

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky

Vladimír Novák
O kulovém blesku

Časopis pro pěstování matematiky a fysiky, Vol. 30 (1901), No. 1, 65--75

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/108803>

Terms of use:

© Union of Czech Mathematicians and Physicists, 1901

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



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

Přihlédnouce k (39) dostaneme konečně

$$(40) \quad M = m \frac{r^2}{4} + m \frac{l^2}{12} = \frac{m}{12} (3r^2 + l^2).$$

O kulovém blesku.

Napsal

Dr. Vlad. Novák,
docent c. k. české university v Praze.

Mnohé zjevy přírodní dějí se kolem, aniž by upoutávaly pozornost lidí, buď oddaných svému zaměstnání, nebo ve chvíli prázdné těšících se klidu a odpočinku nerušenému. Vedle takových zjevů vyskytují se však mohutná, uchvacující divadla v přírodě, v nichž energie sil přírodních vystupuje velikolepě, zastrášujíc neb alespoň udivujíc méně vzdělané a pobádajíc k pozorování a zkoumání vzdělance. K těmto zjevům náleží mnohé děje atmosferické, z nichž nejpůsobivějším jest bouře provázená blesky a hromy.

V následujícím chci se zmíniti o zvláštním druhu blesku, který svým tvarem, barvou a celým průběhem svým tak nápadně se liší od blesků obyčejných, že dlouho existence jeho byla vůbec popírána.

Čtenář vzpomene sobě na některou bouři, již sám zažil a kterou mohl klidně z bezpečného úkrytu pozorovati. Oblohu zataženou tmavými mraky občas rozbrázdily ostré, hrboilaté čáry pronikavého světla, jimž následoval rozmanitý zvuk hromu. Nebo se osvětlovaly celé velké plochy na obloze, jako by září blízkých požárů. Tyto tvary blesku nejčastěji se vyskytující, slují *blesky jiskrovými a plošnými*. Podobny jsou pak blesky jiskrové výboji elektrickému, který nastane mezi elektrodami influenční elektriky, nebo přístroje Ruhmkorffova, když připojíme k elektrodám kondensatory a když jiskra vrstvou vzduchovou přeskakuje. Takováto jiskra má podobu svítilcí, klikaté

čáry, někdy větevnatě se rozdělující, právě jako jiskrový blesk, jehož fotografie připomíná — dle Kayser-a — obraz vodopisné mapy, znázorňující tok řeky se všemi přítoky hlavními i podružnými.

Blesk plošný jest často jen odrazem světla od mraku, tak že příčinou tohoto zjevu jest blesk jiskrový — jinak má bezpochyby původ svůj ve výboji elektrinu méně kondensovaných, tedy jako výboj mezi elektrodami influenční elektriky, z níž jsme kondensatory odstranili.

Přiblížíme-li elektrody elektriky blízko k sobě, přeskakují při otáčení strojem velmi četné jiskřičky mezi elektrodami, tak že se téměř ustavičný, souvislý úkaz objeví. Tím hlavně se liší jeden způsob výboje od druhého, že výboj jiskrový jest přetržitý, výboj bez kondensace téměř souvislý. V tomto výboji souvislém lze rozeznávat některé zajímavé zjevy, přihlížíme-li k optické stránce výboje, která přirozeně nejvíce vyniká.

Přiblížíme-li elektrody hodně blízko k sobě, povstává výboj v podobě *svítivého oblouku*, jenž při větší vzdálenosti elektrod ukazuje *trsy* elektrické, přecházející při vybíjení se velkým množstvím elektrických ve výboj *v trsovitém oblouku*. Při dalším vzdálení elektrod ukazují se při výboji pouze trsy, jemné a velice rozčleněné to křivolaké linie modravým světlem svítící.

Přestoupíme-li při vzdalování elektrod určitou mez, pak obě elektrody pouze září, zvuk výboje dříve slyšitelný úplně ustane, nastává výboj *elektrickým zářením*.

Úkazy blesku jiskrového a plošného lze takto v malém prováděti v laboratoři a tím je blíže pozorovati a studovati.

Tím záhadnějším a tajupnějším byl úkaz blesku, který se lišil od blesků jiskrových a plošných tak nápadně, že od mnohých za nemožný byl prohlašován a uváděn jako klam zrakový, halucinace a pod.

