



ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ენერჯის წყაროები ხილულ სამყაროში ალექსანდრე თევზაძე



მეცნიერების და ინოვაციების საერთაშორისო კვირეული, 14.11.2015



ხილული სამყარო



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

დაკვირვება სამყაროზე შეუიარაღებელი თვალით

ხილული სამყარო

სამყაროს ოპტიკური გამოსახულება (sky.google.com)

Google™
Sky

Search

English (US)

e.g.: [Galaxy](#), [M31](#), [NGC3628](#), [Mars](#)

[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 »](#)

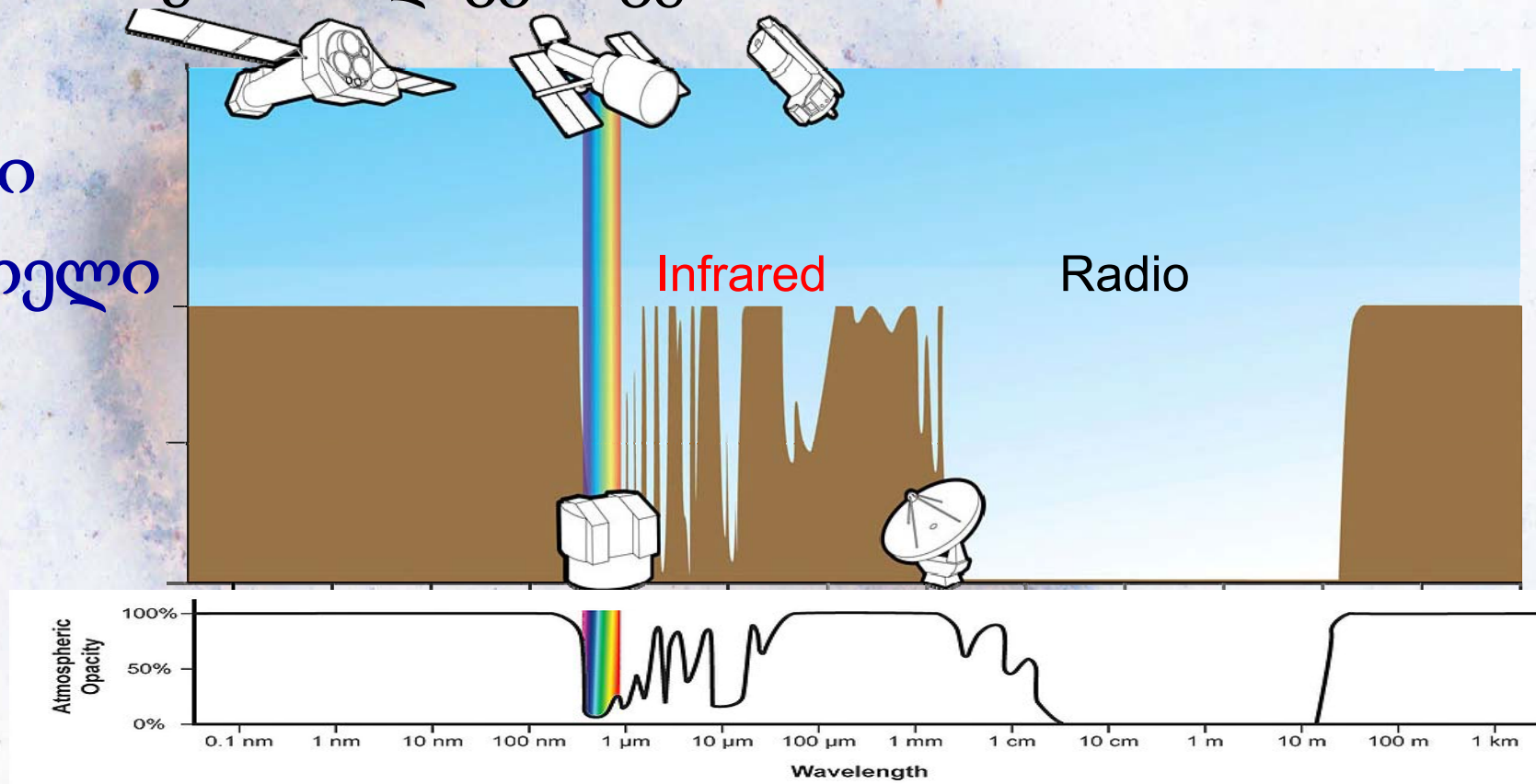
Backyard Astronomy



ატმოსფეროს გამჭვირვალობა

რამდენიმე გამჭვირვალობის ფანჯარა, რომელშიც ჩვენ შეგვიძლია სამყაროს დაკვირვება:

- ☞ ოპტიკური
- ☞ ინფრაწითელი
- ☞ რადიო



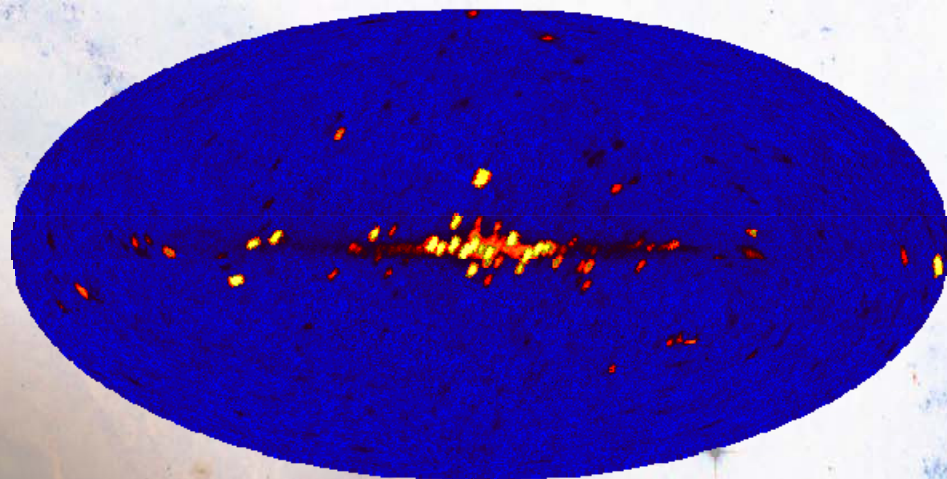
სატელიტური დაკვირვებები:

ხილული სამყაროს სრული სურათი

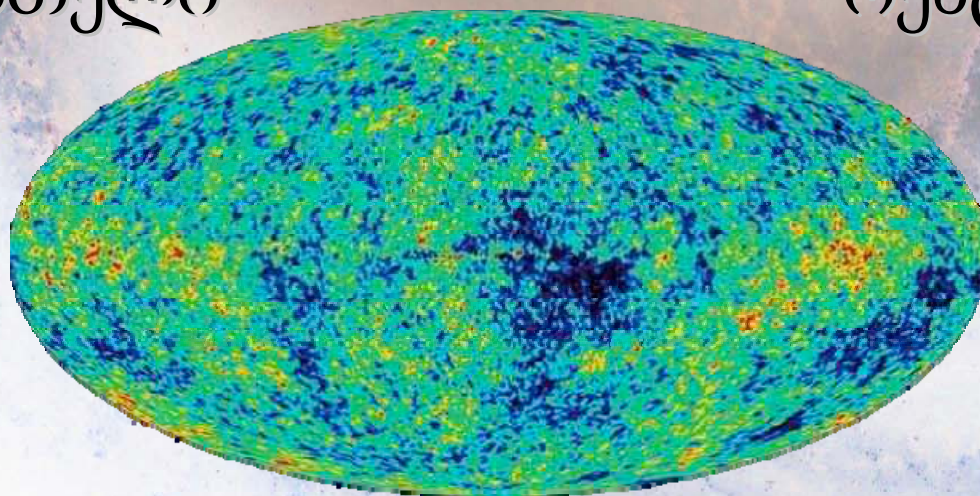
სამყარო სხვადასხვა დიაპაზონში



ინფრაწითელი



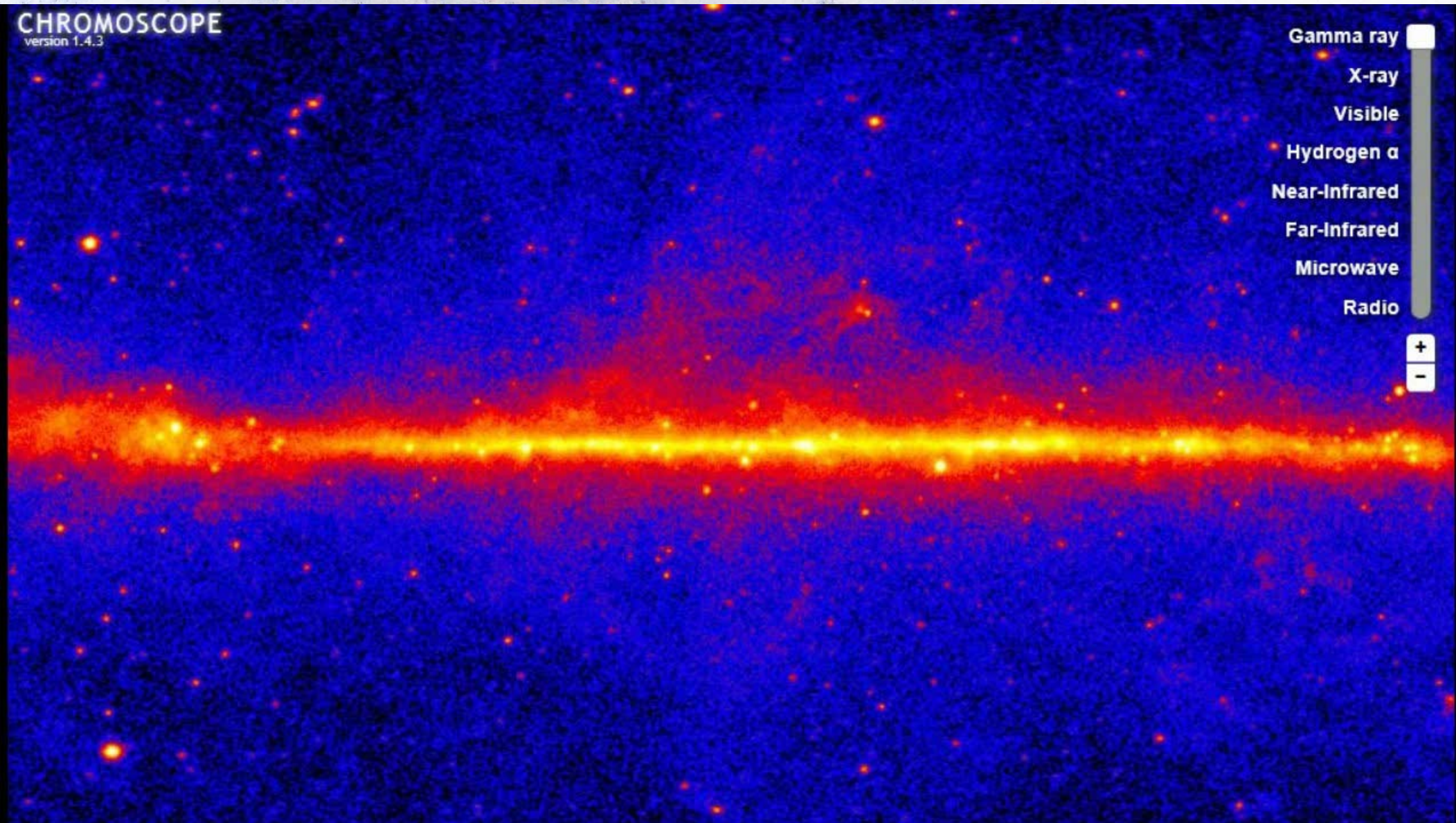
რენტგენი



მიკროტალღური

ხილული სამყარო

სამყარო სხვადასხვა დიაპაზონში (chromoscope.net)

