



სამყაროს ევოლუცია

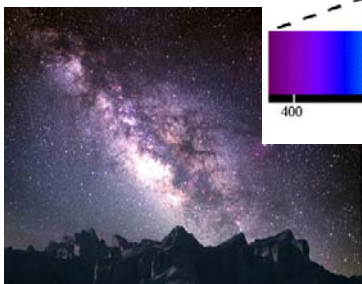
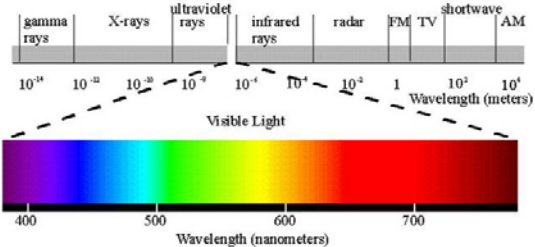
ლექცია 6

ვარსკვლავების ევოლუცია,
ზეახალი ვარსკვლავები,
თეთრი ჯუჯები, ნეიტრონული ვარსკვლავები,
შავი ხვრელები

ხილული სამყარო

ადამიანის თვალი ხედავს ელექტრომაგნიტური
სპექტრის მხოლოდ მცირე უბანს:

ოპტიკური
უბანი



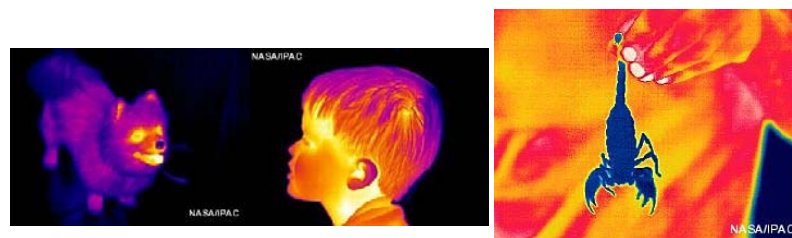
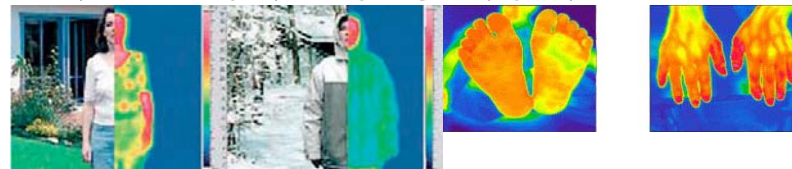
ცის ოპტიკური გამოსახულება
ინფორმაციის მცირე ნაწილი

წინა ლექციაში

- ვარსკვლავების გამოსხივება
- გამოსხივების სპექტრი
- სპექტრული კლასიფიკაცია
- HR დიაგრამა

