

Strela

Lastnosti svetlobe razkrivajo tudi pojavi, kot so blisk in strela, krogelne strele ter neznani leteči predmeti.

Predhodna poglavja pojasnjujejo marsikatero lastnost svetlobe. V poglavju *Hitrost svetlobe* je opisan vpliv hitrosti vira svetlobe na hitrost svetlobe. V poglavju *Vesolje* je prikazan vpliv gravitacije na hitrost svetlobe. Način povezovanja svetlobnih elektromagnetnih valov je opisan v poglavju *Foton*. Odprtih pa ostaja še nekaj vprašanj.

Na primer vprašanje, kako koherenco ustvarjajo po lastnostih zgolj podobni, ne povsem enaki svetlobni elektromagnetni valovi. Primer povezovanja podobnih, ne povsem enakih elektromagnetnih valov je prikazan na Sliki 9.5 v poglavju *Hitrosti nebesnih teles*.

Razumevanje nekaterih od teh odprtih vprašanj nam lahko pojasni opazovanje še nekaterih pojavov, na primer raziskovanje strele in krogelne strele.

Blisk in grom

Eden od zanimivih svetlobnih pojavov sta strela oziroma blisk in grom, ki ju opazimo ob nevihtah.

Literatura je enotna, da tik pred udarom strele nikjer v atmosferi med oblaki ni izmerjenih tako visokih elektrostatičnih napetosti, da bi lahko povzročile tako obsežne električne preboje skozi ozračje, kot jih opazimo v obliki strele. Za preboj iskre na razdalji nekaj deset metrov ne bi zadoščala niti električna napetost, ki bi presegala minjone voltov.

Visok električni potencial in tudi močan električni tok, kot ga opažamo v primeru strele, se torej pojavita hkrati s strelo in si ju strela ustvari sama na način, kot je pojasnjeno v nadaljevanju.

Strelo ustvari množica majhnih elektrostatičnih polj

Nevihtne razmere v zraku ustvarjajo množico nabitih delcev – ionov in elektronov. Ti nabiti delci v prostoru ustvarjajo velike količine elektrostatične energije v obliki mikroskopskih električnih polj med ioni in elektroni. Ioni in elektroni so v prostoru praviloma razdeljeni naključno, zato so tudi njihova električna polja usmerjena naključno v vse smeri.

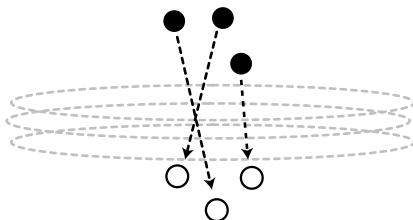
Seštevanje teh naključno usmerjenih električnih polj med točkami v prostoru ne ustvari večje elektrostatične napetosti, saj se elementarne napetosti zaradi različnih usmerjenosti naključno seštevajo in odštevajo.

V nevihtnem oblaku snovni delci nenehno ionizirajo, to je razpadajo na pozitivne ione in negativne elektrone. Na drugi strani se elektroni in ioni stalno srečujejo in se povezujejo nazaj v električno nevtralne atome. Ker je proces ionizacije v nevihtnem oblaku zelo intenziven, se močno poveča število električno nabitih delcev in s tem elektrostatična energija prostora.

Gibanje vsakega elektrona ali iona po prostoru predstavlja neki majhen električni tok. Ker pa se ti delci po prostoru gibljejo kaotično, se ti tokovi pojavljajo kaotično v vseh smereh in njihovi vplivi se med seboj izničujejo. Gibanje električno nabitih delcev je tako rekoč neopazno, dokler se ne oblikuje v strelu.

Povezovanje ionov in elektronov

Atomi, kot rečeno, ves čas razpadajo na elektrone in ione, po drugi strani pa se tudi elektroni in ioni ves čas povezujejo nazaj v nevtralne atome. Na Sliki 12.1 so prikazani trije naključno izbrani elektroni, označeni s črnimi krogci, ki se naključno spojijo s tremi pozitivno nabitimi ioni, označenimi z belimi krogci.



Slika 12.1

Ta povezava ionov in elektronov na opazovani mikrolokaciji predstavlja tok elektronov, torej električni tok. Slednji okrog sebe ustvari magnetno polje, kot to prikazujejo črtkane krožnice na sliki.

