



EGZOTIČNI KOZMIČKI IZVORI

što pokušavamo opaziti kroz gama-zrake?

Dario Hrupec, Institut Ruđer Bošković



Zvezdarnica Zagreb, 18. travnja 2012.

Uvod: predavanja u Zvezdarnici

- ★ Magija iz svemira, 20. 5. 2009.
 - o teleskopu **MAGIC** za visokoenergijsku γ -astronomiju
- ★ Opažanje nevidljivog: visokoenergijska γ -astronomija, 15. 12. 2010.
 - o metodama i etabliranim izvorima visokoenergijske γ -astronomije
- ★ Egzotični kozmički izvori - što pokušavamo opaziti kroz γ -zrake, 18. 4. 2012.
 - o potencijalnim izvorima visokoenergijske γ -astronomije

Uvod: članci u ČIS-u

Novo nebo nad nama, ČIS 1 (2009.-2010.)

Kako opažamo visokoenergijske kozmičke gama-zrake, ČIS 2 (2009.-2010.)

Kako opažamo astrofizičke neutrine, ČIS 3 (2009.-2010.)

Kako opažamo gravitacijske valove, ČIS 4 (2009.-2010.)

Loša astronomija 1: Obmana koja traje milenijima - astrologija, ČIS 1 (2010.-2011.)

Loša astronomija 2: Neće biti smaka svijeta 2012. godine, ČIS 2 (2010.-2011.)

Loša astronomija 3: NLO nije izvanzemaljski svemirski brod, ČIS 3 (2010.-2011.)

Loša astronomija 4 → Priroda

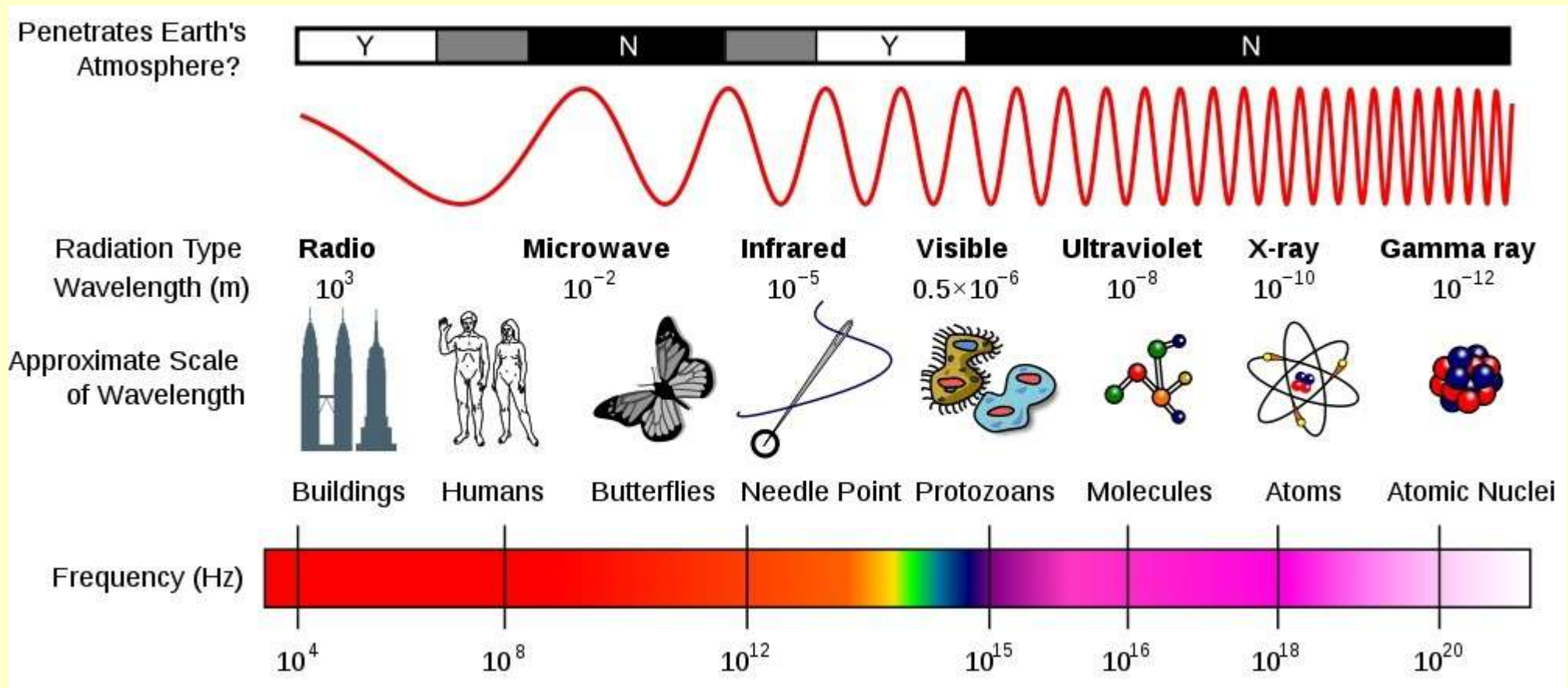
Izvori VHE kozmičkih γ -zraka 1: aktivne galaktičke jezgre, ČIS 1 (2011.-2012.)

