Rozhledy matematicko-fyzikální

Lubomír Sodomka

Kulový blesk – nevyřešený problém elektrodynamiky II

Rozhledy matematicko-fyzikální, Vol. 93 (2018), No. 1, 22–28

Persistent URL: http://dml.cz/dmlcz/147163

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2018

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.

This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* http://dml.cz

Kulový blesk – nevyřešený problém elektrodynamiky II

Lubomír Sodomka, Adhesiv, TUL, Liberec

Abstract. The article deals with the unexplained phenomenon of ball lightning. As the luminous objects do not always originate from thunderstorm atmosphere, we distinguish direct and indirect ball lightning. The observations and research of the ball lightning offer many hypotheses of its qualitative explanation, but a hypothesis leading to quantitative theoretical framework has not been proposed.

Mechanismy výkladu kulových blesků

Považujeme-li všechny svítící koule pohybující se v atmosféře obecně za kulové blesky, rozdělíme je na kulové blesky přímé a nepřímé. Přímé kulové blesky vznikají jako doprovodné blesky čárových a perlových blesků působením z vnějšku, kdežto nepřímé kulové blesky vznikají výsledkem působení jejich vnitřní energie.

Kromě toho uvažujeme původ kulového blesku za pozemský a mimozemský. Mimozemský výklad kulového blesku lze zařadit mezi kulové blesky nepřímé. Předem je třeba upozornit, že počet hypotéz vzniku kulových blesků jde do stovek a využívají každého nového fyzikálního objevu, jak dále ukážeme, a je možné, že každý badatel se pokusí přidat ještě další svůj model, dokud nedojde k vytvoření kvantitativní teorie ověřené experimentálně, případně v laboratoři.

Začneme výkladem nepřímých mimozemských kulových blesků vnikem meteoritů do zemské atmosféry, které vysokou rychlostí třením dosáhnou vysoké teploty a v zemské atmosféře hoří a vytvářejí ohnivé koule. Energie potřebná k vytvoření žhnoucí koule kulového blesku se může podle některých hypotéz vytvořit také spojením částic s antičásticemi a jejich anihilací, k čemuž je zapotřebí alespoň 10 až 13 kg antihmoty, které dopadne za rok do atmosféry 500 kg. I když se zdá tento mechanismus vzniku nepřímého kulového blesku málo pravděpodobný, má své zastánce (D. Ashby, G. Whitehead, 1971).

Jinou mimozemskou hypotézu vzniku kulového blesku vyslovil S. Všesvjatskij. Vznik kulového blesku přisuzuje vniknutí části sluneční hmoty do zemské atmosféry a její přeměně v kulové blesky.

Jiný hypotetický mechanismus předpokládá urychlení částic kosmického záření silným elektrickým a magnetickým polem vznikajícím při čárovém blesku a vznik malého jaderného reaktoru.

Jiný jaderný mechanismus předpokládá urychlení částic elektrickým a magnetickým polem a vznik jaderné reakce, nebo zapálení termojaderné reakce uvnitř bleskového kanálu tepelnými neutrony. Sekundární jevy jaderných reakcí, jako je radioaktivita, vznik izotopů, však nebyly zjištěny.

Mnoho autorů popisuje vznik kulového blesku zapálením hořlavých prvků a směsí vznikajících při bouřce, a to dusíku, kyslíku, vodíku apod., a jejich hořením [2, 16], vysokým napětím či teplotou vznikajících při blesku.

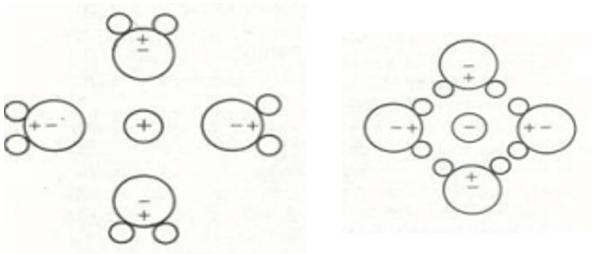
Využití supravodivosti k vytvoření kulového blesku navrhl Těletov. Předpokládal, že jádro kulového blesku vytvořené silným stlačením vzduchu bleskem se stane supravodivým a začne jím protékat proud až 50 MA, takže se rozžhaví a silné magnetické pole takto vytvořené plazmy ji nejen udržuje pohromadě, ale navíc chrání jádro před dotykem s okolím. Jde o velmi sofistikovaný model, který bude obtížné, podobně jako některé předchozí modely, převést v kvantitativní popis.

