



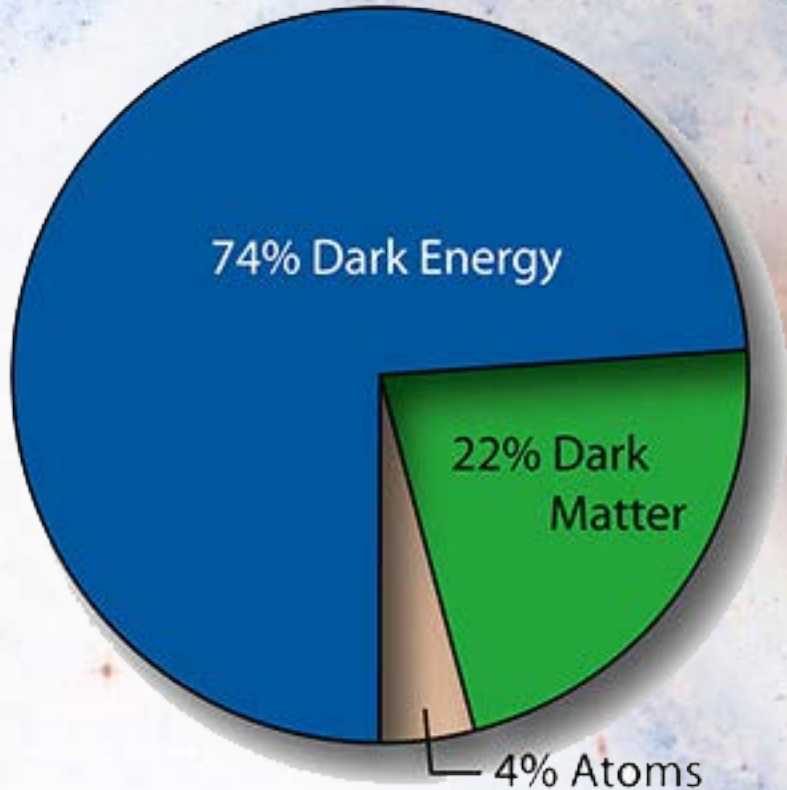
ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ხილული სამყაროს ნათება და შავი ხვრელები

ალექსანდრე თევზაძე

სამყაროს შემადგენლობა

Wilkinson MAP: ფარული ენერგია + ფარული მასა



4% ატომები =

- **3.5%** ვარსკვლავთშორისი გარემო (H, He, ნეიტრონო)

- **0.5%** მნათობები

(ვარსკვლავები, გალაქტიკები)

ხილული სამყაროს შესწავლა: აღვადგინოთ სამყაროს სურათი მისი **0.5%**-ზე დაკვირვებით ...

ხილული სამყარო



მოდრუბლულია? იხილეთ ვებ გვერდი: www.google.com/sky/

დაკვირვება სამყაროზე შეუიარაღებელი თვალით

ხილული სამყარო

სამყაროს ოპტიკური გამოსახულება (sky.google.com)

Google™
Sky

e.g.: Galaxy, M31, NGC3628, Mars

Search

English (US)

[Link to this page](#)

[Print](#)



5h 41m 43.0s

18° 56' 8.9"

Image Credit: DSS Consortium, SDSS, NASA/ESA ©2015 Google - [Terms of Use](#)

[Home »](#)

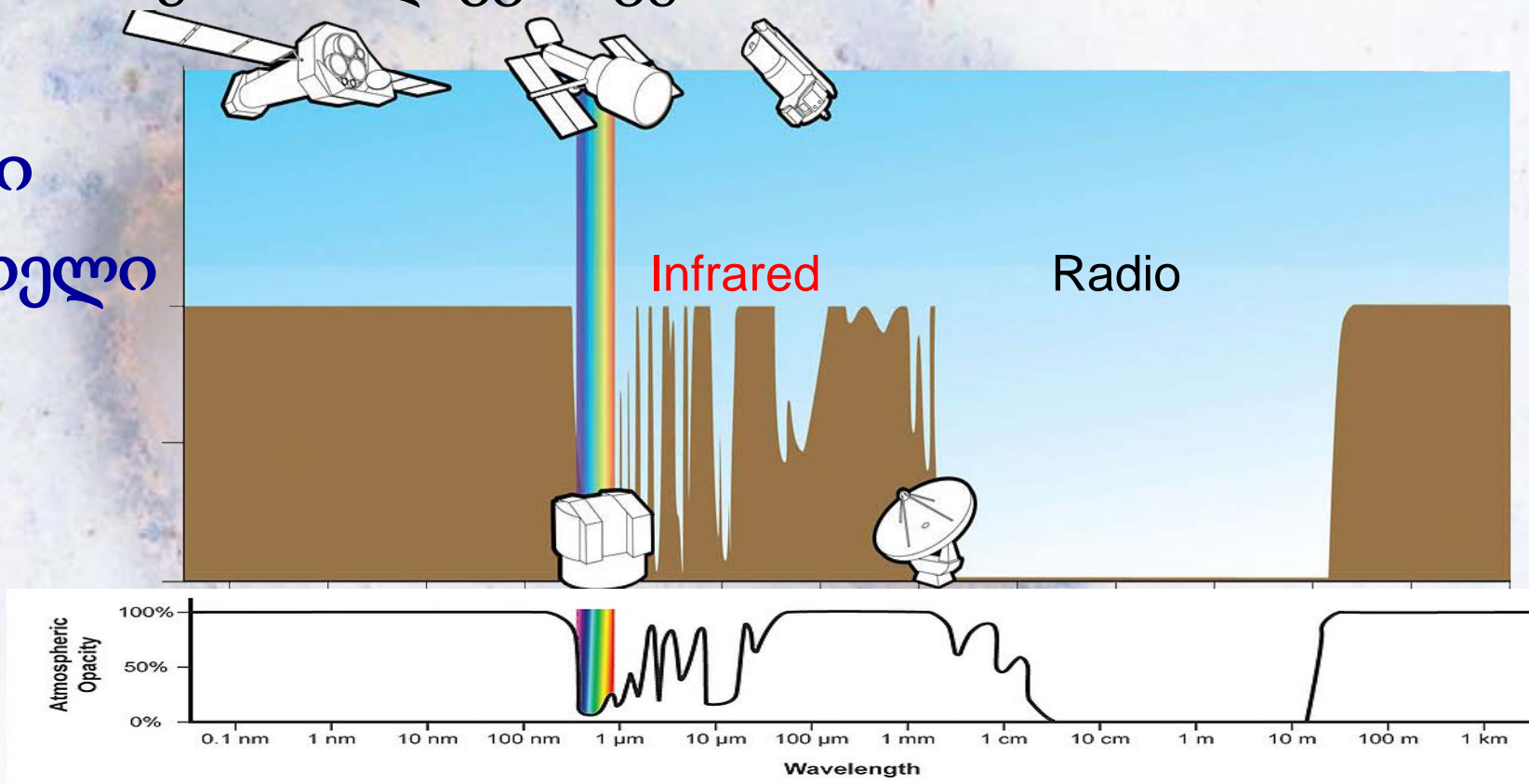
Backyard Astronomy



ატმოსფეროს გამჭვირვალობა

რამდენიმე გამჭვირვალობის ფანჯარა, რომელშიც ჩვენ შეგვიძლია სამყაროს დაკვირვება:

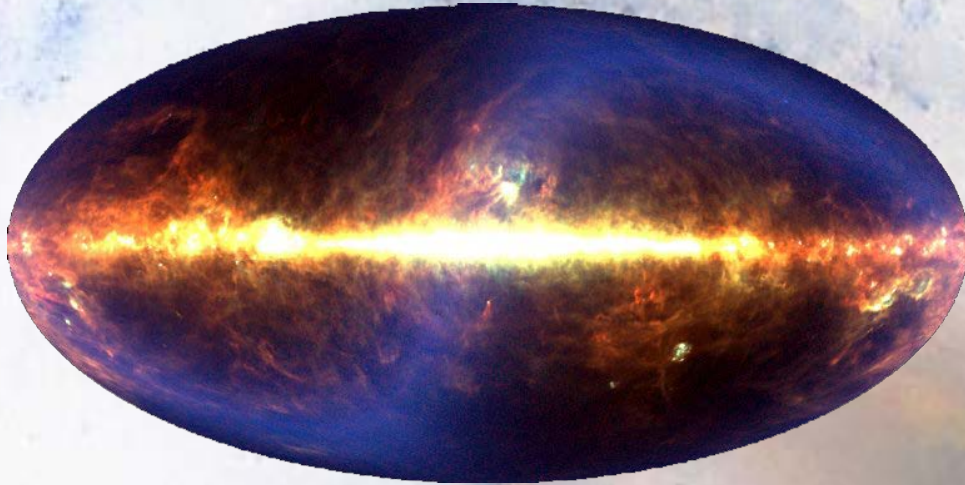
- ☞ ოპტიკური
- ☞ ინფრაწითელი
- ☞ რადიო



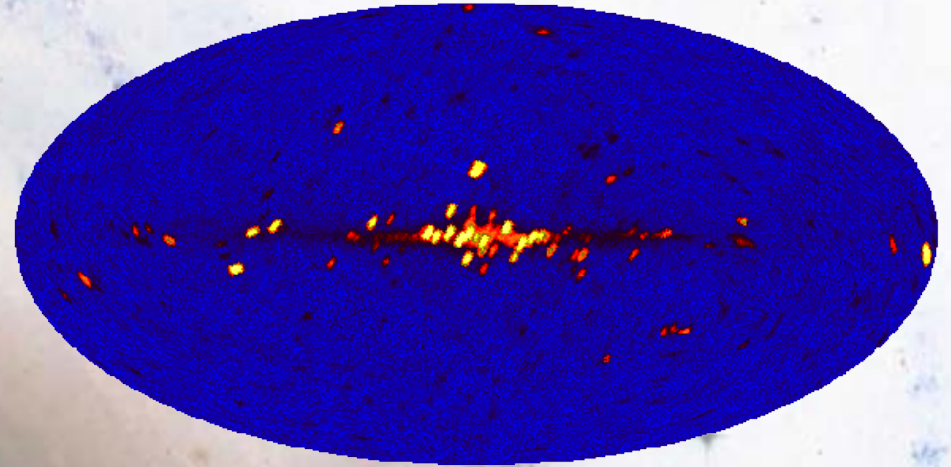
სატელიტური დაკვირვებები:

ხილული სამყაროს სრული სურათი

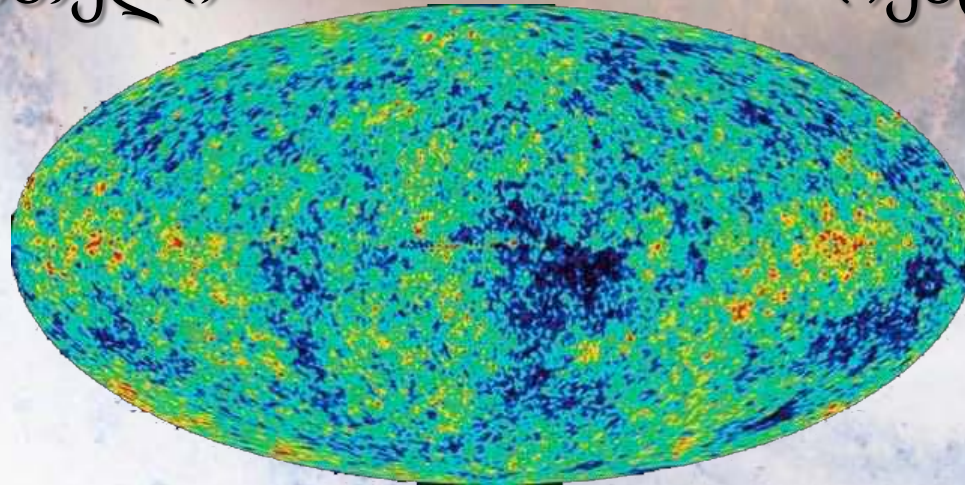
სამყარო სხვადასხვა დიაპაზონში



ინფრაწითელი



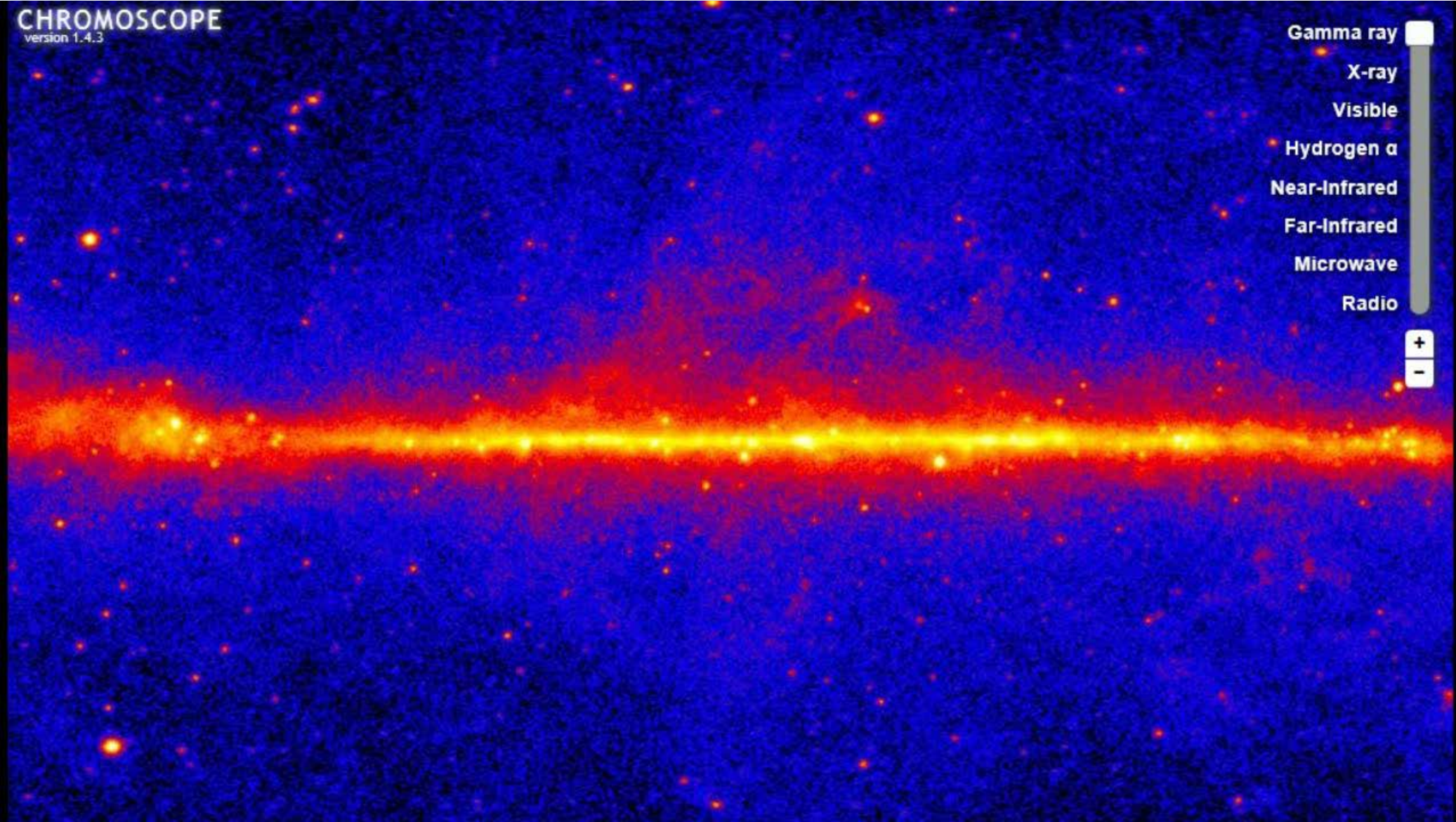
რენტგენი



მიკროტალღური

ხილული სამყარო

სამყარო სხვადასხვა დიაპაზონში (chromoscope.net)



ენერჯის წყაროები

რა ენერჯია კვებავს ხილული სამყაროს გამოსხივებას?

მასა-ენერჯის ექვივალენტობის პრინციპი



სხეულის მასა და მასში არსებული ენერჯის რაოდენობა ერთმანეთის ექვივალენტურია

ენერჯის რაოდენობა

ენერჯია ხის ჯოხში: 1კგ

$$E_0 = mc^2 = 1 (300\ 000\ 000)^2 = 9 \cdot 10^{16} \text{ ჯ}$$

c – სინათლის სიჩქარე ვაკუუმში

TNT ექვივალენტი: 1ტონა= 4×10^9 ჯ

$$E_0 (1\text{კგ}) = 22.5 \text{ მეგა ტონა TNT}$$

1კგ სხეულის ენერჯის რაოდენობა უტოლდება დედამიწაზე აფეთქებული ყველაზე ძლიერო წყალბადის ბომბის ნახევარს

($\times 1000$ ნაგასაკის აფეთქება)



როგორ გამოვათავისუფლოთ ენერჯია?

ენერჯის გამოთავისუფლება

ენერჯის გამომუშავების მეთოდები:

მეთოდი 1. ქიმიური რეაქცია

(მაგ. ხის ჯოხის დაწვა)

$$E_{\text{ქიმ}} = \lambda m = 20 \text{ MJ/kg } 1 \text{ kg} = 2 \times 10^7 \text{ J}$$

λ – წვის კუთრი სითბო

$$(E_0 = 9 \times 10^{16} \text{ J})$$

$$E_{\text{ქიმ}} / E_0 = 2.22 \times 10^{-10} \approx 0$$

ენერჯის გამოყოფა ხის და ჟანგბადის რეაქციის
შედეგად არის ძალიან ძალიან ... უმნიშვნელო

0. 000 000 02% mc^2



ბირთვული ენერჯია

მასა რეაქციამდე და რეაქციის შემდეგ განსხვავებულია:

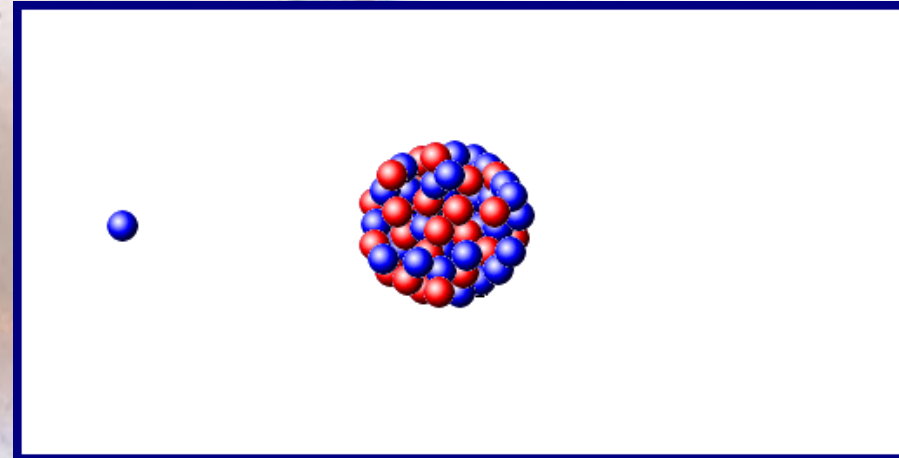
$$m_1 \neq m_2 \quad (\Delta m = m_2 - m_1)$$