ინფრაწითელი სამყარო

ადამიანის თვალისათვის უხილავი დიაპაზონი



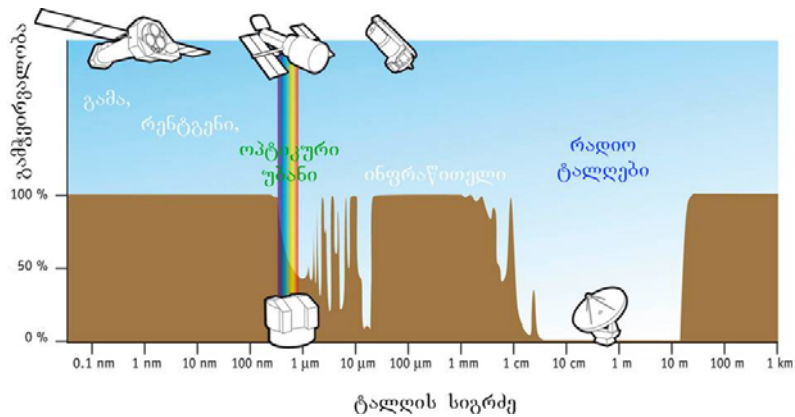
ოპტიკური გამოსახულებასამყარო

სამყარო ხილულ უბანში



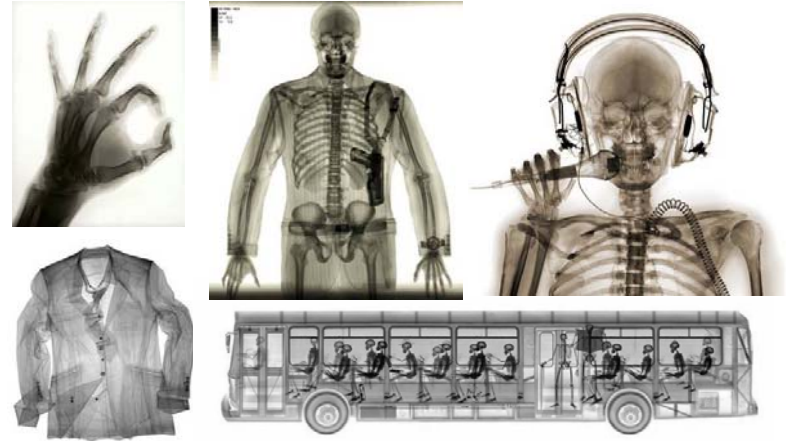
დაკვირვებები დედამიწიდან

ატმოსფეროს გამჭვირვალობა ელექტრომაგნიტური ტალღების სხვადასხვა დიაპაზონში



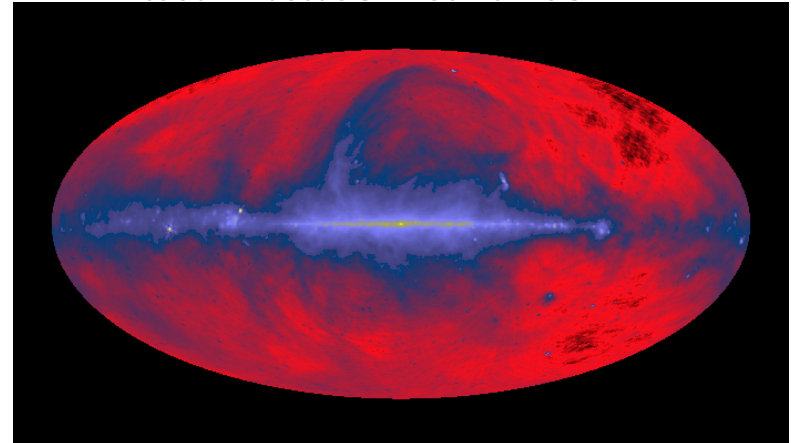
რენტგენული სამყარო (X-ray)

