

ნეიტრონული ვარსკვლავები

ბირთვული ვარსკვლავი

თეთრი ჯუჯის კოლაფსი.

ბირთვული მატერია: ნეიტრონული სიმკვრივე;

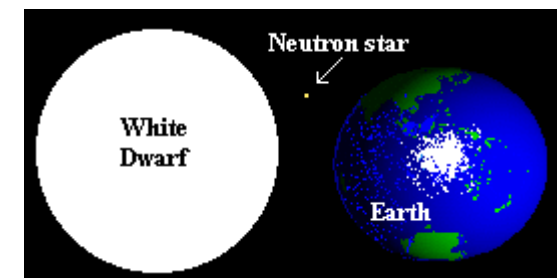
$$\rho_n = \frac{m_n}{\frac{4}{3}\pi r_n^3} = 1.2 \times 10^{17} \text{ kg/m}^3,$$

სფერული ვარსკვლავის მასა:

$$M_{\text{ns}} = (4/3) \pi R_{\text{ns}}^3 \rho_{\text{ns}}.$$

თუ $M_{\text{ns}} = 1.4 M_{\odot}$,

$$R_{\text{ns}} \approx \left(\frac{3 M_{\text{ns}}}{4 \pi \rho_{\text{ns}}} \right)^{1/3} = 9.3 \times 10^3 \text{ m} \approx 10 \text{ km}.$$



მდგრადობა

ჰიდროსტატიკური წონასწორობა:

გრავიტაციის მიზიდულობა +

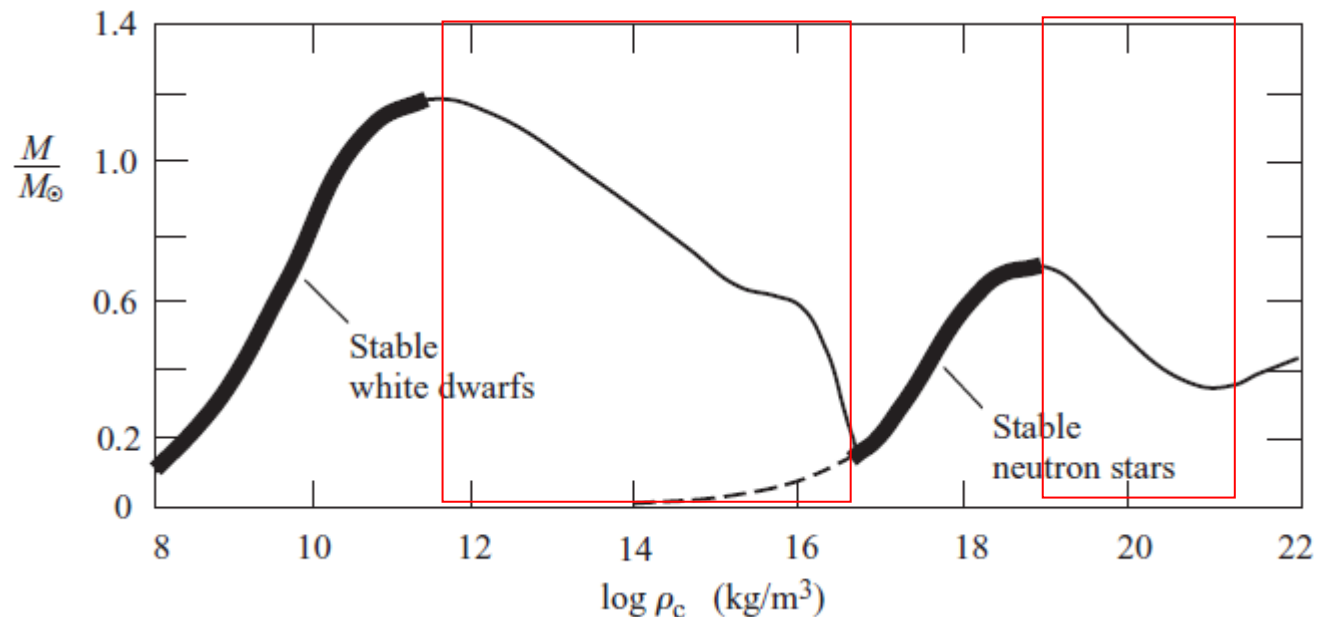
გადაგვარებული წნევა +

ბირთვული ურთიერთქმედების წნევა –

გადაგვარებული
ელექტრონული წნევა:

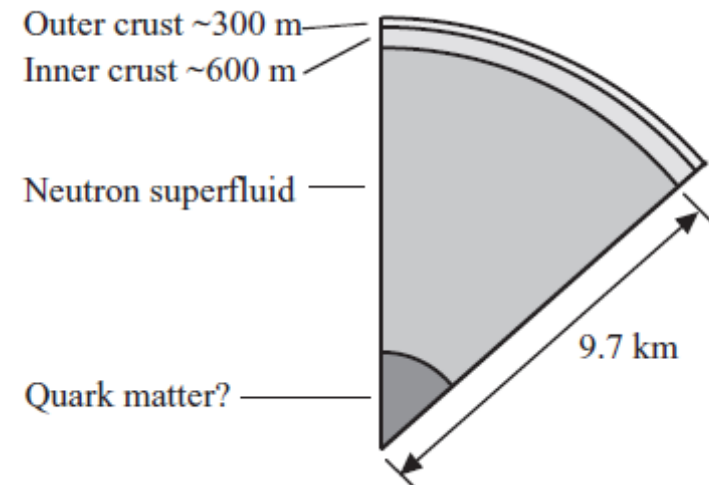
$$C^2 = (dP/d\rho) < 0 ,$$

$$\omega^2 < 0$$



სტრუქტურა

1. გაზური ატმოსფერო ($<0.1\text{მ}$)
2. გარე ქერქი (crust) (300მ)
ბირთვული/კრისტალური სტრუქტურა
3. შიდა ქერქი (600მ)
ნეიტრონული/კრისტალური სტრუქტურა
4. ნეიტრონული სითხე (9.7კმ)
ზედენადობა
5. ბირთვი (0.3კმ?)
მატერიის უცნობი ორგანიზაცია, კვარკული მატერია?



