



სამყაროს ევოლუცია

სამყაროს ევოლუცია

ლექცია 6

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

სამყაროს ევოლუცია, აღ. თეგზამე, 2011

ლექცია/გვერდი: 6/1

წინა ლექციაში

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

სამყაროს ევოლუცია, აღ. თეგზამე, 2011

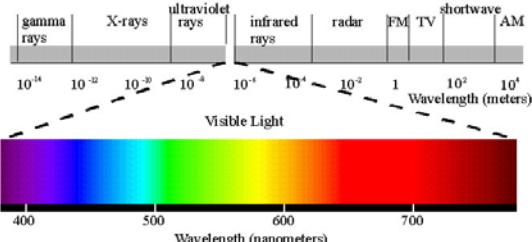
ლექცია/გვერდი: 6/2

ხილული სამყარო

ადამიანის თვალი ხედავს ელექტრომაგნიტური
სპექტრის მხოლოდ მცირე უბანს:

ოპტიკური

უბანი



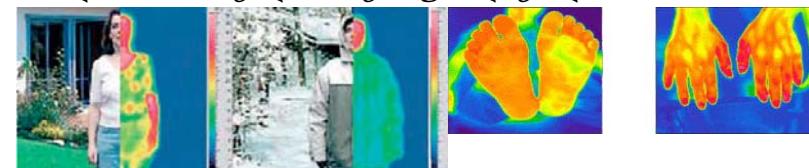
ცის ოპტიკური გამოსახულება
ინფორმაციის მცირე ნაწილი