Než případy pozorování zvláštního toho druhu blesku stále se množily, nebyly to osoby jednotlivé, jež blesk takový viděly, ale často osob několik, tak že objektivnost zjevu určitěji dokazována. Tvar zvláštního blesku popisován jako *kulový* — odtud pojmenování *blesk kulový* — jako ohnivá koule, nebo tvar vejčitý, hruškovitý. Kulový blesk, na rozdíl od blesku

jiskrového, déle trvá, pohybuje se od mraku k zemi nebo naopak jako letící pták, nebo valící se koule, která pozvolna se snášejíc, dopadne země, po případě několikrát jako míč se odrazí. Zvláštní sykot provází v pohybu ohnivě těleso, jež náhle bez hluku mizí, nebo se strašlivým rachotem exploduje.

Velikost světlé koule blesku kulového různě se uvádí, někdy jen jako pěst veliká, dosahuje jindy velikosti hlavy, ano byly pozorovány případy blesků kulových, které prý byly podobny válejícímu se kameni mlýnskému. Zářivé koule bleskové otáčejí se kolem vlastní osy, hned rychleji, hned pomaleji, vytryskujíce kol do kola plamený nebo jiskry. V atmosféře, zvláště pak blízko povrchu zemského a v uzavřených místnostech zanechávají sirný zápach, tak že pohybem, zjevem, zvukem i zápchem vzbuzují v laikovi hrůzu a zděšení, vrcholící v představě pekelné bytosti.

Kulové blesky obyčejně se vyskytují mezi jinými blesky; někdy následují po výboji jiskrovém, někdy se objeví jiskrový výboj až po nich. Jasnost blesků kulových je menší než blesků jiskrových, od nichž se také barvou odlišují. Bývají kulové blesky modravé, tmavě nebo karmínově červené, cihlově rudé, žlutočervené a někdy i bělavé. Nejčastěji mají barvu plamenorudou a karmínově červenou.

Zvláštní vlastností blesků kulových jest vyskytování se blesků těch při bouři v místnostech uzavřených, pohyb jich v takových místnostech, kde zdánlivě otvory nepatrnými prolézají z místnosti do místnosti, někdy bez velikých škod, někdy zase způsobující tytéž neblahé účinky, jakými se udeření blesku vůbec vyznačuje.

Četné příklady blesku kulového uvádí *Arago**) a ve zvláštní sbírce *Sauter***).

Nežli přikročíme k vysvětlování neobyčejně zajímavého tohoto úkazu — pokud ovšem vysvětlení to dosud je možné — nebude nezajímavo, uvésti několik příkladů blesků kulových, jak je očití svědkové popisují.

*) *Arago's Werke*, vydané od W. G. Hankela, 4. p. 25—49.

**) *J. Sauter*, Beilage zum Programme des. Kgl. Realgym. in Ulm, 1892.

O. C. Marsh *) popisuje kulový blesk, který spatřil za bouře v přístavu Southhamptonském na palubě lodi. „Bylo to 23. července 1878 o 2. hod. odpolední, kdy se od západu přihnala prudká bouře, při níž několikrát v Southhamptonu udeřilo. Právě, když padly první dešťové krůpěje, stanul jsem na zádi lodi, dívaje se však ku přídě. Najednou pozornost moje vzbuzena byla jasným světlem, objevivším se na hořejší části předního stožáru. Sotva jsem světlo dobře spozoroval, bylo již asi v poloviční výšce stožáru a padalo zvolna k palubě. Světlo toto bylo *kulovým bleskem* podoby hruškovité, něžného, růžového, v širší části žlutavého zbarvení. Šířka jeho byla as 4 až 5 palců, délka 6—8.“

„Když kulový blesk dostihl paluby ve vzdálenosti asi 40 stop ode mne, následovala hlasitá detonace a teprve po několika minutách mohl jsem se rozhlédnouti po škodě způsobené Kormidelník, který stál u hlavního stěžně asi 25 stop ode mne, byl sražen k palubě, vzpamatoval se však brzy. Týž blesk nebo snad část jeho, vnikla od předního stěžně ventilačním okénkem do lodní kuchyně, kdež vyrazila z rukou kuchařových velikou mísu cínovou a vůbec nádobí v nepořádek uvedla, aniž by něco valněji poškodila. Po výbuchu blesku kulového bylo cítit po nějakou chvíli silný zápach ozonový. Důstojník službu konající, kapitán Mathews, jenž na přídě zatím meškal a jemuž se ničeho nestalo, tvrdil ihned po úderu blesku, že viděl po palubě šířiti se pruhy světelné, jiskrám podobné. Sám byl jsem explodí poněkud pomaten, viděl jsem však jasně, že přední paluba ozářena byla jasným světlem rozptýleným. Majetník yachty G. Peabody Russel se svými hosty sešli do vnitř lodi, jakmile bouře začala, a nestalo se jim ničeho.“

Novějšího data jsou následující příklady kulových blesků.