ადამიანის თვალისათვის უხილავი დიაპაზონი

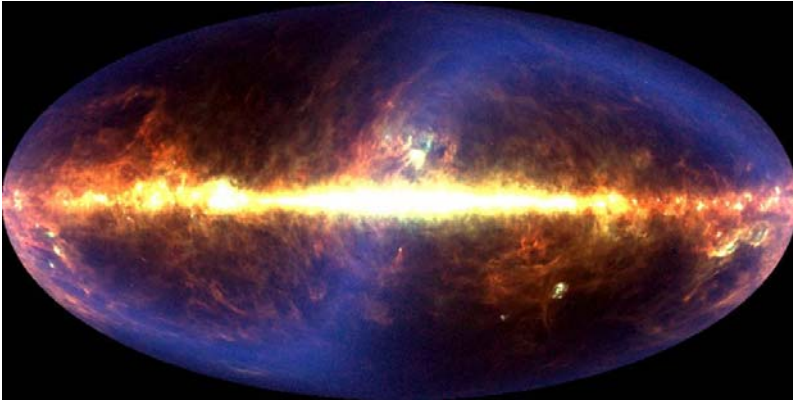


რადიო დიაპაზონი

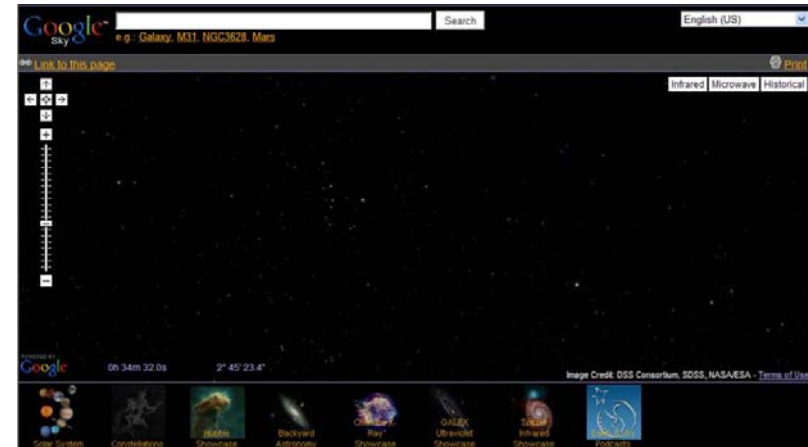
ობიექტების ეფექტური ტემპერატურა: ~1K



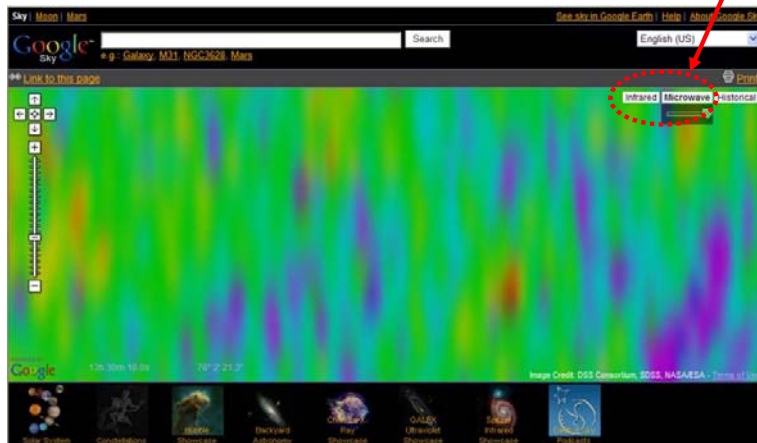
ინფრაწითელი დიაპაზონი

ობიექტების ეფექტური ტემპერატურა: $\sim 100\text{K}$ 

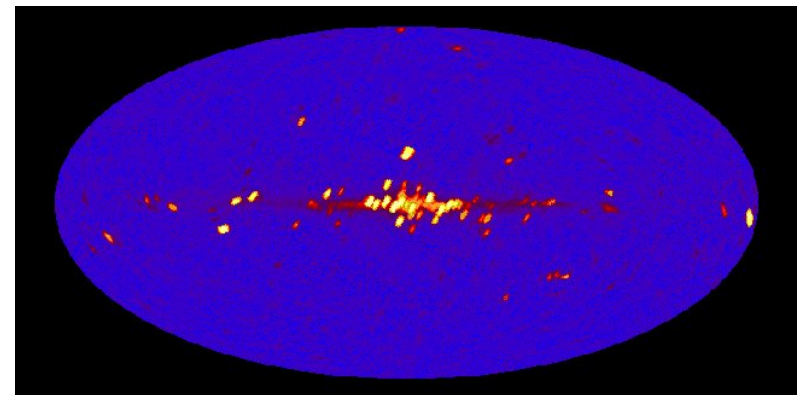
თვალთ ხილული (ოპტიკური) დიაპაზონი

www.google.com/sky

ინფრაწითელი და მიკროტალღოვანი

www.google.com/sky

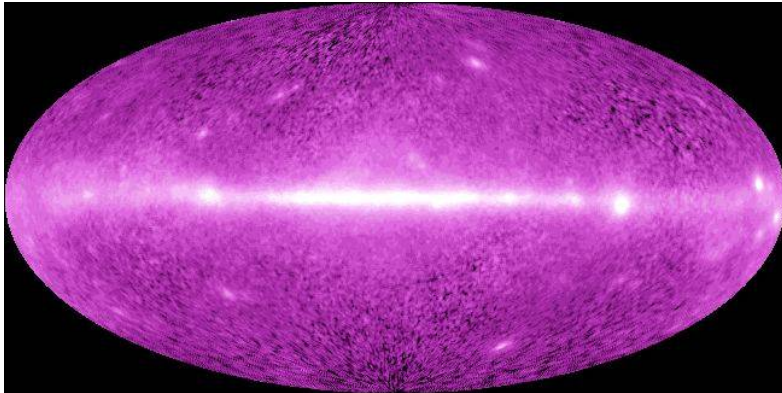
რენტგენული დიაპაზონი (X-ray)

ფოტონის ენერგია: $10^3\text{--}10^4\text{ eV}$ ობიექტების ეფექტური ტემპერატურა: ($\sim 10^8\text{ K}$)