სამყაროს ევოლუცია, აღ. თეგზამე, 2011

ლექცია/გვერდი: 6/3

ინფრაწითელი სამყარო

ადამიანის თვალისათვის უხილავი დრაპაზონი



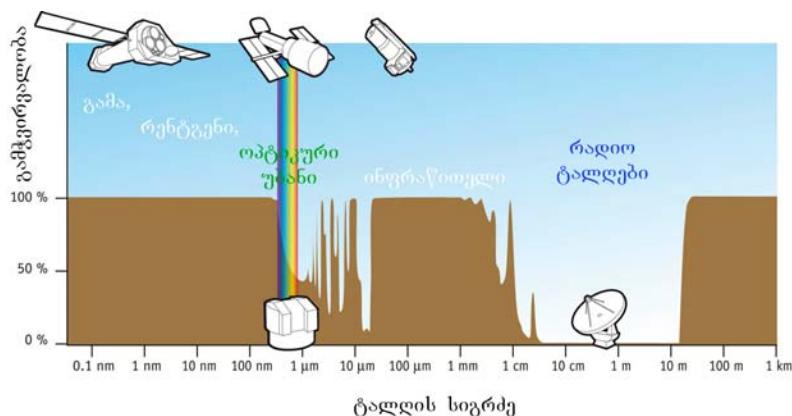
ოპტიკურო გამოსახულებასამყარო

სამყარო ხილოულ უბანში



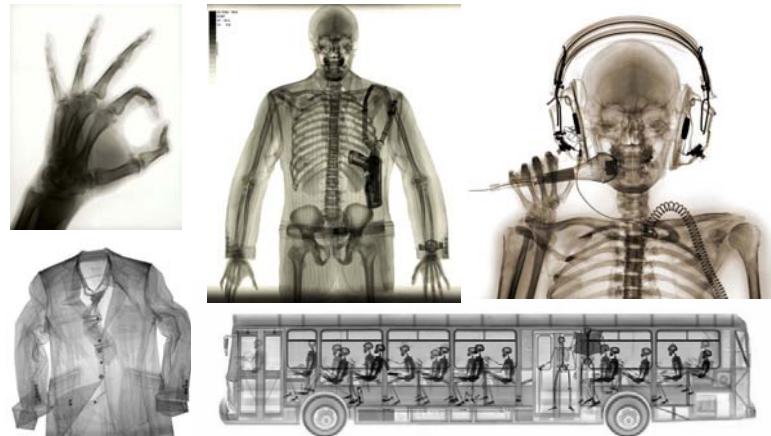
დაკვირვებები დედამიწიდან

ატმოსფეროს გამჭვირვალობა ელექტრომაგნიტური ტალღების სხვადასხვა დიაპაზონში



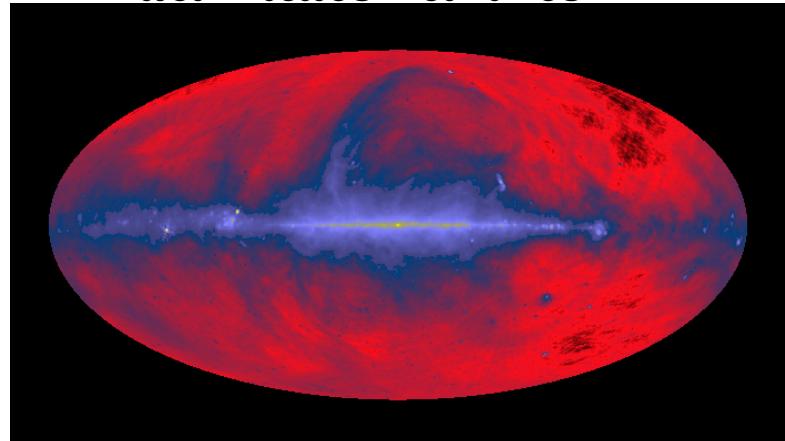
რენტგენული სამყარო (X-ray)