გამოთავისუფლებული ენერჯია: $\Delta E = \Delta m c^2$

მეთოდი 2. ბირთვული დაშლა

$$E \sim 0.1\% \quad (0.001 mc^2)$$

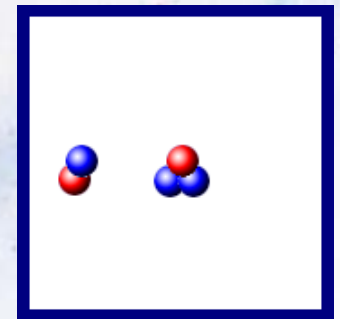
- ატომური ბომბი (U^{235})
- ატომური რეაქტორები ☺



მეთოდი 3. ბირთვული სინთეზი

$$E \sim 0.7\% \quad (0.007 mc^2)$$

- წყალბადის ბომბი (H^1, H^2, H^3)
- კონტროლირებადი სინთეზი ☹



მზე და მზის ტიპის ვარსკვლავები

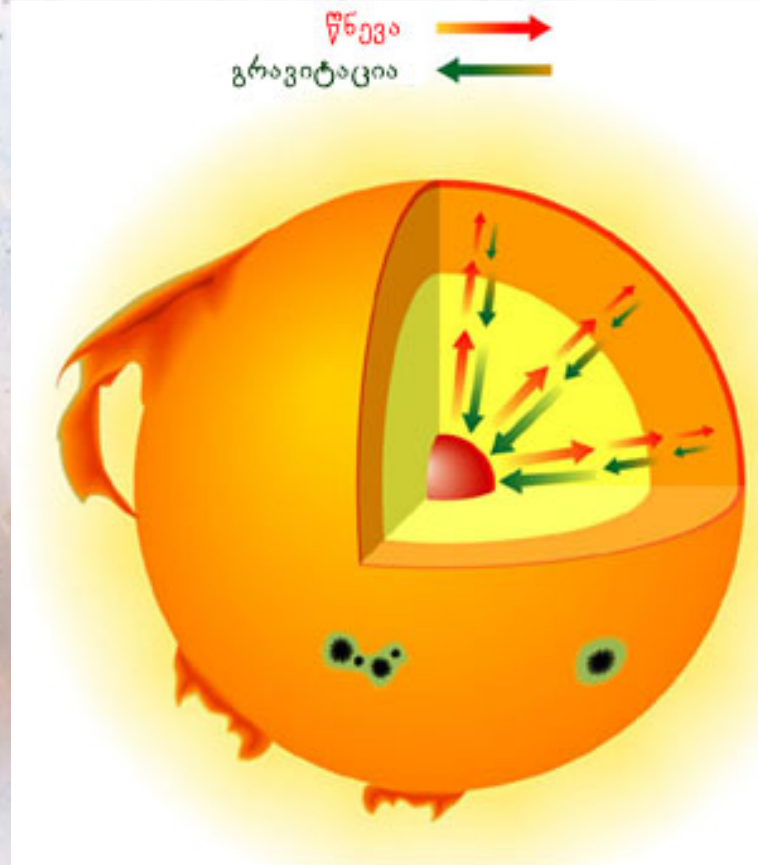
მზე სამყაროს ერთ-ერთი ტიპიური ვარსკვლავია

- გრავიტაცია კუმშავს გულს
- კუმშვა იწვევს გაცხელებას

გულის ტემპერატურა: **15×10^6 K**

წყალბადის თერმოზირთვული რეაქცია ვარსკვლავის გულში: წნევა აკომპენსირებს გრავიტაციას

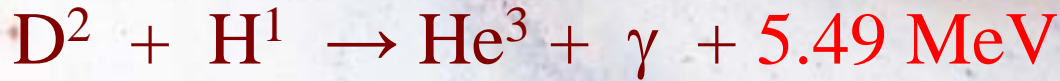
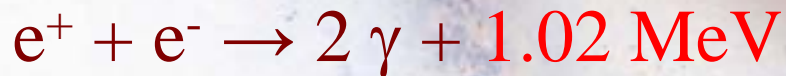
“ვარსკვლავური ბირთვული სინთეზის თეორია”



PP ჯაჭვი

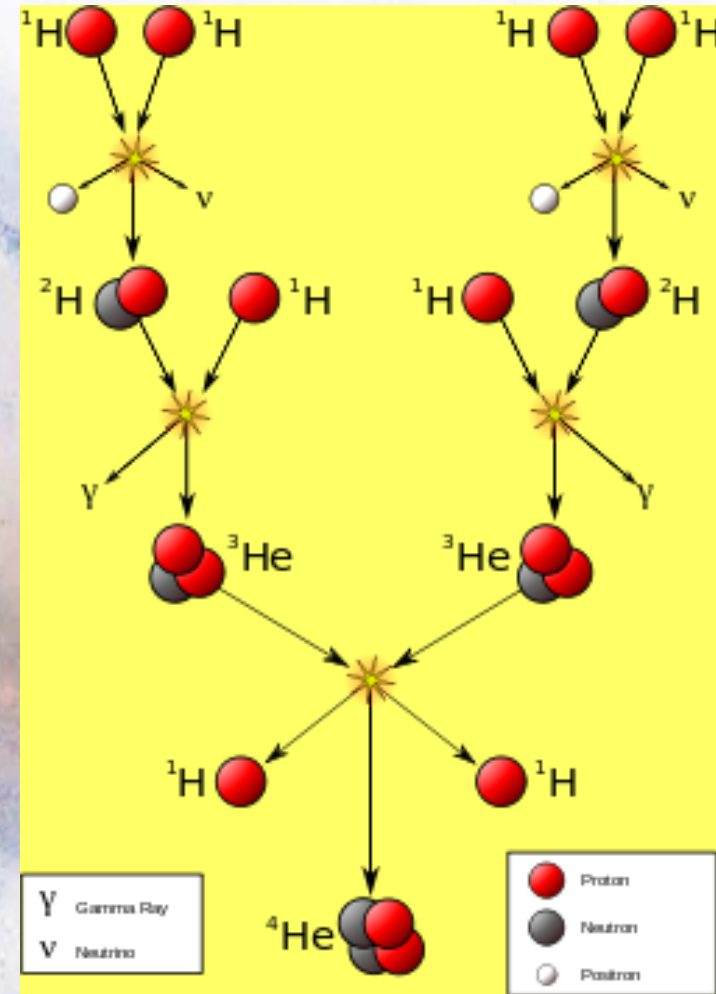
პროტონ-პროტონული
ჯაჭვური რეაქცია

$$T = 5 - 15 \times 10^6 \text{ K}$$



$$\Delta E = 0.007 mc^2$$

ენერჯიის წარმოება: ~ 0.7%

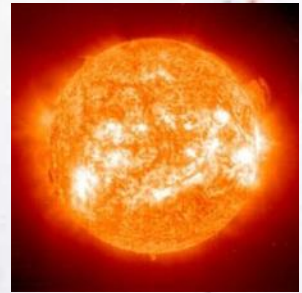


მნათობები ღამის ცაზე

მთვარე, პლანეტები: *ირეკლავენ მზის სხივებს*

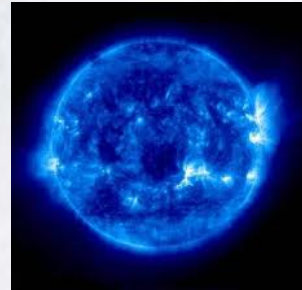


მზე და მსგავსი ვარსკვლავები: **pp** ჯაჭვი



მასიური ვარსკვლავები: **CNO** ჯაჭვი

($> 1.5M_{\text{მზე}}$)



ენერჯის წარმოების ფუნქცია: $L(M)$

ობიექტის მასა განსაზღვრავს

თერმობირთვული რეაქციის

მიმდინარეობის სიჩქარეს,

ანუ ობიექტის ნათებას

$$\frac{L}{L_{\odot}} \simeq \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right)^{3.5}$$

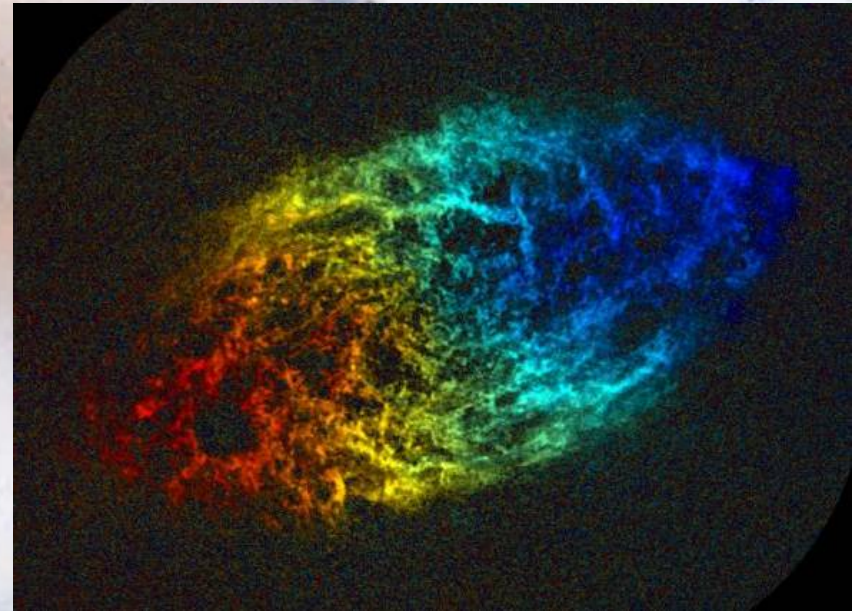
გალაქტიკები

საერთო ცენტრის გარშემო მბრუნავი ასობით მილიარდი ვარსკვლავის გროვა: **უზარმაზარი ჯამური ნათება**



