## 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 vzdálil z dosahu chalífovy moci. 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 camery obscury, 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 mozkem. 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 odrazí 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:

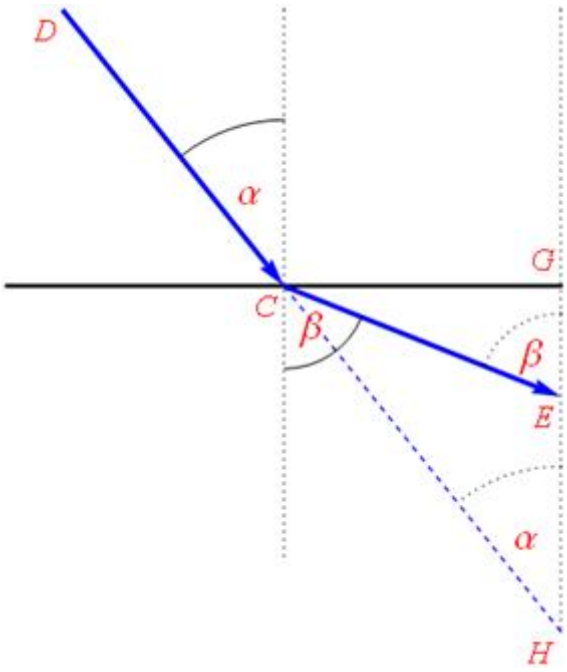
1. kniha pojednává o složení oka a teorii vidění a částečně vychází z údajů řeckého lékaře Galena;
2. kniha popisuje přímočaré šíření světla;
3. kniha je věnována optickým iluzím - např. fata morgana;
4. kniha je věnována odrazu světla od hladkých zakřivených ploch;
5. kniha se věnuje Alhazenově úloze 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 odvozeném 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.

---

**© Encyklopedie Fyziky (http://fyzika.jreichl.com); Jaroslav Reichl, Martin Všetička**
Licence http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ zakazuje úpravy a komerční distribuci.