ადამიანის თვალისათვის უხილავი დიაპაზონი



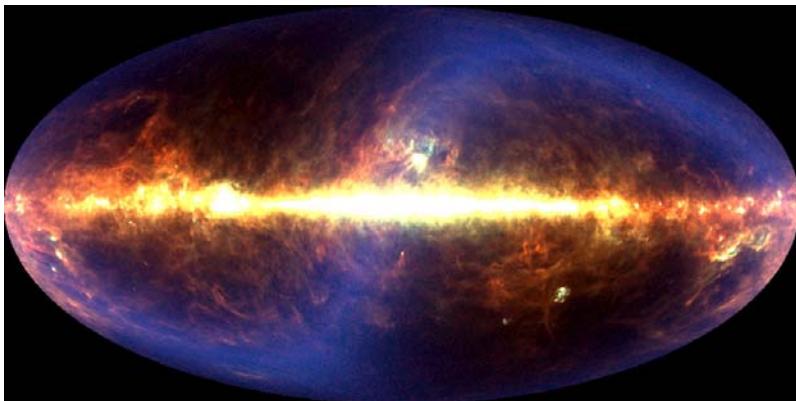
რადიო დიაპაზონი

ობიექტების ეფექტური ტემპერატურა: ~1K



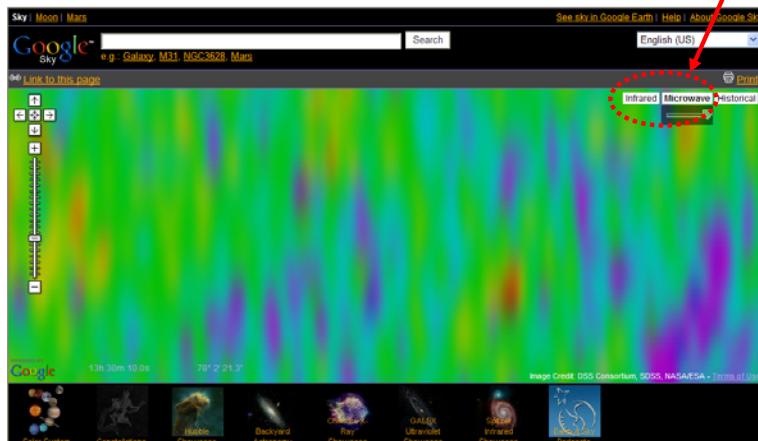
ინფრაწითელი დიაპაზონი

ობიექტების ეფექტური ტემპერატურა: ~100K



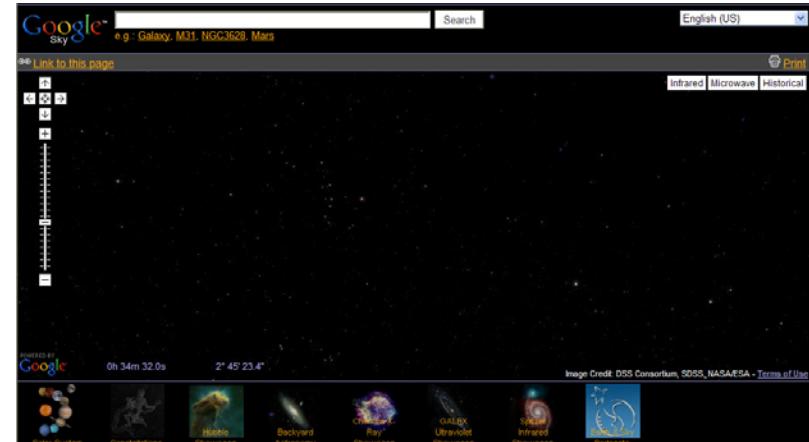
ინფრაწითელი და მიკროტალღოვანი

www.google.com/sky



თვალით ხილული (ოპტიკური) დიაპაზონი

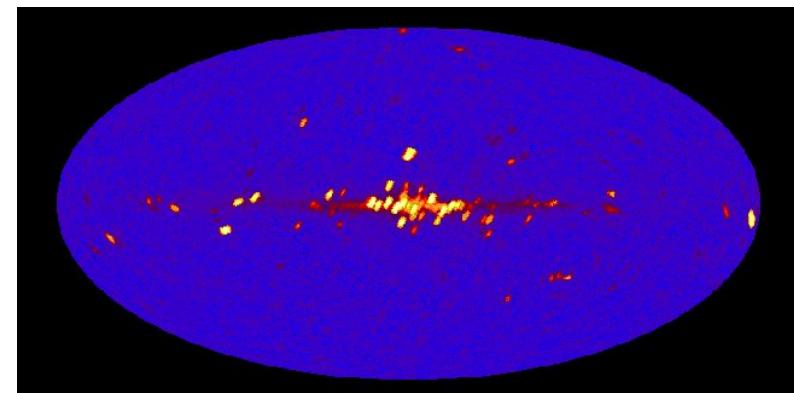
www.google.com/sky



რენტგენული დიაპაზონი (X-ray)

ფოტონის ენერგია: 10^3 – 10^4 eV

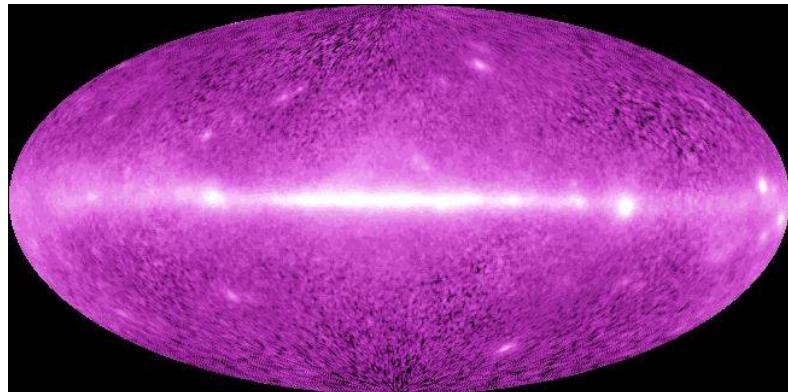
ობიექტების ეფექტური ტემპერატურა: (~ 10^8 K)