Če so v bližini tega pojava drugi ioni ali elektroni, magnetno polje s silo vpliva nanje ter s tem spremeni smer in hitrost njihovega gibanja.

Magnetno polje skuša ustvariti razmere, kot so bile pred povezovanjem ionov in elektronov

Magnetno polje na elektrone in ione v okolici deluje takó, da skuša ohranjati elektrostatične razmere oziroma električno stanje prostora táko, kot je bilo pred združitvijo na sliki prikazanih

treh elektronov in ionov. Na mesta, kjer so bili na sliki prikazani elektroni in ioni pred združitvijo, skuša nastalo magnetno polje pritegniti druge nadomestne elektrone in ione.

V nenevihtnih razmerah v bližini ustvarjenega magnetnega polja ni nadomestnih elektronov in ionov in pojav mine brez sledu. Kadar pa je v ozračju velika gostota ionov in elektronov, so le-ti tudi v neposredni bližini na Sliki 12.1 prikazane združitve. Magnetno polje jih premakne ali jih vsaj skuša pritegniti tja, kjer so bili prej tisti ioni, ki so s svojimi združitvami ustvarili magnetno polje.

S privlačenjem drugih elektronov in ionov v dogajanje pa magnetno polje ustvari pogoje za novo združitev tudi teh ionov in elektronov na enak način, ko so se združili tisti prvi elektroni in ioni, ki so ustvarili izhodiščno magnetno polje.

Na opazovani lokaciji lahko tako v nekem času začne teči manjši električni tok, kar ustvarja majhna lokalna električna praznjenja. To pa že opazimo kot prasketanja.

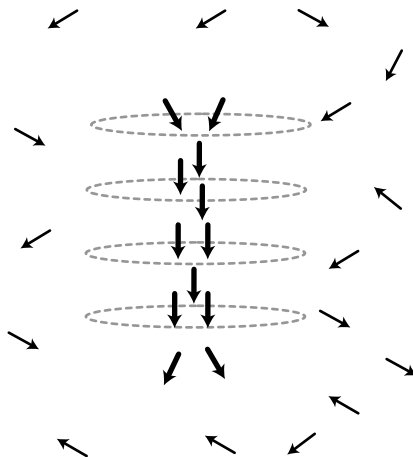
Zametek strele

Večina takih lokalnih praznjenj se konča v nekaj mikrosekundah na nekaj mikrometrih, saj nima pogojev, da bi se razširila na večje področje.

Tako lokalno omejeno električno praznjenje predstavlja zarodek strele, ki ima na Sliki 12.2 prikazano obliko. S puščicami so prikazana električna polja in električni tokovi med elektroni in ioni, s črtkano črto pa magnetno polje, ki ga ustvari električni tok ob povezovanju ionov in elektronov.

Ob spajanju elektronov in ionov nastalo magnetno polje vpliva na elementarna eklektična polja tako:

- da se vsa elementarna električna polja med elektroni in ioni usmerijo v isto smer,
- da se polja zgostijo na premici, ki poteka skozi sredino krožnic magnetnega polja.



Slika 12.2

Take razmere na simetralo skozi magnetno polje privabljajo nove ione in elektrone, s čimer ustvarijo ugodne pogoje za električna praznjenja.

Magnetno polje vsa miniaturna električna polja obrne v isto smer, zato se napetost na simetrali, ki poteka skozi magnetno polje, še poveča. Ker se zato vsa praznjenja dogajajo v isti smeri, se s tem poveča tok na prikazani mikrolokaciji Slike 12.2. Slika torej prikazuje embrio ali zarodek strele.

Strela

Na simetrali magnetnega polja se s tem organizira in krepi energija v obliki električnega in magnetnega polja, s tem pa se krepi tudi električna napetost in električni tok. Krepitev energije glede razširjanja po premici nad in pod nastalim procesom nima omejitve. Lahko se razširja na poljubnih razdaljah na obeh straneh te simetrale. Pogoj za razširjaje procesa praznjenja, za ustvarjanje na Sliki 12.2 prikazanih razmer, je zadostna gostota ionov in elektronov v zraku na vsej poti strele.

