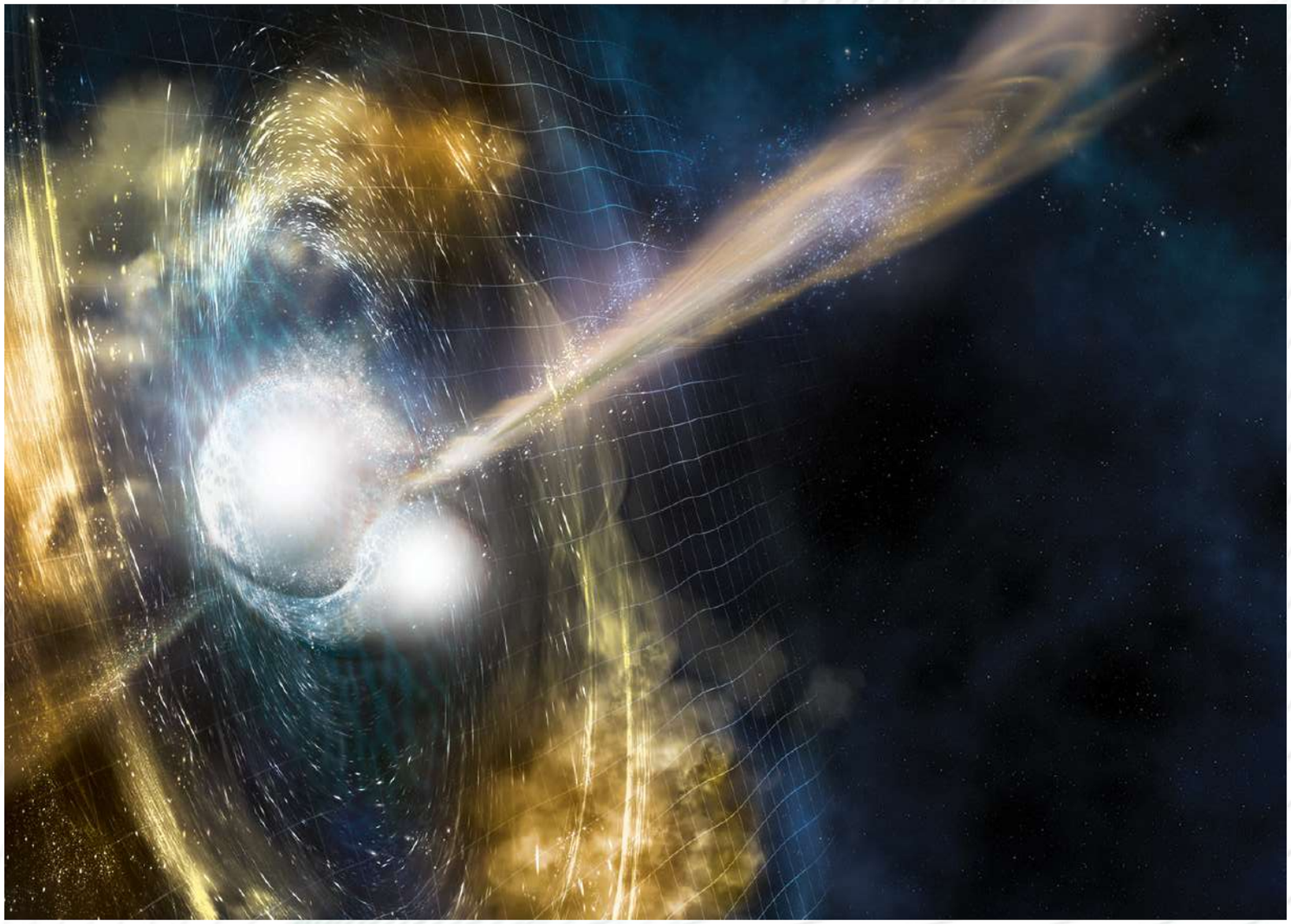
Astrofísica relativística: uma visão geral sobre estrelas de nêutrons