Izvori VHE kozmičkih γ -zraka 2: provale gama-zraka, ČIS 2 (2011.-2012.) Znanstvena petica, 6.3.

Izvori VHE kozmičkih γ -zraka 3: ostaci SN i pulsari, ČIS 3 (2011.-2012.) Eppur si muove, 9.4.

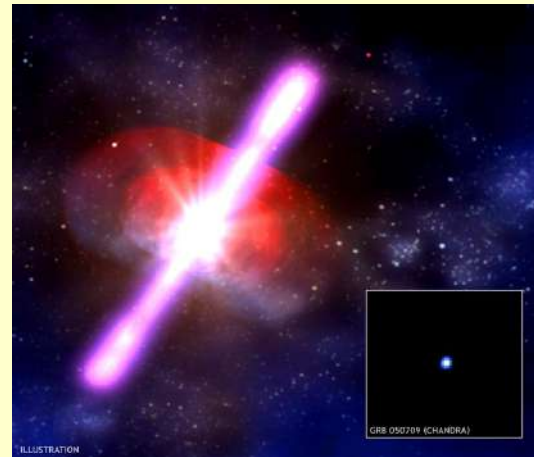
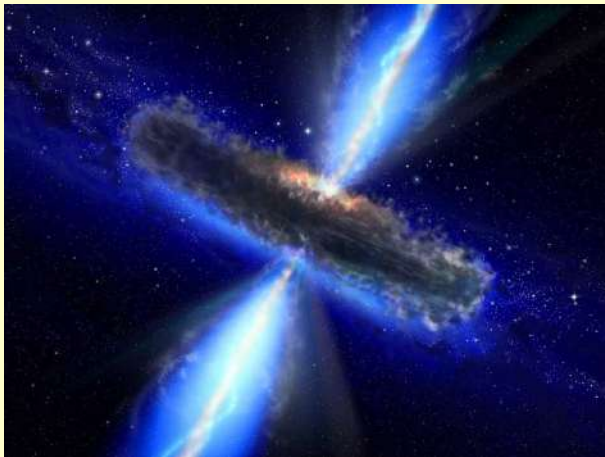
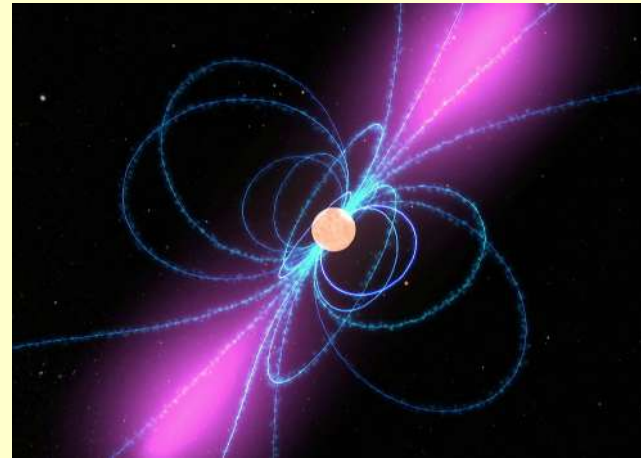
Izvori VHE kozmičkih γ -zraka 4: Egzotični kozmički izvori, ČIS 4 (2011.-2012.)