გამა დიაპაზონი

ფოტონის ენერგია: 10^6 – 10^9 eV

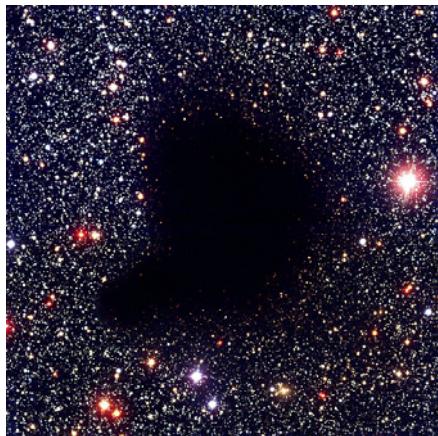
ობიექტების ეფექტური ტემპერატურა: ($\sim 10^{13}$ K)



მოლეკულური ღრუბლები

გრავიტაციულად
შეკავებული ცივი
მოლეკულური
გაზი

შთანთქავს ფონური
ვარსკვლავების
გამოსხივებას



მოლეკულური ღრუბელი ბარნარდ-68 ($H_2+CO+CN, CH_4, NH_3\dots$)

ვარსკვლავების ევოლუცია

მოლეკულური ღრუბლები და ვარსკვლავთშორისი
გაზი: ვარსკვლათწარმოშობის 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
PRC95-44b • ST Scl OPO • November 2, 1995
J. Hester and P. Scowen (AZ State Univ.), NASA

პროტოვარსკვლავი

ვარსკვლავის დაბადების ადრეული ეტაპი:

პროტოვარსკვლავი

მნათობი + ნარჩენი გაზი



პროტოვარსკვლავი

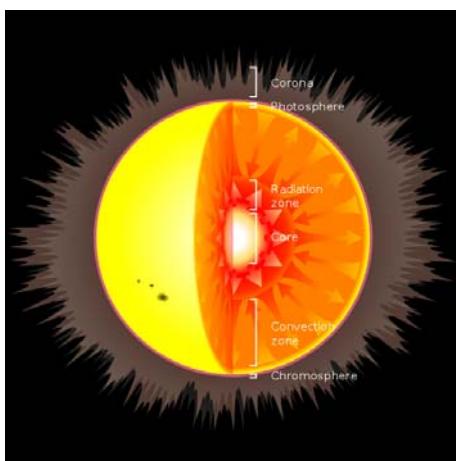
პროტოვარსკვლავი
შთანთქავს მის
ირგვლივ არსებულ
აირად მატერიას და
წარმოქმნის
ახალგაზრდა
ვარსკვლავს



ძირითადი თანმიმდევრობის ვარსკვლავი

ევოლუციის
სტაბილური
ეტაპი

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

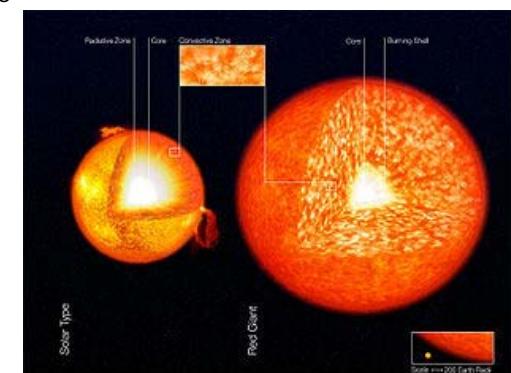


წითელი გიგანტი

ვარსკვლავის ბირთვის თერმობირთვული
“გამოწვის” პროცესი:

ტემპერატურისა
და რადიუსის
ნელი მატება

უარყოფითი
სითბოტევადობა

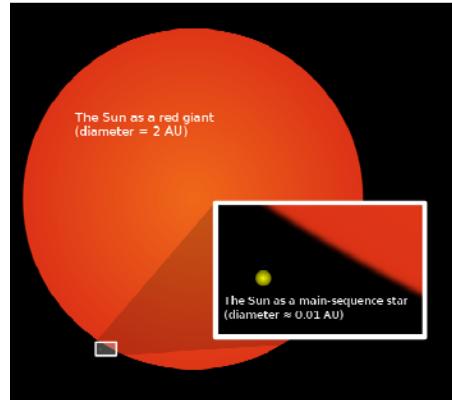


მზის მომავალი: წითელი გიგანტი

მზის რადიუსის მატება:

>200 R_{ზო}
> 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 მნიშნელოვან
ნაწილს



ვარსკვლავის სიკვდილი

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

ვარსკვლავის კატასტროფული შეკუმშვა:
საკუთარი სიმძიმის ქვეშ კოლაფსი

ტემპერატურის სწრაფი ზრდა:

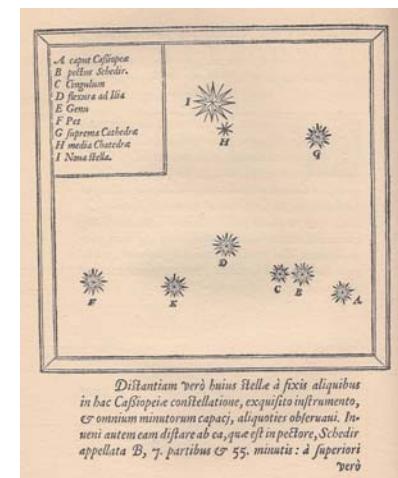
ბირთვული რეაქციები: r-პროცესი
(მძიმე ქიმიური ელემენტ. თერმობირთ. რეაქციები)
ფეთქებადი ნუკლეოსინთეზი

ვარსკვლავის აფეთქება

ზეახალი: დაკვირვებები

ტიხო ბრაგე 1572:

ახალი
მნათობის
აღმოჩენა
ცაზე



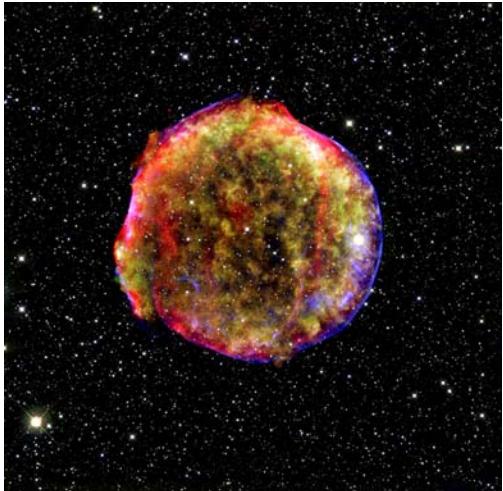
ზეახალი: დაკვირვებები

SN 1572

B Cassiopeiae

სურათი
დღეს

ზეახალის
აფეთქების
ნარჩენი

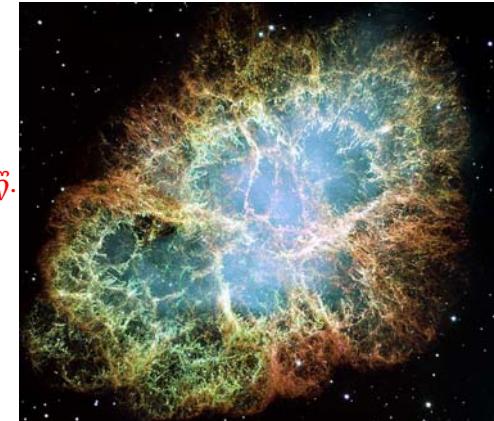


ზეახალის ნარჩენები

კიბორჩხალას ნისლეული

ჩინელი და არაბი
ასტრონომების
დაკვირვებები
ზეახალი 1054 ჩ.წ.

დღეს:
ნარჩენი
ნისლეული



ზეახალი: დაკვირვებები

Helix Nebula



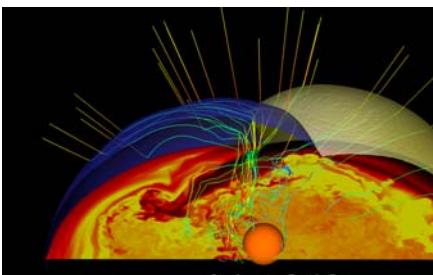
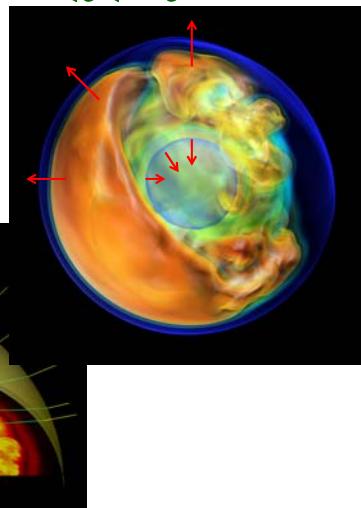
ზეახალი: დაკვირვებები