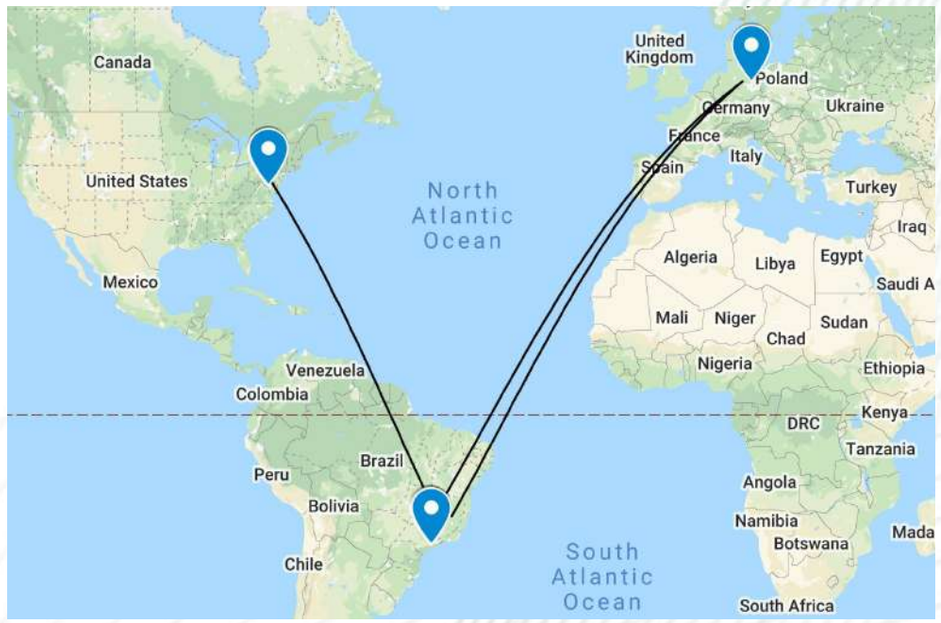


Cecilia Chirenti

Aventuras em Física Teórica - Ensino Médio no ICTP-SAIFR 1/8/2020

Quem sou eu?

4 Pesquisadora na NASA/GSFC



2 Pós-Doc no MPI for Gravitational Physics

3 Professora na UFABC

1 Estudante de Bacharelado
e Doutorado em Física na USP

UFABC

Aula Interativa

Diferentes oportunidades para os alunos participarem:

Enquete

Escolham uma alternativa para votar na janela da enquete.

Também vale chutar uma resposta!

Perguntas dos alunos

Vamos ver as perguntas mais votadas no *slido* sobre os temas vistos até agora. Perguntas mais gerais serão respondidas no final!

Discussão em grupos

1 os alunos vão em grupos de 5 para as salas de discussão

2 cada grupo escolhe um representante

3 a discussão será finalizada em 10 min

4 o representante escreve a resposta do grupo na planilha (280 caracteres)

Pergunta para discussão

Levantem a mão para responder, ou coloquem suas respostas no chat!

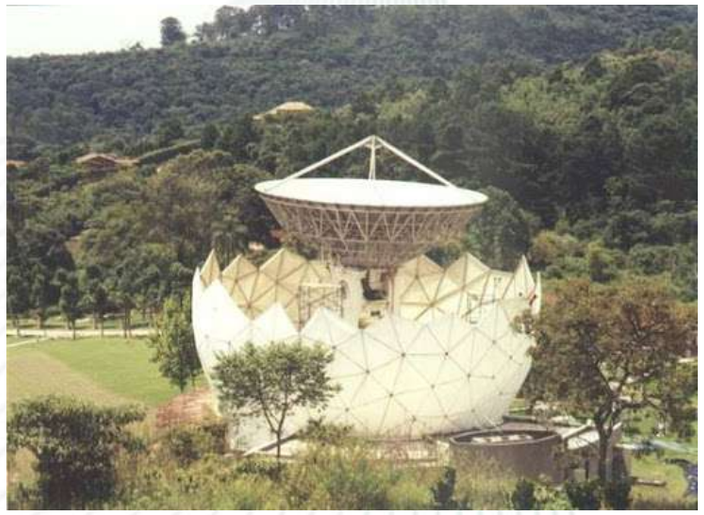
UFABC

Pergunta para discussão:

O que um rádio telescópio "vê"?

1997

Arecibo, Porto Rico



Atibaia, SP

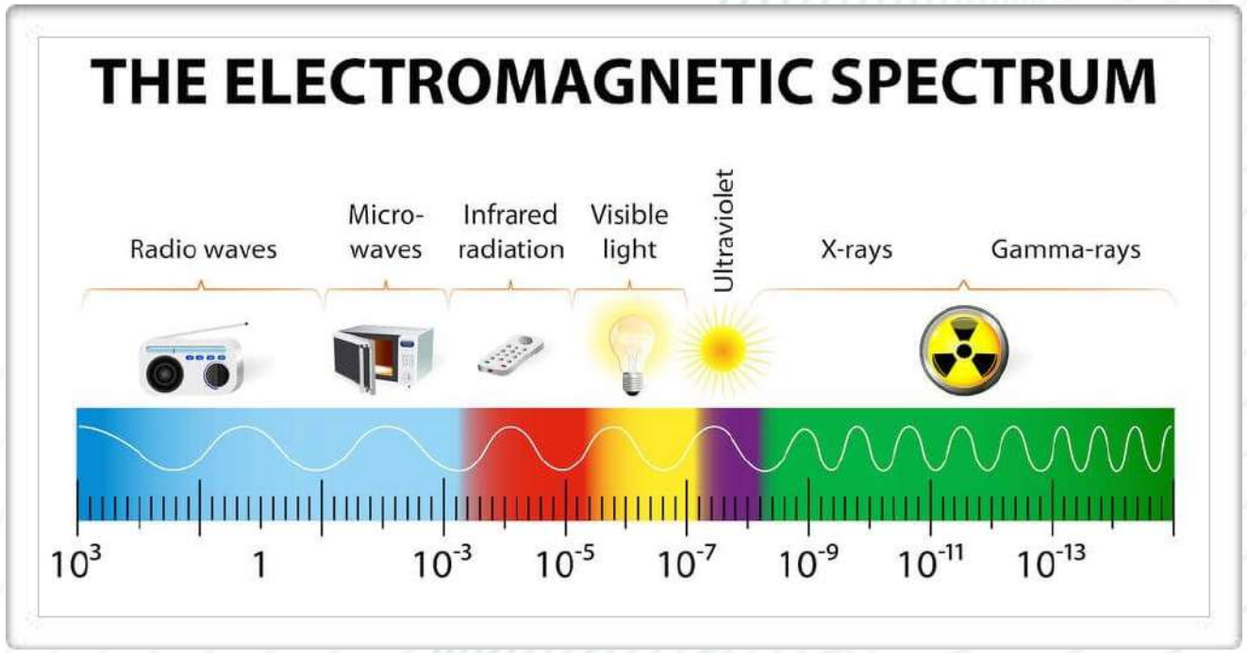
1995

Levantem a mão para responder, ou coloquem suas respostas no chat!