გამა დიაპაზონი

ფოტონის ენერგია: 10^6 – 10^9 eV

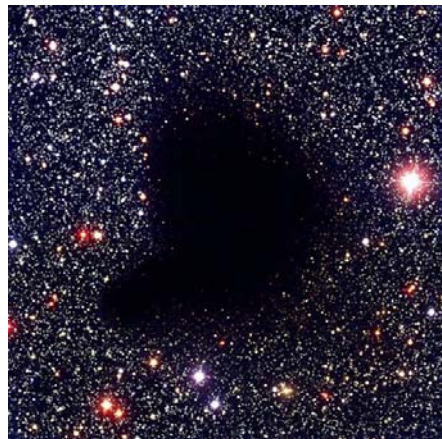
ობიექტების ეფექტური ტემპერატურა: ($\sim 10^{13}$ K)



მოლეკულური ღრუბლები

გრავიტაციულად
შეკავებული ცივი
მოლეკულური
აირი

შთანთქმავს ფონური
ვარსკვლავების
გამოსხივებას



მოლეკულური ღრუბელი ბარნარდ-68 ($\text{H}_2 + \text{CO} + \text{CN}, \text{CH}_4, \text{NH}_3, \dots$)

ვარსკვლავების ევოლუცია

მოლეკულური ღრუბლები და ვარსკვლავთშორისი
გაზი: ვარსკვლავთწარმოშობის არეები

ევოლუციის მიმართულება:

1. ადრეული ვარსკვლავები: პროტოვარსკვლავები;
2. ძირითადი თანმიმდევრობის ვარსკვლავები;
3. გვიანი ტიპის ვარსკვლავები და გიგანტები;
4. ზეახალი ვარსკვლავი
5. კომპაქტური ნარჩენები

ვარსკვლავთ წარმოშობა

თვითგრავიტაციის
ძალებით
გაზის
ვარსკვლავებში
კოდენსაცია

გრავიტაციული
ფრაგმენტაცია



Star-Birth Clouds - M16 HST · WFPC2
PRC95-44b · ST ScI OPO · November 2, 1995
J. Hester and P. Scowen (AZ State Univ), NASA

პროტოვარსკვლავი

ვარსკვლავის დაბადების ადრეული ეტაპი:

პროტოვარსკვლავი

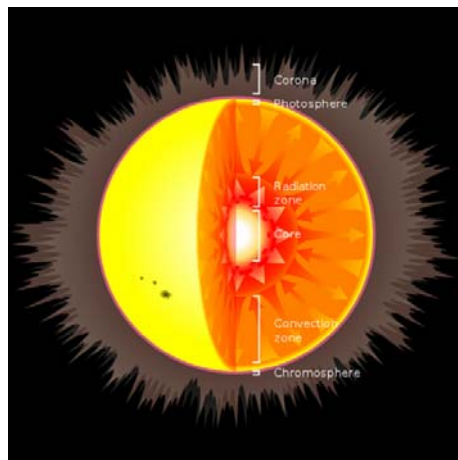
მნათობი + ნარჩენი გაზი



ძირითადი თანმიმდევრობის ვარსკვლავი

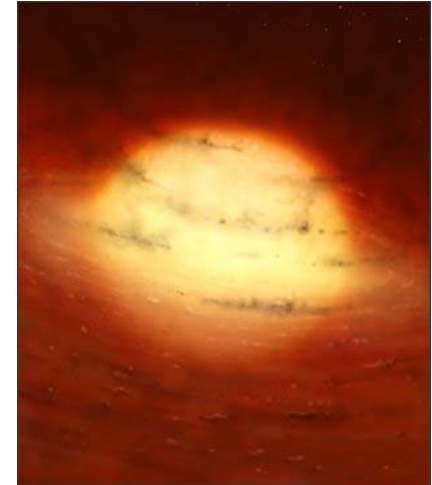
ევოლუციის
სტაბილური
ეტაპი

ენერგიის წყარო:
თერმობირთვული
რეაქციები
(P+P, CNO)



პროტოვარსკვლავი

პროტოვარსკვლავი
შთანთქმავს მის
ირგვლივ არსებულ
აირად მატერიას და
წარმოქმნის
ახალგაზრდა
ვარსკვლავს