Dne 19. dubna a 29. roku 1886 pozorováno za prudkých bouří a lijavečů s nimi spojených v Hirschberkách (ve Slezsku) několik blesků kulových. Úkaz je potvrzen mnohými pozorovateli.

Professor fysiky a říditel elektrické továrny v *Pontevedra* pozoroval zajímavý úkaz blesku kulového 2. ledna roku

*) American Journal of Sciences N. vol I. (1896) 13. p.

1890. Za jasného a čistého nebe objevila se náhle ohnivá koule, velikosti pomeranče, která vnikla do továrny světélkem. Udeřila do stroje pro rozvádění elektrického světla, odtud přeskočila na pracující dynamo. Před očima užaslých dělníků a inženýrů udeřila dvakrát s dynamo do svodičů a zpět, pak padla k zemi a roztránila se za ostré a hlasité detonace v spoustu jisker, jež beze stopy zmizely. Mimo budovu a to právě v okamžiku, kdy kulový blesk se snašel, pozoroval jej professor přírodopisu Señor Garcera.

Dle zprávy „Atti della R. Academia dei Lincei“ z roku 1892, pg. 308, udeřilo dne 1. listopadu 1892 v Římě do kostela di S. Giovanni della Malva, aniž by při tom nějaké neštěstí se přihodilo.

Asi 200 metrů od kostela nalézá se palác Akademie dei Lincei, kde právě pracoval *Mancini*. Blížící se bouře stemnila tak oblohu, že *Mancini* nucen přerušiti práci svou, přistoupil k oknu a pozoroval oblohu. Náhle intensivní světlo a silné zahřmění přesvědčilo jej, že na blízku udeřilo. Téměř v témž okamžiku zpozoroval *Mancini* nad svou hlavou v nevelké vzdálenosti světlé těleso, jež se silným výbuchem na malé jiskry se rozptýlilo.

Dne 7. června roku 1895 v Paderbornu pozoroval gymnasiální professor *Schnittker* při bouři, která jasná, rudožlutá koule, velikosti koule kuželkové, tiše a rychle s mraku k zemi padá a náhle jako puma exploduje. Současně pozoroval na místě 500 m od prvnějšího vzdáleném farmaceut Schlüter jasnou, bledě-fialovou kouli, velikosti dvojnásobné koule kuželkové, ve vzdálenosti 2 metrů před svými okny šikmo do výše se zvedati. Koule se také roztrhla s detonací podobnou dělovému výstřelu.

Několik těchto zajímavých příkladů snad poučilo dostatečně čtenáře o existenci zvláštního úkazu kulového blesku.

Naskytuje se nyní otázka, jak vysvětliti podivný úkaz tento, doložiti jeho podmínky a ukázati, že lze jej právě tak, jako blesky jiskrové a plošné v malém, pokusem předvésti.

Rozmanití badatelé jako Arago, Du Motel, De Tessau, Abbé Moigno, Hildebrandsson, hrabě Pfeil, Suchsland a jiní rozmanitými hypotézami hleděli blesky kulové

vysvětliti. Daleko přesvědčivějšími byly náhledy, opírající se o skutečné pokusy, které provedl francouzský fysik *Gaston Planté* v Paříži.

Maje na mysli podobu výboje elektrického mezi elektrodami elektriky indukční s blesky jiskrovými a plošnými, hledal *Planté* podmínku souvislého, trvalého toho výboje, jakým zdál se býti blesk kulový. Výboj jiskrový děje se mezi elektřinami vysokého rozdílu potencialného, poněvadž však *množství* elektrická, jež se výbojem v pohyb uvádějí, jsou *malá*, končí takový blesk *velmi rychle*.

Aby dosáhl výboje, jenž by několik vteřin potrvál, *Planté* rozhodl se zkusiti výboj elektrický při značném rozdílu potencialném a při velkém množství elektriny. Tohoto výboje mu ovšem nemohla poskytnouti elektrika indukční a proto užil článků. Výborně hodily se mu sekundární články — jím vynalezené první akumulatory. Zprvu nabíjel kondensator, sestávající z tenké destičky slídové, polepené na obou stranách staniolem, póly batterie 800 článků. Byla-li destička na některém místě slabší, nebo nalézala-li se na ní malá prasklina, nastal na tom místě výboj elektrický zvláštního způsobu. Na místě takovém ukázala se zprvu světlá jiskřička, pak se okolní staniol roz-tavil, utvořila se z něho *žhavá kulička*, která, valíc se po povrchu kondensatoru, ostatní staniol v rozmanitých směrech propálila.

