

# Teleskop MAGIC – čarobni instrument astročestične fizike

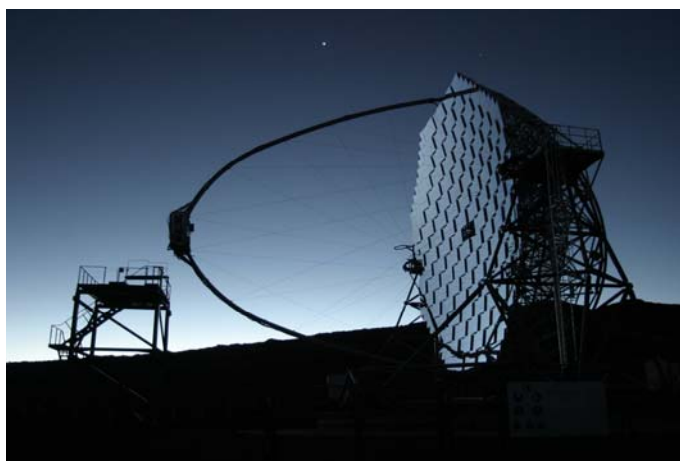
Dario Hrupec<sup>1</sup>, Koprivnica

## Astročestična fizika

Astročestična je fizika novo, interdisciplinarno, znanstvenoistraživačko područje koje uključuje fiziku čestica, astronomiju & astrofiziku te kozmologiju (dijelom također nuklearnu fiziku i gravitaciju). Ona istražuje, između ostalog, daleke i egzotične objekte poput pulsara<sup>2</sup> i supermasivnih crnih rupa. U blizini takvih objekata postoje polja (električno, magnetsko i gravitacijsko) ekstremne jakosti koja uzrokuju ubrzavanje čestica do vrlo visokih energija te emisiju različitih valova (elektromagnetskih i gravitacijskih). Čestice i valove, koji dođu do Zemlje i ondje budu opaženi, nazivamo prenositeljima (engl. *messenger*). Istovremeno opažanje različitih prenositelja koji dolaze iz istog kozmičkog objekta, što je danas u astronomiji trend, nazivamo kombiniranim pristupom (engl. *multimessenger approach*) [1].

## Gama–astronomija

Jedna od najuspješnijih grana astročestične fizike danas je gama–astronomija. Ona istražuje kozmičke gama–zrake, odnosno elektromagnetsko zračenje najviših energija koje dolazi iz svemira [2]. Niže energijsko područje kozmičkih gama–zraka (do par desetaka GeV<sup>3</sup>) dostupno je, neposredno, samo detektorima na satelitima. Trenutno je u orbiti nekoliko satelita koji opažaju kozmičke gama–zrake, no najveći i najperspektivniji među njima je nedavno lansirani Fermi (bivši GLAST) [3]. Više energijsko područje kozmičkih gama–zraka (od par desetaka GeV do par desetaka TeV) dostupno je, posredno, detektorima na Zemlji. Visokoenergijske gama–zrake (kao i visokoenergijske nabijene čestice, takozvane kozmičke zrake) izazivaju u atmosferi velike pljuskove sekundarnih čestica. Nabijene sekundarne čestice u pljuskov, čija je brzina veća od brzine svjetlosti<sup>4</sup> u zraku, emitiraju posebnu vrstu svjetlosti – Čerenkovljevo zračenje. Čerenkovljevo zračenje iz pljuskov sekundarnih čestica u atmosferi moguće je opaziti posebnom vrstom teleskopa – Čerenkovljevim teleskopom. Danas postoji nekoliko sustava Čerenkovljevih teleskopa, H.E.S.S. u Namibiji [4], MAGIC na Kanarima [5], VERITAS u Arizoni te CANGAROO III u Australiji. Čerenkovljevi teleskopi su iznimno uspješni znanstveni instrumenti koji gotovo svakodnevno donose nova otkrića. Vodeću ulogu u zemaljskoj gama–astronomiji danas drže dva europska<sup>5</sup> sustava teleskopa, MAGIC i H.E.S.S. Kolaboracije MAGIC i H.E.S.S. također zajednički rade na budućem velikom sustavu, od par desetaka do možda i stotinu, Čerenkovljevih teleskopa CTA (*Cherenkov Telescope Array*) koji bi trebao proraditi za pet do deset godina [6].



Slika 1. Teleskop MAGIC na kanarskom otoku La Palmi. Izvor: Robert Wagner, MPI, München.

<sup>1</sup> Autor je viši asistent u Institutu "Ruđer Bošković" u Zagrebu, e-mail: dario.hrupec@irb.hr

<sup>2</sup> Pulsar je brzrotirajuća neuronska zvijezda, kozmički objekt ogromne gustoće, središnji ostatak eksplozije supernove.

<sup>3</sup> GeV je gigaelektronvolt,  $10^9$  eV, a TeV teraelektronvolt,  $10^{12}$  eV.

<sup>4</sup> Brzina svjetlosti u vakuumu,  $c$ , granična je brzina u prirodi. Međutim, kroz prozirnu tvar (npr. staklo, vodu ili zrak) svjetlost putuje sporije, brzinom  $v=c/n$ , gdje je  $n$  indeks loma tvari. Čestica se kroz tvar može gibati brzinom koja je veća od  $v$ , ali još uvijek manja od  $c$ .