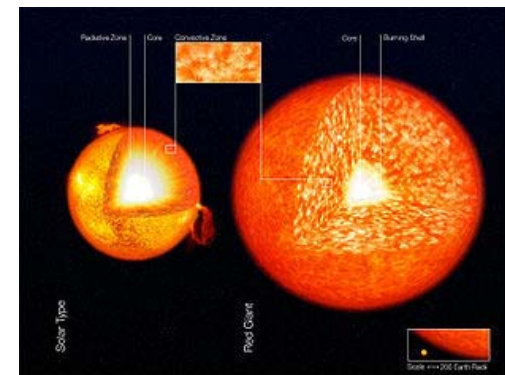


წითელი გიგანტი

ვარსკვლავის ბირთვის თერმობირთვული
“გამოწვის” პროცესი:

ტემპერატურისა
და რადიუსის
ნელი მატება

უარყოფითი
სითბოტევადობა

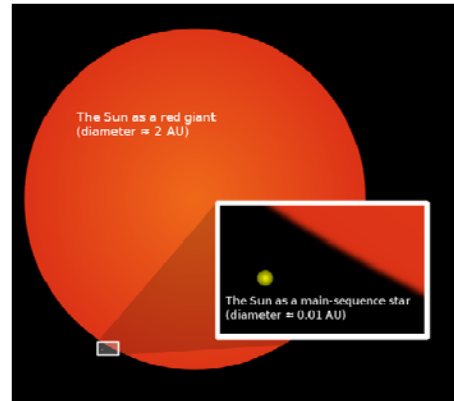


მზის მომავალი: წითელი გიგანტი

მზის რადიუსის მატება:

>200 $R_{\odot}$
> 2 ა.ე.

პლანეტების
შთანთქმა
(დედამიწა ☹)



ზეახალი ვარსკვლავი

აფეთქების ნათების გაელვება (~1 კვირა)

ვარსკვლავის ცენტრში გამოიყოფა დიდი
რაოდენობით ენერგია: ნათობის რამოდენიმე
რიგით ზრდა

აფეთქების შედეგად
ვარსკვლავი კარგავს
გარე შრის მნიშვნელოვან
ნაწილს



ვარსკვლავის სიკვდილი

ბირთვული საწვავის გამოლევა: 1) H-H, 2) CNO

ვარსკვლავის კატასტროფული შეკუმშვა:
საკუთარი სიმძიმის ქვეშ კოლაფსი

ტემპერატურის სწრაფი ზრდა:

ბირთვული რეაქციები: r-პროცესი

(მძიმე ქიმიური ელემენტ. თერმობირთ. რეაქციები)

ფეთქებადი ნუკლეოსინთეზი

ვარსკვლავის აფეთქება

ზეახალი: დაკვირვებები

ტიხო ბრაგე 1572:

ახალი
მნათობის
აღმოჩენა
ცაზე



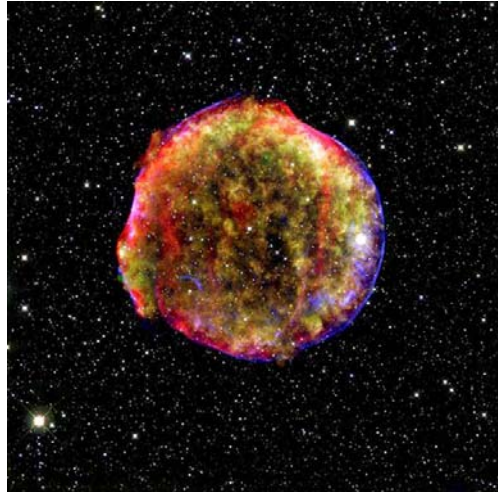
ზეახალი: დაკვირვებები

SN 1572

B Cassiopeiae

სურათი
დღეს

ზეახალის
აფეთქების
ნარჩენი



ზეახალის ნარჩენები

კიბორჩხალას ნისლეული

ჩინელი და არაბი
ასტრონომების
დაკვირვებები
ზეახალი 1054 ჩვ.წ.