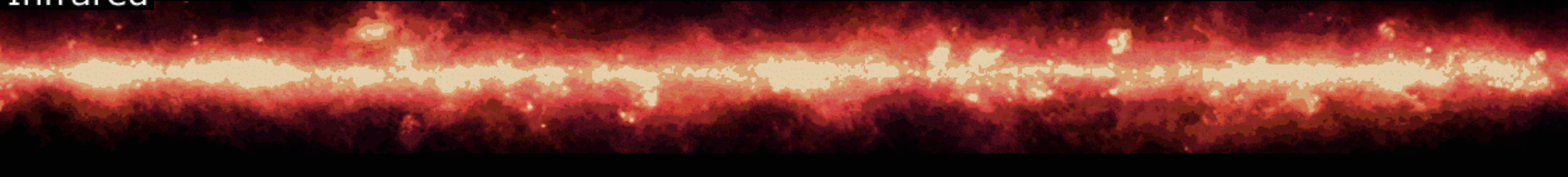


ირმის ნახტომი

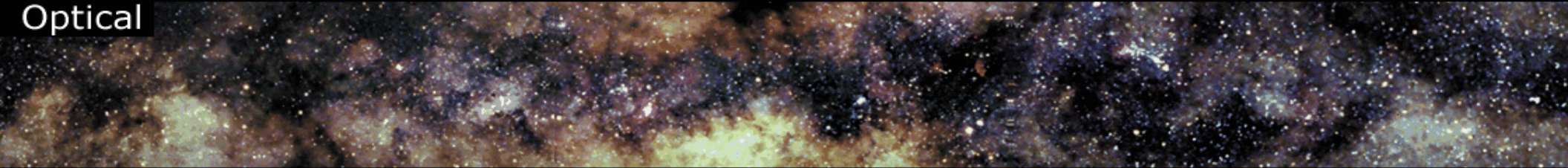
ჩვენი გალაქტიკის ფოტოები
სხვადასხვა დიაპაზონში:
ინფრაწითელი, ოპტიკური, გამა



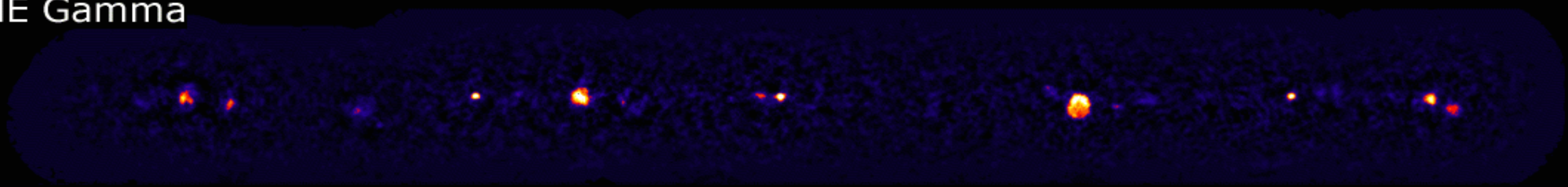
Infrared



Optical



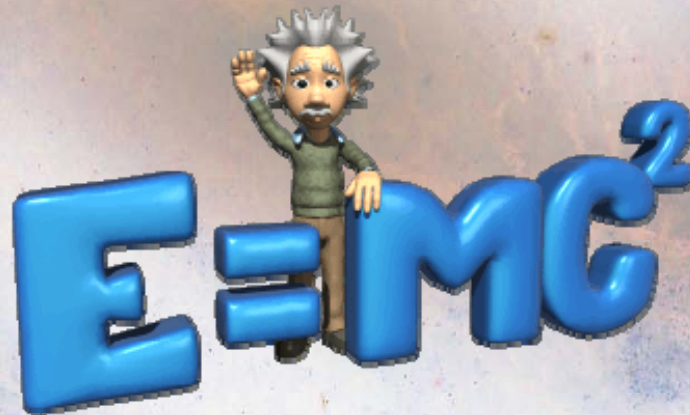
VHE Gamma



ენერჯის წყაროები

რა ენერჯია კვებავს ხილული სამყაროს გამოსხივებას?

მასა-ენერჯის ექვივალენტობის პრინციპი



სხეულის მასა და მასში არსებული ენერჯის რაოდენობა ერთმანეთის ექვივალენტურია

ენერჯიის რაოდენობა

ენერჯია ხის ჯოხში: 1კგ

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

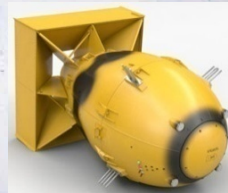
c – სინათლის სიჩქარე ვაკუუმში

TNT ექვივალენტი: 1ტონა=4x10⁹ ჯ

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

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

(x1000 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

$$0.000000002\% mc^2$$



ბირთვული ენერგია

მასა რეაქციამდე და რეაქციის შემდეგ განსხვავებულია:

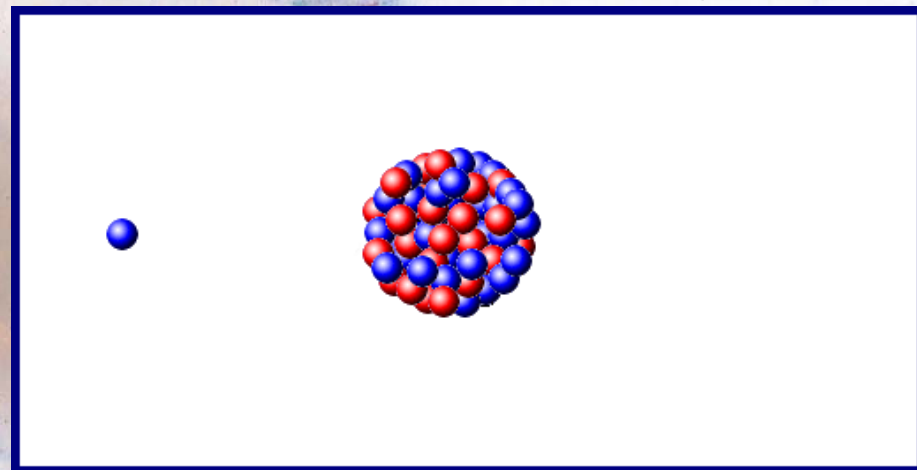
$$m_1 \neq m_2 \quad (\Delta m = m_2 - m_1)$$

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

მეთოდი 2. ბირთვული დაშლა

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

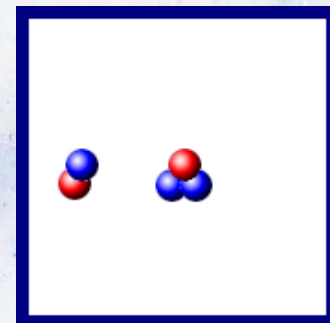
- ატომური ბომბი (U^{235})
- ატომური რეაქტორები ☺