მასები

მინიმალური მასა: 1.4 მზე (თეთრი ჯუჯის ჩანდრასეკარის ზღვარი)

მაქსიმალური მასა:

მაკროსკოპული განხილვა:

შვარცშილდის რადიუსი
(შავი ხვრელის ფორმირება)

მიკროსკოპული განხილვა:

$(dP/d\rho) > 0$, (მდგრადობა)

$(dP/d\rho) < C$, (მიზეზ–შედეგობრიობა)

მაქსიმალური მასა

შვარცშილდის რადიუსი: $R_S = 2GM/c^2$

სფერული კომპაქტური ობიექტი: $M = 4\pi R^3 \rho / 3$

უხეში შეფასება ($1/3 > 0$) $R \approx \left(\frac{M}{4\rho} \right)^{1/3}$

$$R_S > R$$

ნეიტრონული ვარსკვლავის კოლფსის პირობა: $\frac{2GM}{c^2} > \left(\frac{M}{4\rho} \right)^{1/3}$

$$M > \frac{c^3}{2^{5/2} \rho_{\text{av}}^{1/2} G^{3/2}}$$

$$M \gtrsim 5 M_{\odot}.$$

მაქსიმალური მასა

თეთრი ჯუჯის რადიუსი: $R \propto M^{-1/3}$

შვარცშილდის რადიუსით მასის შეზღუდვა: $3.6 M_{\odot}$

მიზეზ–შედეგობრიობა:

$$\left(\frac{dP}{d\rho} \right)^{1/2} \leq c$$

მდგომარეობის განტოლება: FPS, UU, APR, L, SLy, ...

მაქსიმალური მასის ზღვარი:

$$3 M_{\odot}$$

რელატივისტური მდგომარეობის განტოლება: 2.7 მზე?

