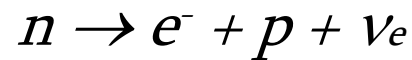


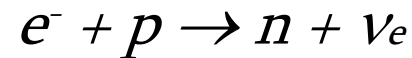
ნეიტრონული ვარსკვლავები

ნეიტრონიზაცია

თავისუფალი ნეიტრონის ბეტა დაშლა (ნდპ 10.25 წუთი)



პროტონების ნეიტრონიზაცია:



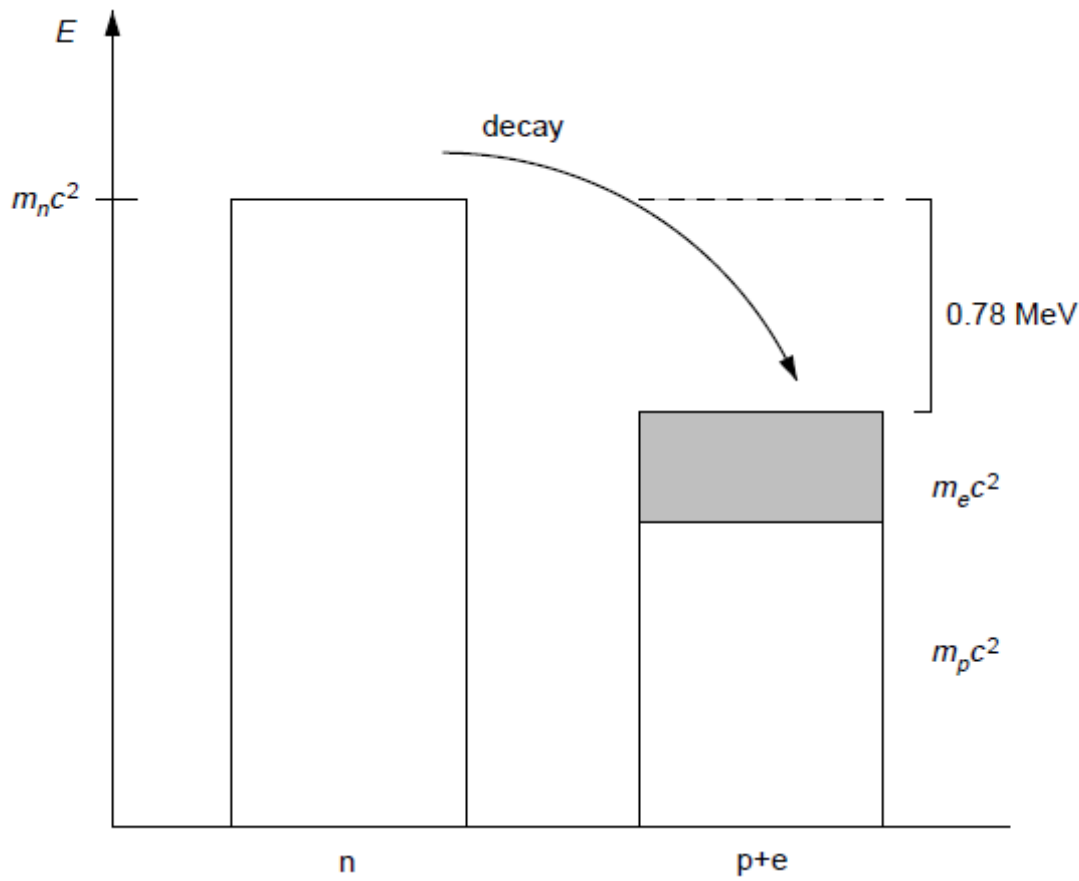
– სკონტანური ნეიტრონიზაცია;

– ჯაჭვური ნეიტრონიზაცია;