Helix Nebula



ზეახალი: რიცხვითი მოდელირება

აფეთქება გარეთ;
შეკუმშვა შიგნით:
ზეახალის ნარჩენი



კომპიუტერი ნარჩენი

ზეახალი ვარსკვლავი (Ia)



ზეახალის კომპაქტური ნარჩენები

ობიექტის წონასწორობა:

სიმძიმის ძალა დაბალანსებულია “გადაგვარებული მატერიის” წნევით;

ანომალურად ძკვრივი ნივთიერებების ქვანტური თვისებები

– თეთრი ჯუჯა

(გადაგვარებული ელექტრონული გაზი)

– ნეიტრონული ვარსკვლავი

(გადაგვარებული ნეიტრონული ნივთიერება)

– შავი ხვრელი

(აბსოლუტური კოლაფსი)

თეთრი ჯუჯა

სირიუს-ბ

(სირიუსის ორმაგი სისტემა)

მასა: $0.97 (1.05) M_{\odot}$

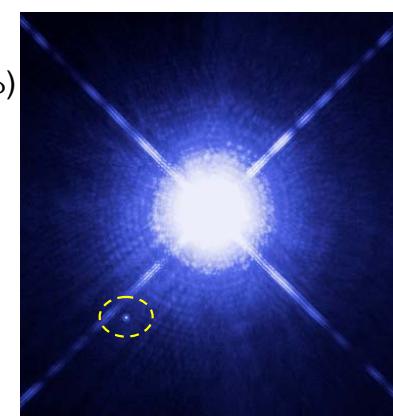
რადიუსი: $0.0084 R_{\odot}$

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)

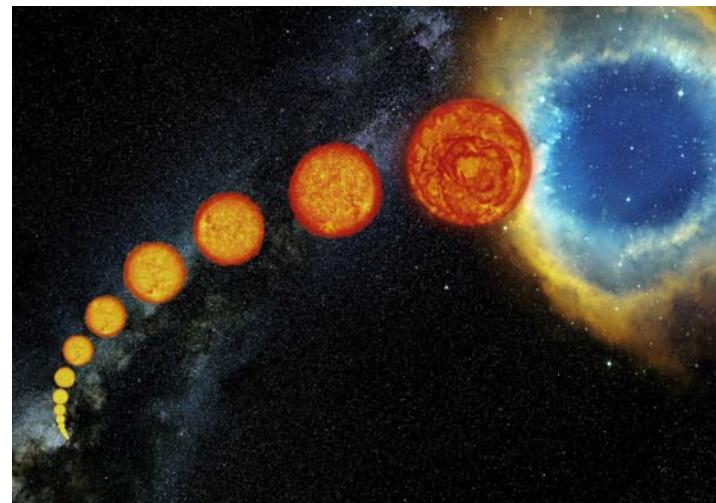
ზედაპირული ტემპერატურა $< 150\,000\text{ K}$

გაციებული თეთრი ჯუჯა: შავი ჯუჯა

ჰიპოთეტური ობიექტი:

გაციების დრო ძეტია სამყაროს დღევანდელ ასაკზე

მზის მომავალი



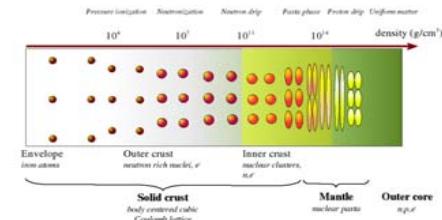
ნეიტრონული ვარსკვლავი

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

გადაგვარებული ნეიტრონული სითხე

(ქვანტური ნივთიერება)