Pergunta para discussão:

O que um rádio telescópio "vê"?

Comprimento de onda *maior*
Frequência *menor*
Menos energético



Comprimento de onda *menor*
Frequência *maior*
Mais energético

Ondas de rádio também são luz!

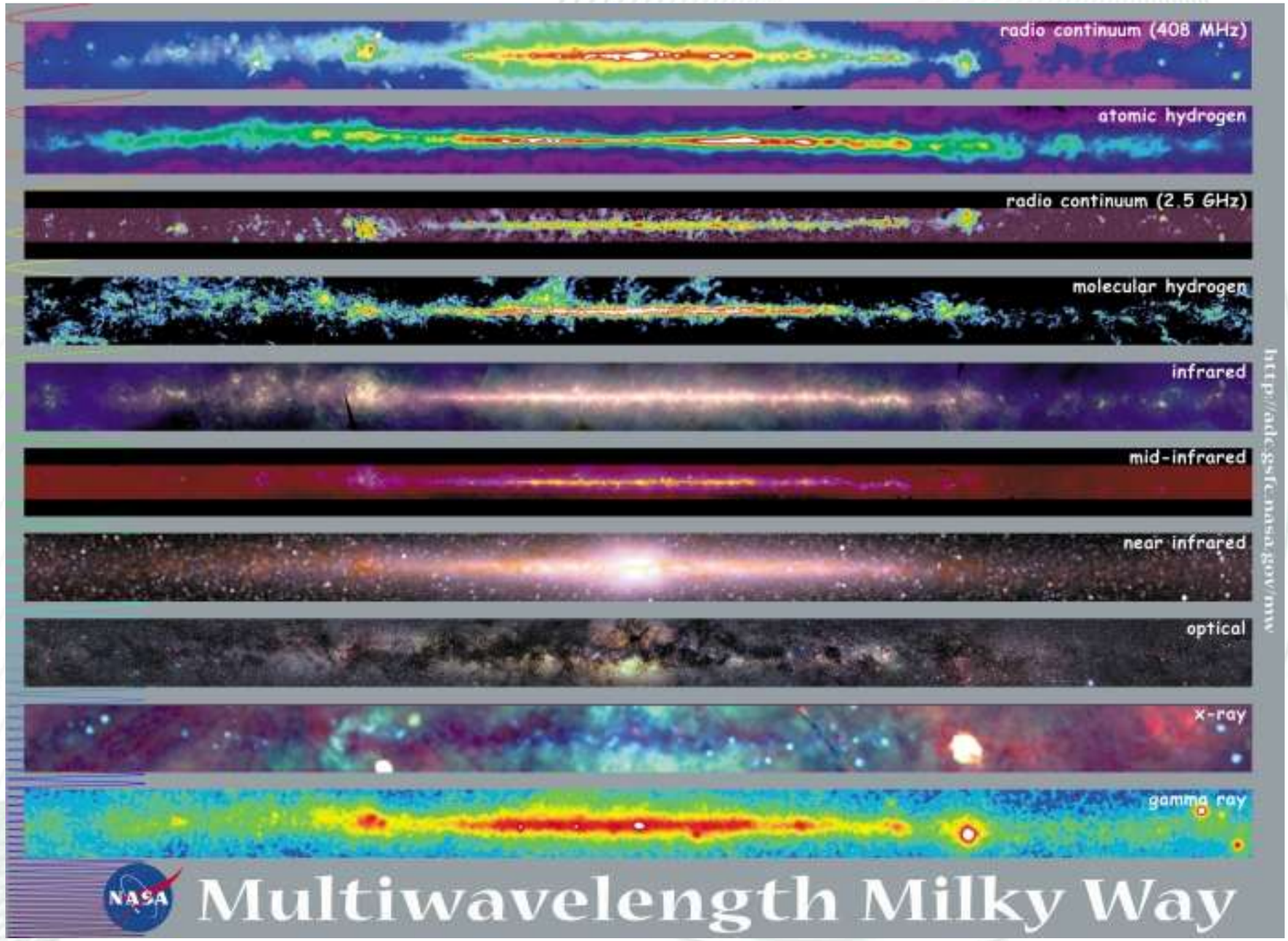
$$c = \lambda f \qquad E = hf$$

UFABC

Pergunta para discussão:

O que um rádio telescópio "vê"?

Observamos a Via Láctea em todos os comprimentos de onda!