Praznjenja manjših razsežnosti imajo zaradi majhnih magnetnih učinkov precej slabe možnosti za razvoj tudi v primeru velike gostote ionov in elektronov. Ko in če proces naključno dobi večje razsežnosti, ko praznjenje preide velikost centimetrov, se pojavljajo večji tokovi, ki ustvarjajo večja magnetna polja, večje magnetno polje pa v igro pritegne ione in elektrone iz širšega področja. Večji obseg, ki ga pridobi praznjenje, večje možnosti ima strela za nadaljnji razvoj.



Slika 12.3

Zaradi opisanega ‚plazovitega‘ učinka električnega praznjenja praviloma ne opažamo majhnih strel. Strela se bodisi ne razvije bodisi pridobi velike razsežnosti, kot to prikazuje Slika 12.3.

Krogelna strela

O lastnostih svetlobe nam več kot navadna strela lahko razkrije krogelna strela, to je svetlikajoča se krogla, ki počasi potuje po

prostoru. Na opazovani lokaciji se lahko zadržuje nekaj minut ali celo dlje. Krogelne strele niso pogoste, vendar se pojavijo dovoljkrat, da so bile opažene in fotografirane več tisočkrat. Pojav lahko vidimo na Sliki 12.4 .



Slika 12.4

Krogelno strela le občasno lahko ustvari običajna strela, saj so za to potrebni še dodatni pogoji. Ker pa ti niso pogosti, so tudi krogelne strele opažene precej redkeje kot običajne.

Izvor krogelne strele

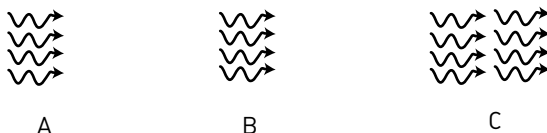
Ob udaru strele se molekule v njeni osi močno segrejejo in zaradi toplotnega učinka se začno hitro gibati v različnih smereh. To hitro gibanje molekul zraka zaznamo kot grom.

Močna svetloba, ki izhaja iz teh gibajočih se molekul strele, se pojavi zaradi termičnih hitrosti molekul, različne in hitrostim se-vajočih molekul sorazmerne hitrosti svetlobe, kot je to podrobneje opisano v poglavju *Hitrost svetlobe*.

Elektromagnetna valovanja svetlobe (fotoni), ki izhajajo iz strele, se med seboj dohitevajo in zadevajo druga ob drugo. Kadar so za to ustvarjeni pogoji, se povezujejo v koherentne verige.

Pri meritvah hitrosti Sončeve korone, kot so prikazane na Sliki 9.5 v poglavju *Hitrosti nebesnih teles*, lahko opazimo, da se v koherentne verige ne povezujejo le po lastnostih identična elektromagnetna valovanja. Koherenco lahko ustvarjajo tudi po frekvenci, valovni dolžini ali hitrosti zgolj zelo podobni elektromagnetni valovi.

Koherentna veriga hitrejših elektromagnetnih valov, označena s črko A na Sliki 12.5, na primer dohiti koherentno verigo počasnejših elektromagnetnih valov, označeno s črko B, in se z njo poveže v skupno koherentno verigo elektromagnetnih valov, označeno s črko C.



Slika 12.5

Elektromagnetno valovanje ob povezavi spremeni hitrost

V poglavju *Foton* je pojasnjeno, kako elektromagnetni val teži k njemu optimalni energiji, kot mu jo določata frekvenca in valovna dolžina. Kadar elektromagnetni val iz katerega koli razloga spremeni svoje optimalno energijsko stanje, se skuša čim hitreje znova vrniti vanj.

V primeru povezovanja elektromagnetnih valovanj različnih hitrosti v verige, kot je prikazano na Sliki 12.5, mora elektromagnetno valovanje iz skupine A v fazi povezovanja z elektromagnetnim valovanjem iz skupine B zmanjšati hitrost, tisto iz skupine B pa jo mora povečati.

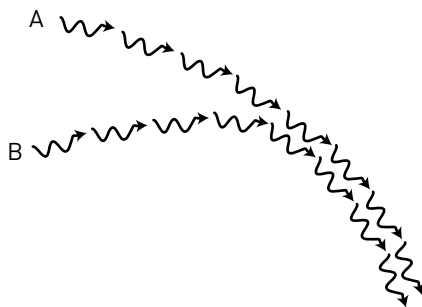
Težnja po optimalni energiji elektromagnetnega valovanja v skupini A ustvari potisno silo, ki skuša pospešiti elektromagnetno valovanje skupine B, v skupini B pa se ustvari zaviralna sila, ki upočasnjuje skupino A.