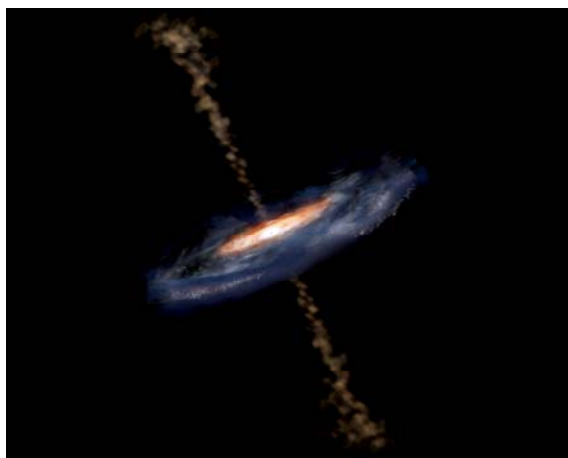
<sup>5</sup> Oba su sustava zemljopisno smještena na afričkom kontinentu, zbog klime, no vode ih europske kolaboracije.

## Uvod u teleskop MAGIC

Teleskop MAGIC (*Major Atmospheric Gamma Imaging Cherenkov*) najveći je Čerenkovljev teleskop, promjera 17 m, i trenutno jedan od znanstveno najproduktivnijih instrumenata iz područja astročestične fizike. Smješten je na vrhu kanarskog otoka La Palma, na visini 2200 m, unutar opservatorija Roque de los Muchachos. Teleskop je dovršen krajem 2003. godine i opaža punim kapacitetom od 2004. godine. Pri samom je završetku drugi teleskop, MAGIC II, koji bi trebao proraditi početkom 2009. godine. Oba će teleskopa moći raditi samostalno ili u paru. Kolaboracija MAGIC broji oko 150 članova, iz 17 čak institucija. Od ove godine članica kolaboracije MAGIC je i hrvatska grupa (*Croatian MAGIC Consortium*) od šest fizičara s Instituta Ruđer Bošković, Sveučilišta u Splitu i Sveučilišta u Rijeci. Za razliku od optičkih teleskopa, Čerenkovljev teleskop nema cjeloviti reflektor nego segmentirani, sastavljen od mnoštva manjih zrcala, kako bi se relativno jeftino dobila što veća sabirna površina. Teleskop MAGIC ima ukupnu površinu reflektora od 236 m<sup>2</sup>. Nadalje, kamera Čerenkovljevog teleskopa ne sastoji se od uređaja CCD (*Charge-Coupled Device*), kao kod većine optičkih teleskopa, nego od fotomultiplikatora<sup>6</sup>. To su, zasad, jedini prikladni fotosenzori za bilježenje vrlo kratkotrajnih bljeskova Čerenkovljeve svjetlosti. Kamera teleskopa MAGIC II sadržat će, po prvi put u povijesti Čerenkovljevih teleskopa, napredne fotosenzore tipa HPD (*Hybrid Photo-Detector*). U razvoju fotosenzora HPD važnu su ulogu odigrali i hrvatski fizičari, posebice prof. dr. Daniel Ferenc sa Sveučilišta u Kaliforniji, Davis.

## Ciljevi i rezultati teleskopa MAGIC

Popis ciljeva teleskopa MAGIC iznimno je opsežan. U prvom redu tu su izvangalaktički objekti i pojave: aktivne galaktičke jezge i provale gama-zračenja (eng. *gamma ray burst, GRB*), zatim galaktički objekti: pulsari, dvojni sustavi kompaktnih kozmičkih objekata<sup>7</sup> te ostaci supernova. Vezano uz kozmologiju, među ciljevima su primjerice izvangalaktička pozadinska svjetlost te, danas jako aktualna, tamna tvar.



Slika 2. Umjetnički prikaz aktivne galaktičke jezge. Vidi se akrecijski disk i dva relativistička mlaza. U samom središtu je supermasivna crna rupa. Izvor: NASA.

Popis dosad ostvarenih rezultata je velik i izvan opsega ovog teksta. Među važnijim otkrićima, koja su nedavno objavljena u uglednom časopisu *Science*, mogu se spomenuti: otkriće visokoenergijskih gama-zraka iz udaljenog kvazara 3C279<sup>8</sup> te otkriće pulsnog gama-zračenja iz pulsara Crab<sup>9</sup>.

<sup>6</sup> Fotomultiplikator je iznimno osjetljiv detektor svjetlosti koji može opaziti čak pojedinačne čestice svjetlosti, **fotone**. Posebne elektrode u cijevi, takozvane dinode, djeluju kao pojačivač, ili **multiplikator**, signala.

<sup>7</sup> Kompaktni kozmički objekti su objekti vrlo velike gustoće, bijeli pautljci, neutronske zvijezde ili crne rupe, koji nastaju nakon smrti običnih zvijezda. Naše Sunce ima relativno malu masu pa će, kad potroši sve svoje nuklearno gorivo, završiti kao bijeli patuljak za otprilike pet milijardi godina.

<sup>8</sup> Objavljeno u časopisu *Science*, 27. lipnja 2008.

<sup>9</sup> Objavljeno u *ScienceXpress*, 16 listopada 2008.

## REFERENCE:

- [1] D. Hrupec, *Kombinirani pristup u astronomiji*, MFL LVI 4 (2005/2006)
- [2] D. Hrupec, *Gama-astronomija - posljednji elektromagnetski prozor u svemir*, MFL LVI 1 (2005/2006)
- [3] <http://fermi.gsfc.nasa.gov/>
- [4] <http://www.mpi-hd.mpg.de/hfm/HESS/>
- [5] <http://magic.mppmu.mpg.de/>
- [6] <http://www.cta-observatory.org/>