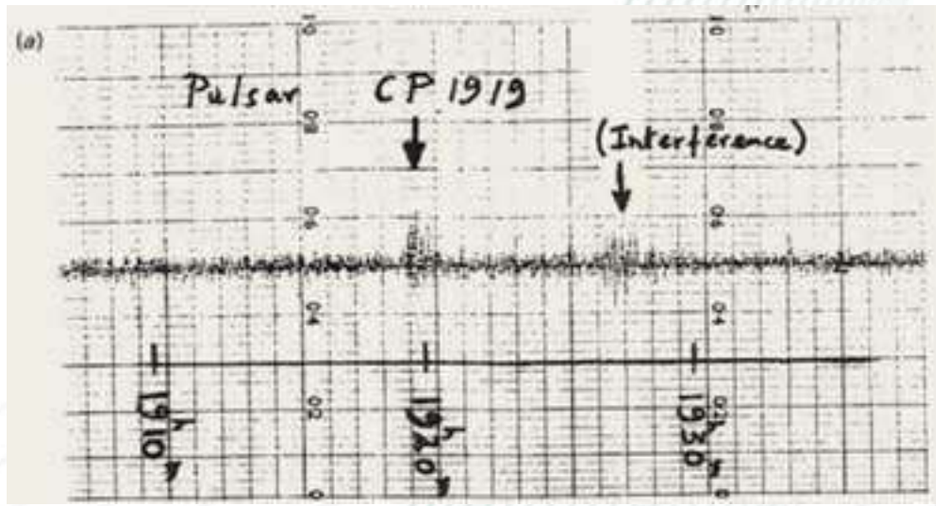


UFABC

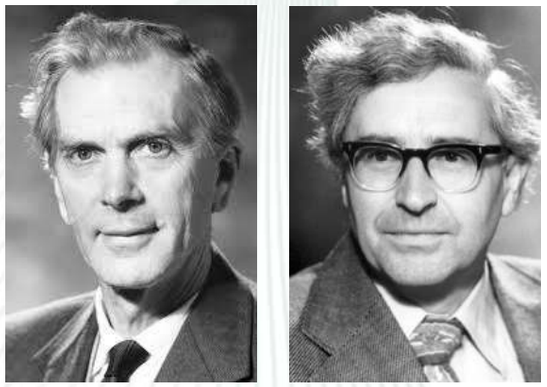
Estrelas de nêutrons: como tudo começou

Jocelyn Bell - 1967

A descoberta dos pulsares



dados



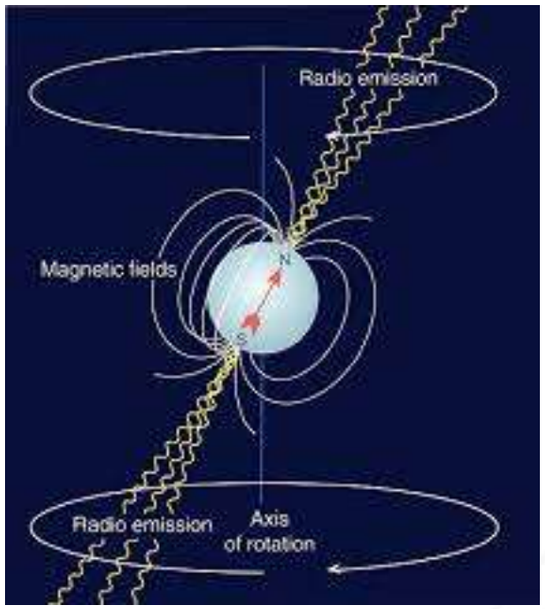
Prêmio Nobel de Física de 1974

Little Green Men?
LGM1, LGM2, LGM3

"telescópio" em Cambridge

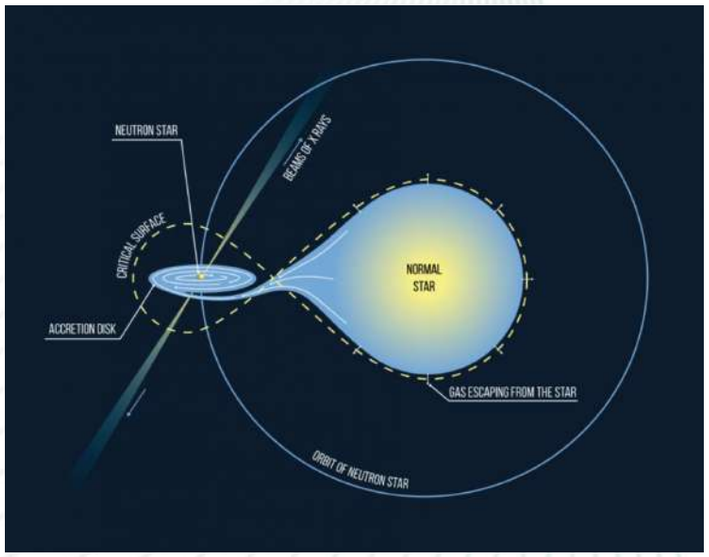
Breakthrough Prize 2018

Como observamos estrelas de nêutrons?



