Po konečném stavu hodnocení bylo rozhodnuto, že zlatou medaili získalo 38 soutěžících, stříbrnou 64 soutěžících a bronzovou medaili 93 soutěžících. Čestné uznání bylo uděleno 68 soutěžícím. Mezi nejlepší řešitele patří již po několik let jednotlivci družstev států Čína (ČLR), Tchajwan, Korea, USA, Rusko a Vietnam. Nejlepšího výsledku dosáhl soutěžící Taehyoung Kim z Koreje, který získal 48,3 bodů z 50 možných. Tento výsledek společně s nastavenými hranicemi svědčí o výrazně nižší náročnosti oproti minulým ročníkům. Podle názoru vedení české delegace obtížnost úloh spočívala zejména v porozumění velmi náročnému odbornému textu a v matematických manipulacích. Většinu všech tří teoretických úloh pak šlo řešit takřka bez znalostí fyziky a především bez fyzikálních dovedností jako je např. vytváření modelů reality.

Česká republika se v neoficiálním pořadí států (podle bodů přidělených za medaile) zařadila na 20. příčku (4. místo v EU) – tedy po dvou nepříliš vydařených letech se navrátila do evropské špičky. Letošní výsledky jednotlivých českých řešitelů jsou tyto: Filip Bialas, 34,6 bodů, stříbrná medaile, 82. místo; Václav Rozhoň, 34,4 bodů, stříbrná medaile, 83. místo; Jiří Kučera, 34,3 bodů, stříbrná medaile, 85. místo; Jakub Dolejší, 27,4 bodů, bronzová medaile, 149. místo; Václav Miřátský, 27,0 bodů, bronzová medaile, 153. místo.

Výsledky 45. MFO ukázaly, že členové českého družstva byli na soutěž opět dobře a pečlivě vybráni. Soutěžící se na soutěž velmi dobře připravili. Za zmínku stojí obstojný výsledek českého družstva v experimentální části soutěže, což lze považovat za úspěch speciální přípravy studentů, především během červnového soustředění na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové, kde je v posledních letech experimentální příprava na soustředěních výrazně preferována. Všech pět českých soutěžících bez diskuse prokázalo znalosti a experimentální dovednosti na mnohem vyšší úrovni než by odpovídalo současným středoškolským požadavkům.

Příští MFO proběhne 10.–18. července 2016 ve Švýcarsku a Lichtenštejnsku. Česká delegace již obdržela pozvání k účasti.

Reprezentace České republiky na 46. Mezinárodní fyzikální olympiádě v Indii v roce 2015. Zleva: doc. RNDr. Jan Kříž, Ph.D. (vedoucí delegace), Filip Bialas (stříbrná medaile), Jiří Kučera (stříbrná medaile), Jakub Dolejší (bronzová medaile), Václav Miřátský (bronzová medaile), Václav Rozhoň (stříbrná medaile) a Mgr. Filip Studnička, Ph.D. (zástupce vedoucího delegace).

Filip Studnička, Jan Kříž

Z HISTORIE

Princip, který poskytl ucelený pohled na paprskovou optiku (K 350. výročí úmrtí Pierra de Fermat)

Soudce toulouského senátu *Pierre de Fermat* je v historii práva zcela zapomenut. Avšak díky své zálibě v matematice, jíž se také nepochybně věnoval během vleklých a nudných soudních jednání, je považován především za matematika, významně obohacujícího matematické disciplíny, které se začaly rozvíjet v 17. století. Mít matematiku pouze jako zálibu a přitom velkou měrou přispět k jejímu rozvoji je v jejích dějinách ojedinělé. Fermat nevytvořil žádné ucelené dílo, které bychom dnes mohli vyjmout z knihovny a pročítat systematicky řazené kapitoly s novými závěry. Pouze na okraj knih o právu a později o matematice si dělal poznámky, zaznamenával nápady a tvrzení, pro jejichž důkazy často nenalézal místo. Byl velmi ovlivněn dílem *Françoise Vièty* (1540–1603), který svým dílem ho přivedl k tomu, aby věděl, „co má číst a jak to má číst“.

Pierre de Fermat (1601–1665)

Pierre de Fermat ale také ozdobil fyziku odhalením základního principu celé geometrické optiky, který je po něm pojmenován. Dříve, než o něm budeme hovořit, budou snad čtenáře zajímat některé údaje z Fermatova života.

Pierre Fermat se narodil 20. července 1601 v Beaumont-de-Lomagne v rodině obchodníka s kůžemi a zámožné šlechtičny. Jeho život, studia i dílo jsou spjaty s krajem kolem jihofrancouzského města Toulouse. Cestoval jen málo, dokonce prý nikdy nebyl v Paříži. Když 9. ledna 1665 v Cartres zemřel, byl pohřben v nedalekém Toulouse. Dnes nám jeho tamní působení připomíná např. alabastrová socha v síni radnice (obr. 1) a čestný název tamního gymnázia.