Ker ta sila deluje na poti ($F \cdot s$), elektromagnetno valovanje skupine A preda del energije elektromagnetnim valovom iz skupine B. Po določenem času povezanega potovanja elektromagnetno valovanje iz skupine A izgubi del energije, elektromagnetni valovi iz skupine B pa del energije pridobijo in tako eni in drugi preidejo v novo optimalno kvantno energijsko stanje pri neki vmesni hitrosti, manjši od začetne hitrosti elektromagnetnega valovanja skupine A in večji od tiste skupine B.

Geometrija trka elektromagnetnih valov

Slika 12.5 prikazuje trk dveh verig svetlobnega elektromagnetnega valovanja, ko elektromagnetni valovi skupine A in tisti skupine B potujejo po isti premici in veriga A dohiti verigo B od zadaj. To pa je le eden od možnih načinov dohitevanja.

Geometrija gibanja elektromagnetnih valovanj omogoča mnoge načine približevanja in združevanja verig teh valovanj. Verigi lahko druga ob drugo trčita tudi s strani, kot to prikazuje Slika 12.6.



Slika 12.6

Pri tem se povežeta v skupno koherentno verigo elektromagnetnega valovanja. Elektromagnetni valovi verige A imajo večjo hitrost, zato skušajo s silo pospešiti valove v verigi B. Elektromagnetno valovanje verige B zavira valove verige A. Tudi v tem primeru prihaja do izmenjave energije in preoblikovanja elektromagnetnega valovanja v obeh verigah.

Ker pa elektromagnetno valovanje verige B zavira elektromagnetne valove verige A s strani in ne naravnost od zadaj, svetlobni žarek v času medsebojnega delovanja napravi zavoj, se skrivi.

Žarek se krivi le, dokler poteka izmenjava energij med elektromagnetnimi valovanji in dokler poteka prilagajanje njihovih energij skupnemu elektromagnetnemu valovanju. Ko slednje doseže novo optimalno energijsko stanje, se žarek zravna in pot nadaljuje po premici v spremenjeni smeri.

Sončeva korona

Krivljenje svetlobnega žarka na način, kot ga prikazuje Slika 12.6, opažamo še bolj izrazito na primer pri pojavu Sončeve korone ob popolnem Sončevem mrku. Svetlobno elektromagnetno valovanje, ki izhaja iz Sončeve korone, ima različne hitrosti zaradi različnih hitrosti svetlečih delcev na Soncu. Na poti proti Zemlji se svetlobni elektromagnetni valovi povezujejo tudi na način, kot je prikazano na Sliki 12.6.

Posledica združevanja koherentnih verig elektromagnetnih valovanj z različnimi hitrostmi je lahko tudi zakrivljeno gibanje svetlobe, ki ga nazorno prikazuje tako imenovani *Diamond Ring Effect*, pojav, ki ga opažamo ob Sončevem mrku.

Diamond Ring Effect

Ta svetlobni pojav lahko opazujemo ob popolnem Sončevem mrku. Pojavi se za krajši čas, tik preden Luna prekrije Sonce oziroma tik preden ga odkrije. Prikazuje ga Slika 12.7.



Slika 12.7

Pojavi se izrazit svetlobni oblak. Za naš primer je zanimiva svetloba na mestu, kjer Luna prekriva Sonce. Zdi se, kot da bi svetlobni žarki potovali skozi Luno, to pa je lahko le posledica krivljenja svetlobnih žarkov na poti od Sonca proti Zemlji.

Precejšnje hitrosti plazme v Sončevi koroni pomenijo tudi precejšnje razlike v hitrosti iz korone izhajajoče svetlobe.

Hitrosti plazme v Sončevi koroni so večje od hitrosti snovi na površini Sonca. Učinek krivljenja svetlobe je zato največji takrat, ko na Zemljo tik pred ali tik po popolnem Sončevem mrku prispe svetloba iz korone, ne pa še svetloba s površja Sonca.