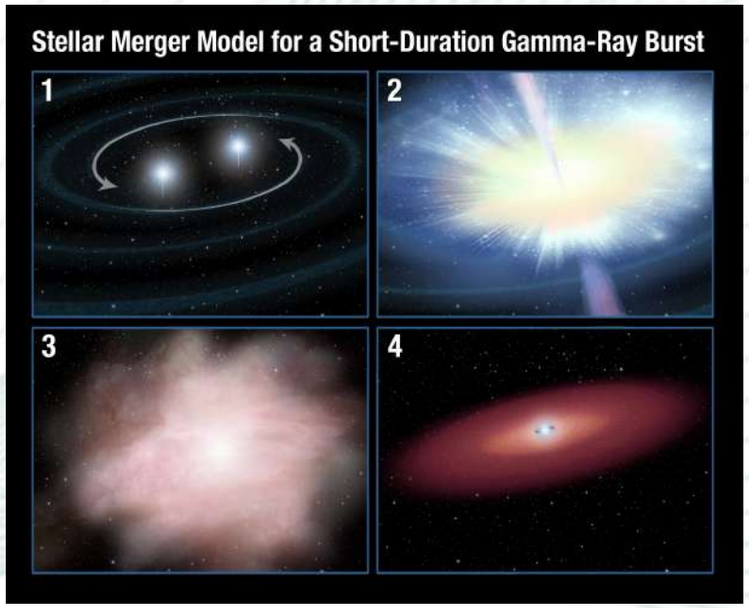
Rádio pulsares

Nebulosa do Carangueijo



Binários de raios X

Ondas gravitacionais



Short gamma-ray burst

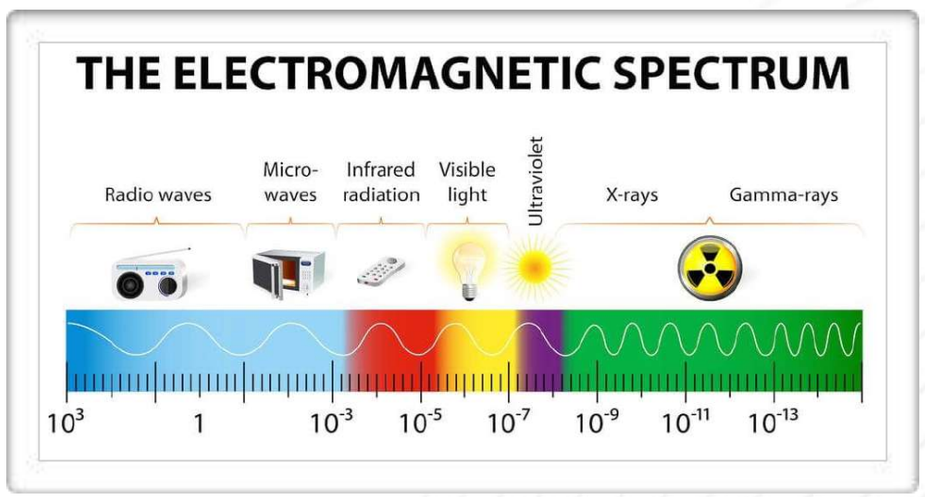
LIGO

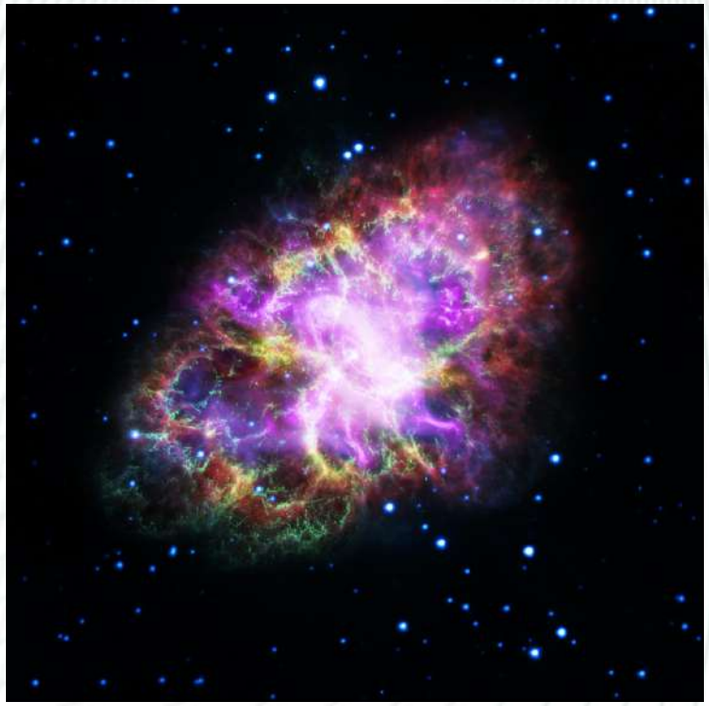
Kilonova

Satélite Fermi

UFABC

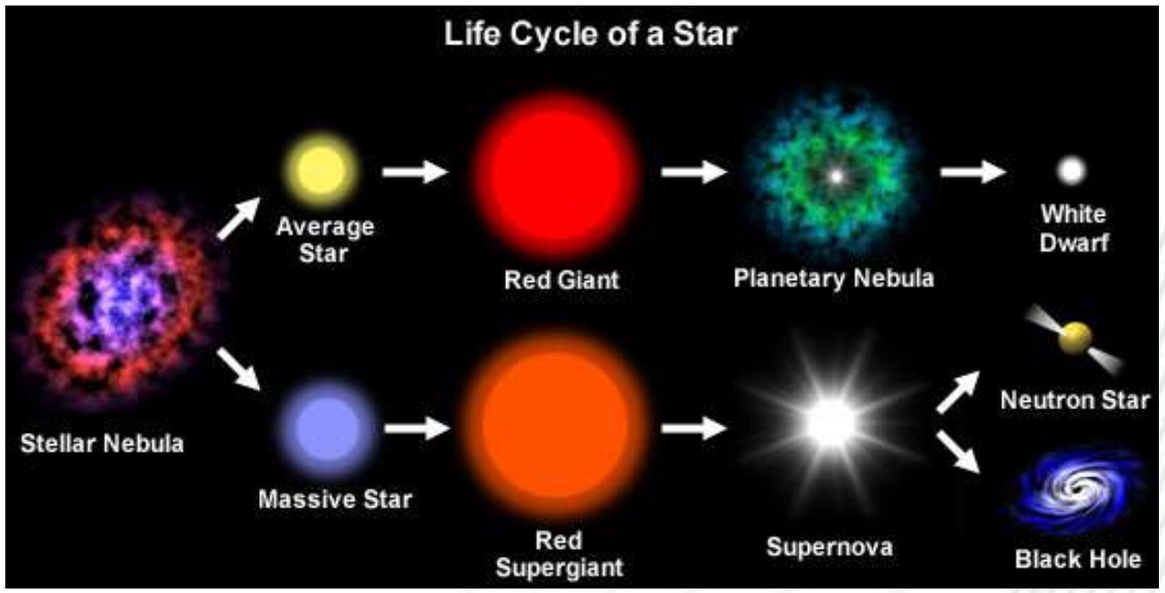
Perguntas?





Vamos ver as perguntas mais votadas no *slido* sobre os temas vistos até agora. Perguntas mais gerais serão respondidas no final!

Como nascem as estrelas de nêutrons? Supernovas!



Enquete:

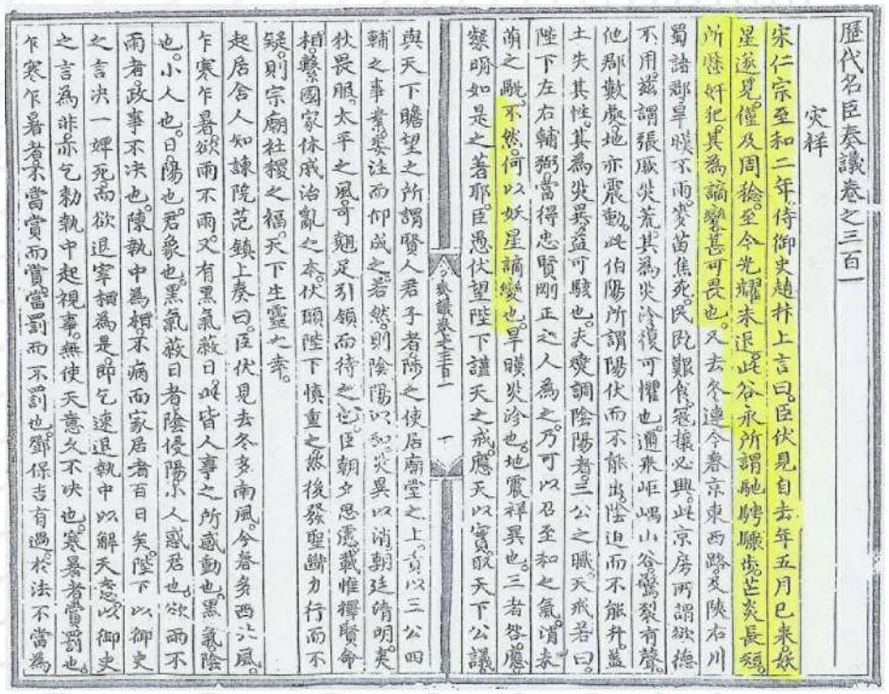
Supernovas são eventos raros?
Estimativa:
Uma por galáxia por século!

Existem 100 bilhões de galáxias
Qual o valor total de supernovas por segundo?

