

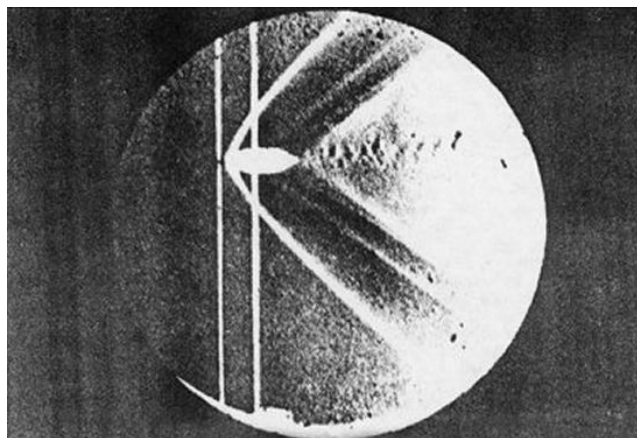
# Fot'me rychlostí světla

## *Úvaha o rychlé fotografii a femtofotografii*

Zrak je považován za jeden z nejdůležitějších lidských vjemů. Lidé se proto snažili zachytit obraz důležitých momentů již od dávnověku a první dochovalé malby zachycující šelmy a lovce jsou bezmála 40 000 let staré (jeskyně El Castillo). Postupem času lidstvo díky rozvoji techniky malby ale i jiných umění dokázalo zachytit realitu lépe a lépe. Dlouho to byla v Evropě hlavně církev, která financovala umění, a tak díky tomu papežové doslova měnili historii. Na druhou stranu malíři ve východních zemích jako Korea měli za úkol hlavně dokumentaci reality. Na pergament byly zachycovány například důležité oslavy císařů, které takto dnes můžeme jednoduše zrekonstruovat. Evropští malíři pak dosáhli opravdové dokonalosti v zachycování světa v období renesance a baroka, kdy portréty jako slavná Mona Lisa od Leonarda či nádherná Dívka s perlovou náušnicí od Johanese Vermeera jsou skoro lepší než realita. I v téhle době ale pořídit takový obraz trvalo měsíce.

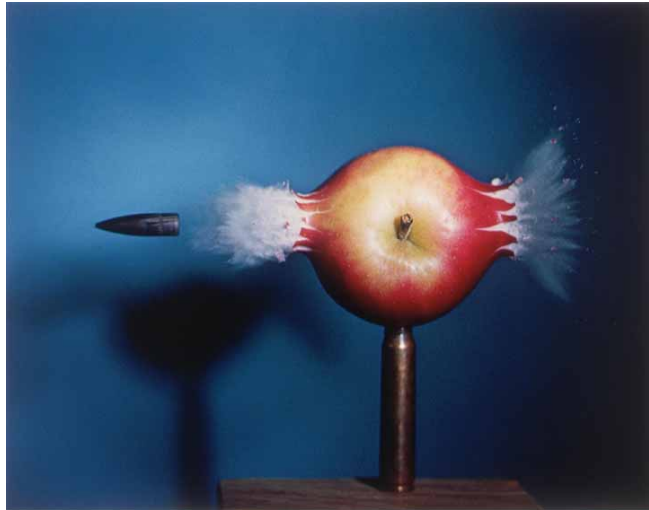
To se změnilo v roce 1826 s fotografií Nicéphora Niépceho. Fotoaparáty, i přes jejich zpočátku horší kvalitu, poměrně rychle nahradily štětec a plátno při mrazení a konzervování času. Hlavním rozdílem v té době byla rychlost pořízení fotografie; i první fotoaparáty, které se musely exponovat hodinu, značně předčily i ty nejrychlejší portrétisty. Je více než patrné, že rychlost pořízení obrázku byla tou důležitou vlastností.

Technologie fotografie šla ale ještě dále a o pouze několik dekád později umožnila něco mnohem úžasnějšího. Poprvé mohlo lidskému oko spatřit letící kulku v roce 1886 na stínografu Petera Slachera [3]. Této technologie následně využil slavnější fyzik Ernst Mach pro studování aerodynamiky nadzvukového letu [2]. První "vysokorychlostní" fotografie se ale datuje o něco dříve; v roce 1851 *William Talbot* fotil se závěrkou 1/2000 sekundy [3]. V dnešní době toho dosahují i nejobyčejnější fotoaparáty. Zajímavější může být fakt, že v roce 1872 rychlá fotografie rozřešila spor o to, zda se kůň při sprintu vždy dotýká země. V osmdesátých letech devatenáctého století pak důležitost rychlé fotografie stoupá díky vynálezu filmu.