Kratko ponavljanje: gama-zrake



- ★ najenergetskiji dio elektromagnetskog spektra
- ★ $f > 10^{19}$ Hz, $E > 100$ keV, $\lambda < 10$ pm
- ★ VHE: 100 GeV $< E < 100$ TeV

Kratko ponavljanje: gama-astrofizika



- ★ istraživanje svemira kroz gama-zrake
- ★ **indirektno**: Čerenkovljevimi teleskopima: ~ 10 GeV do 100 TeV
- ★ **direktno**: satelitima: 100 keV do ~ 10 GeV

Kratko ponavljanje: Čerenkovljev teleskop MAGIC



- ★ MAGIC == Major Atmospheric Gamma-ray Imaging Cherenkov Telescope
- ★ Roque de los Muchachos Observatory, La Palma (John Carpenter's *Starman*, 1984)
- ★ dva teleskopa, promjer 17 m (najveći, te vrste, na svijetu)

Egzotični izvori gama-zraka: općenito

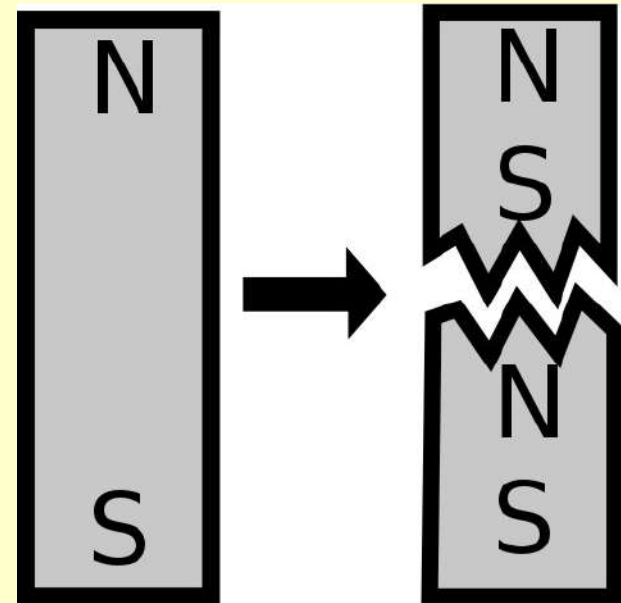
- ★ većina VHE kozmičkih zraka vjerojatno nastaje akceleracijskim procesima “bottom-up”
- ★ no, postoji mogućnost njihova stvaranja neakceleracijskim procesima, kroz raspade nekih egzotičnih teških čestica koje su izvan standardnog modela “**top-down**”
- ★ to moraju biti ostaci velikog praska (nastali u ranoj fazi razvoja svemira): topološki defekti, hladna tamna tvar, primordijalne crne rupe...

Egzotični izvori gama-zraka: topološki defekti

- ★ iznimno energijske pojave, nastale faznim prijelazima u ranoj fazi svemira:
 - 0D (točkasti) → magnetski monopoli
 - 1D (linijski) → kozmičke strune
 - 2D (plošni) → domenski zidovi
- ★ teorijski predviđeni, ali zasad neopaženi
- ★ jaki gravitacijski učinak topoloških defekata mogao je odigrati važnu ulogu u procesu formiranja galaksija