Nejvíce hypotéz přímého kulového blesku je založeno na plazmatickém modelu. Vysokým napětím, tak jako v čárovém blesku, se zapálí doutnavý výboj vytvářející plazmu. Plazmový model kulového blesku má několik výhod. Je to model realistický a počítá se zemskou atmosférou a elektrickým či magnetickým polem vysoké intenzity, které je při bouřkové činnosti skutečností. Delší doba trvání (více než 200 s) a pohyblivost (rychlost kolem 10 m/s) umožňuje kulovému blesku vzdálit se od svého původního zdroje na několik set až tisíc metrů. Problematické je vysvětlit relativní stabilitu a kulový tvar blesku.

Zapálení kulového blesku se také přisuzuje mikrovlnnému elektromagnetickému poli, případně maserovému jevu.

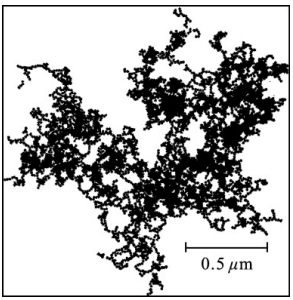
Uvedeme ještě výsledky úvah významného sovětského fyzika P. L. Kapicy (Nobelova cena za fyziku 1978). Ten rozborem energetické bilance ukázal, že kulový blesk musí vznikat dodávkou energie z vnějšku. Má-li se podle Kapicy udržet kulový blesk 10 s na úkor vnitřní energie, muselo by jít o energii jadernou, která by vytvořila prostředí o vysoké teplotě a vedla by k výbuchu. Proto je přijatelnější příjem energie z vnějšku pohlcováním elektromagnetických vln vysoké frekvence. Pohlcování energie, jak ukázal již v roce 1909 P. J. W. Debye (Nobelova cena za chemii 1936), se děje rezonančním mechanismem.

Významně přispěli k rozřešení záhad kulových blesků sovětští fyzikové I. P. Stachanov v [6] a B. M. Smirnov v [7], jak se lze poučit i v [2]. Podle Stachanova je kulový blesk tvořen plazmou z kladných a záporných iontů, které jsou navíc obaleny molekulami vody. Tím se zpomalí rekombinace iontů a prodlouží doba života kulového blesku. Mechanismus obklopení iontů molekulami vody je znázorněn na obr. 7 (solvatace, hydratace). Pro výpočty uvažuje Stachanov kladné hydroxoniové ionty $(H\ 3O)^+$ a hydroxylové ionty $(OH)^-$, které jsou vždy ve vodních parách přítomny.



Obr. 7: Obklopení iontů molekulami vody

Smirnov užívá jako zdroj energie ozón, který vzniká při bouřce. Podle Smirnova je blesk tvořen kostrou, tvořenou shlukem (klastrem) nejrůznějších částic mikrometrových rozměrů. Spojováním částic vznikají pak fraktálové klastry (obr. 8). Ionty se usazují v pórech tohoto útvaru. Náboje putují na povrch a vytvářejí povrchové napětí, které po vyhoření částic v ozónu vytváří kulovitý útvar. Záření tohoto kulového blesku vyžaduje teplotu 2 000 stupňů. Výhoda Stachanovova a Smirnovova modelů spočívá v tom, že je možné zpracovávat je teoreticky a ověřovat i experimentálně.