აღმოჩენის ისტორია

თეორიული მოდელი

Walter Baade & Fritz Zwicky 1934

კიბორჩხალას ნისლეულში მძლავრი რადიო გამოსხივების წყარო

Antony Hewish & Samuel Okoye 1965

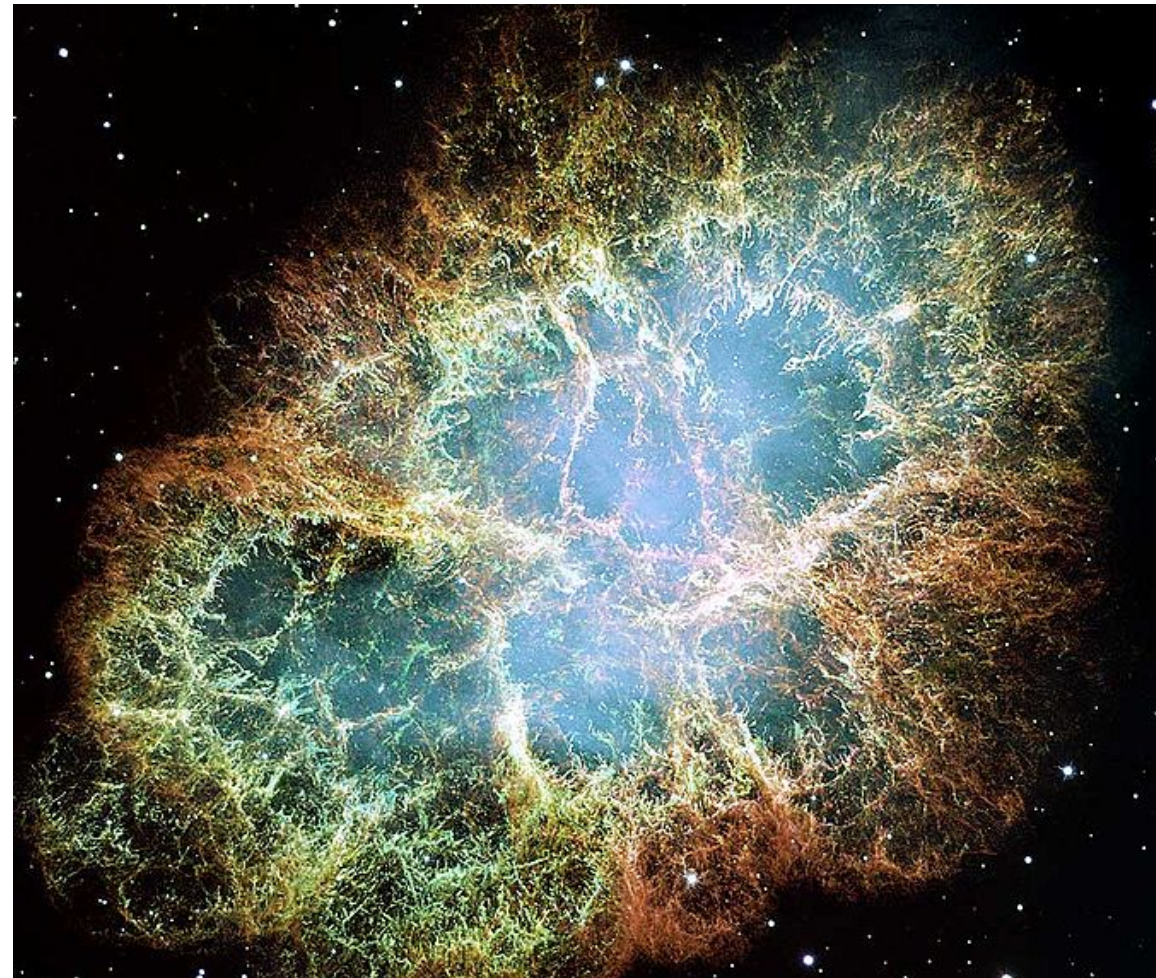
ზეახალი ვარსკვლავი 1054

რადიო პულსაციები

Jocelin Bell & Antony Hewish 1967

1974 Nobel Prize:

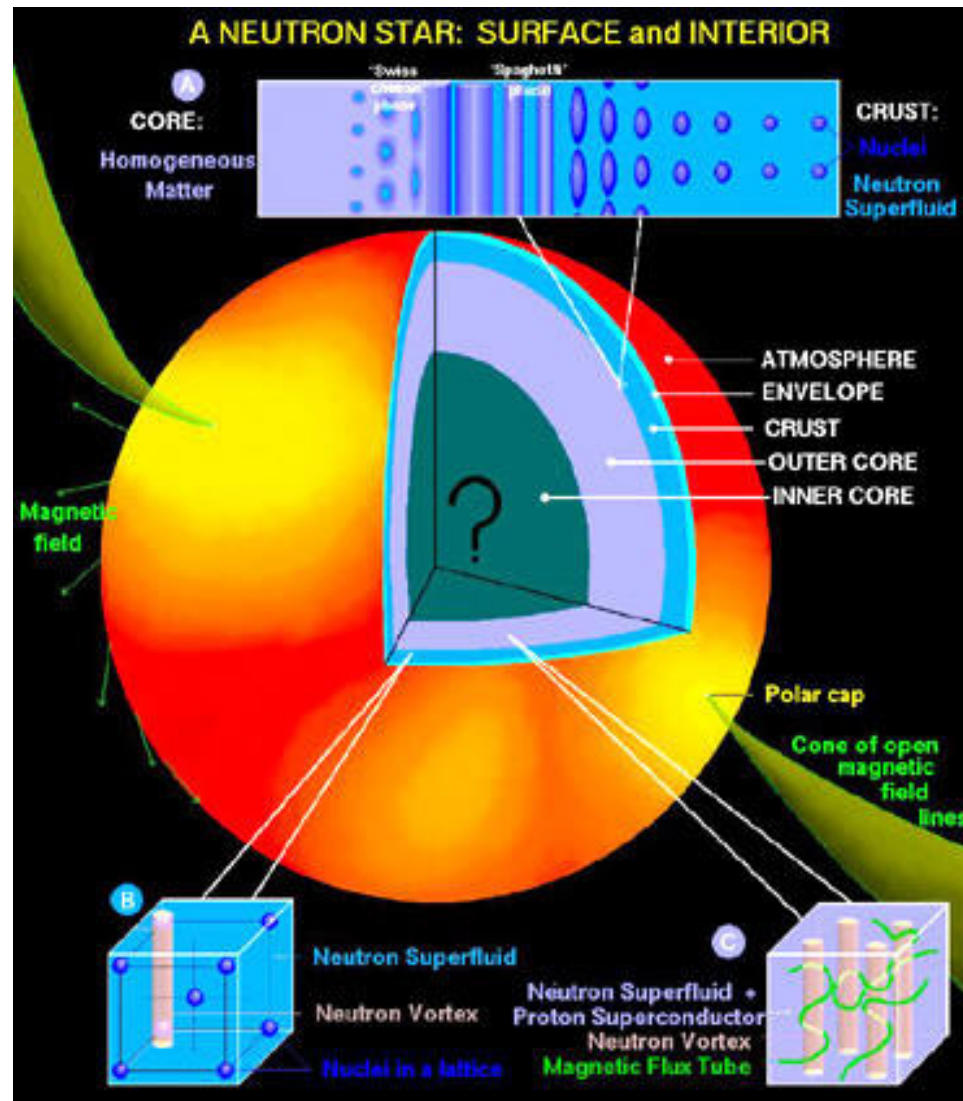
Hewish, **Okoye, Bell;**



მოდელი

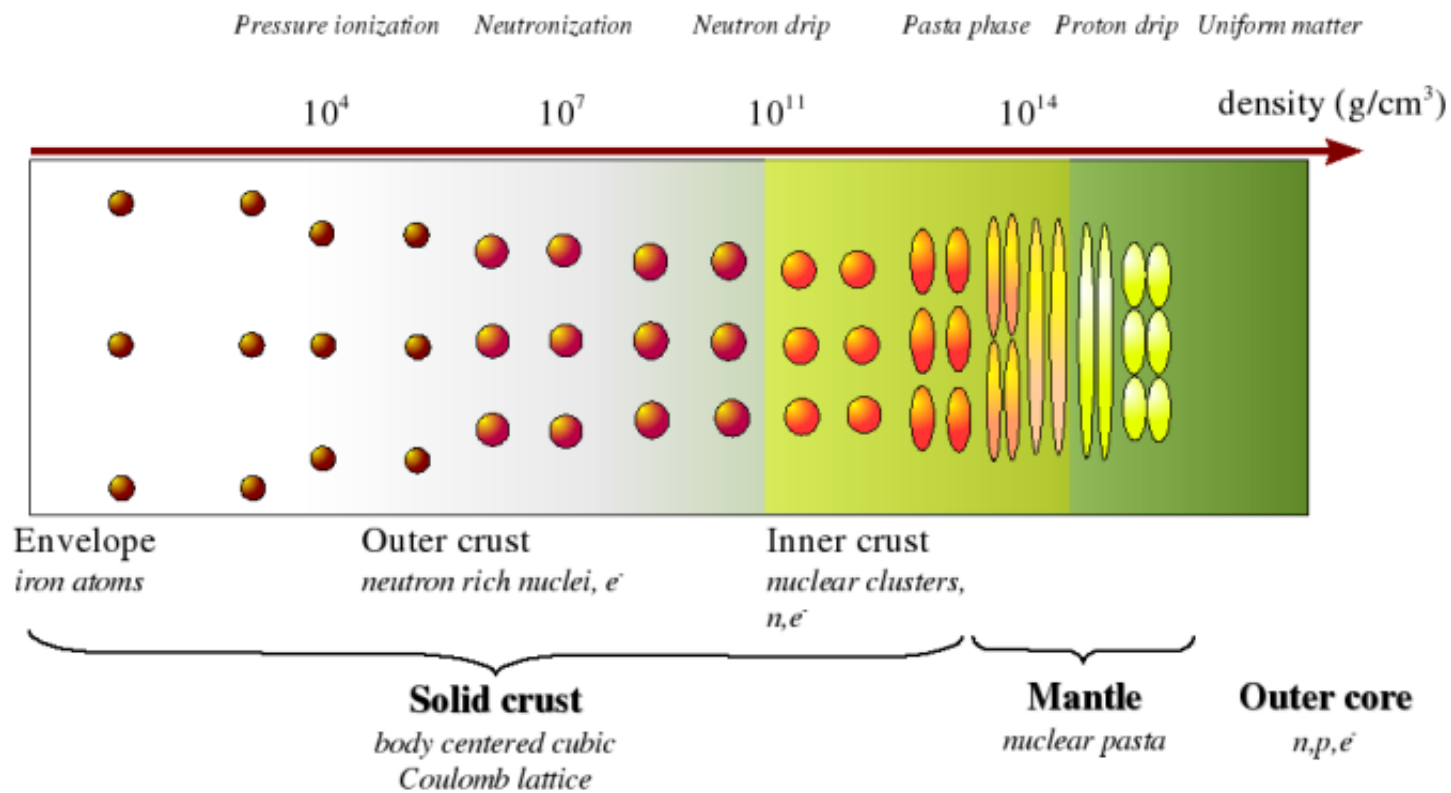
წონასწორული მდგომარეობა

- გრავიტაცია
- ბრუნვა
- მაგნიტური ველი



მოდელი

მატერიის სტრუქტურა სიმკვრივების მიხედვით



პულსარები

მკაცრად პერიოდული გამოსხივების იმპულსები:

1.4 მილიწამი – 8.5 წამი

ნეიტრონული ვარსკვლავის გამოსხივება: შუქურას ეფექტი;

გამოსხივების ენერგიის წყაროები:

– ბრუნვითი ენერგია;

ნეიტრონული ვარსკვლავის ბრუნვის შენელება;

– აკრეცია

დონორი ვარსკვლავიდან აკრეცირებული მატერიის გრავ. ენერგია

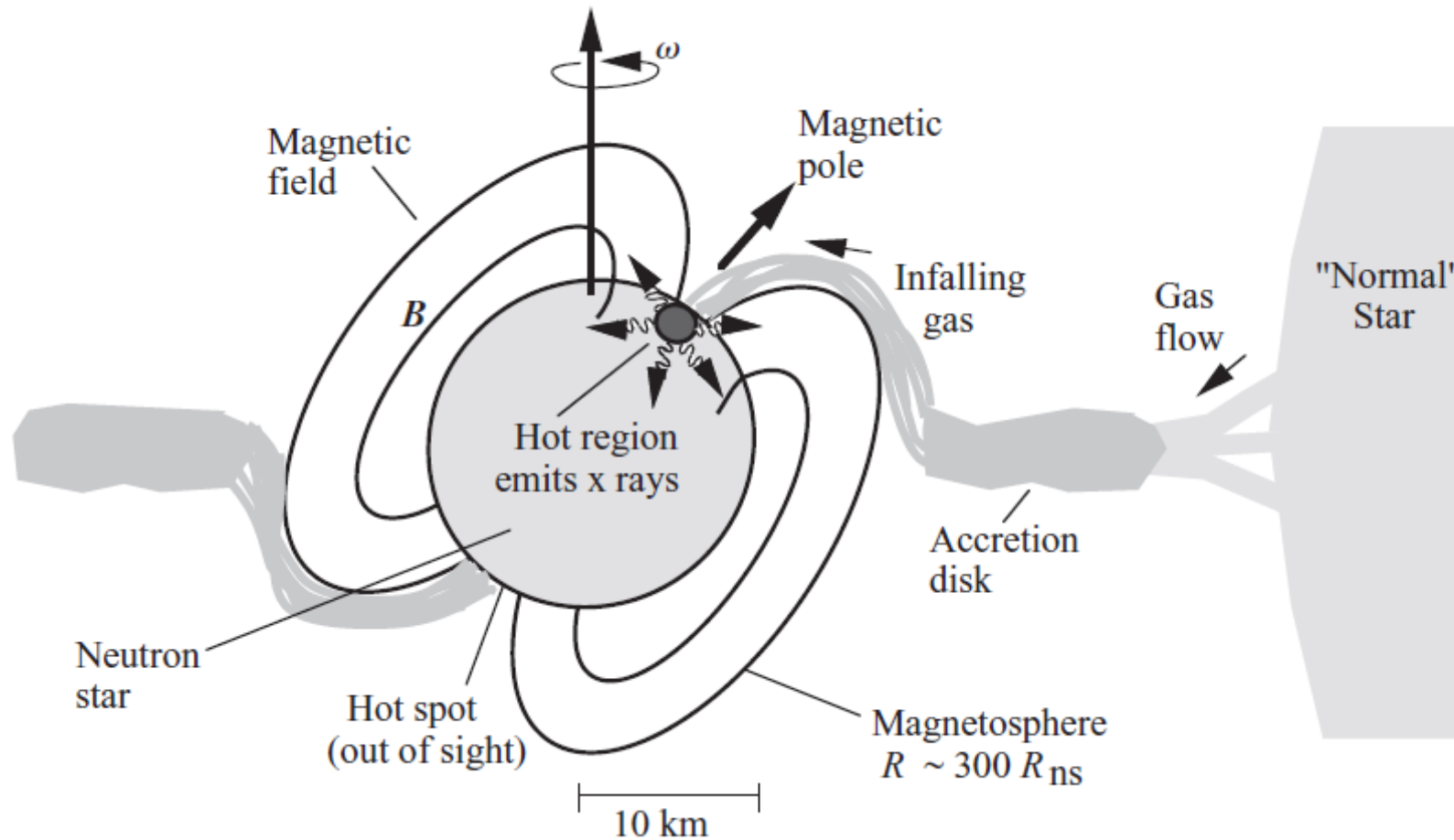
– მაგნიტური ენერგია

მაგნეტარები, ზემოქმედება მაგნიტური ველების შესუსტება

მნიშვნელოვანი პულსარები

- The first radio pulsar CP 1919 (now known as PSR 1919+21), with a pulse period of 1.337 seconds and a pulse width of 0.04 second, was discovered in 1967.^[24] A drawing of this pulsar's radio waves was used as the cover of British post-punk band Joy Division's debut album, *Unknown Pleasures*.
- The first binary pulsar, PSR 1913+16, whose orbit is decaying at the exact rate predicted due to the emission of gravitational radiation by general relativity
- The first millisecond pulsar, PSR B1937+21
- The brightest millisecond pulsar, PSR J0437-4715
- The first X-ray pulsar, Cen X-3
- The first accreting millisecond X-ray pulsar, SAX J1808.4-3658
- The first pulsar with planets, PSR B1257+12
- The first double pulsar binary system, PSR J0737-3039
- The longest period pulsar, PSR J2144-3933
- The most stable pulsar in period, PSR J0437-4715