ატომის ბირთვის სიმკვრივის ვარსკვლავი



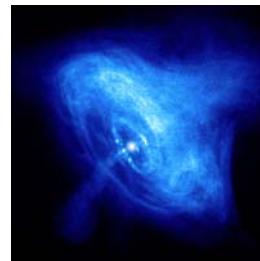
კვარკული
ნითიერება

ნეიტრონული ვარსკვლავი

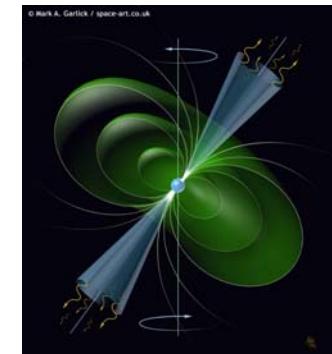
კიბირჩხალას ნისლეულის პულსარი:

ძლიერი მაგნიტური ველი და სწრაფი ბრუნვება:

ვარსკვლავის მიმართული გამოსხივება – პულსაცია



რენტგენის სპექტრულ უბანში

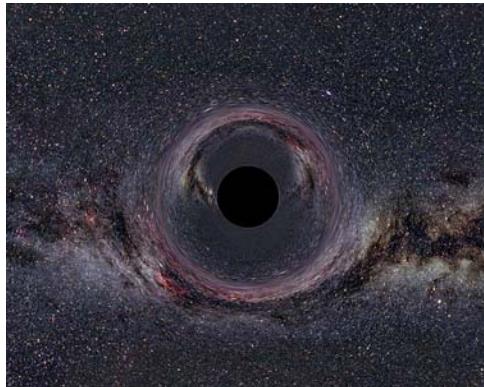


შავი ხვრელი

ცენტრალური ნარჩენი ობიექტის აბსოლუტური
გრავიტაციული კოლაფსი

$M > 3.6 M_{\odot}$

ფოტონები
ჩაიჭირებიან
გრავიტაციულ
ორმოში



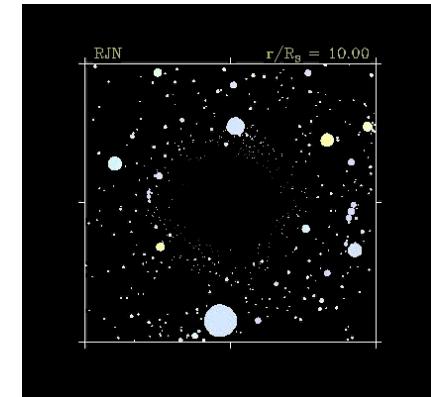
შავი ხვრელი

ზოგადი ფარდობითობის თეორიის ობიექტი
სივრცე/დროის გამრუდება

იზოლირებული

შავი ხვრელები:

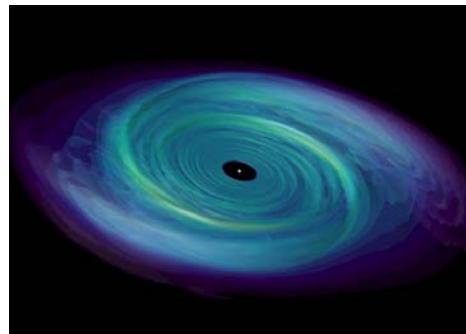
ვარსკვლავების
მოძრაობის
კინემატიკის
დათვლა;



შავი ხვრელი

აკრეცია შავ ხვრელზე:
ჩამდინარე მატერიის მორევი
შავი ხვრელის ირგვლივ

ვარდნის პროცესში
ტემპერატურის
მატება და
გამოსხივება;



შავი ხვრელი



www.tevza.org/home/course/universe2011

B. W. Carroll and D. A. Ostlie, “*An introduction to modern astrophysics*” (2007)

ქვეთავები