Planté zdvojnásobil potom počet svých článků (na 1600), tak že dosáhl potencialného rozdílu 4000 Volt. Místo kondensatoru slídového sestavil kondensator vzduchový. Polepy tvořeny byly dvěma kotouči z pijavého papíru, jež před pokusem navlhčil, tak že izolující vrstvou byl vzduch a vodní páry, čímž *Planté* se hleděl ke skutečnosti co možná přiblížiti. Spojil-li oba papíry s póly své batterie, povstala mezi oběma elektrodami *ohnivá kulička*, jež se po povrchu papíru sem a tam pohybovala, náhle mizela, aby povstala jiná podobná. Úkaz trval několik minut, dokud se články sekundární nevybily. Ohnivá kulička na určitém místě zmizí, poněvadž tepelným účinkem vysuší vlhkost elektrod a pak se na tomto místě odpor značně zvýší. Na jiných místech, dosud vlhkých, ukáže se pak opět výboj v této zvláštní formě. Podstatou svítící koule při pokusu

Plantéově zdá se býti zředěný, žhavý vzduch, obsahující zároveň plyny povstálé rozkladem vody.

Dle výkladu Plantéova povstávaly by tedy blesky kulové při vybíjení se nejen silně napjatých elektrin, ale též při velikém jich množství mezi elektrodami polovodivými. Rozklad vody, který na vlhkých elektrodách výbojem nastane, pomáhá utvoření se výboje kulového — tento výsledek Plantéova pozorování souhlasí s velmi četnými příklady skutečných blesků kulových, které nad mokrou (deštěm) půdou byly viděny.

Barvu blesku kulového vykládá Planté různým zředěním rozžhaveného plynu a různým množstvím vodíku, které obsahuje. Vybíjí-li se bleskem kulovým veliké množství elektriny, nastane silné zředění a mocný rozklad vody, blesk má *červenavou* barvu, kterou můžeme pozorovati, když zředěným vodíkem (v Geiszlerově trubici) vedeme výboj elektrický. Vybíjí-li se menší množství elektriny, nastane menší zředění, vyvine se méně vodíku a blesk má barvu modravou, jakou ukazuje zředěný vzduch, prochází-li jím výboj elektrický. Elektrodami v přírodě jsou buďto země deštěm zvlhlá, a mrak, který k zemi značně se přiblížil, nebo vrstva vzduchu vodními parami prosycená od země úzkou vrstvou suššího vzduchu oddělená.

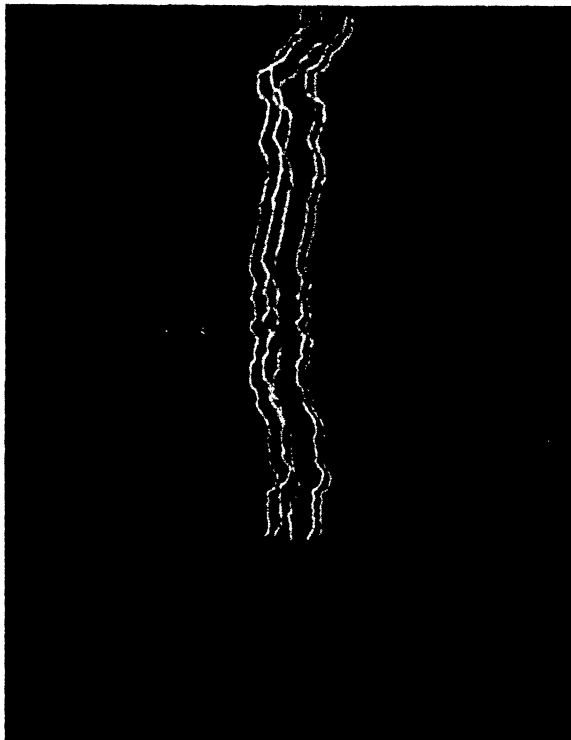
Z různých tvarů výboje elektrického nejpodobnější jest blesku kulovému výboj v podobě trsovitého oblouku, zvláště pak, děje-li se výboj tento vzduchem poněkud zředěným*). Vybíjíme-li prostorem takovým veliké lahve leydenské, vloživše zároveň do kruhu veliké odpory, aby se výboj pozdržel, podobá se výboj blesku kulovému.