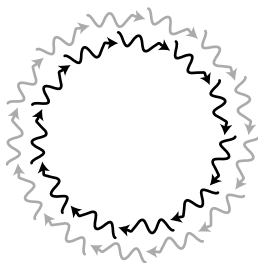
Različne in pestre hitrosti svetlobe skrivijo poti svetlobe na način, kot je opisan ob Sliki 12.6. Poti svetlobe se krivijo v obliki spiral, krožnic in na druge načine ter tako omogočajo krivljenje svetlobe okrog Lune, kot to prikazuje Slika 12.7.

Ko Luna začne odpirati Sončevo površino proti opazovalcu, ima svetloba na izvoru manjšo pestrost hitrosti, zato se zmanjša tudi na Sliki 12.8 prikazan učinek in traja le krajši čas.

Ustvarjanje krogelne strele

Poglejmo še en primer krivljenja svetlobe, ki se dogaja na Zemlji. Večje in energijsko bogatejše verige elektromagnetnih valovanj potrebujejo daljši čas za medsebojno usklajevanje svoje energije s kvantnim stanjem, zato krivljenje svetlobnega žarka traja dlje. Hkrati se svetlobni žarek skrivi za večji kot.

Kadar med seboj na način, kot je prikazan na sliki 12.6, trkajo energijsko zelo močne in dolge koherentne verige, tako krivljenje verig elektromagnetnega valovanja oziroma krivljenje svetlobe traja dlje in ustvarjajo se veliki lomni koti svetlobe. Lahko se zgodi, da veriga zaokroži za 360 stopinj. Pri tem začetek verige lahko ujame svoj rep, lahko pa se s svojim repom celo koherentno poveže, tako kot to prikazuje Slika 12.8.



Slika 12.8

Ko je veriga povezana v krog, hitrejše elektromagnetno valovanje ene verige neha pospeševati počasnejše valovanje druge verige. Počasnejše elektromagnetno valovanje se preprosto locira na krajšo notranjo krožnico, hitrejše pa na zunanjo. Nastane energijsko kolikor toliko stabilen obroč elektromagnetnega valovanja, ki načeloma lahko poljubno dolgo vztraja in kroži na istem mestu.

Slika 12.8 prikazuje primer koherence dveh verig elektromagnetnih valovanj, ki sta na primer izšli iz strele z deloma različnima hitrostma. Koherentne zakonitosti jima v izbranih redkih

primerih dovoljujejo, da se stabilno povežeta v krožečo se koherentno verigo.

Ob bogatem številu naključnih hitrosti virov svetlobe, kot se dogaja v primeru strele, se koherentna valovanja celo pogosto povežejo v obliko krožnice. Ob strelji torej lahko pričakujemo pogosto rotiranje elektromagnetnih valovanj po krožnicah, pri čemer lahko središče krožnice celo miruje.

Krožnega gibanja svetlobnih elektromagnetnih valovanj praviloma ne opazimo. Elektromagnetno valovanje (fotoni), ki je na krožnici, ni vidno. Svetlobno elektromagnetno valovanje opazimo šele, ko zaide v naše oko ali merilni instrument, pa še takrat ne moremo prepoznati, ali so valovi v naše oko pripotovali premočrtno ali po krožnici.

Čeprav je tako krožno gibanje oziroma rotiranje svetlobnih elektromagnetnih valov ob strelji lahko relativno pogosto, ga v večini primerov ne moremo zaznati.

Preoblikovanje rotacij elektromagnetnih valovanj

Kadar je veliko teh rotacij svetlobnih elektromagnetnih valovanj na istem mestu, kadar jih je toliko, da se krožeča elektromagnetna valovanja različnih koherentnih verig med sabo stalno preletavajo (zaletavajo), pride do preoblikovanja verig teh valovanj na način, kot je opisano ob Sliki 6.15 v poglavju *Foton*. Ob letu elektromagnetnih valovanj enega skozi drugega se ob določenih pogojih dogaja, da se obstoječe verige raztrgajo, preoblikujejo ali preusmerijo. Ob tem del elektromagnetnega valovanja izide iz te rotacije proti našemu očesu, kar opazimo kot krogelno streljo.