გალაქტიკის მასა

წითელი/ლურჯი წანაცვლება (დოპლერის ეფექტი);
რაც უფრო მასიურია გალაქტიკა მით უფრო სწრაფად
ბრუნავს იგი ცენტრის გარშემო



აქტიური გალაქტიკების ბირთვები

ზოგიერთი გალაქტიკის ბირთვი
ანომალურად კაშკაშაა

გალაქტიკის ბირთვის ჯამური მასა
ვერ უზრუნველყოფს საჭირო
ენერგიის გამომუშავებას

არა ვარსკვლავური ნათება

გამოსხივებული ენერგია ვერ აიხსნება მილიარდობით
ვარსკვლავის ჯამური გამოსხივებით

თერმობირთვული ენერგია ვერ ხსნის ობიექტის ნათებას



გრავიტაციული ენერგია

$$E_g = m g h$$

ჩანჩქერის ენერგია:

გრავიტაციული ენერგია



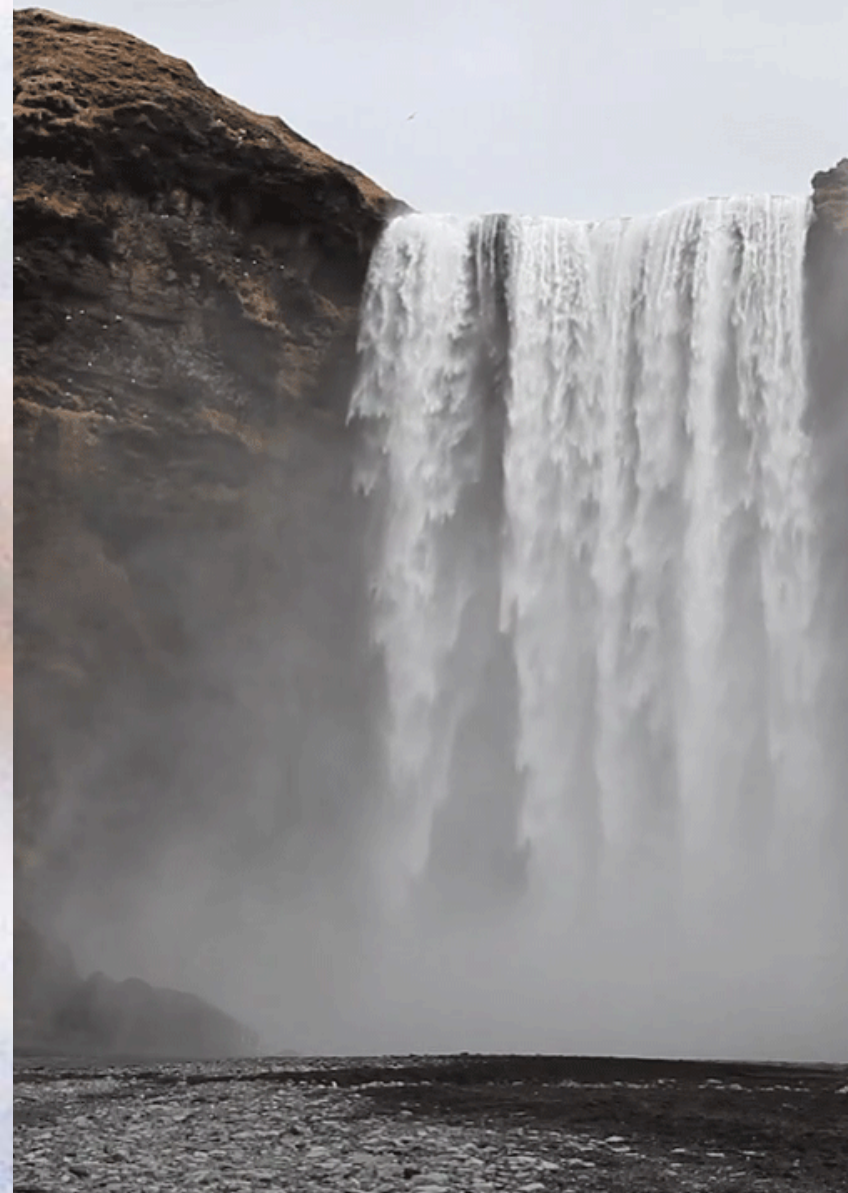
კინეტიკური ენერგია



სითბური ენერგია

ჩანჩქერის სიმაღლე: **100m**

ტემპერატურის მატება: **+0.24°C**



აკრეცია

გრავიტაციული ენერგია სამყაროში

გრავიტაციის ძალა:

$$\mathbf{F}_g = \mathbf{GMm}/r^2$$

გრავიტაციული პოტენციალი:

$$U = \mathbf{GMm}/r$$

გამოთავისუფლებული ენერგია: $\Delta E = \Delta U$

როგორ გავზარდოთ \mathbf{m} მასიდან მიღებული ენერგია?

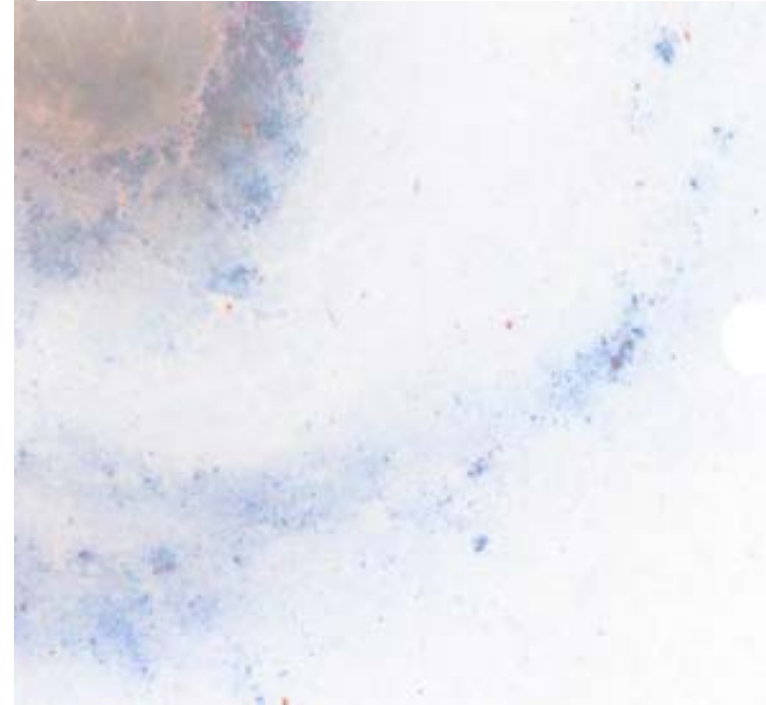
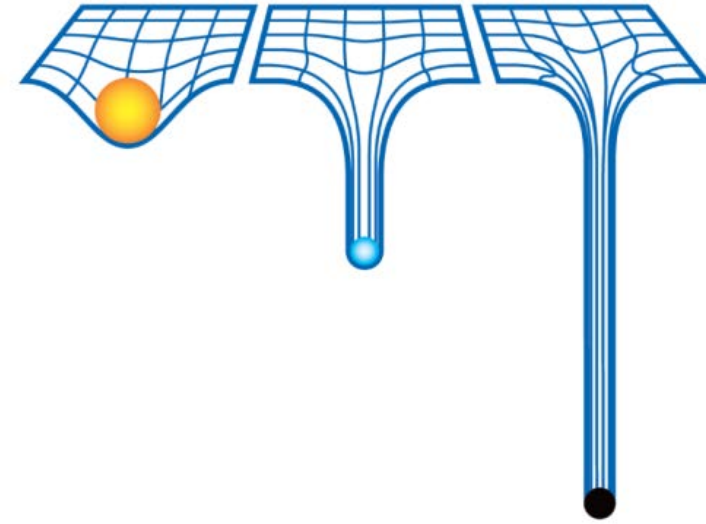
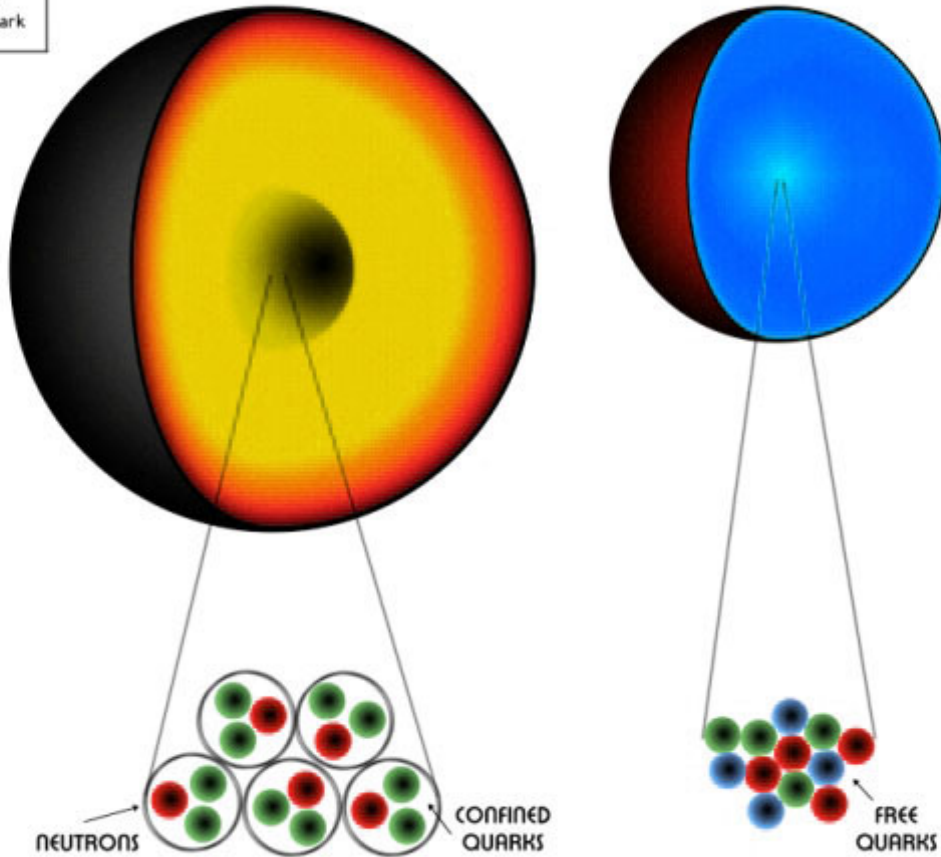
1. გავზარდოთ \mathbf{M}
2. შევამციროთ \mathbf{r}