Obr. 1

Fermatova profesní dráha byla právnická. Nejprve získal titul bakaláře občanského práva na univerzitě v Orléansu a pak odešel studovat na univerzitu v Toulouse, v roce 1620 krátce studoval v Bordeaux. Ihned po ukončení studií roku 1631 si zakoupil funkci soudního rady u soudu v Toulouse, na společenském žebříčku postoupil – navzdory stížnostem, které na něho jako prý líného a nedbalého soudce chodily – a mohl se podepisovat de Fermat. Oženil se s dcerou jednoho kolegy od soudu, s ní měl pět dětí. V rámci soudního systému postupně stoupal, sedm let byl nejprve v občanskoprávním senátu, pak 14 let ve vyšetřovacím senátu a jako nejvyššího postu dosáhl členství v trestním senátu. Jeho postup byl urychlen i morem, na nějž zemřeli někteří jeho kolegové z vyšších senátů a Fermat postupoval na jejich místa. V rámci zvláštního senátu vytvořeného *Ediktem nantským* k rozhodování sporů hugenotů a katolíků se podílel na uplatňování práva i v náboženské oblasti. Jeho nejstarší syn *Clèment Samuel* zdědil po otci nejen úřad, ale – co je pro matematiku a fyziku významnější – i část matematických a optických poznámek, které pak souborně roku 1676 publikoval v díle *Varia Opera Mathematica.*

Matematika vstoupila do Fermatova života poprvé v roce 1636, kdy se mu dostaly do rukou práce již zmíněného Françoise Vièty. Od té doby se začínají objevovat na okrajích všech Fermatem čtených knih strohé poznámky o matematických a optických problémech. Právě v optice zakotvil tzv. *Fermatův princip*, spočívající v tom, že světlo se při odrazu a lomu pohybuje po extremální dráze, takové, jíž urazí za nejkratší čas. Podívejme se na tento Fermatův příspěvek optice podrobněji.

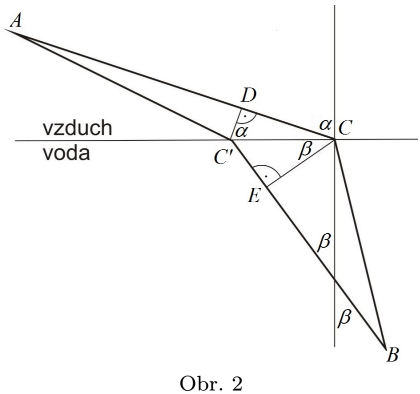
Myšlenka, že dráha světla je nejkratší, není nová. Pro odraz ji formuloval ve starověku matematik, mechanik a optik, ředitel Múseia v Alexandrii, *Heron* (1. stol.). Jeho formulace zní: „Pohybující se snaží pohybovat po dráze, která je vzhledem k prostorové vzdálenosti nejkratší, protože předmět nemá čas na pomalejší pohyb“. Pokud se světlo pohybuje v jednom prostředí, šíří se přímočaře a i při odrazu je jeho dráha nejkratší ze všech možných a je současně uražená za nejkratší čas.

Fermat usoudil, že by šíření světla v nejkratším čase mohlo probíhat i při lomu. Na základě korpuskulárního pojetí světla formuloval zákon lomu roku 1637 v *Dioptrice* René Descartes, přičemž ještě považoval rychlost světla za nekonečnou. Tomu se vehementně bránili člen Francouzské královské Akademie věd a králův lékař *Marin Cureau de La Chambre.* Zejména Cureau de La Chambre neuznával analogii pohybujících se koulí a světla, neboť světlo považoval za božskou entitu (pocházející z nebe od Slunce a hvězd), kterou nelze srovnávat s čímkoli pozemským. Takový pohled ovšem nestačil na to, aby zpochybnil Descartovo ryze mechanické odvození zákona lomu. De La Chambre se obrátil na Fermata, aby do věci vnesl jasno.