A massa inicial determina o destino final de uma estrela

A 1ª observação foi feita em 184 AD

"Os céus não são imutáveis?"


歷代名臣奏議卷之三百一
災祥
宋仁宗至和二年侍御史趙抃上言曰臣伏見自去年五月已來妖星遂見僅及周稔至今光耀未退近谷永所謂馳騁驟步芒炎長矩所懸奸犯其為譴變甚可畏也又去冬違令蒼京東西路及陝右川蜀諸郡旱暵不雨麥苗焦死民既艱食寇攘必興此京房所謂欲德不用茲謂張厥災荒其為災沴復可懼也邇來地震山谷巖裂有聲他郡數處地亦震動此伯陽所謂陽伏而不能出陰迫而不能升益土失其性其為災異益可驚也夫變調陰陽者三公之職天戒若曰陛下左右輔弼當得忠賢剛正之人為之乃可以召至和之氣消表萌之眺不然何以妖星譴變也旱暵災沴也地震祥異也三者皆應蔡明如是之著耶臣愚伏望陛下謹天之戒應天以實收天下公議與天下瞻望之所謂賢人君子者陪之使居廟堂之上以三公四輔之事業委注而仰成之若然則陰陽以和災異以消朝廷清明夷狄畏服太平之風可翹足引領而待之也臣朝夕思慮載惟禦賢命相蠲國家休戚治亂之本伏願陛下慎重之然後發聖斷力行而不疑則宗廟社稷之福天下生靈之幸
起居舍人知諫院范鎮上奏曰臣伏見去冬多南風今春多西北風乍寒乍暑欲雨不雨又有黑氣蔽日此皆人事之所感動也黑氣陰也小人也日陽也君象也黑氣蔽日者陰侵陽小人惑君也欲雨不雨者政事不決也陳執中為相不病而家居者百日矣陛下以御史之言決一婢死而欲退宰相為是邪乞速退執中以解天意以御史之言為非乎乞勅執中起視事無使天意久不決也寒暑者賞罰也乍寒乍暑者不當賞而賞當罰而不罰也鄧保吉有過於法不當為

