně převzal Ptolemaiovu představu o lomu světla.

Výzkumy nedávné doby ukázaly, že zákon lomu byl znám v arabském světě již v 10. století, ale nebyl využíván. Ani Alhazen jej neznal (resp. nepublikoval). Proto podobné úvahy dále rozpracoval až francouzský matematik René Descartes.

[Arabský učenec ABU SAID AL-ALA IBN SAHL](#) (940 - 1000) se zabýval podobnými pokusy jako Archimédes: zapalováním předmětů soustředěním světelných paprsků zakřivenými zrcadly nebo čočkami. Přitom využíval vlastnosti kuželoseček. Ve své práci *O zapalujících sklech* formuloval tvrzení o lomu světla na rozhraní dvou [optických prostředí](#). Ukázal geometrickou konstrukci (viz obr. 86) a uvedl, že [poměr](#) délek dvou úseček  $CH$  a  $CE$  je konstantní. Chybí ovšem důkaz.



Obr. 86

V současném značení a zápise bychom mohli tento poměr snadno spočítat. Podle obr. 86 můžeme pro délky úseček  $CH$  a  $CG$  a pro úhel dopadu  $\alpha$  psát  $\sin \alpha = \frac{|CG|}{|CH|}$ , odkud dostáváme  $|CH| = \frac{|CG|}{\sin \alpha}$ . Analogicky získáme vyjádření délky úsečky  $CE$ :  $|CE| = \frac{|CG|}{\sin \beta}$ . Hledaný poměr pak

můžeme psát ve tvaru  $\frac{|CH|}{|CE|} = \frac{\frac{|CG|}{\sin \alpha}}{\frac{|CG|}{\sin \beta}} = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha}$ . Podle ibn Sahla má být tento poměr konstantní, tj.

nezávislý na úhlu dopadu, a přitom v odvození vztahu vystupuje jak úhel dopadu  $\alpha$ , tak úhel lomu  $\beta$ . V současné době již ale známe [Snellův zákon lomu](#) ve tvaru  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$ , kde  $n_1$  [index lomu](#) prostředí, z něhož světelný paprsek dopadá na rozhraní dvou optických prostředí, a  $n_2$  je index lomu prostředí, do kterého se světelný paprsek láme. Proto můžeme odvozený poměr délek úseček psát ve tvaru  $\frac{|CH|}{|CE|} = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} = \frac{n_1}{n_2}$ . A odtud je již zřejmé, že je poměr délek uvažovaných úseček konstantní; index lomu daného prostředí je totiž také konstantní. Mění se nepatrně pouze v závislosti na vlnové délce světla, ale [disperzi světla](#), která díky tomu nastává, ibn Sahl nemohl ještě znát.

Sahlova formulace nemá obecnou ani matematickou formu [fyzikálního zákona](#) ani se nezmiňuje o tom, že konstanta úměrnosti závisí na vlastnostech prostředí, kterým se paprsek šíří. To jsou možná důvody, proč Alhazen, který Sahlovu práci velmi pravděpodobně znal, ji ve svém díle neuvádí.