Poněvadž výboj v předešlém pokusu začíná jiskrou a teprve potom ukazuje světelné zjevy blesku kulového, soudíme z toho, že také blesky kulové tvoří se na dráze, kterou již blesk jiskrový utvořil.

Důsledek tento potvrzují mnohá pozorování blesků kulových. I když v některých líčeních čteme, že se objevila ohnivá koule bez předchozího blesku jiskrového, můžeme předpokládati, že takový jiskrový blesk udál se opodál, nebo že byl tak slabé intensity, že ušel pozorování.

*) Tlaku as 5 cm rtuti.

Fotografie jiskrových blesků zachycené komorou, jež se zvolna pohybovala ve směru vodorovném, ukazuje všeobecně několik blesků *vedle sebe*. (Viz vyobr.) Vykládáme si to složitým výbojem při blesku jiskrovém, který děje se po dráze jednou vzduchem proražené. Často se tato dráha větrem posunuje a pak jednotlivé části blesku kulového liší se podobou.



V *počátečním* blesku vyvíjí se elektriny nahromaděné na dvou protilehlých místech dvou mraků, nebo mraku a země, a to potud, pokud v kratičkém tom okamžiku mohou v proud býti uvedeny. Bleskem počátečním utvoří se *dráha v izolatoru*, kterou se mohou vyrovnávat další množství elektrická, přivedená k její koncům. Přivádí-li se taková množství po delší

dobu, nastane v dráze počátečního blesku téměř *trvalé vybití*, které lze pozorovati tenkrát, když intenzita začátečního blesku byla malá, anebo když dráha blesku (větrm a p.) poněkud se pošinula. Při trvalém, pravidelném proudění velkých množství elektrin nastanou světelné úkazy podél dráhy bleskové, které se nazývají blesky *růžencové*. Blesky *růžencové* tvoří vlastně již přechod k formě kulové.

Při výboji, trvajícím delší dobu mezi mrakem a zemí vytvoří se, ovšem že zřídka, na výbojové dráze prvního blesku *ohnivá koule, blesk kulový*.

Proč právě jen na určitém místě bleskové dráhy blesk kulový se vytvoří, je dosud neznámo. Pozorování pouze dokazuje, že kulový blesk utvoří se na zúžené části bleskové dráhy. Podoba blesku kulového, jak již dříve podotknuto bylo, není vždy kulová, je-li protáhlá, jeví se toto protažení ve směru výbojové dráhy. Horizontální pohyb blesku kulového vysvětlí se snadno pošnutím bleskové dráhy větrem neb i silami elektrickými, pohyb vertikální ve směru bleskové dráhy způsoben je bezpochyby změnami v intenzitě proudění elektriny při výboji.

M. Toepler*) vysvětluje mnohé, překvapující vlastnosti blesků kulových domněnkou, dle které podél dráhy výbojové nastává poměrně volný spád potencialný, tak že vzdálenosti 1 *cm* přináležejí potencialný rozdíl menší než 1700 Volt, jako je tomu as při oblouku trsovitém. Pokusem se ukázalo, že oblouk trsový uchyluje se z původní polohy přiblíženým tělesem elektrickým. Tak se také kulový blesk vyhýbá na př. člověku, nebo předmětům se zemí spojeným, při bouři elektrickým.

Velmi podivným úkazem při blesku kulovém zdá se býti jeho objevování se v místnostech uzavřených, zmizení malými otvory (klíčovou dírkou) a pod.

Také tato vlastnost blesků kulových dá se přirozeně vysvětliti. Za elektrody, k nimž připojíme dráty od sekundární cívky induktoru Ruhmkorffova, zvolíme dvě desky břidlicové (polovodiče). Děje-li se přerušování proudu primárního elektrolytickým přerušovačem *Wehneltovým*, vznikne téměř trvalý výboj

*) *Max Toepler*, Wied. Ann. 1900, pg. 628.

oblouku trsového. Elektrody břidlicové představují mrak a zemi. Mírný pohyb vzduchu způsobí pohyb oblouku trsového.