A supernova do carangueijo foi observada Por astrônomos chineses no ano 1054 AD

UFABC

Por que nêutrons?

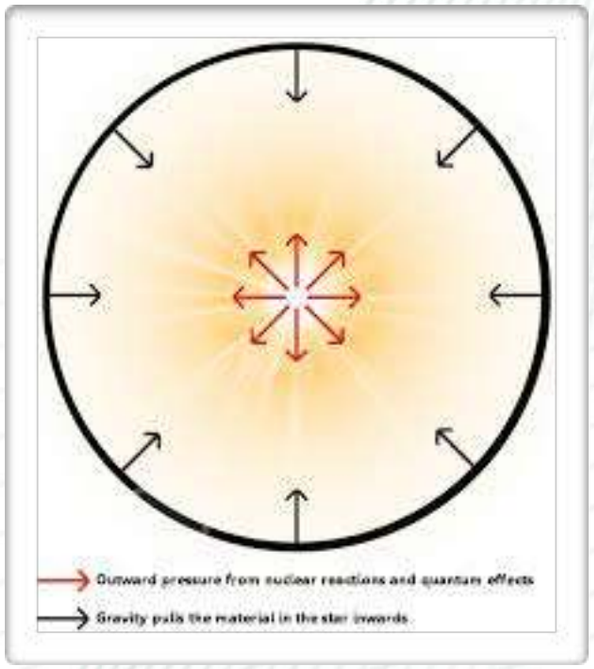
S. Chandrasekhar e esposa - 1939

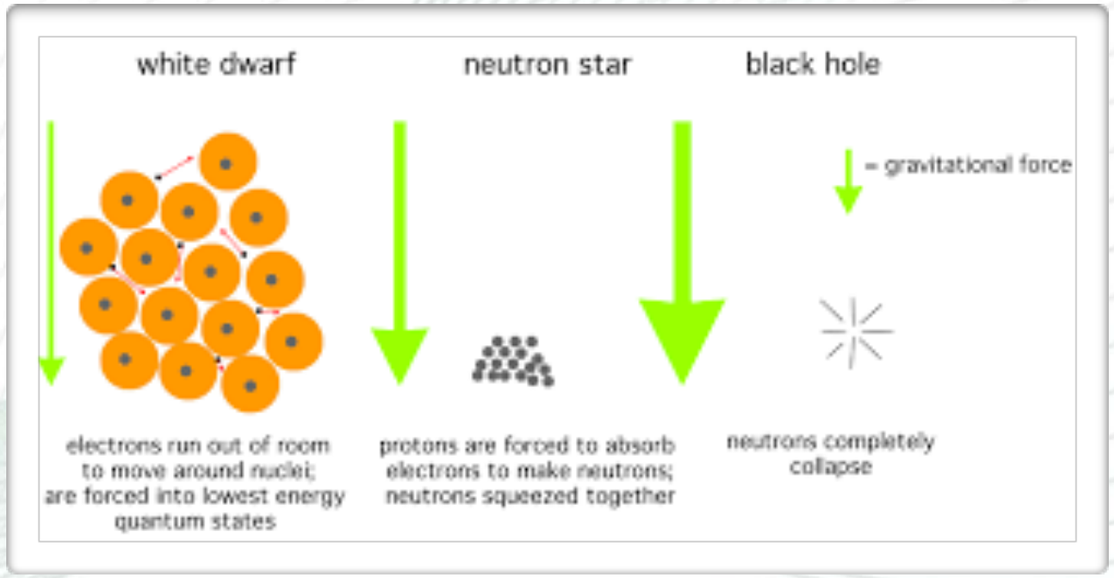
Princípio de exclusão de Pauli:
"Dois férmions não podem ocupar o mesmo estado"