აკრეცია გრავიტაციულად კომპაქტურ ობიექტზე

კომპაქტური ობიექტები

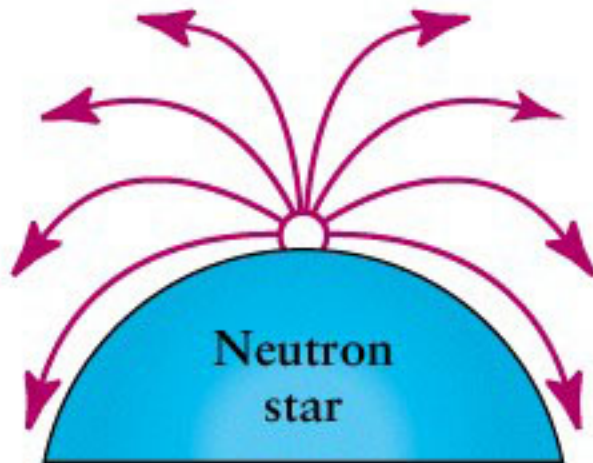
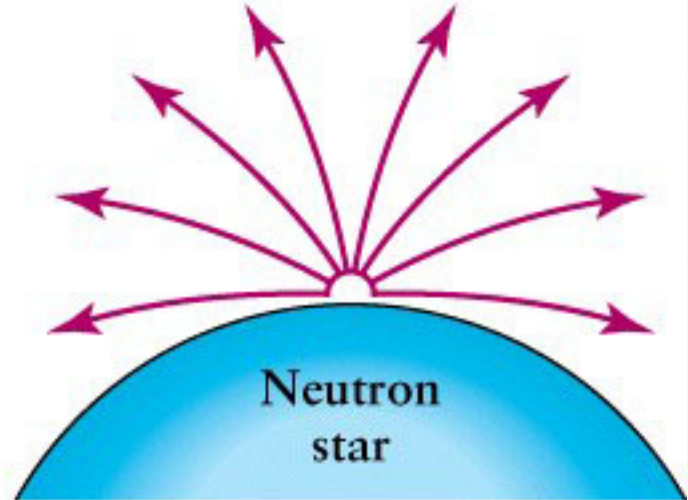
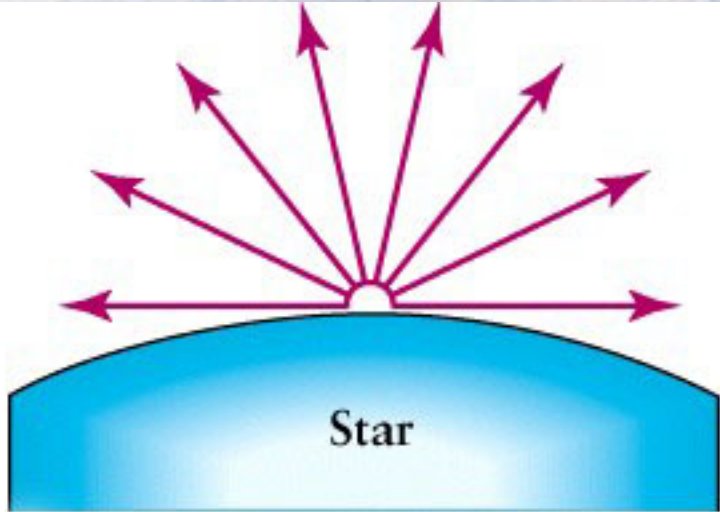
- თეთრი ჯუჯა ვარსკვლავები;
- ნეიტრონული ვარსკვლავები;
- შავი ხვრელი;

● Up Quark
● Down Quark
● Strange Quark



კომპაქტური ობიექტები

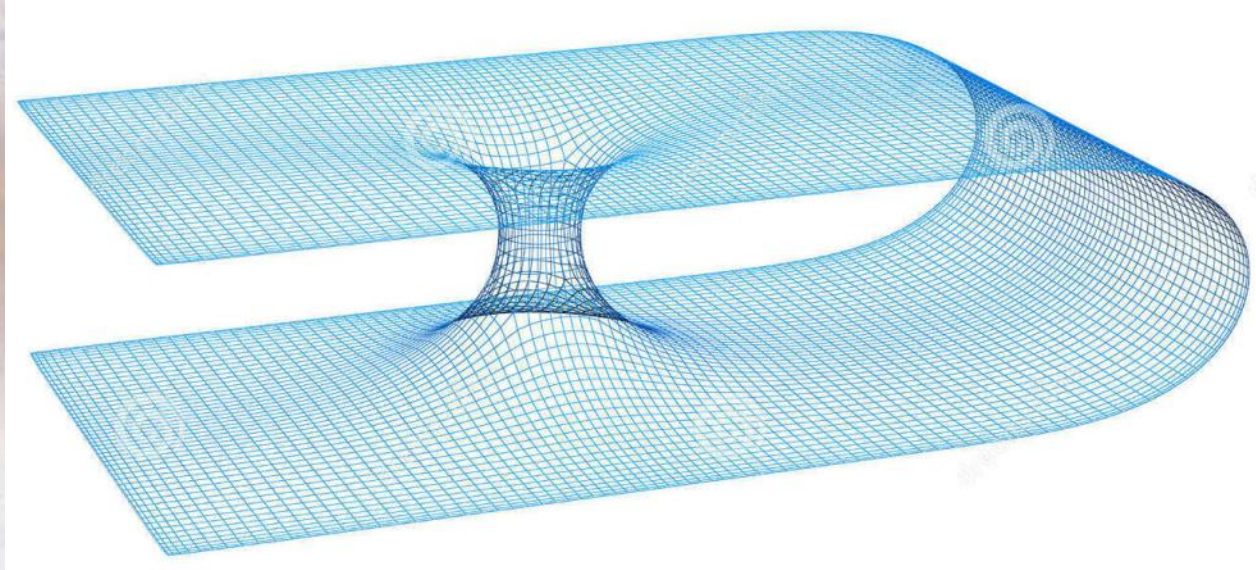
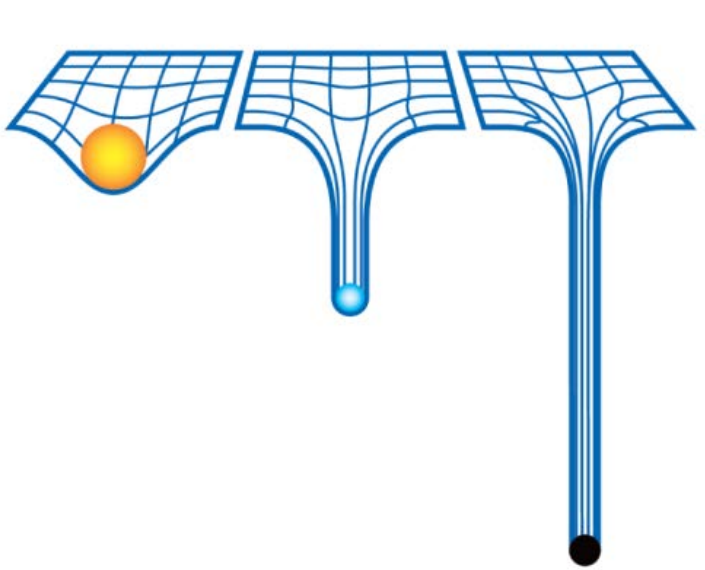
სინათლის ქვანტის (ფოტონის) მოძრაობა კომპაქტური ობიექტის მიზიდულობის ველში



ტოპოლოგიური დეფექტები

აინშტაინის თეორია:

გრავიტაცია აღიწერება დრო-სივრცის გამრუდებით;