დღეს:
ნარჩენი
ნისლეული



ზეახალი: დაკვირვებები

Helix Nebula



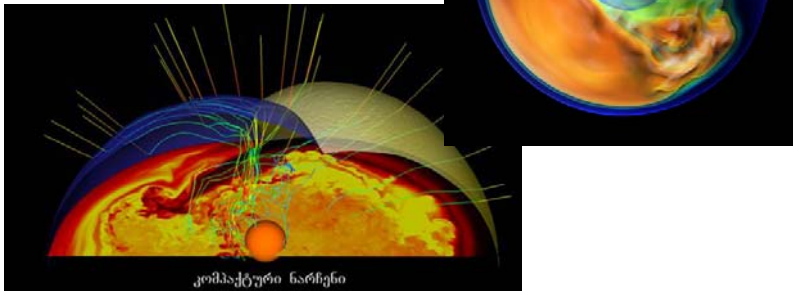
ზეახალი: დაკვირვებები

Helix Nebula



ზეახალი: რიცხვითი მოდელირება

აფეთქება გარეთ;
შეკუმშვა შიგნით:
ზეახლის ნარჩენი



ზეახლის კომპაქტური ნარჩენები

ობიექტის წონასწორობა:
სიმძიმის ძალა დაბალანსებულია “გადაგვარებული
მატერიის” წნევით;
ანომალურად მკვრივი ნივთიერებების ქვანტური თვისებები

– თეთრი ჯუჯა

(გადაგვარებული ელექტონული გაზი)

– ნეიტრონული ვარსკვლავი

(გადაგვარებული ნეიტრონული ნივთიერება)

– შავი ხვრელი

(აბსოლუტური კოლაფსი)

ზეახალი ვარსკვლავი (Ia)



თეთრი ჯუჯები

სირიუს-ბ

(სირიუსის ორმაგი სისტემა)

მასა: $0.97 (1.05) M_{\odot}$

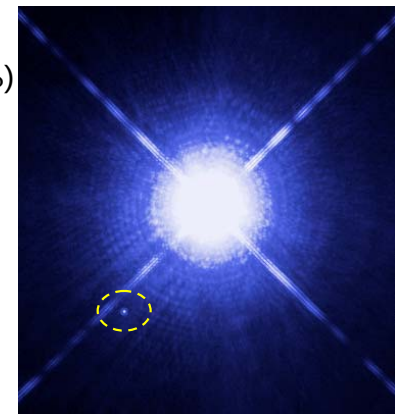
რადიუსი: $0.0084 R_{\odot}$

ნათობა: $0.026 L_{\odot}$

სიმკვრივე: $2.5 \cdot 10^9 \text{ კგ/მ}^3$

მანძილი დედამიწამდე:
 8.6 ს.წ.

აღმოჩენის თარიღი:
 1862



თეთრი ჯუჯები

ზეახალის ნარჩენი ობიექტის მასა: $< 1.4 M_{\odot}$

ნათების ენერგიის წყარო: **სითბური** (ნელი გაციება)

ზედაპირული ტემპერატურა $< 150\,000\text{ K}$

გაციებული თეთრი ჯუჯა: *შავი ჯუჯა*

ჰიპოთეტური ობიექტი;

გაციების დრო მეტია სამყაროს დღევანდელ ასაკზე

ნეიტრონული ვარსკვლავი

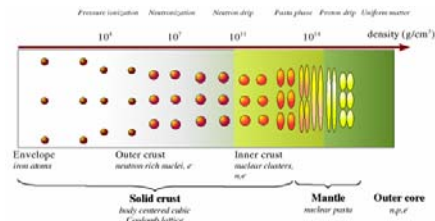
ზეახალის ნარჩენი ობიექტის მასა: $1.4 - 3 M_{\odot}$

გადაგვარებული ნეიტრონული სითხე

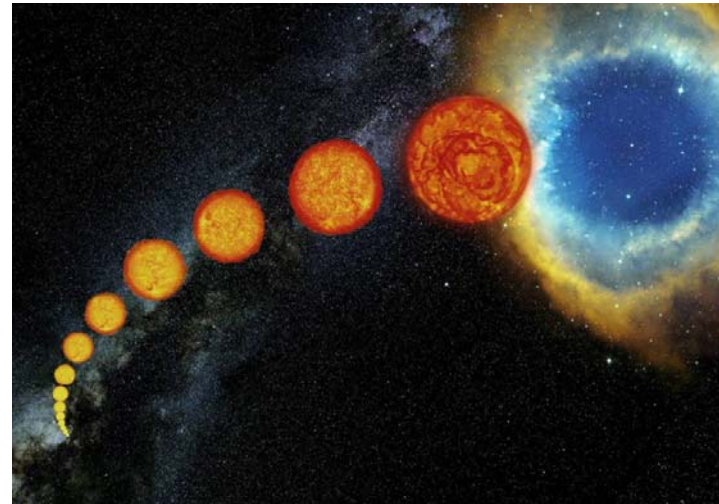
(ქვანტური ნივთიერება)