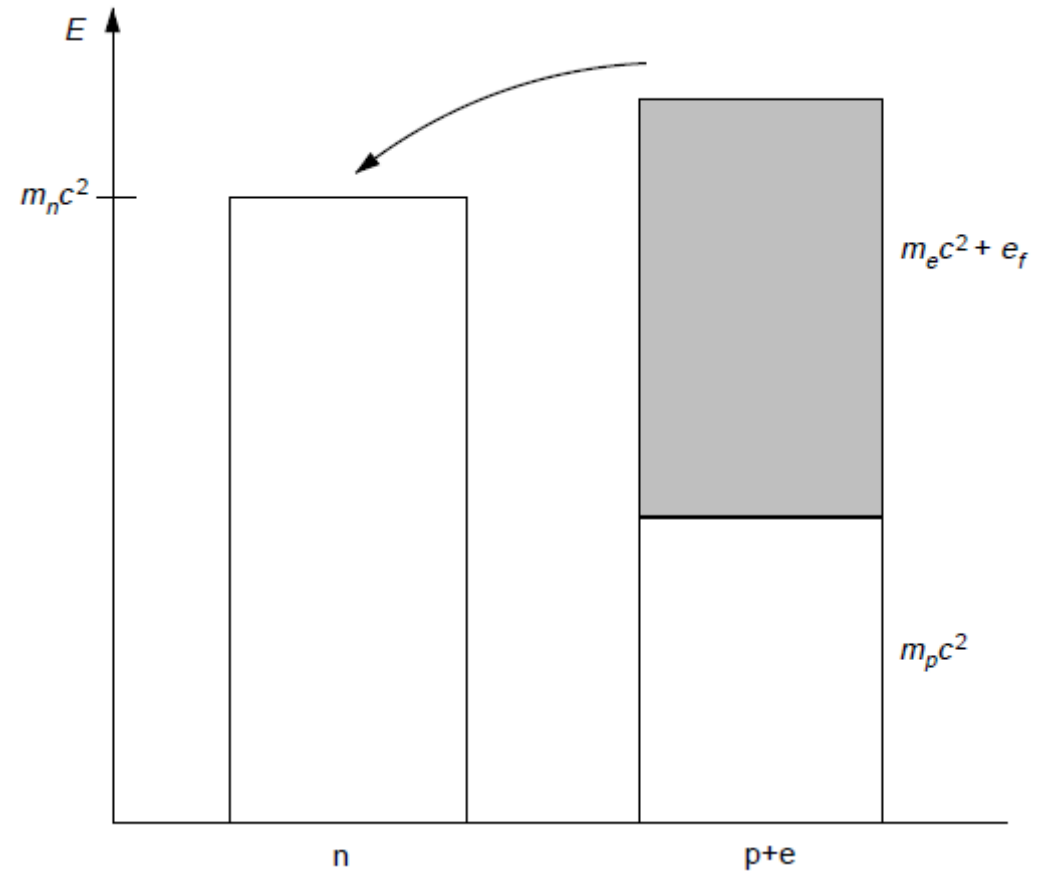
ზედენადი ნეიტრონული სითხე: “Neutron drip point”