*Machova kulka [3]*

Až o století později, v roce 1961, pořídil *Dr. Harold Edgerton*, profesor elektrotechniky na MIT, tu ikonickou fotografii .30 kulky probodávající jablko rychlostí přes 850 m/s v okamžiku *jedné miliontiny sekundy*.



*Dr. Harold Edgerton - Bullet through apple [1]*

Hlavní limit rychlé fotografie - mechanický záznam - byl nakonec překonán až nedávným vynálezem CCD čipu. V dnešní době technologie digitální fotografie umožňuje filmařům běžně zaznamenávat "slow-motion" videa s 500 snímky za jedinou sekundu s tím nejvyšším rozlišením. Obyčejnému člověku se tak může zdát, že zde tato dvě stě let dlouhá etapa skončila a my bychom se měli posunout dál. *Nemohli bychom ale fotit rychleji než světlo?*

Kulka se stala symbolem rychlé fotografie podobně jako jablko je neodmyslitelným reprezentantem gravitace. Důvod, proč fotka kulky byla takovým svatým grálem fotografů je jednoduchý - obyčejný člověk by tehdy, ale i dnes, jen těžko vymyslel rychlejší věc než letící kulku. Přesto v normálním životě přicházíme denno denně do styku s efektem mnohem rychlejším než vypálená kulka; je to pohyb světla.

Před rokem obletělo svět video vytvořené v MIT Media Lab prezentující femto fotografii [5]. Ramesh Raskar a spol. dokázali zachytit "slowmotion" pohyb jednoho femtosekundového laserového pulzu propagující se kapalinou v plastové láhvi. Elektronická spoušť je odpalována každou pikosekundu, takže světlo ve vodě urazí cca 0.2 mm. Pro dosažení takto rychlého čipu musí být jednotlivé světlocitlivé pixely seřazené za sebe, a proto je snímán pouze jednodimenzionální obrázek. K natočení plnohodnotného videa se využívá možnosti identického opakování pulsu a následné zpětné synchronizace při postprocessingu. Celý proces zachycení několikasekundového videa proto nakonec trvá i několik hodin.



*Femtofotografický experiment - konzervujeme pohyb světla [7]*

Kromě toho, že záznam pohybu světla je obrovský úspěch pro lidstvo a jistě bude mít značný význam pro dnešního fyzika, femto fotografie by mohla najít uplatnění i v praxi. Tvůrci z MIT si například představují vidění "za roh", které by se dalo využít v lékařství či při záchranných akcích [7].

Podle speciální teorie relativity se žádný hmotný objekt nemůže pohybovat rychlostí světla, světlo je tudíž to nejrychlejší ve Vesmíru, co nám naše teorie povolují. Je to tedy konečný limit rychlé fotografie?

## Zdroje

[1] HEE-NC-64002 - <http://edgerton-digital-collections.org/galleries/iconic#hee-nc-64002>

[2] "Ernst Mach and Mach Number" by Jeff Scott  
<http://www.aerospaceweb.org/question/history/q0149.shtml>

[3] "A BRIEF HISTORY OF HIGH SPEED PHOTOGRAPHY" by Lincoln L. Endelman  
<http://people.rit.edu/andpph/text-hs-history.html>

[4] Femto-Photography: Visualizing Photons in Motion at a Trillion Frames Per Second : Ramesh Raskar a spol. <http://web.media.mit.edu/~raskar/trillionfps/>

[5] [http://www.youtube.com/watch?v=EtsXgODHMWk&feature=player\\_embedded](http://www.youtube.com/watch?v=EtsXgODHMWk&feature=player_embedded)

[6] Velten, Andreas, Everett Lawson, Andrew Bardagjy, Mounji Bawendi, and Ramesh Raskar. "Slow art with a trillion frames per second camera." In ACM SIGGRAPH 2011 Talks, p. 44. ACM, 2011.

[7] <http://web.media.mit.edu/~raskar/cornar/>