მეთოდი 3. ბირთვული სინთეზი

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

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



ბირთვული სინთეზი

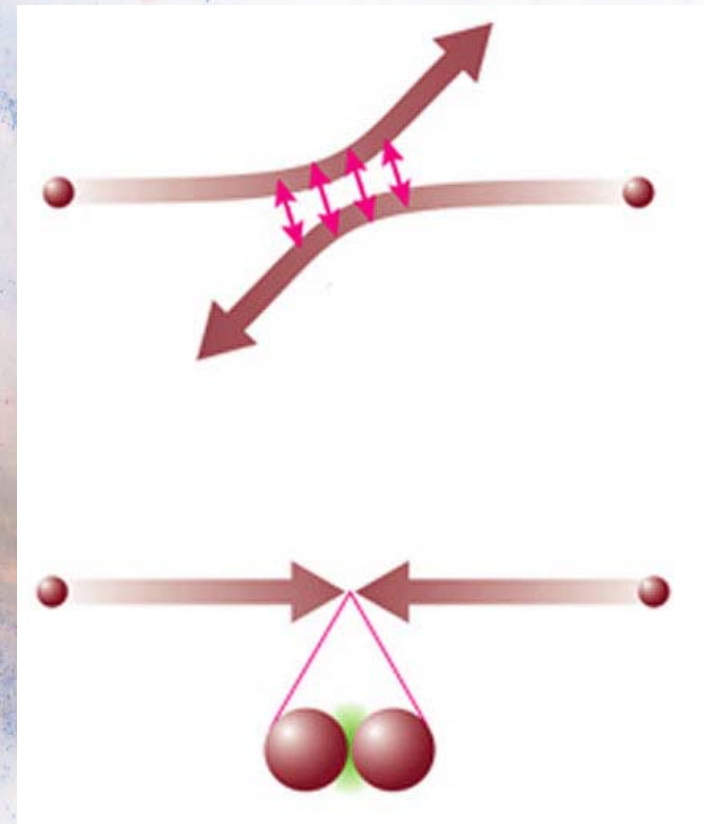
პროტონები დადებითად დამუხტული ნაწილაკებია რომლებიც ერთმანეთს განიზიდავენ

მაღალ სიჩქარეებზე პროტონები ისე უახლოვდებიან ერთმანეთს რომ შესაძლებელია მათი შერწყმა

ბირთვული სინთეზის რეაქცია:



ნაწილაკების მაღალი სიჩქარე = მაღალი ტემპერატურა



მზე და მზის ტიპის ვარსკვლავები

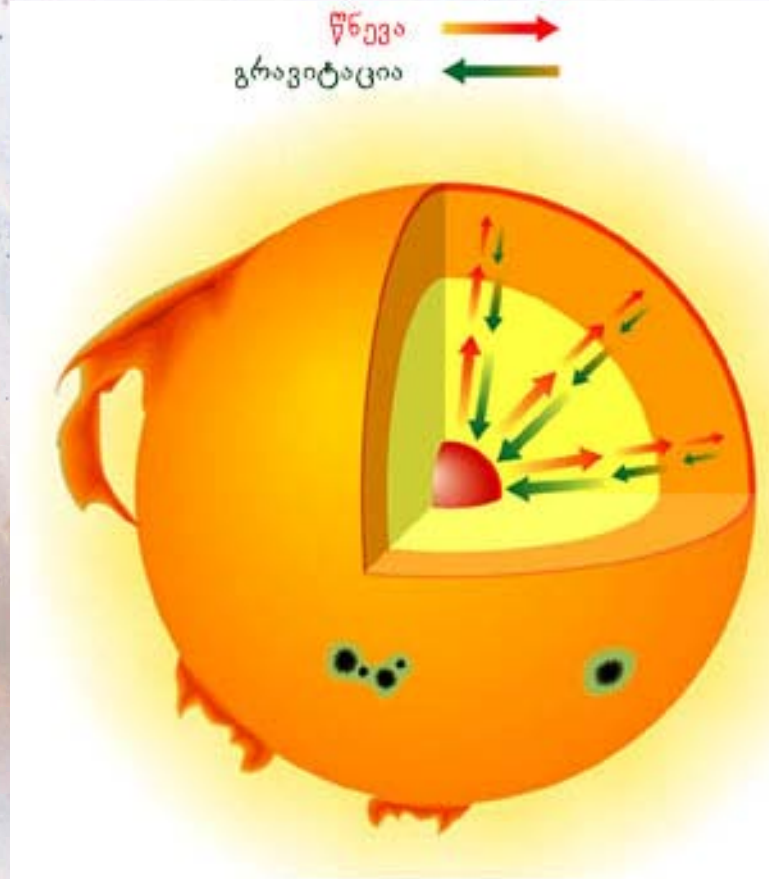
მზე სამყაროს ერთ-ერთი ტიპიური ვარსკვლავია

- გრავიტაცია კუმშავს გულს
- კუმშვა იწვევს გაცხელებას

გულის ტემპერატურა: **15×10^6 K**

წყალბადის თერმოზირთვული რეაქცია ვარსკვლავის გულში: წნევა აკომპენსირებს გრავიტაციას

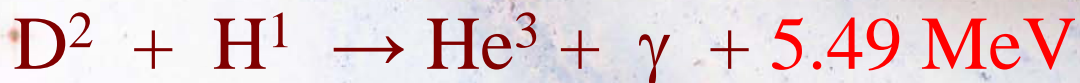
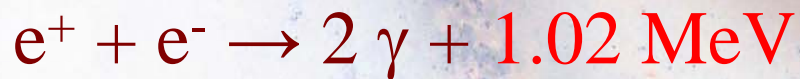
“ვარსკვლავური ნუკლეოსინთეზის თეორია”