აკრეცია ნეიტრონულ ვარსკვლავზე

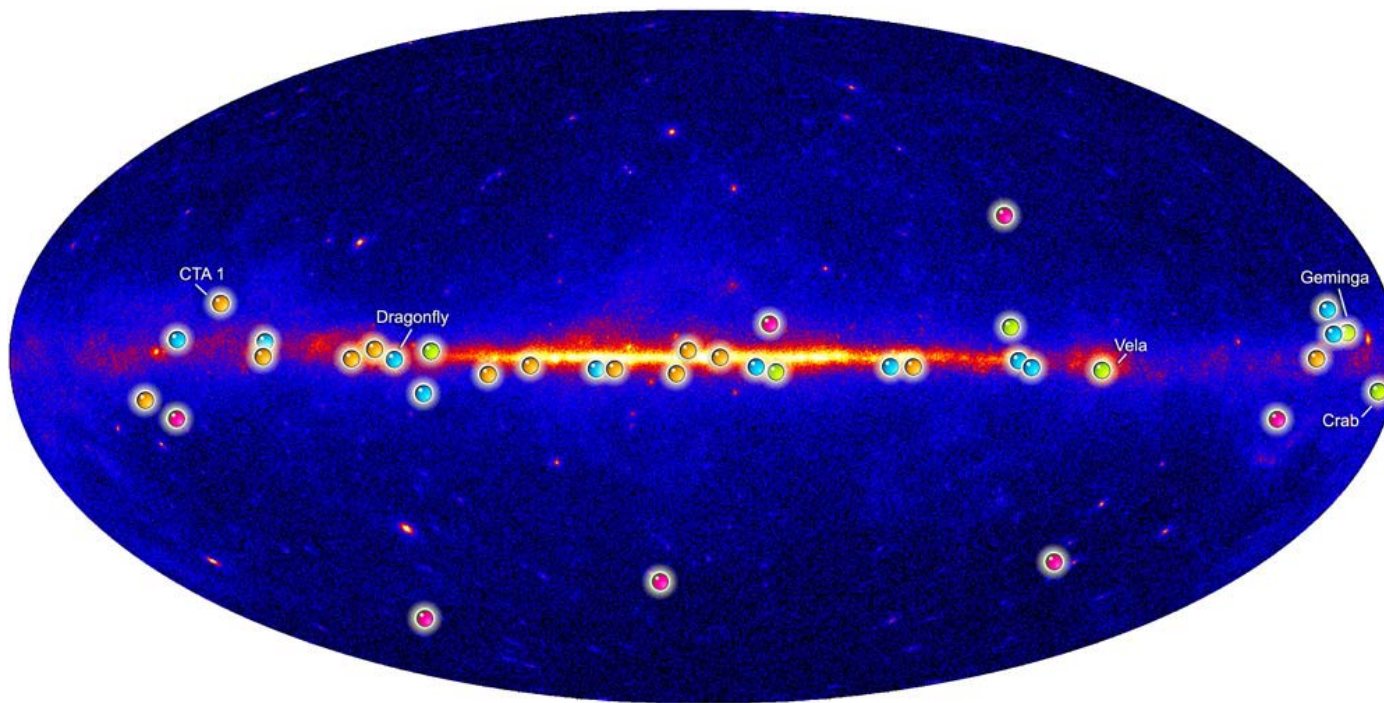
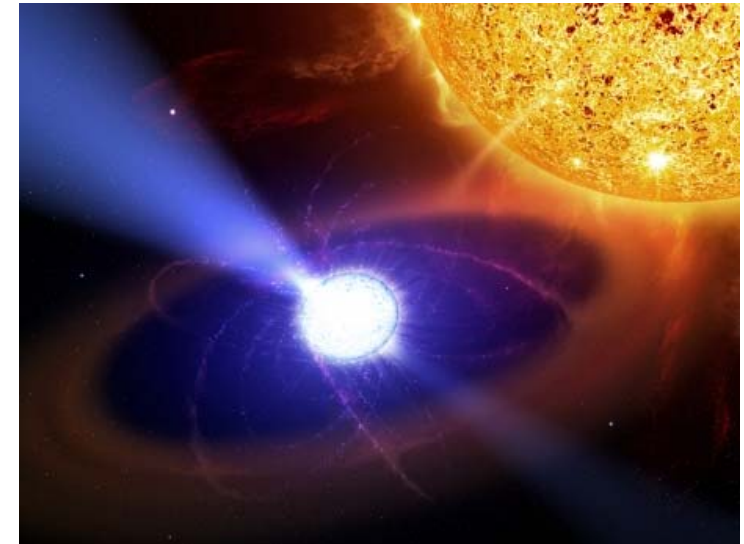


ძლიერი მაგნიტური ველი: მასის აკრეცია პოლარულ უბნებში

აკრეცია ნეიტრონულ ვარსკვლავზე

რენტგენული პულსარები
გამა გამოსხივების პულსარები

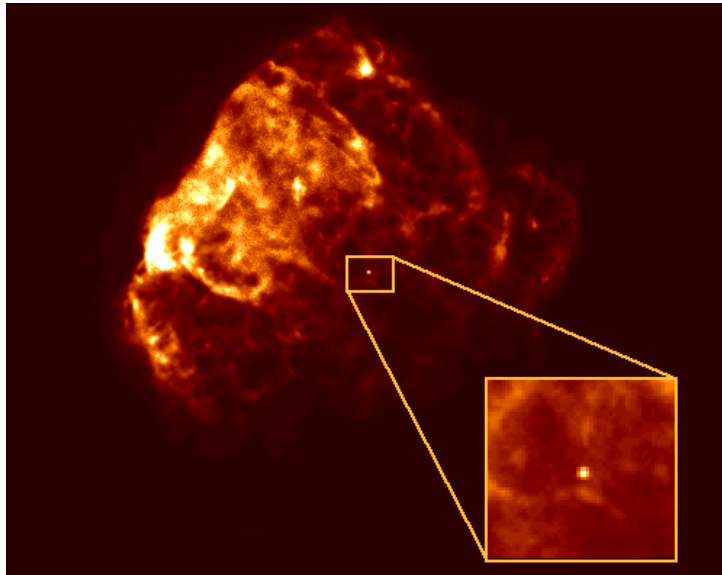
NASA Fermi Gamma-ray Space Telescope



Fermi Pulsar Detections

- New pulsars discovered in a blind search
- Millisecond radio pulsars
- Young radio pulsars
- Pulsars seen by Compton Observatory EGRET instrument