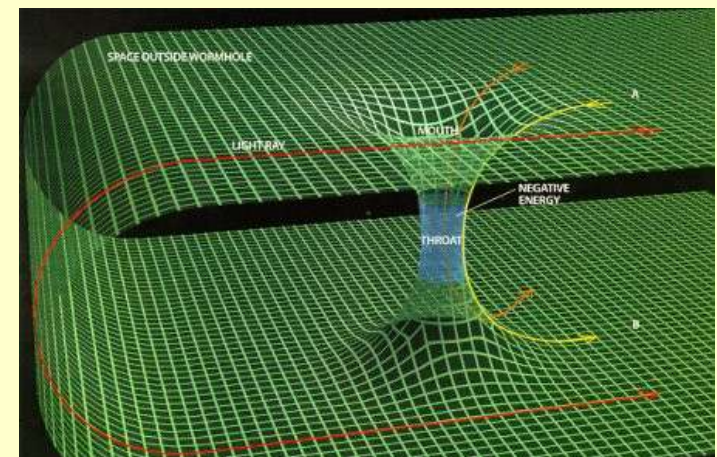
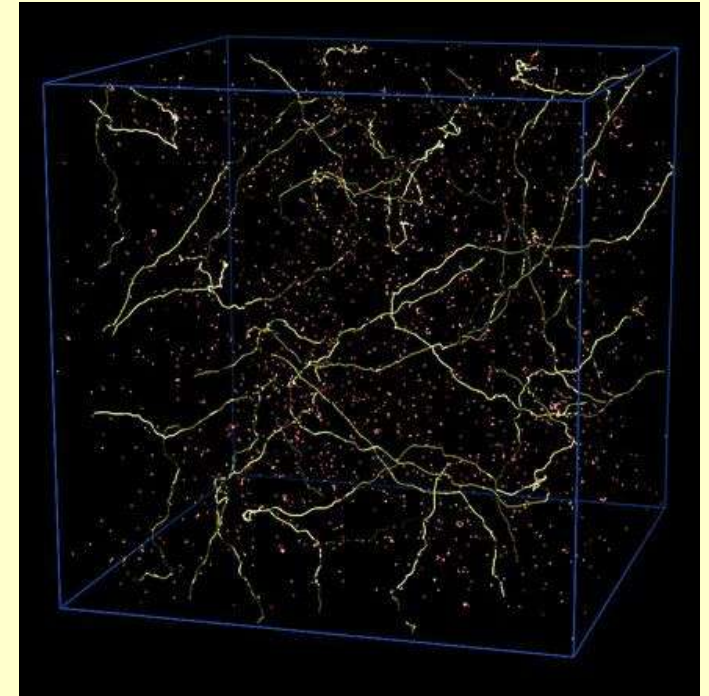
Egzotični izvori gama-zraka: topološki defekti: 0D (točkasti) → magnetski monopoli

- ★ hipotetske čestice sa samo jednim magnetskim polom (tj. s magnetskim nabojem)
- ★ točkasti defekti nastali lomljenjem sferne simetrije
- ★ predviđeni su teorijama superstruna i teorijama velikog ujedinjenja



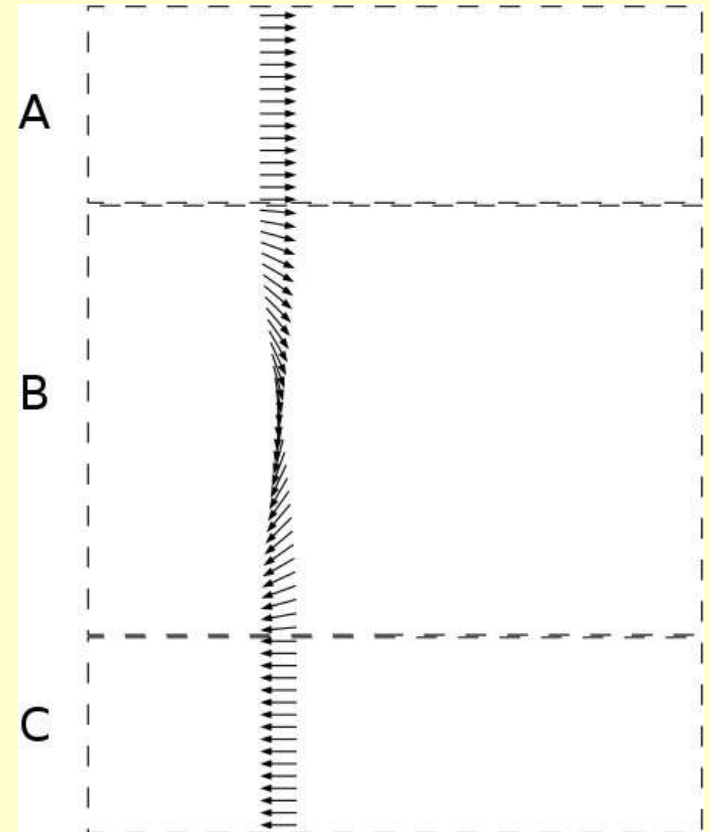
Egzotični izvori gama-zraka: topološki defekti: 1D (linijski) → kozmičke strune