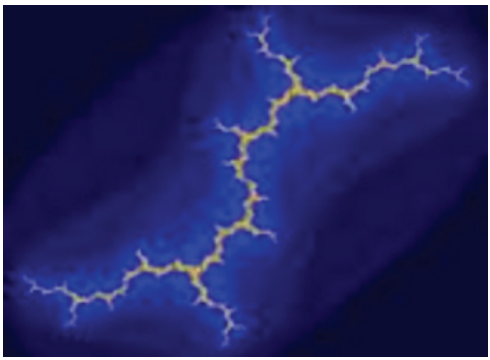
Obr. 8: Příklad fraktálového klastru

Kulový blesk a synergetika

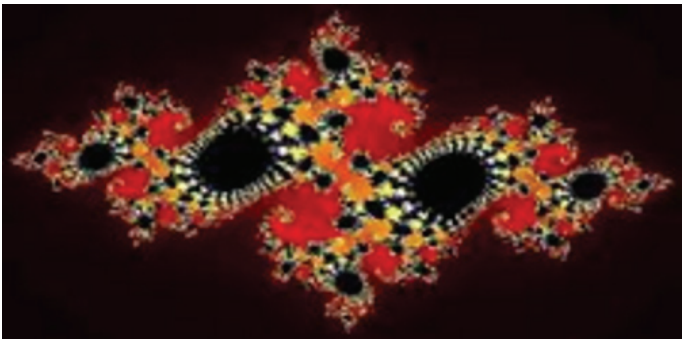
V dalším se budeme zabývat kulovým bleskem jako produktem zemské atmosféry, tj. jako výtvorem pouze povětrnostních jevů, jako jsou tornáda či bouřky. Vyloučíme všechny exotické výklady, jako jsou jaderné reakce, plasmoidy, sloučení antičástic, které budeme považovat za málo pravděpodobné, a řadu dalších. Omezíme se na takové hypotetické modely, které by se daly zpracovat metodami teoretické fyziky a poskytly by informace pro možnosti experimentálního ověřování.

Vzhledem k tomu, že elementární děje bleskové přípravy, jako je výboj a turbulentní proudění, jsou děje nelineární a kulový blesk je komplexní děj, nabízí se možnost využít k výkladu přímého kulového blesku synergetiky, zvláště pak teorie uspořádaného chaosu a teorie fraktálů. Synergetika umožní postupně zpracovat různé typy blesků také kvantitativně s udáním teoretických vztahů mezi jejich základními veličinami a charakteristikami. Pro konkrétní mikromechanismy je pak možné využít některé snadno teoreticky zpracovatelné a fyzikálně názorné a ne příliš sofistikované modely. Pro teoretické zpracování pak lze využít podle návrhu Rabady a Trueby Navierovy–Stokesovy a Maxwellovy rovnice spolu s navrženými fyzikálními mikromechanismy uvedenými na `http://wwwcrystalinks.com/lightballs.html`. Geometrický tvar čárových blesků lze popsat fraktálovou geometrií, jak ukazují příklady dvou Juliových fraktálů (obr. 9a,b).

Jinak je možné navrhnout i synergetické modely kulových blesků, z nichž dva příklady, a to elektromagnetický synergetický model a turbulentní synergetický model, jsou dále uvedeny.



Obr. 9a: Fraktálový obraz čárového blesku



Obr. 9b: Fraktálový obraz kulového blesku

Elektromagneticko-turbulentní model. Při vyjádření elektromagneticko-turbulentního modelu vycházíme z předpokladu, že kulový blesk je důsledkem bouřkové činnosti při vzniku čárového blesku. Ten vytváří ve svém okolí doutnavé výboje kolem hlavního kanálu, který vznikne náhlým výbojem v podobě krátkého intenzivního pulsu. Jako vedlejší účinek blesku je hrom, což představuje silné turbulentní oscilace okolní atmosféry. V okolí blesku dochází k turbulentnímu proudění, což představuje nelineární fyzikální děje. Turbulentní proudění vytváří také vírová proudová pole s víry, které lze popsat matematicky teorií deterministického chaosu kromě nestabilit i stabilním ohniskem a stabilním středem. Rotující víry mají největší rychlosti ve středu víru. Vlivem rychlostí vrstev atmosféry dochází třením k zvýšení teploty a sekundárním nabíjením víru v jeho středu kladně a na okrajích záporně.

Je-li vzniklé elektrické pole dostatečně vysoké, dojde k zapálení výboje v kulovém útvaru víru a vzniku kulového blesku, jehož stabilita a tvar jsou drženy povrchovým napětím iontů záporných nábojů.

V některých případech slabých elektrických polí je možné získat zářivou energii rezonancí kulových vírových útvarů mikrovlnným zářením vznikajícím ze spektra pulsu čárového blesku.

Nízká pravděpodobnost vzniku tohoto děje objasňuje nízký výskyt kulových blesků a jejich náhodný vznik v různých místech a možnost jejích přemísťování. Tento mechanismus pracující s běžnými fyzikálními procesy umožňuje výklad přímého kulového blesku a je jej možné zpracovat i teoreticky.

Turbulentně elektromagnetický model. Tento model umožňuje výklad nepřímého kulového blesku, jehož primárním jevem je proudové

vírové pole, jaké se vyskytuje např. v tornádu. Rychlé otáčky atmosféry vytvoří třením elektrické pole, které při vysoké intenzitě může způsobit doutnavý výboj a plazmu. Její dočasná stabilita je určena podobně jako v předchozím případě oddělením kladných a záporných iontů rotačním pohybem. Zaniká při zpomalení rotační rychlosti a zánikem vírů. Je-li navíc v okolí bouřková činnost, může být pravděpodobnost zapálení plazmy zvýšena rezonančním mechanismem rozměrů kulového útvaru s mikrovlnným zářením ze spektra bleskového pulsu.