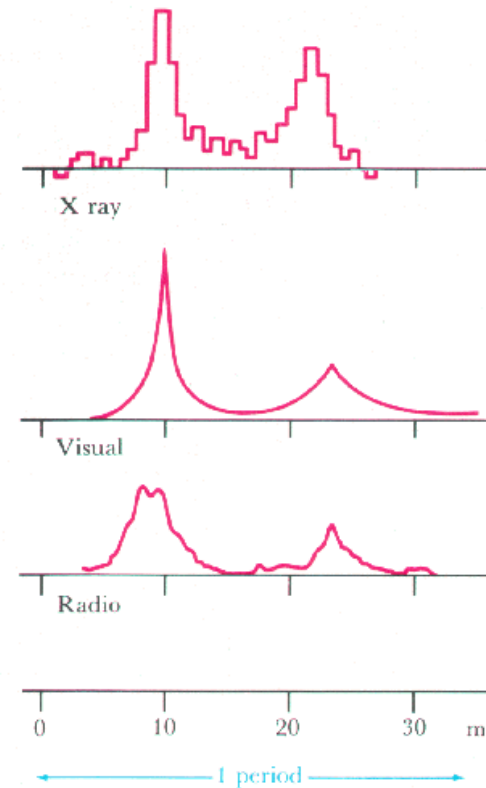
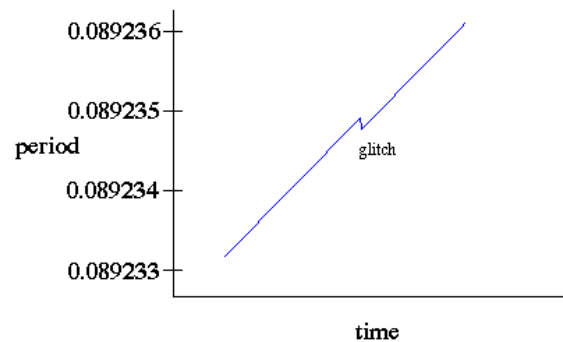
აკრეცია ნეიტრონულ ვარსკვლავზე



Puppisa A

Starquake

Often the period of pulsar shows a glitch indicating a speed-up in the period. These are due to 'starquakes' in the crust of the neutron star which produces a small contraction in the crust, and an increase in rotation