Fermat znal starodávnou Heronovu úvahu a pokusil se ji – úspěšně – užít i pro lom světla. Princip je uveden v jeho dopisu z 1. ledna 1662 pro M. Cureaua de La Chambre, ve známost byl uveden v květnu 1662 *Claude Clerselierem.*

Již elementární pokus ukazuje, že světlo se na své cestě ze vzduchu do vody na rozhraní láme. Na obr. 2 máme dvě takové cesty světelného paprsku mezi body A a B: Lomené čáry ACB a $AC'B$. V bodech C a C' sestrojíme kolmice na úseky $C'B$ a AC a paty těchto kolmic označme D a E. Dráha světla ve vzduchu AC je oproti dráze AC' časově méně výhodná, neboť je delší o úsek DC. Naproti tomu dráha světla ve vodě CB je časově výhodnější proti $C'B$, neboť neobsahuje „ztrátový“ úsek $C'E$. Vzdálenost AB projde světlo při lomu za nejkratší čas tehdy, bude-li se pohyb světla v úsecích DC a $C'E$ vzájemně kompenzovat. Uvažujme, že rychlost světla ve vzduchu je prakticky c a ve vodě c/n, n je index lomu. Pak pro nejkratší čas mezi body A a B musí platit

$$\frac{|DC|}{c} = \frac{n}{c} \cdot |C'E|.$$



Obr. 2

Budeme-li hledat polohu takového bodu C', musí pro něj platit

$$|C'C| \sin \alpha = n\,|C'C| \sin \beta,$$

což je splněno, právě když

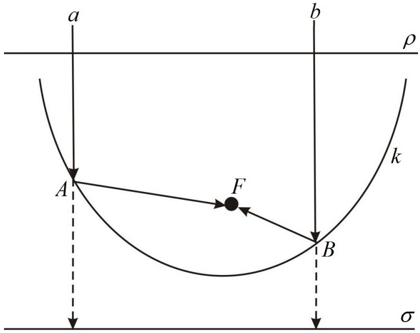
$$\sin \alpha = n \sin \beta.$$

Tak je na základě Fermatova principu odvozen zákon lomu. V případě, že dochází k odrazu světla na rozhraní, shoduje se optická dráha s drahou geometrickou, kterou světlo rovněž urazí za nejkratší čas. To nastane, když se úhel odrazu rovná úhlu dopadu. Na základě Fermatova principu lze vybudovat celou paprskovou optiku.

Princip nejmenšího času je užit v astronomii při konstrukci zrcadlových dalekohledů. Velké astronomické dalekohledy jsou osazeny zrcadly, majícími parabolický tvar. Zrcadla v dalekohledu hvězdy nezvětšují (hvězdy jsou jimi vidět stále jako body), nýbrž soustřeďují světlo z velké plochy do ohniska, čímž zjasňují i tak slabé objekty ve vesmíru, jejichž světlo by v oku nevyvolalo žádný optický vjem. Paprsky světla přicházející k pozorovateli ze vzdálené hvězdy jsou rovnoběžné.

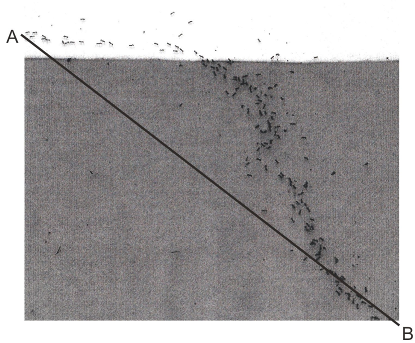
Představme si, že paprsky a a b projdou rovinou ρ ve stejném čase a také současně dopadnou na rovinu σ. Mezi rovinami ρ a σ jim vložme do cesty zrcadlo, které je bude v bodech A a B odrážet do bodu F (obr. 3). Aby oba paprsky dopadly do bodu F současně, musí být jejich dráha po odrazu stejná jako zbývající úseky od bodů odrazu k rovině σ. To ale znamená, že bod A je stejně vzdálen od roviny σ jako od bodu F, obdobně to platí pro bod B. Proto je na našem obrázku křivkou k parabola; prostorový útvar vytváří rotační paraboloid – zrcadlo astronomického reflektoru.

Fermat nalezl extremální řešení i některých matematických problémů: Např. uměl v trojúhelníku sestrojit bod (dnes nazývaný Fermatův), jenž má minimální součet vzdáleností od jeho vrcholů. Nalezl také rozměry kuželu o maximálním povrchu vepsaného do dané koule, aj.



Obr. 3

Na závěr připojme ještě jednu zajímavost ze živé přírody. Že by i mravenci krácející ke své potravě zčásti po polyetylénové fólii a zčásti po koberci, znali Fermatův princip? Obr. 4 tomu napovídá [3].



Obr. 4

L i t e r a t u r a

[1] *Sartori, E.*: Velikáni francouzské vědy. Praha, Krigl, 2005.

[2] *Šolcová, A.*: D'Artagnan mezi matematiky. Pokroky MFA 46 (2001), 286–298.

[3] *Kolafa, J.*: Hůl do mravenců ponořená. Vesmír 92 (2013), 384–385.

František Jáchim