Mass máxima:
anãs brancas
(Limite de Chandrasekhar)
$\sim 1.4 M_\odot$

estrelas de nêutrons
$\sim 2.2 - 3 M_\odot$

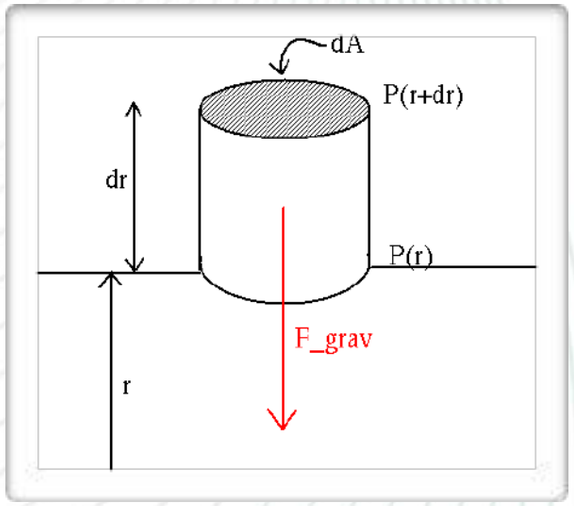
Equilíbrio estelar





A pressão do gás equilibra a força gravitacional

$$F_{\text{gas}} = F_{\text{gravitacional}}$$



$$F_{\text{gas}} = \frac{P}{A}, \quad m = \rho V$$

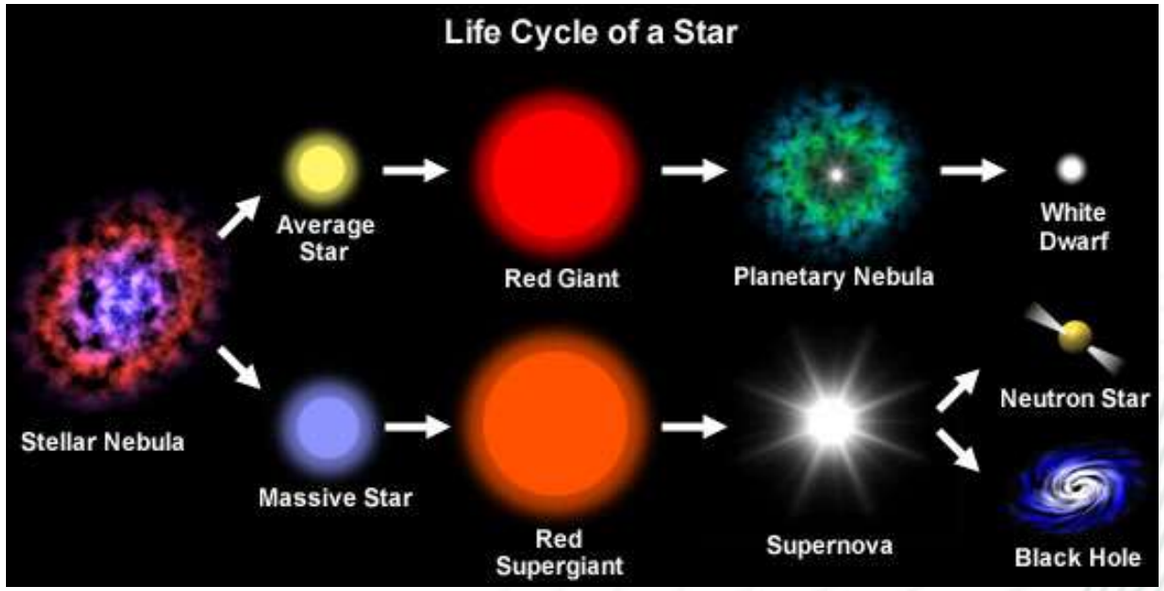
$$F_{gravitacional} = -\frac{GMm}{r^2}$$

$$\boxed{\frac{dP}{dr} = -\frac{GM(r)\rho(r)}{r^2}}$$

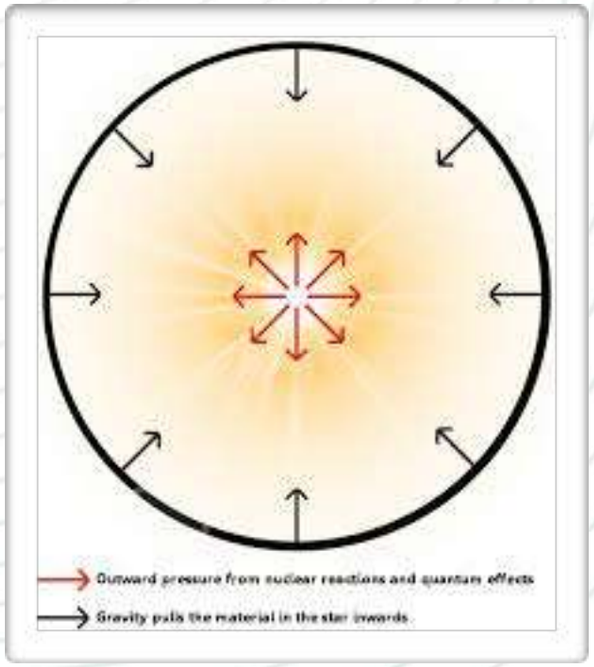
equação de equilíbrio hidrostático

UFABC

Perguntas?



Vamos ver as perguntas mais votadas no *slido* sobre os temas vistos até agora. Perguntas mais gerais serão respondidas no final!



Discussão em grupos

Podem existir estrelas mais compactas do que as estrelas de nêutrons?

Instruções para a discussão:

1 os alunos vão em grupos de 5 para as salas de discussão

2 cada grupo escolhe um representante

3 a discussão será finalizada em 10 min

4 o representante escreve a resposta do grupo na planilha (280 caracteres)

UFABC