K oběma modelům. Oba navržené synergetické mechanismy vzniku kulových blesků lze zpracovávat metodami teoretické fyziky, hydrodynamiky, elektrodynamiky a teorie deterministického chaosu [8, kap. 20]. Lze navrhovat ještě další synergetické modely.

K popisu kulových blesků je možné využívat také fraktálové geometrie a prostřednictvím fraktálových klastrů, jak naznačil Smirnov v [7], vykládat i jejich vznik.

Výklad kulového blesku jako cvičení fyzikální představivosti

V předchozím textu byla snaha ukázat, že kulový blesk není jen pouhá fikce či virtualita, ale že jde o skutečný jev vyskytující se v zemské atmosféře a v některých případech, viz [2], se již podařilo připravit podobné útvary i laboratorně. Je velmi pravděpodobné, že se blíží doba vyřešení problému kulového blesku nejen hypotetickými modely. Přesto tvorba hypotetických modelů kulových blesků nebo jiných kulových svítících těles je dobrým fyzikálním cvičením k vytváření hypotéz k dosud nevyřešenému a experimentu nesnadno dostupnému kulovému blesku, využívajících i objevů moderní fyziky, jak bylo v textu uvedeno, a to termojadernými reakcemi, plazmiony, využitím supravodivosti a dokonce využitím černých mikroděr i dalšími víceméně exklusivními mechanismy. K vytváření dalších modelů je třeba se blížit i podmínkám pro kvantitativní zpracování modelů, opírat se o pravděpodobnosti reálnosti překládaných hypotéz a vést navrhované modely k možnosti uskutečnění kulových blesků i experimentálně s navrhováním vhodných experimentů.

Je třeba skutečnosti o blescích a kulových blescích zařazovat i do učebnic fyziky, k podnícení studentů i k hypotetickým úvahám, které mohou přivést k řešení tajemství kulového blesku, jak bylo popsáno v [2]. V některých učebnicích a příručkách fyziky už najdete i problematiku blesků a kulových blesků, jako např. v [8, 11, 12, 17].

Literatura

[1] Barry, J. D.: *Ball Lightning and Bead Lightning – Extrem Forms of Atmospheric Elektricity*. Plenum Press, New York, 1980.

[2] Štoll, I.: *Tajemství kulového blesku*. Horizont, Praha, 1988.

[3] Singer, S.: *The Nature of Ball Lightning*. Plenum Press, New York, 1971.

[4] Stenhoff, M., M.: *Ball Lightning – An Unsolved Problem in Atmospheric Physics*. Plenum Press, New York, 1996.

[5] Stěkolnikov, I. S.: *Izučenii molnij i grozozaštita*. Nauka, Moskva, 1955.

[6] Stachanov, I. P.: *Fizičeskaja příroda šarovoj molniji*. Atomizdat, Moskva, 1979.

[7] Smirnov, B. M.: *Problema šarovoj molniji*. Nauka, Moskva, 1987.

[8] Sodomka, L.: *Základy fyziky pro aplikace*. Adhesiv, Liberec, 2005, na CD.

[9] Carbognani, A.: Il mistero dei fulmini globulari. *Scienza & Paranormale*, roč. 20 (1998), s. 46–57.

[10] Rener, P., et al.: *Kleine Enzyklopädie Physik*. VEB Bibliographisches Institut, Leipzig, 1985.

[11] Grimsehl, E., et al.: *Lehrbuch der Physik, Band 2 Elektrizität, Band 4 Struktur der Materie*. Teubner, Leipzig, 1985.

[12] Feynman, R. P., et al.: *Feynmanovy přednášky z fyziky 1, 2 (s řešenými příklady)*. Fragment, Praha, 2001, 2002.

[13] Říhánek, L., Postránecký, J.: *Bouřky a ochrana před bleskem*. ČSAV, Praha, 1957.

[14] Petržílka, V. A.: Kulový blesk. *Čs. čas. fyz.*, roč. 14 (1964), s. 542–551.

[15] Malíšek, V.: *Co víte o dějinách fyziky?* Horizont, Praha, 1986.

[16] Gladyšev, G. P.: *The high-temperature physicochemical processes in the lightning storm atmosphere*.
`http://www.endeav.org/evolut/text/ball/ball.html`

[17] Rener, P., et al.: *Kleine Enzyklopädie, Physik*. VEB Bibliographisches Institut, Leipzig, 1985.