PP ჯაჭვი

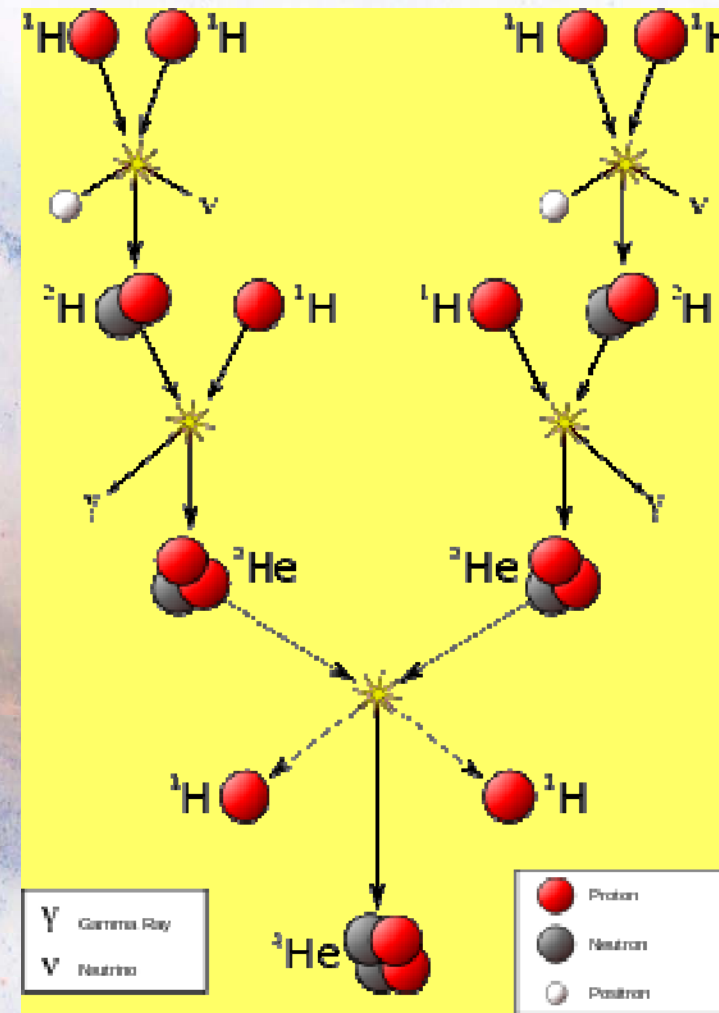
პროტონ-პროტონული
ჯაჭვური რეაქცია

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



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

ენერჯის წარმოება: ~ 0.7%



CNO ჯაჭვი

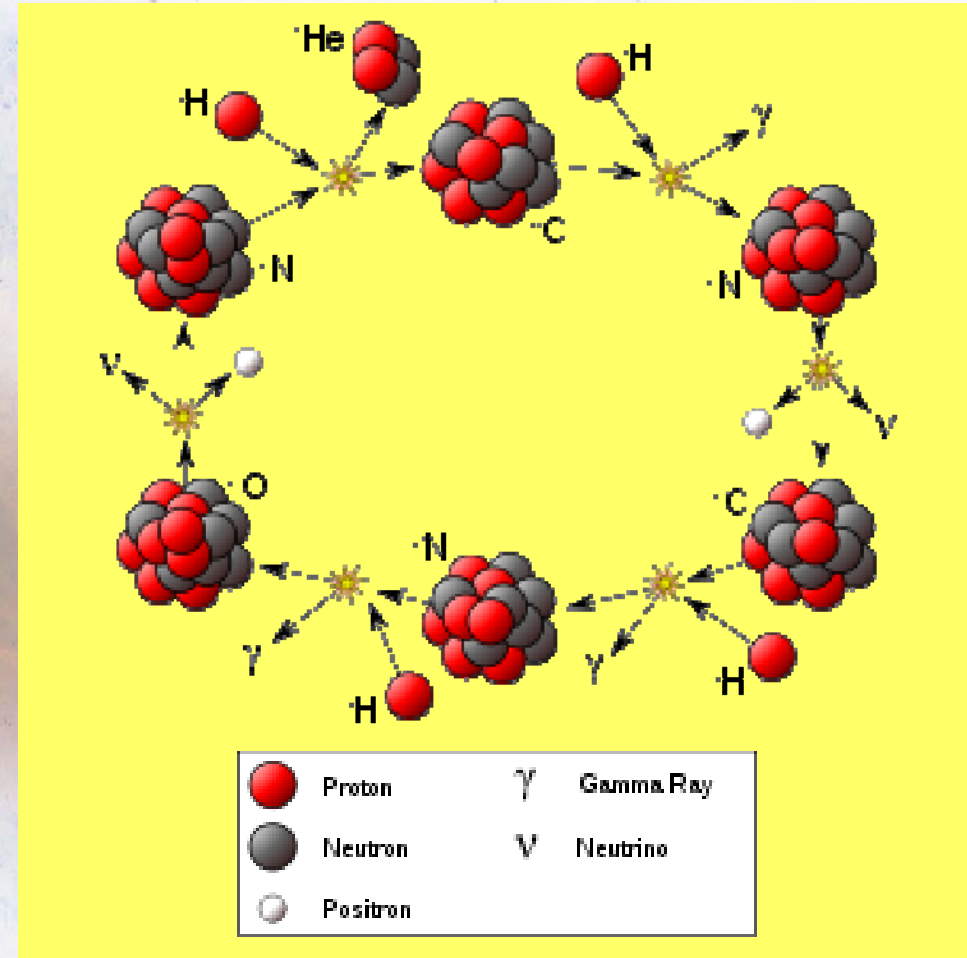
(Bethe-Weizsäcker-cycle)

$M > 1.5 M_{\text{Sun}}$

$T > 20 \times 10^6 \text{ K}$

$C + N + O = F + He + \textit{energy}$

ენერჯიის წარმოება: ~ 0.71%



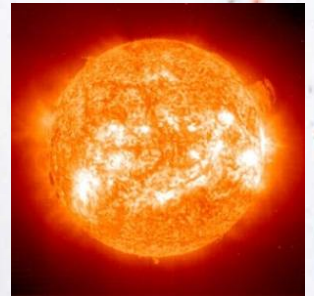
მასიურ ვარსკვლავებში ენერჯიის წარმოება მიმდინარეობს ოდნავ უფრო ეფექტურად

მნათობები ღამის ცაზე

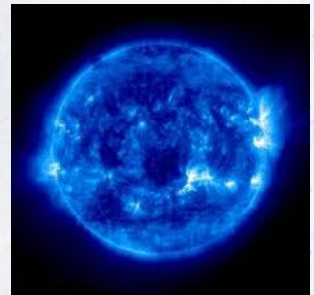
მთვარე, პლანეტები: *ირეკლავენ მზის სხივებს*