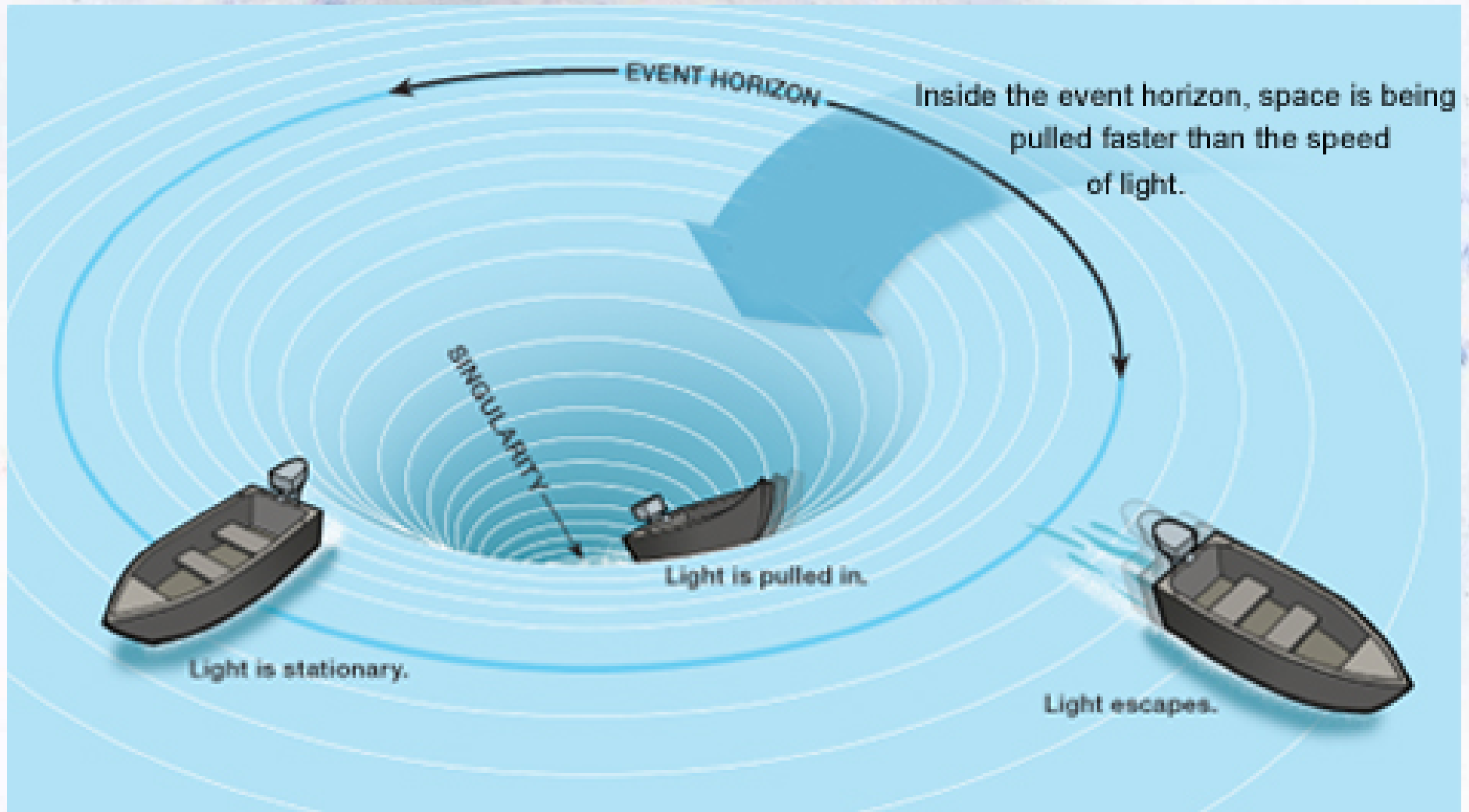
სივრცის გამრუდებისას შეიძება შევხვდეთ
ტოპოლოგიურ დეფექტებს

(აღმოჩენილი არ არის)

შავი ხვრელი თუ შავი ორმო?

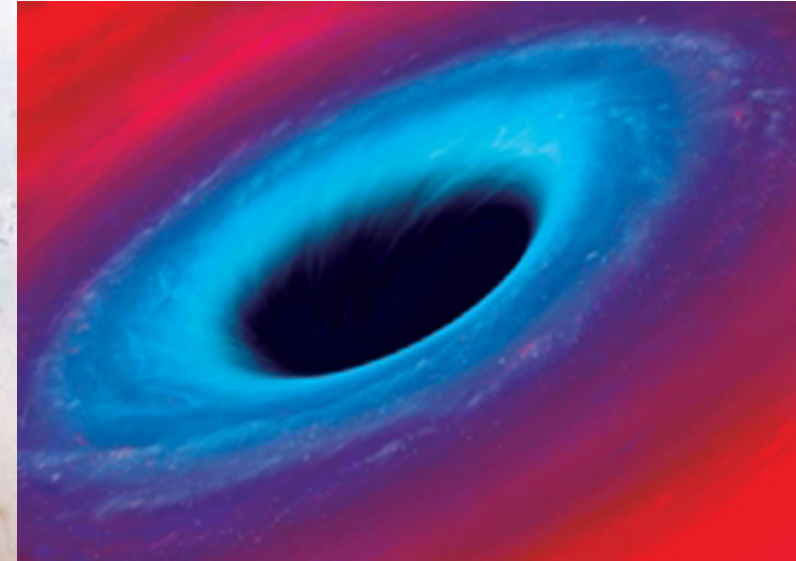
შავი ხვრელი

მოვლენათა ჰორიზონტი: აკრეცია შავ ხვრელზე



აკრეცია კომპაქტურ ობიექტზე

მატერიის გიგანტური მორევი
რომელიც ბრუნავს და ჩაედინება
შავ ხვრელში



ტემპერატურა მატულობს
მოვლენათა კორიზონტთან ახლოს

სითბური გამოსხივება შავი ხვრელის მიერ შთანთქმამდე

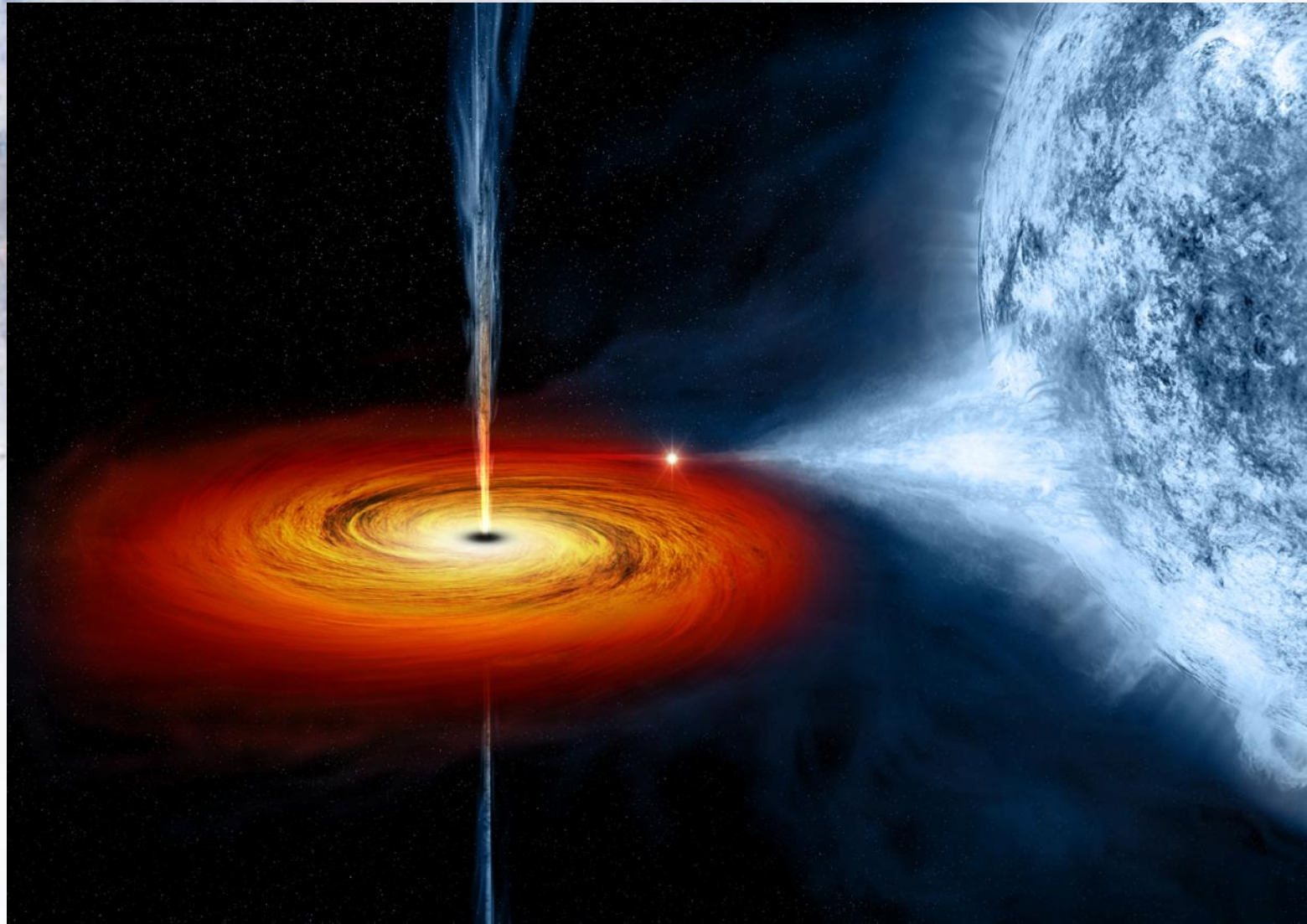
ენერგიის გამოთავისუფლება: ~ 10 – 20 %

აკრეცია მასის გრავიტაციული ენერგიის
გამოთავისუფლების ეფექტური მექანიზმია

აკრეცია ორჯერად სისტემაში

ერთმანეთის ირგვლივ მბრუნავი შავი ხვრელი და ძირითადი მიმდევრობის ვარსკვლავი:

მასის
აკრეცია
ვარსკ.-დან
შავ ხვრელზე



აქტიური გალაქტიკური ბირთვების გამოსხივება

კაშკაშა გალაქტიკების ბირთვები: $P \sim 10^{37}$ ვატი

მექანიზმი: აკრეცია ზემასიურ შავ ხვრელზე

$$M_{\text{შხ}} \sim 10^9 M_{\text{შხე}}$$

მასის აკრეციის ტემპი (\dot{m}): $1 M_{\text{შხე}}$ წელიწადში

აკრეცია ზემასიურ შავ ხვრელებზე: სამყაროს ყველაზე
კაშკაშა ობიექტები

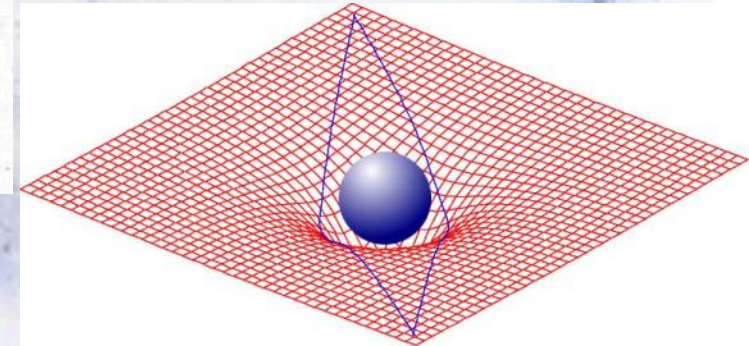
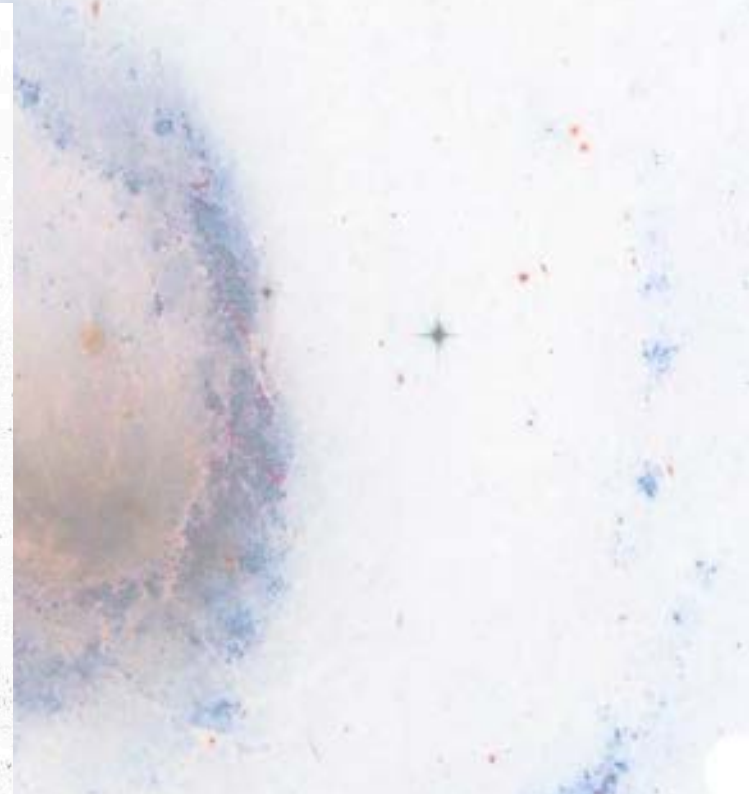
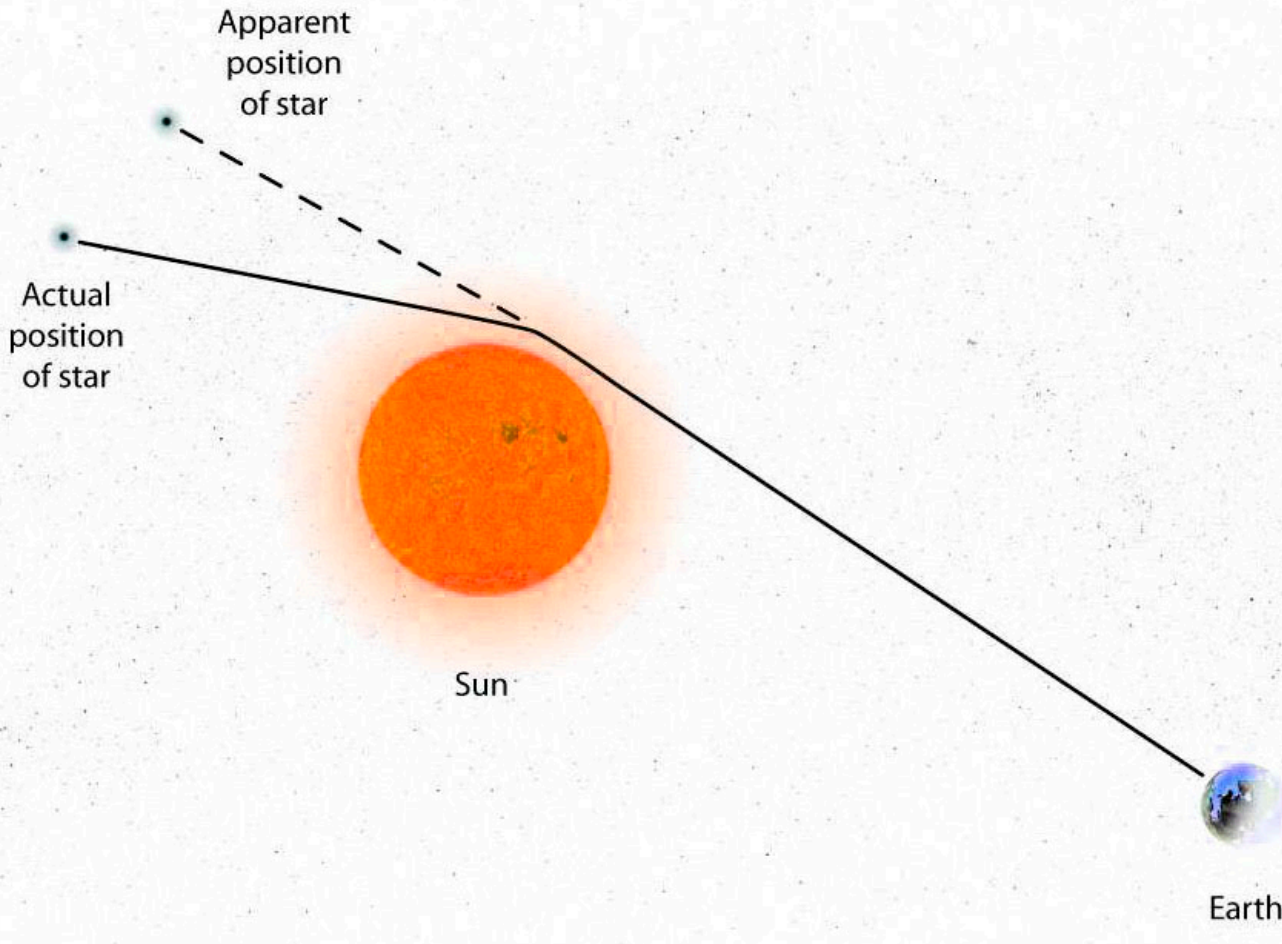
აკრეცია ზემასიურ შავ ხვრელზე