Vložme nyní mezi obě desky břidlicové vodivou (nebo polovodivou) destičku, upevněnou na izolovaném držadle a při-
držme ji blíž k elektrodě, která zemi představuje. Vložená
destička jest jako by stropem, střechou a pod. Působíme-li nyní
mírným proudem vzduchovým na trsový oblouk, tak aby byl
nucen přejíti destičku, obejde ji, nebo *přeskočí* na ni. V tom
se však rozdělí na dva oblouky, jeden se ukazuje mezi destičkou
a hořejší elektrodou, druhý mezi destičkou a elektrodou dolejší.
Stane se tedy destička vložená jako by *novou elektrodou*. Zají-
mavo jest, že oba oblouky jsou v dalším od sebe nezávisly, že
se jeden pohybuje jinam než druhý, že na př. hořejší úplně
zmizí a dolejší trvá a pod.

Tak stávají se kovové předměty, zámky ve dveřích a pod.
novými elektrodami, tak šíří se kulový blesk z místnosti do
místnosti, mizí v jedné a objevuje se ve druhé. Užaslým pozoro-
vatelům zdá se pak ovšem, že *táž* ohnivá koule prolezla ne-
patrným otvorem ve stěně, dveřích, oknu atd. Ve skutečnosti
několika elektrodami povstane několik kulových blesků zároveň
nebo po sobě v různých těch prostorách mezi elektrodami.

Ukončení celého úkazu kulového blesku děje se buďto
úplně *beze zvuku* nebo se slabší či silnější *detonací*. V prvním
případě přestává jednoduše trvalý proud elektřiny. V případě
druhém končí blesk kulový bleskem obyčejným.

Bleskovou drahou děje se na konec vyrovnání elektrin
bleskem jiskrovým.

Kdy nastane to neb ono ukončení blesku kulového, o tom
rozhoduje povaha obou elektrod, mezi nimiž se výboj děje.

Aby po blesku počátečním povstal téměř trvalý proud
elektrický, příčina blesku kulového, nesmí býti obě elektrody
úplně vodivé — ovšem pak (nemusí býti obě polovodiči, stačí,
je-li polovodičem jedna z nich.

Zemi a mrak dlužno ovšem považovati za polovodiče, přece
však může vodivost býti na jednom konci dráhy bleskové jinou
než na konci druhém. Po výboji počátečním nastane větší spád
potencialný v elektrodě, která proudu větší odpor klade,

v elektrodě lépe vodivé jest spád potencialný mírnější. Proud elektrického výboje reguluje pak elektroda s větším odporem.

Pomysleme si, že vlhká půda země stane se lépe vodivou než mrak, pak jest na konci bleskové dráhy — u země — mírný spád potencialný a elektřina vyrovnává se tu tiše, kulový blesk mizí beze vší detonace. Detonace může však nastati, když by hořejší konec bleskové dráhy pošinut, dostihl mraku velké kapacity elektrické a relativně vodivějšího než jest příslušné místo na zemi.

Podstatně rozdílným jest úkaz nastávající v případě, kdy země klade proudu výbojovému větší odpor než elektroda druhá, mračno, kdy tedy země celý výboj reguluje.

Pokud blesk kulový nastává při tom na místech stejné vodivosti, děje se výboj klidně, jakmile však nalezne dráha výbojová místa vodivější, porušuje se ustálenost proudu a nastávají výboje k předmětům vodivějším. Tak vypryskují jiskry z kulového blesku k předmětům kovovým, nebo celý blesk přeskakuje od jednoho kovového předmětu na druhý.

Nalezne-li konec dráhy výbojové tělesa značné kapacity a malého odporu proti odporu ve mraku, končí blesk kulový obyčejným bleskem jiskrovým.

M. Toepler v pojednání uvedeném snaží se určití intenzitu blesků kulových na základě srovnání jich s trsovým obloukem.

Třemi rozmanitými cestami dospívá poměrně velmi dobře souhlasných výsledků, že jest intenzita blesků kulových nejvýše 15—20 ampère.

Jiskrový blesk, kterým se vyrovnávají elektřiny v čase velmi krátkém, má sice intenzitu až 10000 ampère uvážíme-li však třeba *několika minutové* trvání blesků kulových, poznáme, jak nesmírná množství elektrická se tu vybíjejí.

Ačkoliv tedy ještě zbývá zkoumati mnohé okolnosti aby úkaz blesku kulového úplně byl vysvětlen, stává se přece celý pohádkový a příšerný zjev tento přirozeným, určitým druhem elektrického výboje, tohoto nevyčerpatelného zdroje nejzajímavějších projevů energie elektrické.