მზე და მსგავსი ვარსკვლავები: **pp** ჯაჭვი



მასიური ვარსკვლავები: **CNO** ჯაჭვი
($> 1.5M_{\odot}$)



ენერგიის წარმოების ფუნქცია: $L(M)$

ობიექტის მასა განსაზღვრავს
თერმობირთვული რეაქციის
მიმდინარეობის სიჩქარეს,
ანუ ობიექტის ნათებას

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

გალაქტიკები

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



აქტიური გალაქტიკების ბირთვები

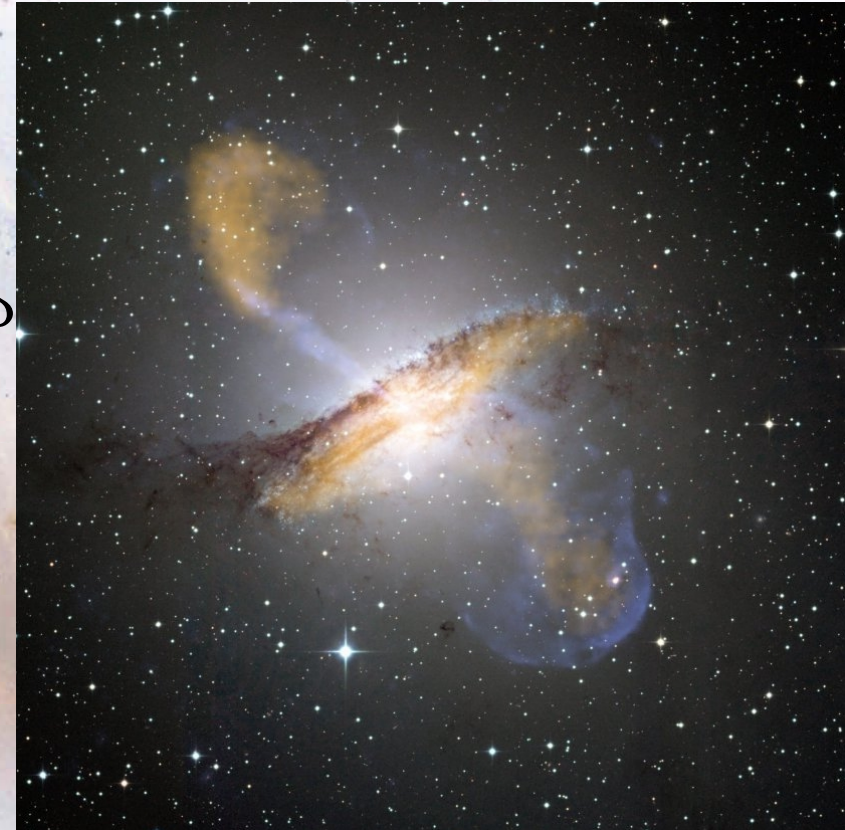
ზოგიერთი გალაქტიკის ბირთვი
ანომალურად კაშკაშაა