Krogelno streljo torej lahko opazujemo, dokler se ne iztroši in ne izseva elektromagnetnega valovanja oziroma dokler svetlobnega elektromagnetnega valovanja ne vsrka kaka absorpcijska snov.

Neznani leteči predmeti

Kjer koli se svetlobni viri gibljejo s precejšnjimi naključnimi hitrostmi – podobno kot žareči delci pri strelji –, ustvarjajo razmere za nastanek rotirajočih koherentnih verig elektromagnetnega valovanja. Podobne svetlobne vire kot strela ustvarjajo tudi reaktivni in raketni motorji, saj svetleči delci iz motorja izhajajo z različnimi bolj ali manj naključnimi hitrostmi.

Neznane leteče predmete (NLP) pogosto opažajo letalske posadke reaktivnih letal ali astronauti. Znano je, da je NLP opazovala tudi posadka Apolla 11.

Žareči delci raketnega motorja torej ustvarjajo krožeča elektromagnetna valovanja na enak način, kot strela ustvari krogelno streljo. Te verige svetlobnih elektromagnetnih valovanj običajno nastajajo in izginjajo. Ob ugodnih razmerah se lahko ustvari večja množica krožečega elektromagnetnega valovanja, ob raketi ali letalu, kar je običajno opaženo kot NLP disk.

Postopen razvoj NLP

Ko v krožeče koherentne verige svetlobnega elektromagnetnega valovanja zadevajo novi in novi svetlobni elektromagnetni valovi iz raketnega motorja, se vanje ujamejo in jih krepijo. Bolj ko je disk krožečih svetlobnih elektromagnetnih valov močan in številčen, večja je verjetnost, da se bodo novi elektromagnetni valovi ujeli vanj in ga še naprej krepili.

Šibek disk svetlobnih elektromagnetnih valov ima majhne možnosti lovljenja novih valov, zato ima majhne možnosti za razvoj v opazen NLP disk krožečega svetlobnega valovanja. Ko in če pa se taka tvorba rotirajočega valovanja okrepi, ima vse večje možnosti prestrezanja novih elektromagnetnih valov ter s tem vse večje možnosti, da se razvije v dobro opazno svetlečo tvorbo.

Tako kot pri streli opažamo, da se sproži ali pa ne, tudi pri krogelni streli ali NLP opažamo plazovit sistem nastajanja. V obeh primerih imajo energijsko šibke krožeče tvorbe elektromagnetnih valovanj majhne možnosti za razvoj ter se praviloma ne razvijejo. Če pa se razvijejo, pridobijo dobro prepoznavne oblike, zato praviloma ne opažamo neznatnih krogelnih strel ali neznatnih NLP. Ti pojavi so, podobno kot običajne strele, dobro prepoznavni ali pa jih ni.

NLP ob Apollu 11

NLP je po opisanem postopku nastal za raketnim motorjem in je sprva potoval za Apollom 11 z enako hitrostjo kot vesoljsko plovilo. To je na poti proti Luni zaradi gravitacije Zemlje hitrost izgubljalo, tvorba svetlobnega elektromagnetnega valovanja v obliki NLP pa jo je ohranjala. NLP je zato plovilo sčasoma dohitel in celo prehitel in astronauti so ga lahko opazovali, kako je letel vzporedno z njimi s podobno hitrostjo.

Te vrste NLP so torej fizikalno podobni pojavi kot krogelna strela, s to razliko, da krogelno strela ustvari strela, te vrste NLP pa svetloba iz raketnih ali reakcijskih motorjev.

V naravi se lahko pojavijo tudi drugi izvori gibajočih se virov svetlobe, ki se gibljejo z naključnimi hitrostmi, in vsak tak vir (močno iskenje ...) je potencialni izvor nastanka krogelne strele ali NLP.

Zaključek

Vsa znanja o svetlobi, ki so opisana v predhodnih poglavjih, skušam v nadaljevanju uporabiti pri poglobljanju razumevanja radijskega valovanja.

Razumevanje strele in krogelne strele v vsakdanjem življenju ne prinaša posebnih koristi. Poglobljeno razumevanje radijskega

valovanja pa omogoča gradnjo učinkovitih radijskih povezav, na primer za učinkovito komuniciranje s plovili v vesolju, kar pa je predmet naslednjega poglavja.