გამოსხივების ყველაზე ძლიერი ენერჯის წყარო



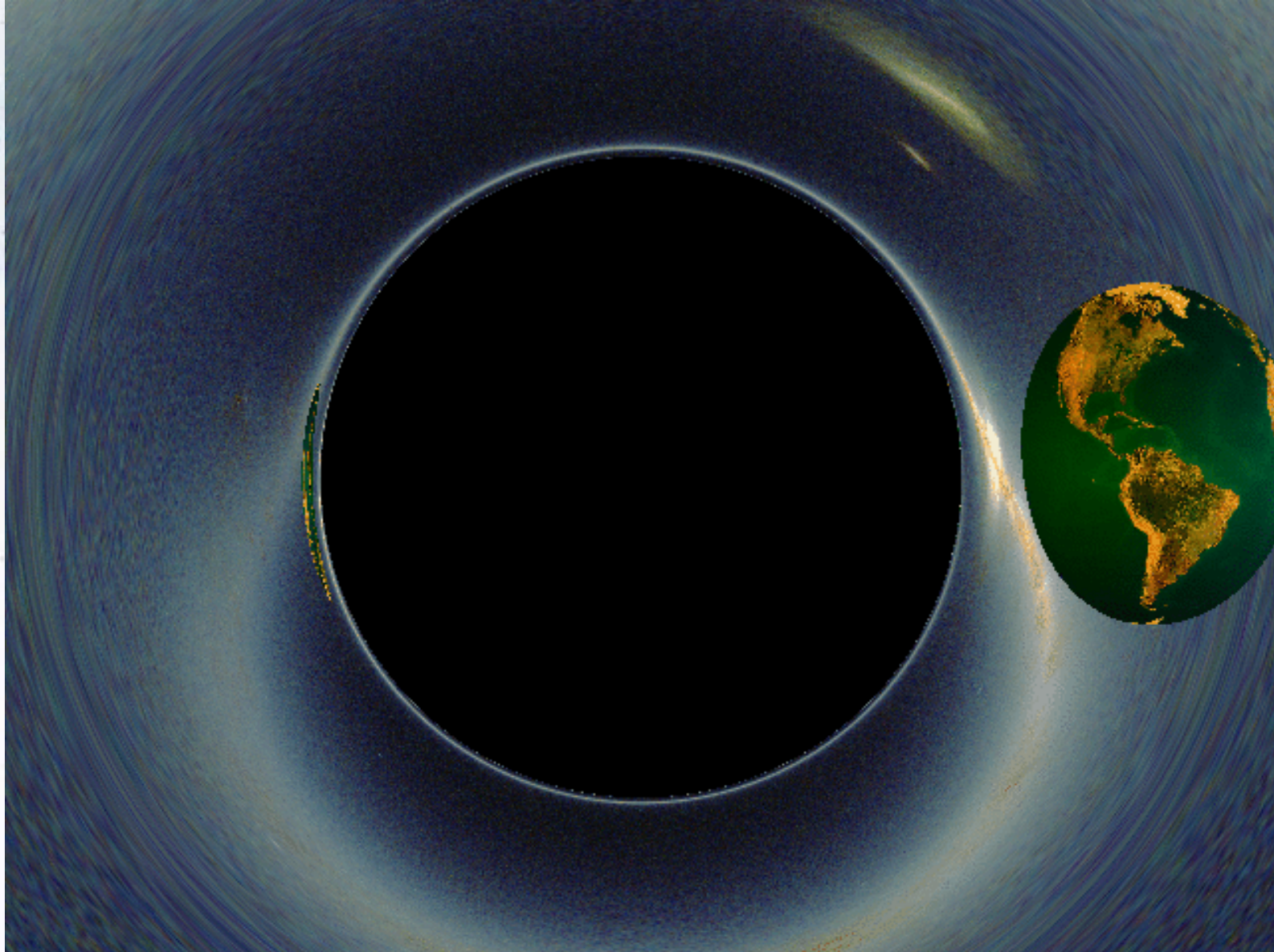
გრავიტაციული ლინზირება

სინათლის ფოტონებს გააჩნიათ ენერგია, ე.ი. გააჩნიათ ეფექტური მასა, რომლითაც მას მიიზიდავენ მასიური ობიექტები;



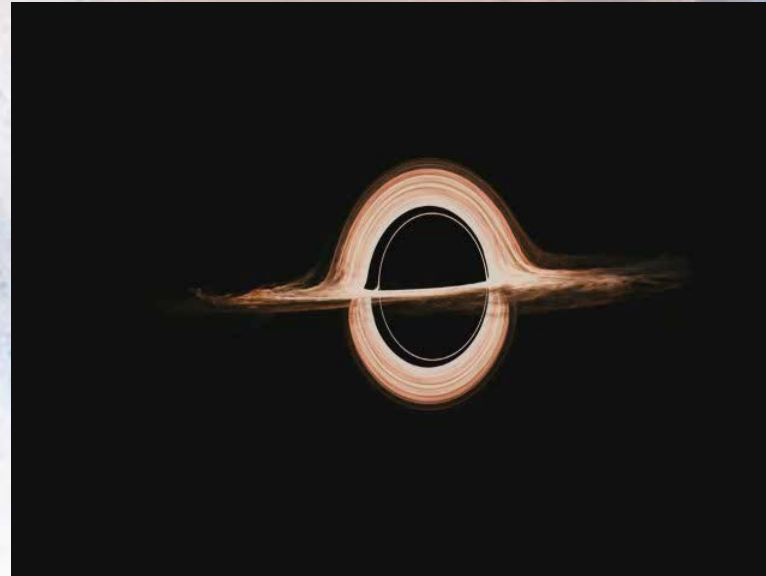
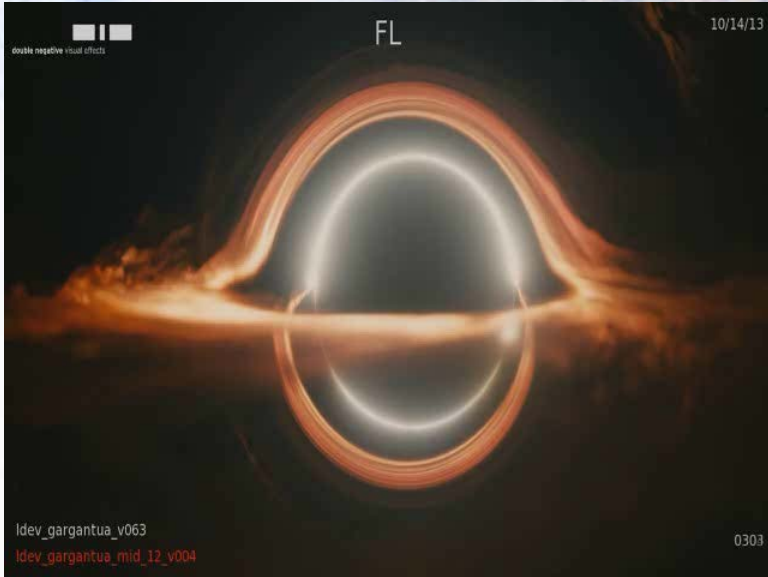
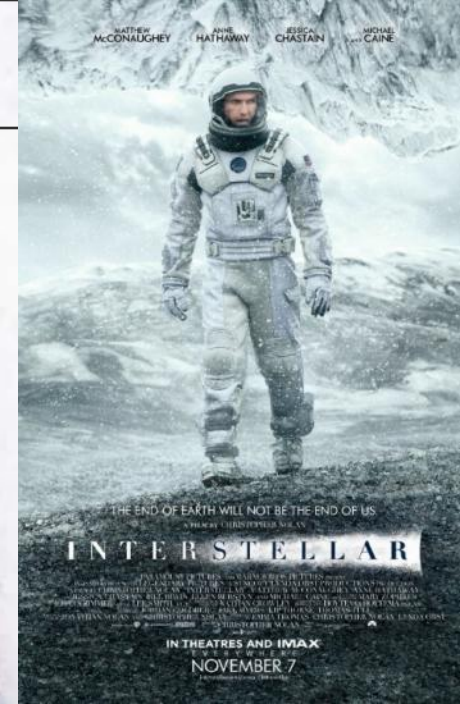
პლანეტა კომპაქტური ობიექტის ორბიტაზე

გრავიტაციული ლინზირება + წითელი წანაცვლება



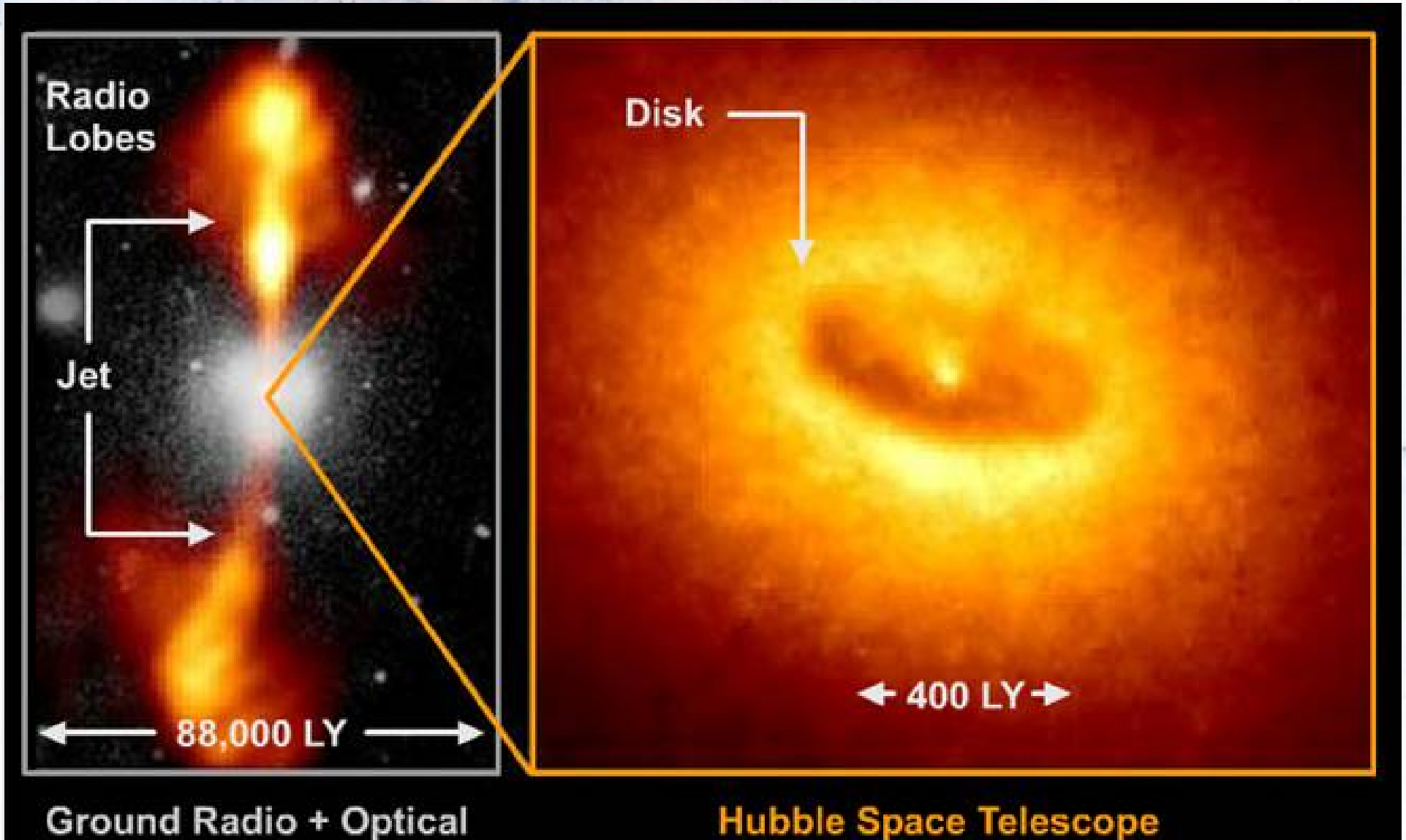
შავი ხვრელი კინოში

Interstellar (2014)



დაკვირვებები

ჰაბლის კოსმოსური ტელესკოპი (გალაქიკა NGC 4261)



შეკითხვები?