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



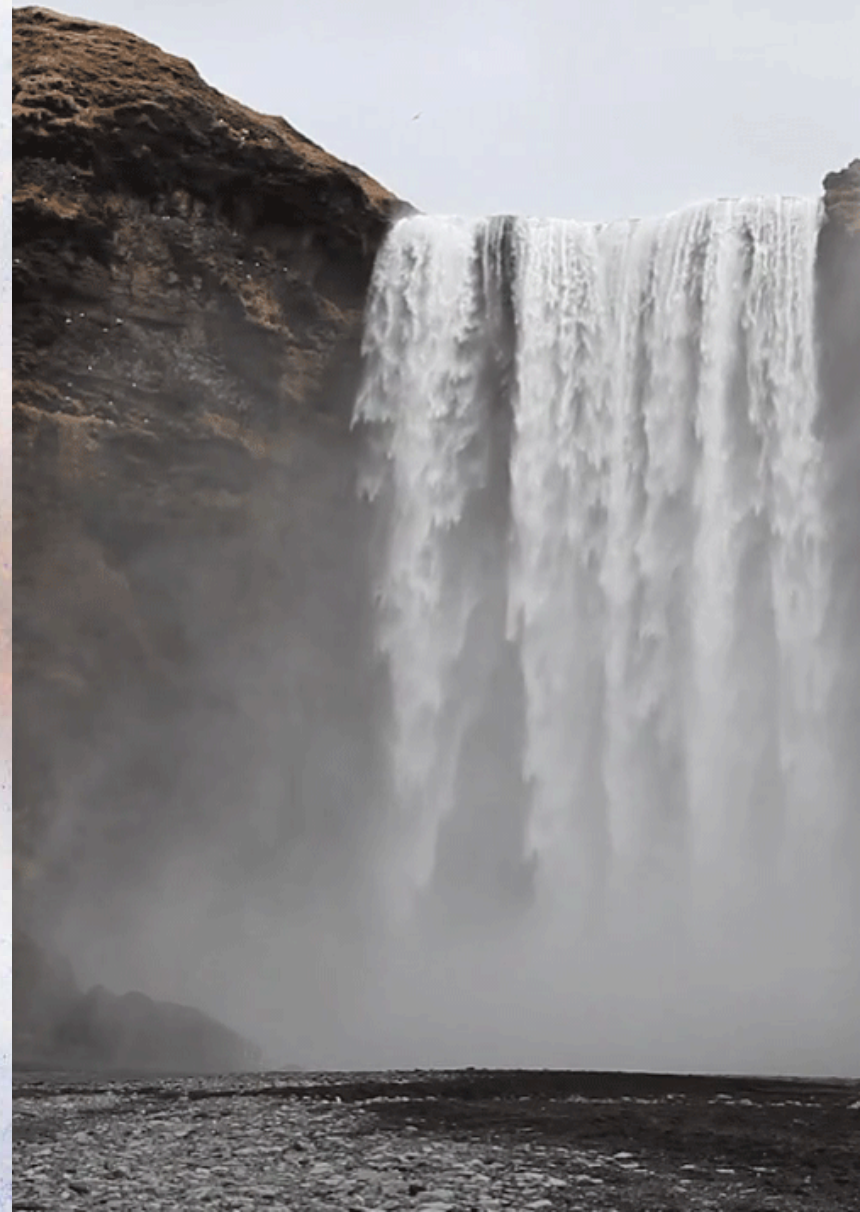
კინეტიკური ენერგია



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: $\Delta E = \Delta U$

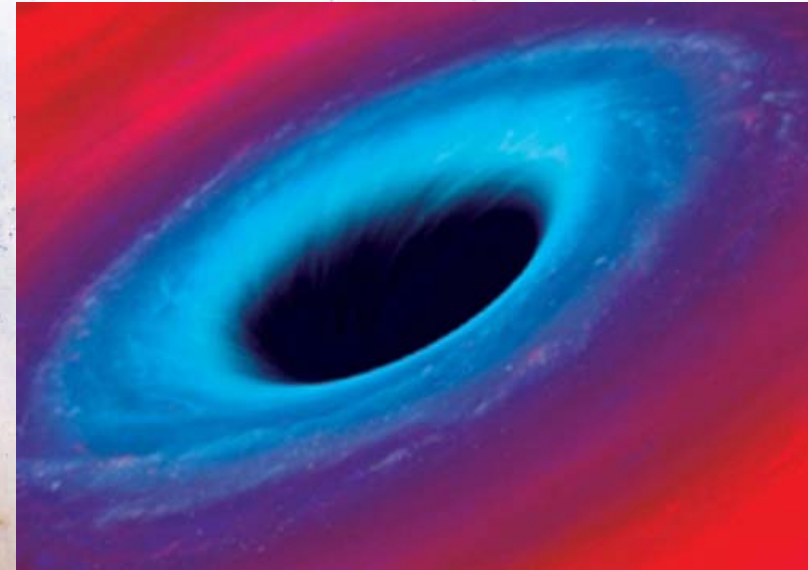
როგორ გავზარდოთ \mathbf{m} მასიდან მიღებული ენერგია?