- ★ linijski defekti nastali lomljenjem osne (aksijalne) simetrije, to nisu strune iz teorije superstruna
- ★ tipična kozmička struna: debljina 10^{-31} m, masa $10^7 M_{\odot}/\text{ly}$
- ★ ako postoje i ako se mogu uhvatiti mogle bi držati crvotočinu otvorenom

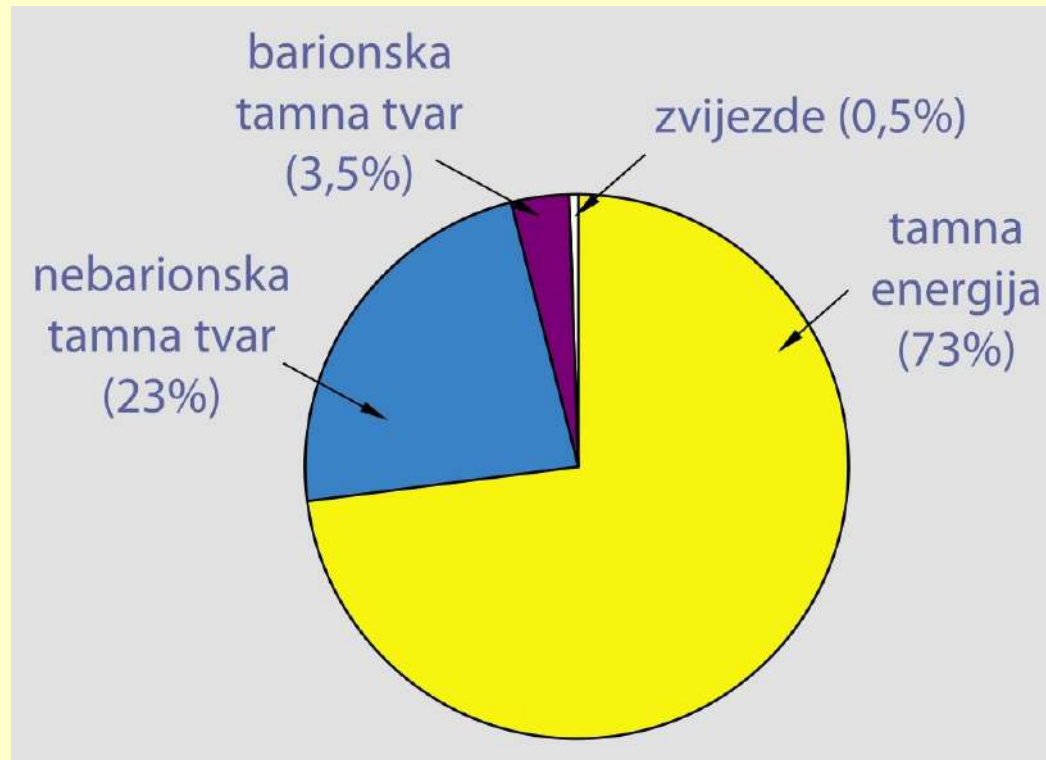


Egzotični izvori gama-zraka: topološki defekti: 2D (plošni) → domenski zidovi

- ★ plošni defekti (membrane) nastali lomljenjem diskretne simetrije
- ★ u teoriji superstruna to je dvodimenzijaska singularnost (analogija u magnetizmu: granica između magnetskih domena)
- ★ ako postoje onda bi njihovi sudari morali biti snažni izvori gravitacijskih valova



Egzotični izvori gama-zraka: tamna tvar



- ✳ postojanje dobro utvrđeno, ali priroda nepoznata
- ✳ većinom hladna tamna tvar (čestice su spore u odnosu na c)
- ✳ jedan najvažniji problema fizike danas, ključna za kozmologiju: formiranje velikih struktura u svemiru