ატომის ბირთვის სიმკვრივის ვარსკვლავი

კვარკული
ნივთიერება



მზის მომავალი

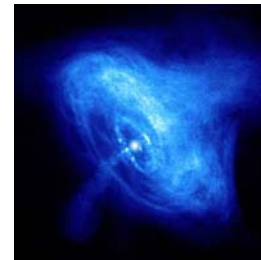


ნეიტრონული ვარსკვლავი

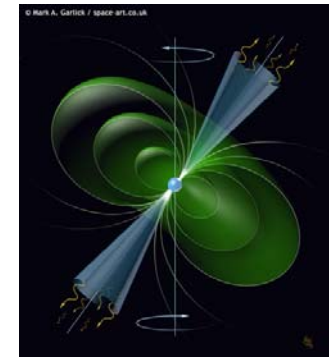
კიბირჩხალას ნისლეულის პულსარი:

ძლიერი მაგნიტური ველი და სწრაფი ბრუნვა:

ვარსკვლავის მიმართული გამოსხივება – პულსაცია



რენტგენის სპექტრულ უბანში

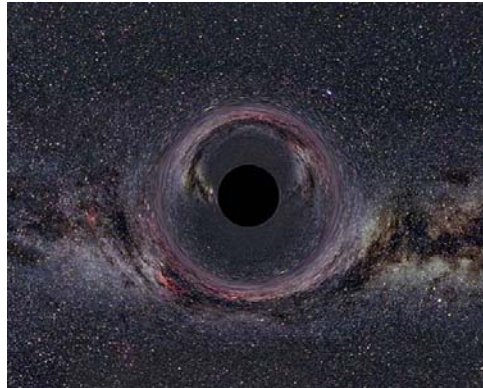


შავი ხვრელი

ცენტრალური ნარჩენი ობიექტის აბსოლუტური გრავიტაციული კოლაფსი

$$M > 3.6 \text{ (4) } M_{\text{ზე}}$$

ფოტონები
ჩაიჭირებიან
გრავიტაციულ
ორმოში

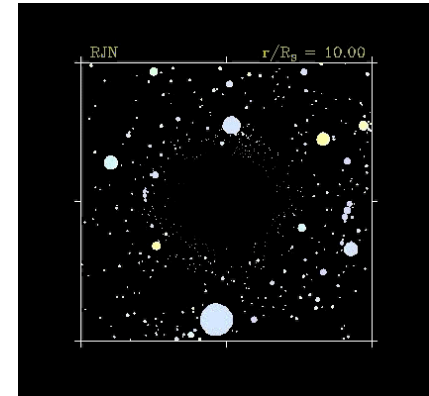


შავი ხვრელი

ზოგადი ფარდობითობის თეორიის ობიექტი
სივრცე/დროის გამრუდება

იზოლირებული
შავი ხვრელები:

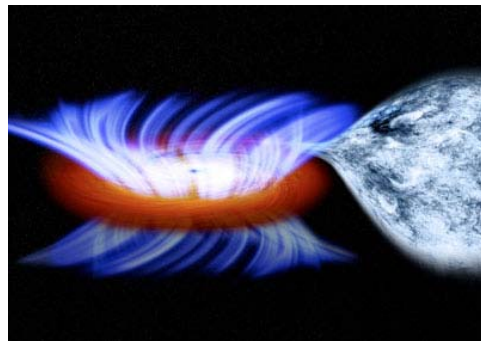
ვარსკვლავების
მოძრაობის
კინემატიკის
დათვლა;



შავი ხვრელი

აკრეცია შავ ხვრელზე:
შავი ხვრელის ირგვლივ ჩამდინარე მატერიის
მორევი

ვარდნის პროცესში
ტემპერატურის
მატება და
გამოსხივება;



შავი ხვრელი



www.tevza.org/home/course/universe2013

J. Hester, B. Smith, G. Blumenthal, L. Kay, H. Voss, “*21st Century Astronomy*” (2010)

ქვეთავები 14.1, 14.2, 14.3,
 15.1, 15.2, 15.3, 15.4,
 17.2, 17.3, 17.4, 17.8