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

აკრეცია გრავიტაციულად კომპაქტურ ობიექტზე

აკრეცია კომპაქტურ ობიექტზე

მატერიის გიგანტური მორევი
რომელიც ბრუნავს და ჩაედინება
შავ ხვრელში



ტემპერატურა მატულობს
მოვლენათა კორიზონტთან ახლოს

სითბური გამოსხივება შავი ხვრელის მიერ შთანთქმამდე

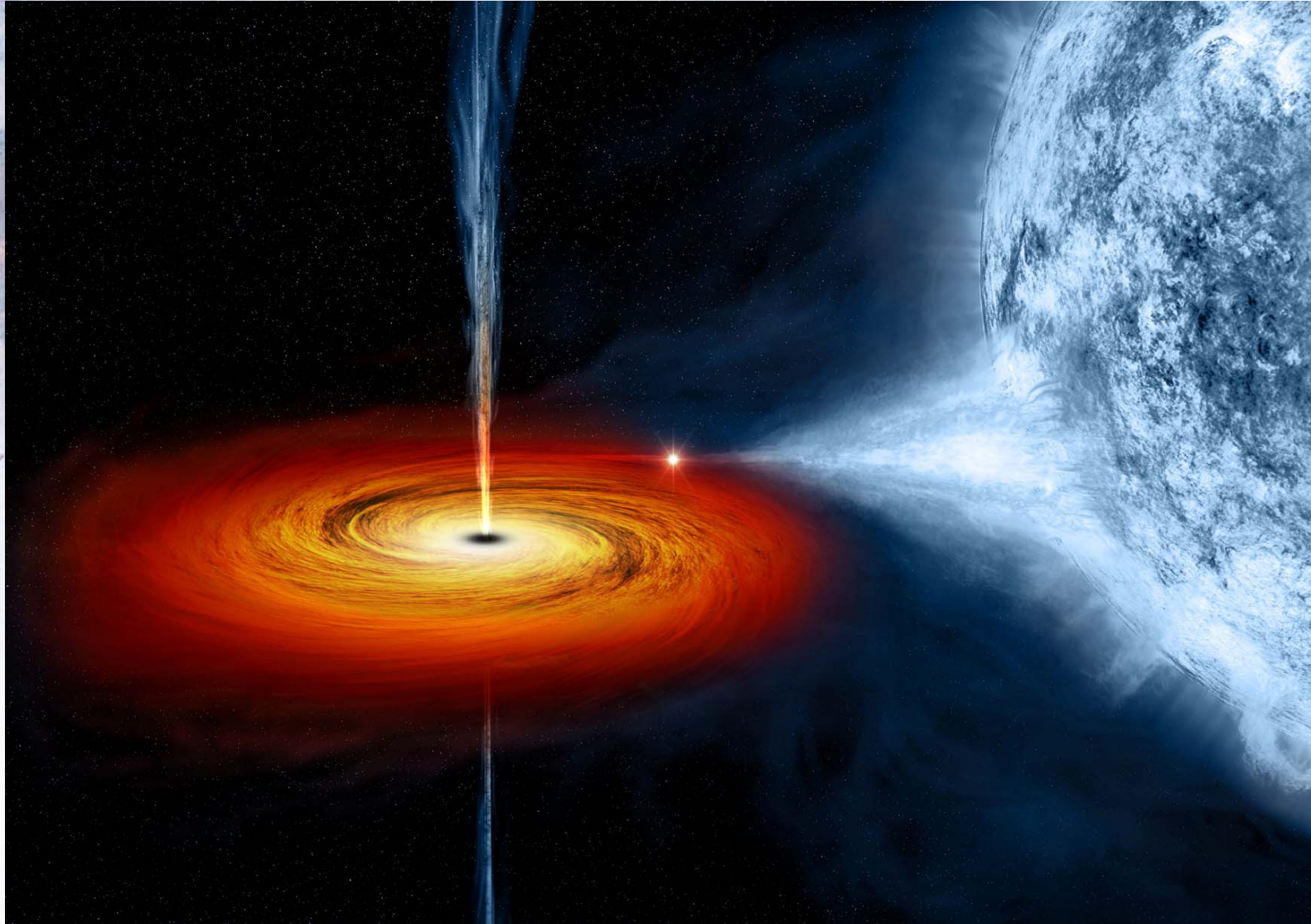
ენერგიის გამოთავისუფლება: ~ 10 – 20 %

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

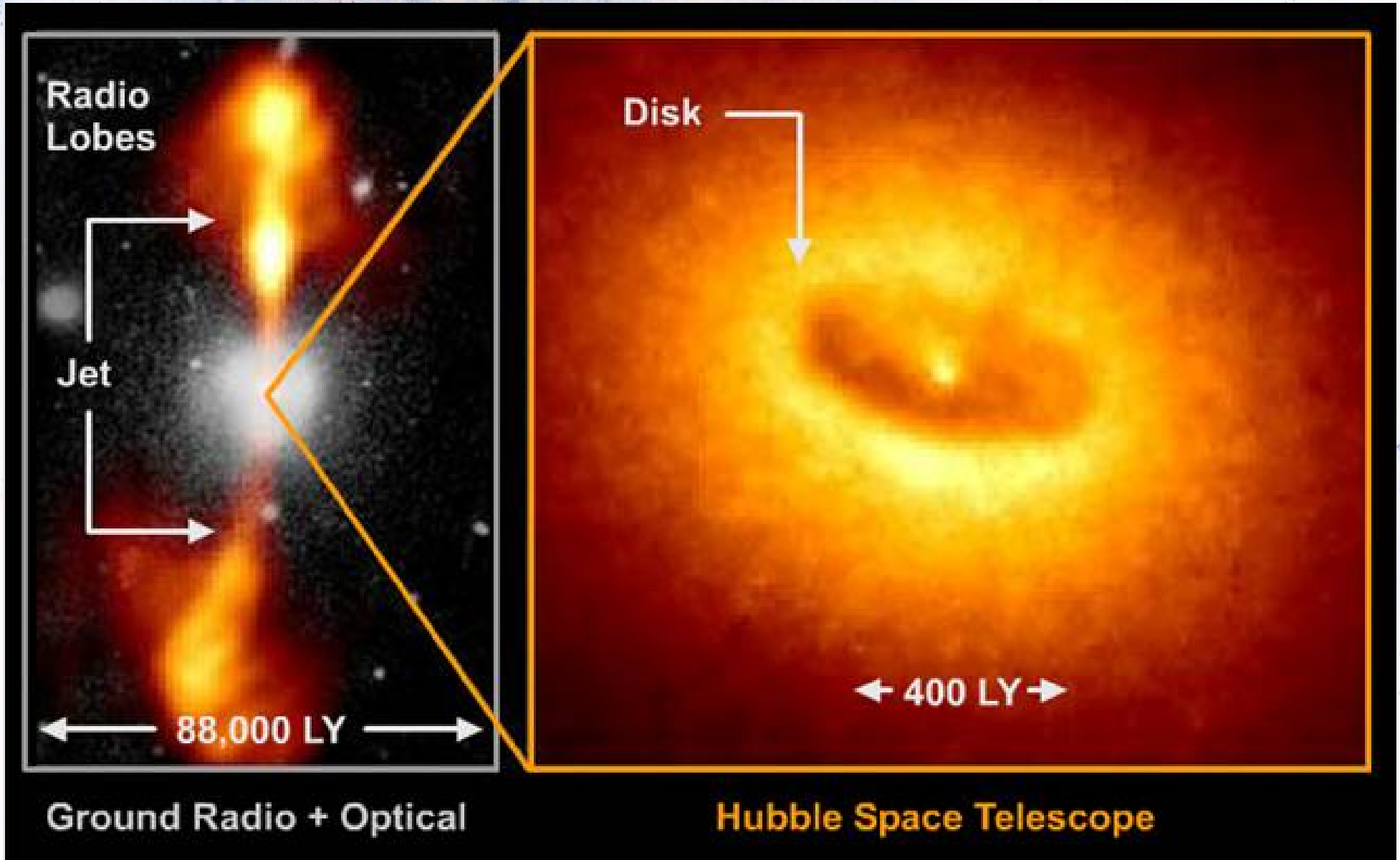
აკრეცია ზემასიურ შავ ხვრელზე

გამოსხივების ყველაზე ძლიერი ენერჯის წყარო



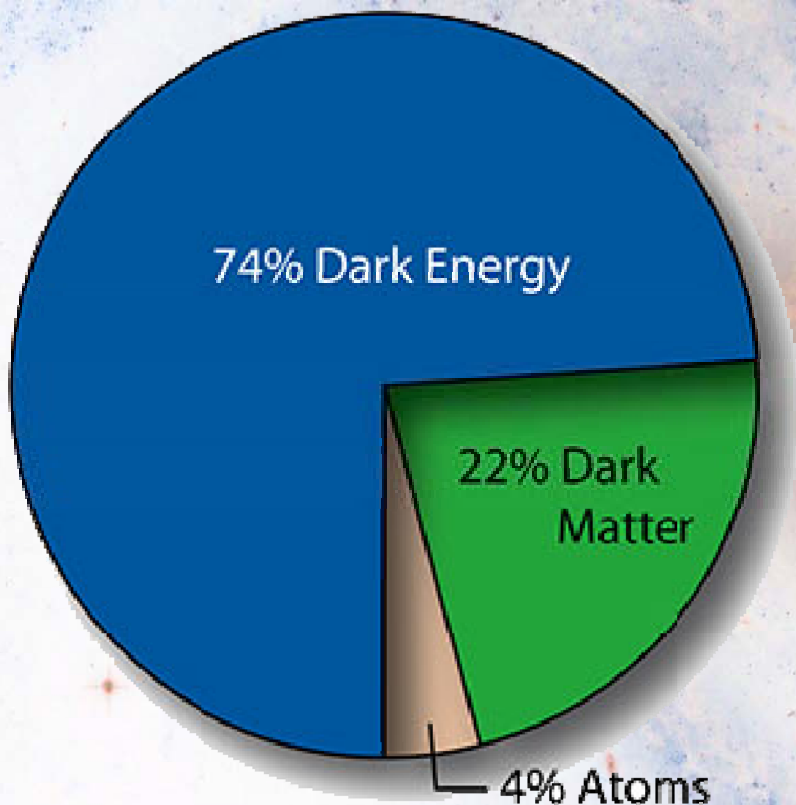
დაკვირვებები

ჰაბლის კოსმოსური ტელესკოპი (გალაქტიკა NGC 4261)



სამყაროს შემადგენლობა

Wilkinson MAP: ფარული ენერგია + ფარული მასა



4% ატომები =

3.5% ვარსკვლავთშორისი
გარემო (H, He, ნეიტრიონო)

0.5% მნათობები

(ვარსკვლავები, გალაქტიკები)

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

შეკითხვები?