Egzotični izvori gama-zraka: tamna tvar: WIMP

- ★ kandidat za nebarionsku tamnu tvar
- ★ **Weakly Interacting Massive Particles**
- ★ predviđena masa između 10 GeV i 10 TeV
- ★ najbolji kandidat je neutralino (najlakša supersimetrična čestica)
- ★ teorija predviđa nastanak para čestica-antičestica (npr. $\gamma\gamma$) anihilacijom neutralina



mlitavac

Egzotični izvori gama-zraka: tamna tvar: MACHO

- ★ kandidat za običnu barionsku tamnu tvar
- ★ **Massive Compact Halo Object**
- ★ druga krajnost u odnosu na WIMP
- ★ smeđi patuljci, neke neutronske zvijezde, crne rupe (posebno primordijalne)
- ★ čine tek mali postotak ukupne tamne tvari



muškarčina

Egzotični izvori gama-zraka: tamna tvar: aksioni

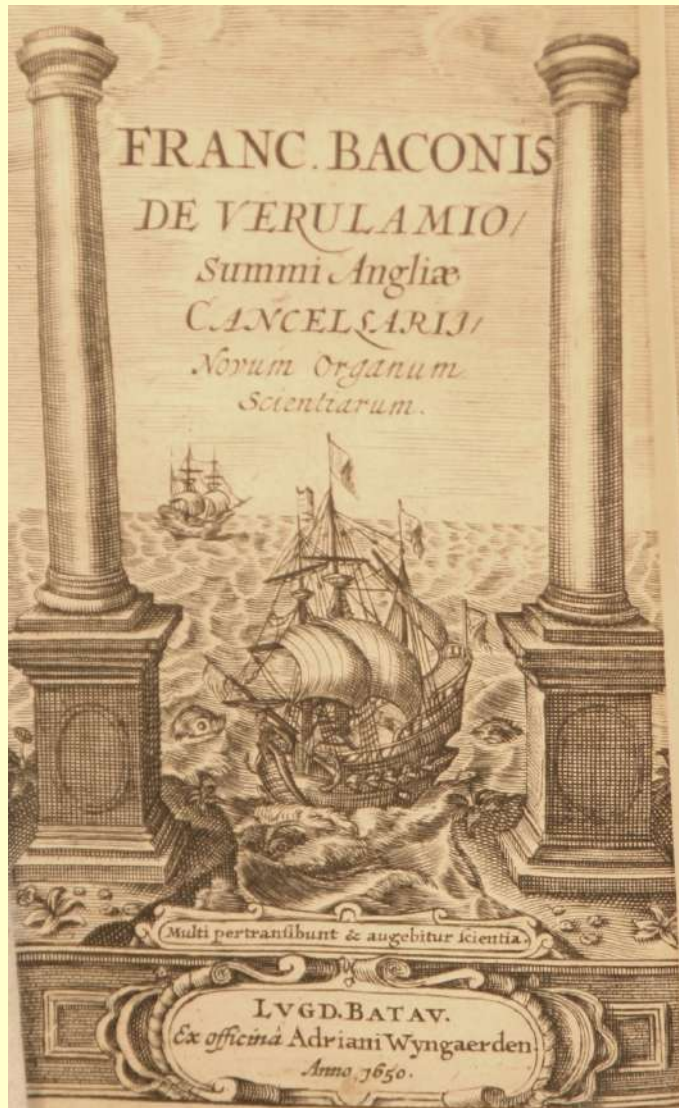
- ★ drugi kandidat za nebarionsku tamnu tvar
- ★ postulirani kao rješenje problema CP-simetrije u kvantnoj kromodinamici (QCD)
- ★ predviđa ih i teorija superstruna
- ★ traže se u procesu pretvorbe AKSION \rightarrow FOTON koji bi se trebao događati u jakom magnetskom polju

Egzotični izvori gama-zraka: primordijalne crne rupe

- ★ mikroskopske crne rupe nastale u ranoj fazi razvoja svemira, prije doba nukleosinteze
- ★ tipično: promjer 10^{-15} m (kao atomska jezgra)
masa 10^{12} kg (kao asteroid)
- ★ takve crne rupe ispare u bljesku gama-zraka (Hawkingovo zračenje)
- ★ spektar ne odgovara spektru GRB, traže ih Čerenkovljevi teleskopi



ZAKLJUČAK



- ★ većina ovih ideja vjerojatno nije realizirana u stvarnosti (tako je to na fronti znanosti)
- ★ no ako se tek i mali dio pokaže opravdanim, bit će to revolucija
- ★ Novum Organum Scientiarum, Francis Bacon, 1620
“multi pertransibunt & augebitur scientia”
“mnogi će proći i znanje će rasti”