იშვიათად: $\nu_e + p \rightarrow n + e^+$

ბეტა დაშლა



ნეიტრონიზაცია



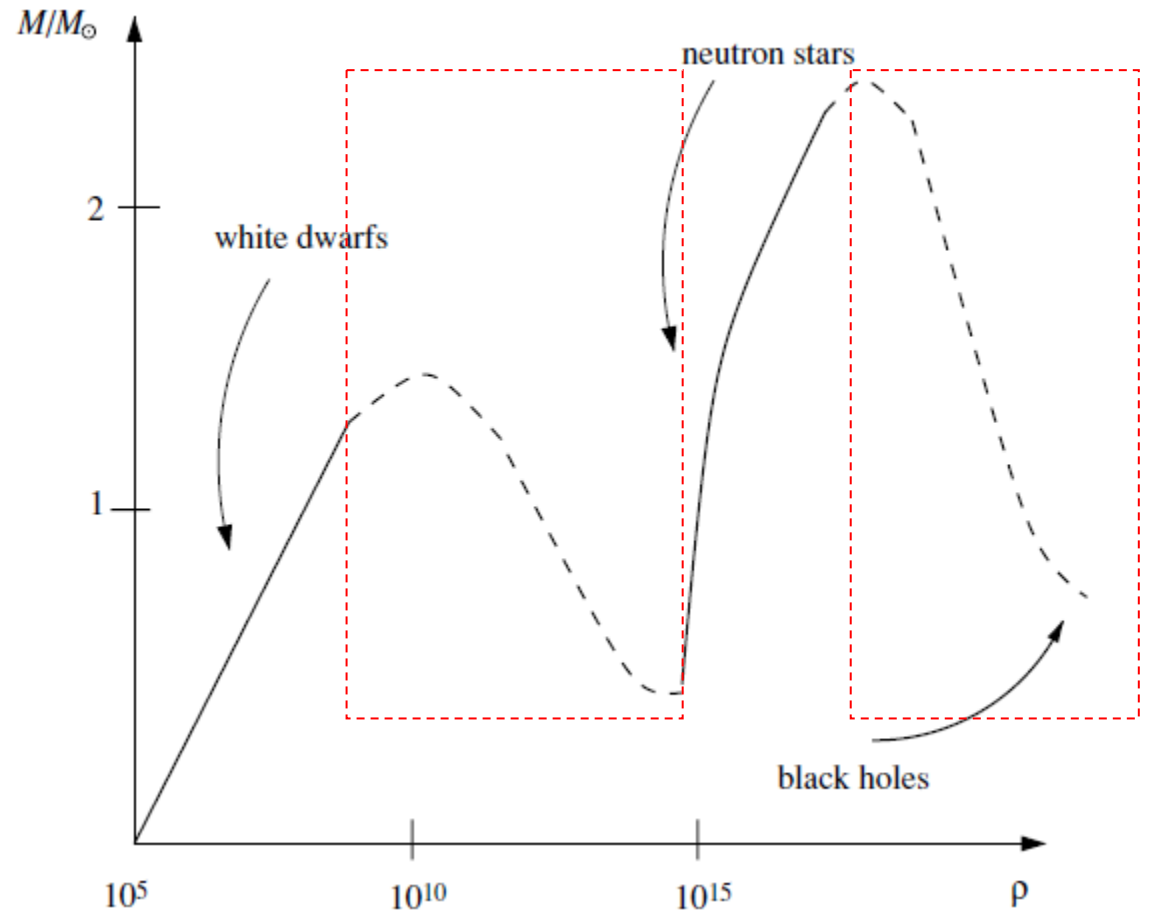
მდგრადობა

ჰიდროსტატიკური წონასწორობა:

გადაგვარებული
ელექტრონული წნევა:

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

$$\omega^2 = C^2 k^2 < 0$$



ბირთვული ვარსკვლავი

ზეახალის ნარჩენი/თეთრი ჯუჯის კოლაფსი;

ბირთვული მატერია: ნეიტრონული სიმკვრივე;

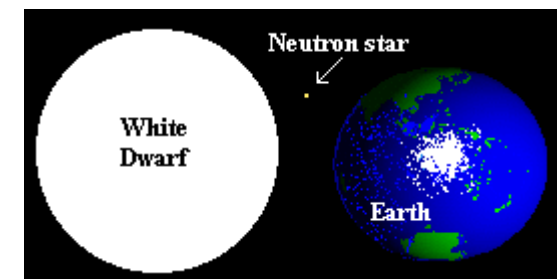
$$\rho_n = \frac{m_n}{\frac{4}{3}\pi r_n^3} = 1.2 \times 10^{17} \text{ kg/m}^3,$$

სფერული ვარსკვლავის მასა:

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

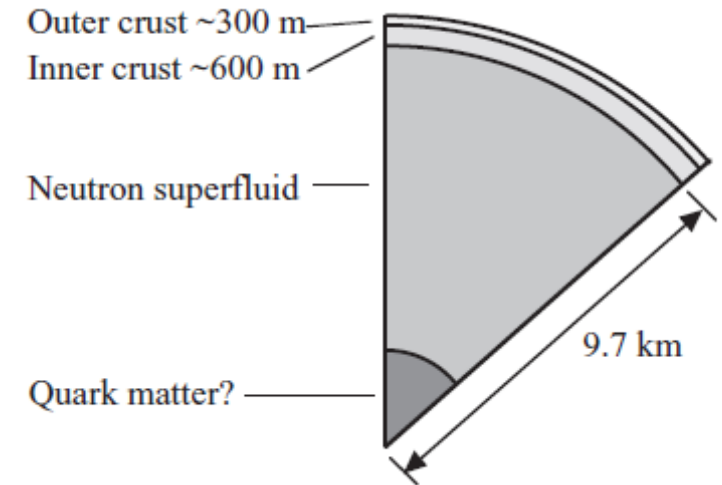
თუ $M_{\text{ns}} = 1.4 M_{\odot}$,

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



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 (9.7 კმ)
ზედენადობა
5. ბირთვი (0.3კმ?)
მატერიის უცნობი ორგანიზაცია, კვარკული მატერია?



ნეიტრონული ვარსკვლავის მასა

მასა/რადიუსი: მდგომარეობის განტოლება:

გადაგვარებული ნეიტრონული აირის წნევა + ბირთვული ძალები (?)

მინიმალური მასა: 1.4 მზე (თეთრი ჯუჯის ჩანდრასეკარის ზღვარი)

მაქსიმალური მასა:

მაკროსკოპული განხილვა:

შვარცშილდის რადიუსი
(შავი ხვრელის ფორმირება)

მიკროსკოპული განხილვა:

1. $(dP/d\rho) > 0$, (მდგრადობა)
2. $(dP/d\rho) < C$, (მიზეზ–შედეგობრიობა)

მაქსიმალური მასა: მაკროსკოპული შეფასება

შვარცშილდის რადიუსი: $R_S = 2GM/c^2$

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

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

ნეიტრონული ვარსკვლავის „შვარცშილდიზაცია“: $R_S > R$

აბსოლუტური კოლფსის პირობა: $\frac{2GM}{c^2} > \left(\frac{M}{4\rho}\right)^{1/3} \quad M > \frac{c^3}{2^{5/2} \rho_{\text{av}}^{1/2} G^{3/2}}$

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

მაქსიმალური მასა: მიკროსკოპული შეფასება

თეთრი ჯუჯის რადიუსი:

$$R \propto M^{-1/3}$$

დავალება: შევაფასოთ მაქსიმალური მასის შეზღუდვა

$$3.6 M_{\odot}$$

მიზეზ-შედეგობრიობის შეზღუდვა: $3 M_{\odot}$

რელატივისტური მდგომარეობის განტოლება: **2.7 მზის მასა?**

ნეიტრონული ვარსკვლავის ბრუნვა

ბრუნვის მაქსიმალური სიხშირე: ω_{max}

დავალება:

რა მინიმალური პერიოდით შეიძლება ბრუნავდეს ნეიტრონული ვარსკვლავი?

$$G \approx 6.674 \times 10^{-11} \text{ N (m/kg)}^2.$$

$$M_{\odot} = (1.98855 + 0.00025) \times 10^{30} \text{ kg}$$

<http://www.tevza.org/home/course/PCO2012/>

H. Bradt, “Astrophysics Processes” (Cambridge University Press, 2008)
(*subsections 4.4*)

A. C. Phillips, “The Physics of Stars” (Wiley 1994)
(*subsections 6.3*)