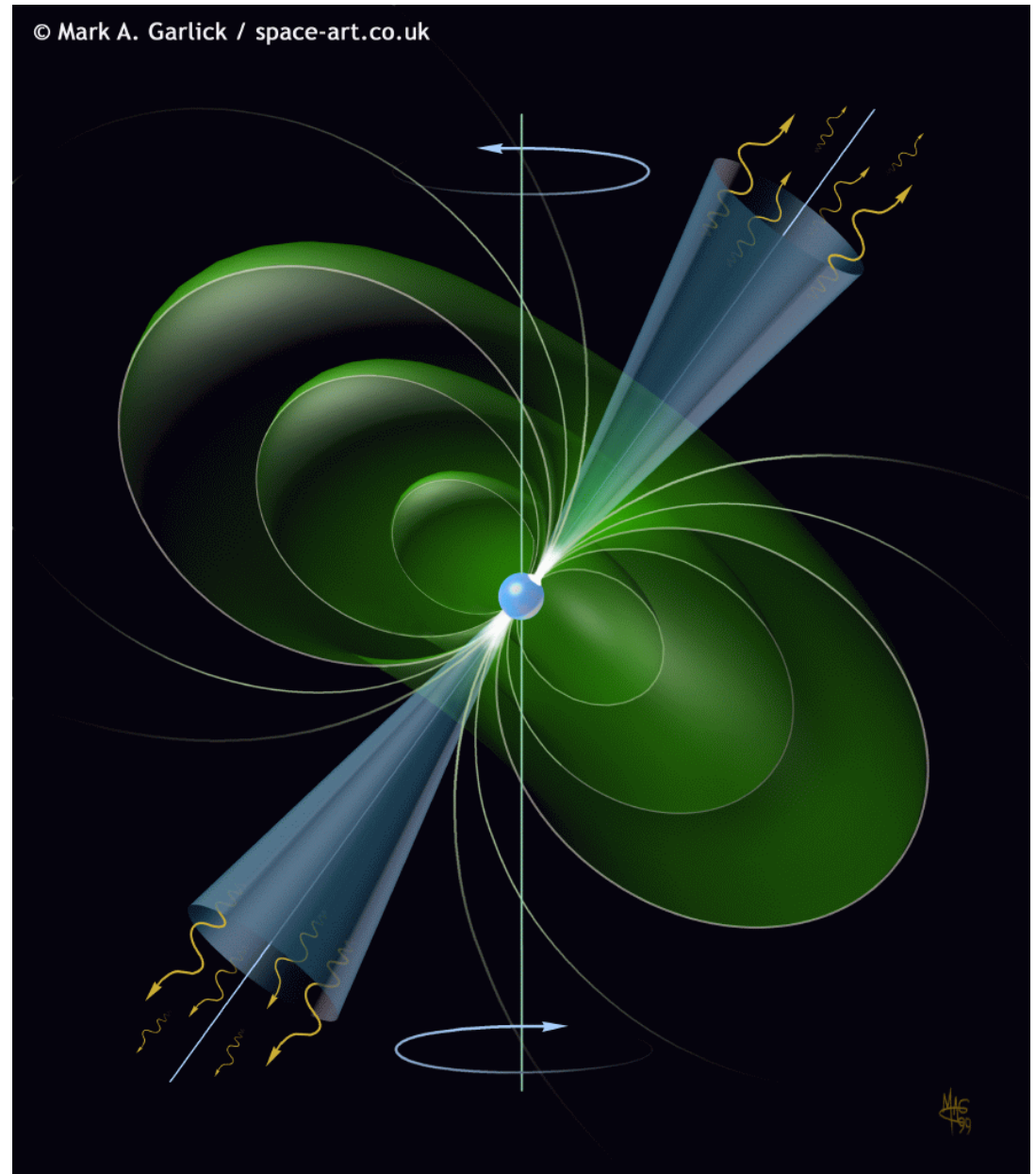
ვარსკვლავური „ქერქის ძვრა“

იზოლირებული ნეიტრონული ვარსკლავი

ძლიერი მაგნიტური ველი:

მაგნიტოსფერო:
დიპოლური ველი;

რელატივისტური
ელექტრონ-პოზიტრონული
პლაზმა;



გამოსხივება

დამუხტული ნაწილაკის
მაგნიტურ ველში მოძრაობა;

ლორენცის ძალა;

რელატივისტური ელექტრონები:

სინქროტრონული გამოსხივება;

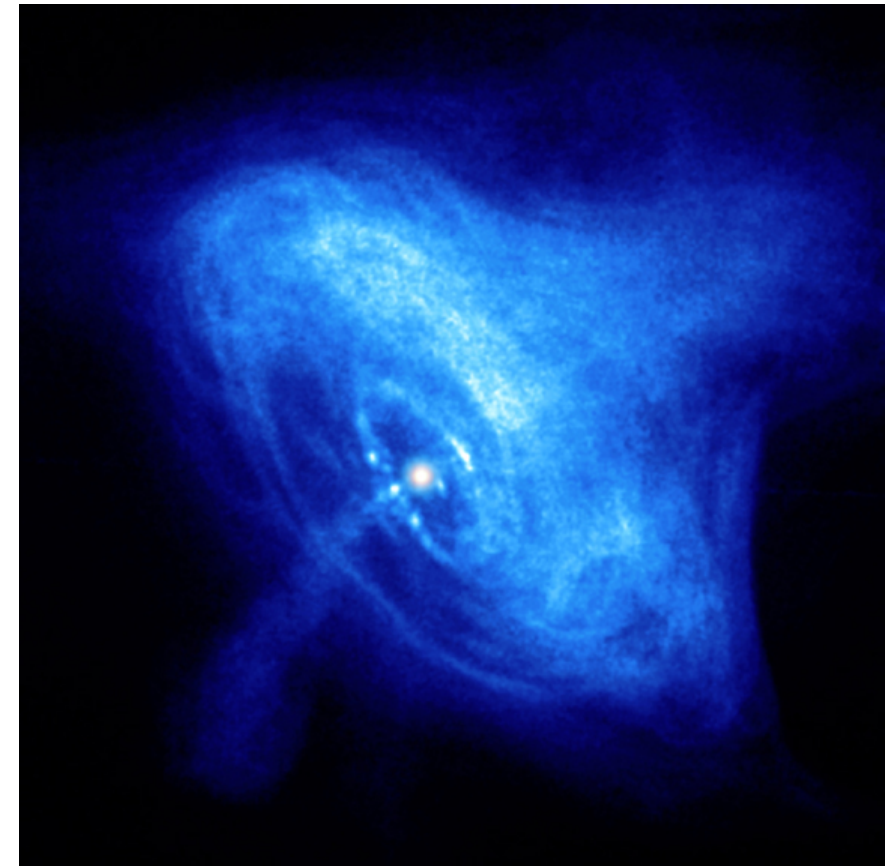
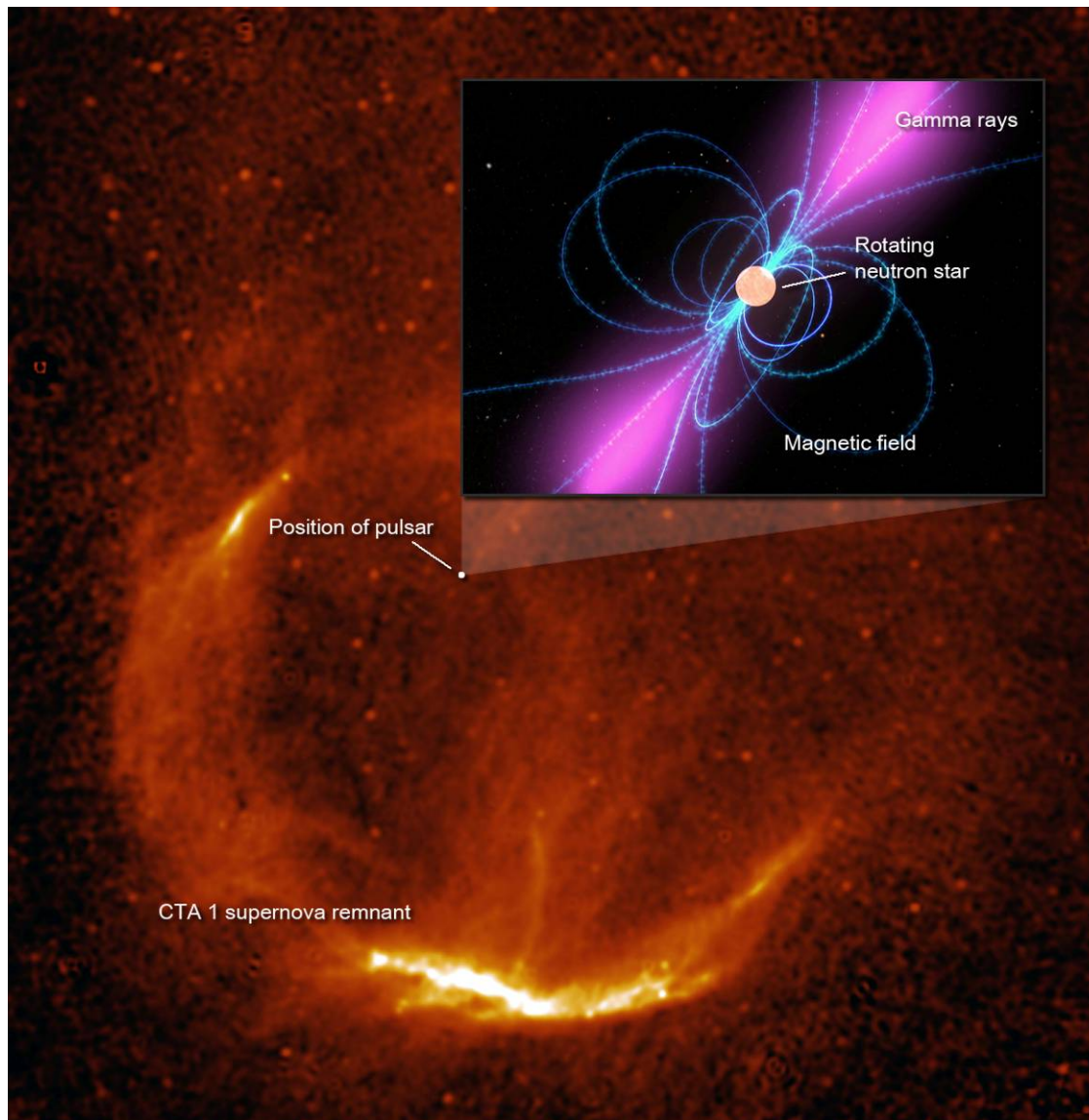
ელექტრონების მოძრაობა
გამრუდებულ მაგნიტურ ველში:

სიმრუდის გამოსხივება;



დაკვირვებები

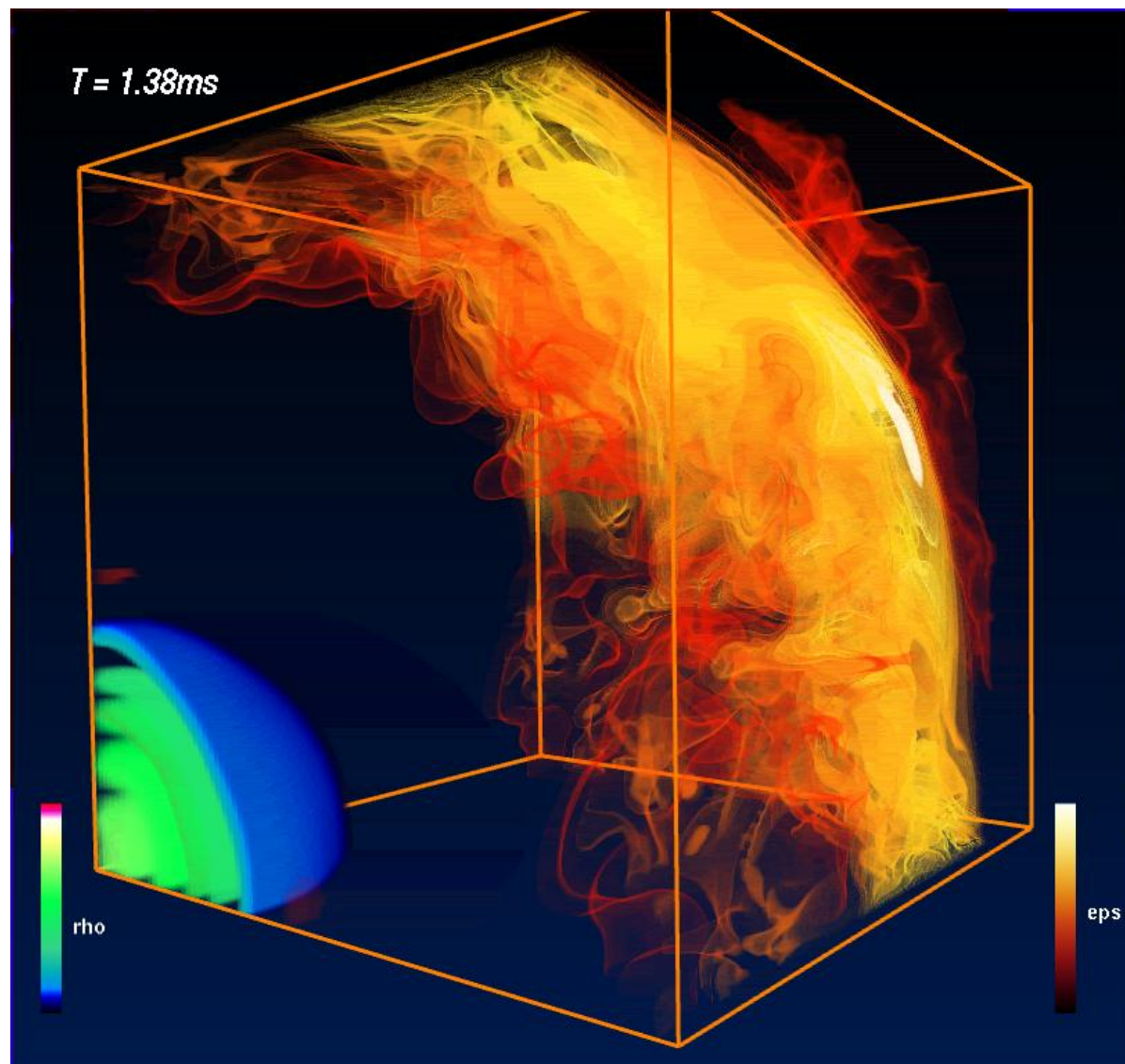
რენტგენული გამოსხივება: (Crab Nebula and pulsar)



ნეიტრონული ვარსკვლავი და
მშობელი ზეახლის გარე შრე

მოდელირება

ზეახალის აფეთქება და მასის გადანაწილება



მოდელირება

ძლიერი მაგნიტური ველების გავლენა კომპაქტური ობიექტის დაბადებაზე

