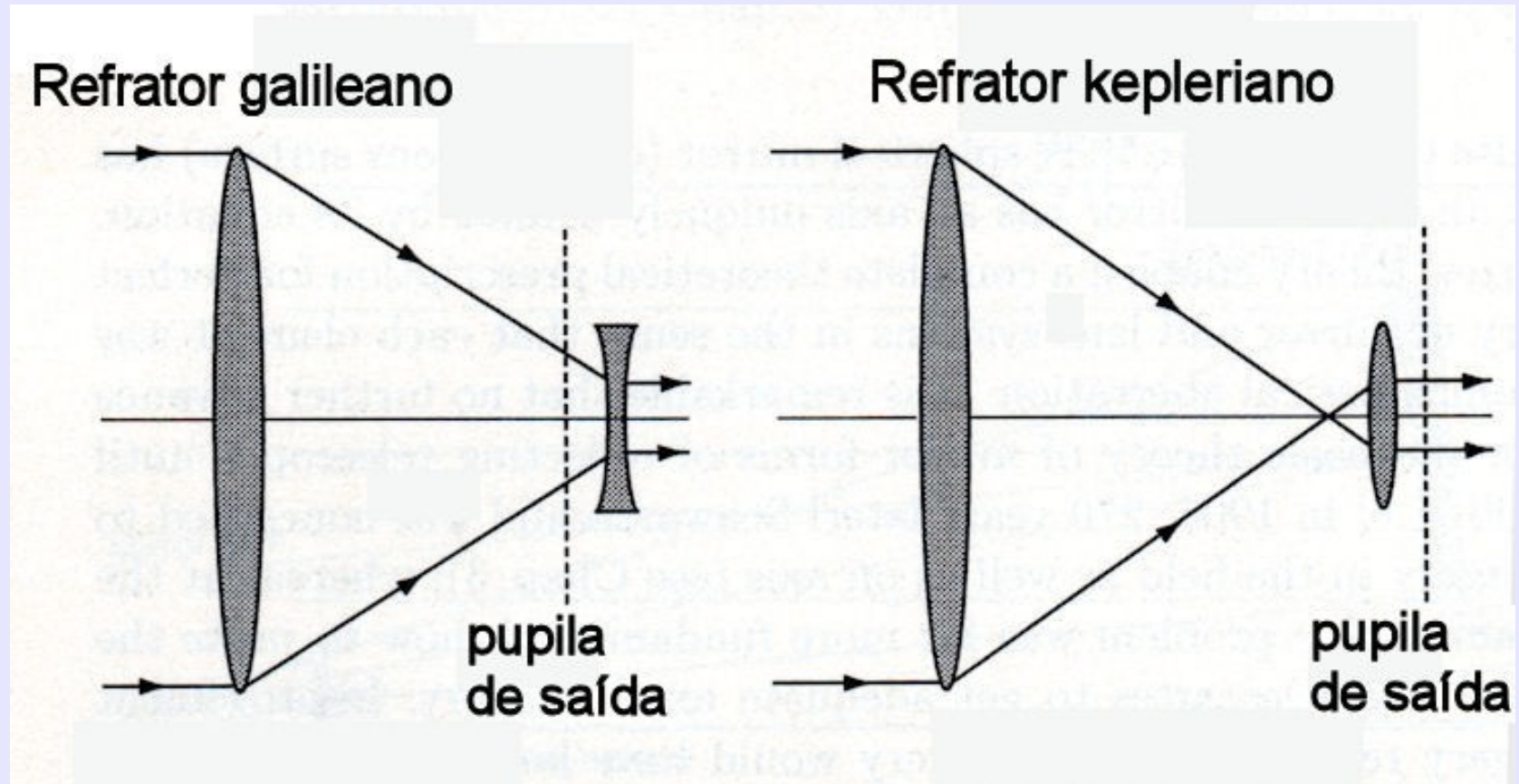




Novos telescópios, métodos e detectores

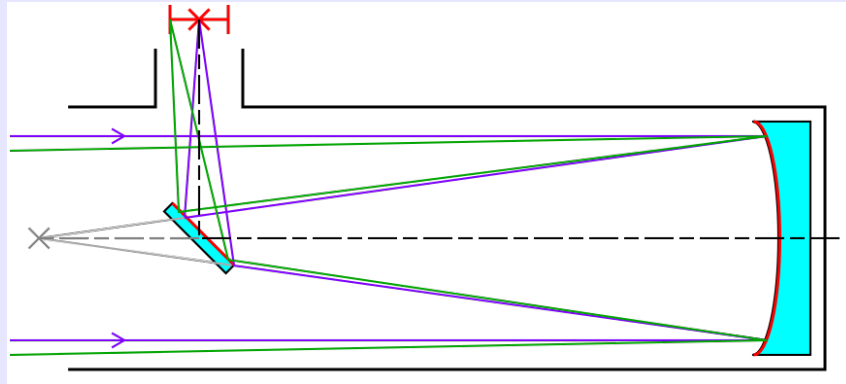
Para comprimentos de onda grandes, até ótico e near-UV:

Telescópios Refratores



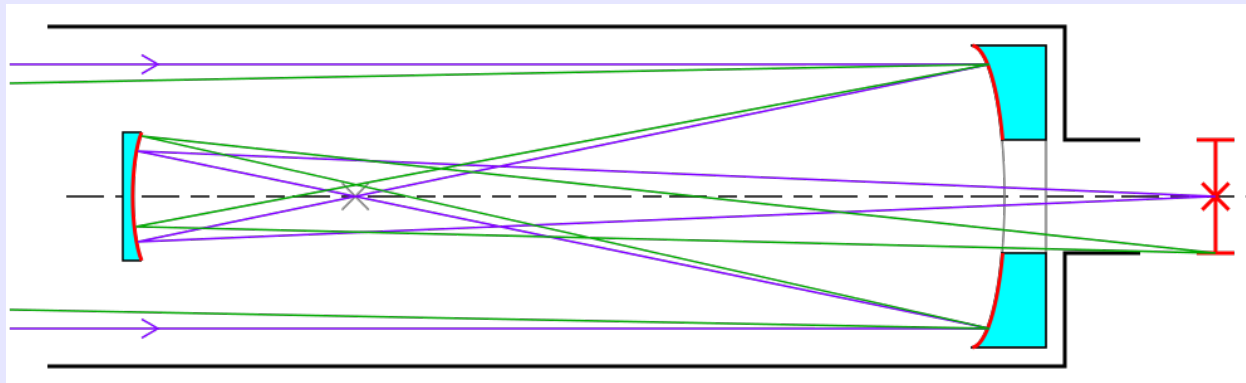
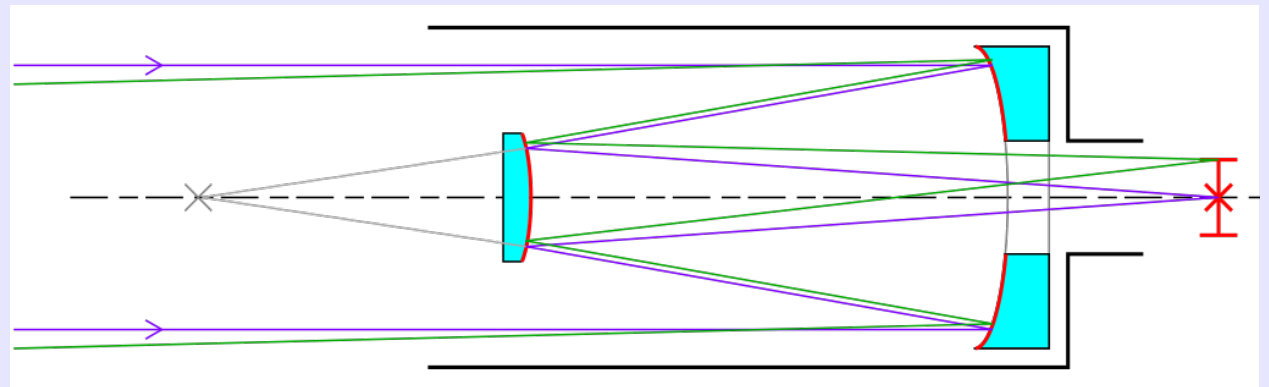
Para comprimentos de onda grandes, até ótico e near-UV:

Telescópios Refletores



Newtoniano

Cassegrain



Gregoriano

O que aconteceria para comprimentos de onda *mais* energéticos (extreme-UV, raios-X, raios- γ)?

O que aconteceria para comprimentos de onda *mais* energéticos (extreme-UV, raios-X, raios- γ)?



(a) O espelho ou lente explode.

O que aconteceria para comprimentos de onda *mais* energéticos (extreme-UV, raios-X, raios- γ)?



(a) O espelho ou lente explode.



(b) O espelho ou lente se desintegra

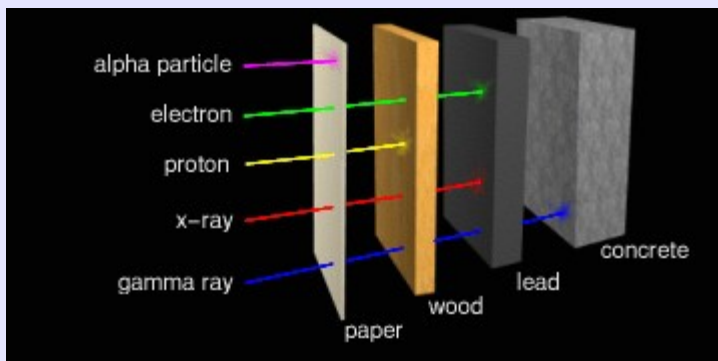
O que aconteceria para comprimentos de onda *mais* energéticos (extreme-UV, raios-X, raios- γ)?



(a) O espelho ou lente explode.



(b) O espelho ou lente se desintegra



(c) A radiação atravessa sem ser afetada.

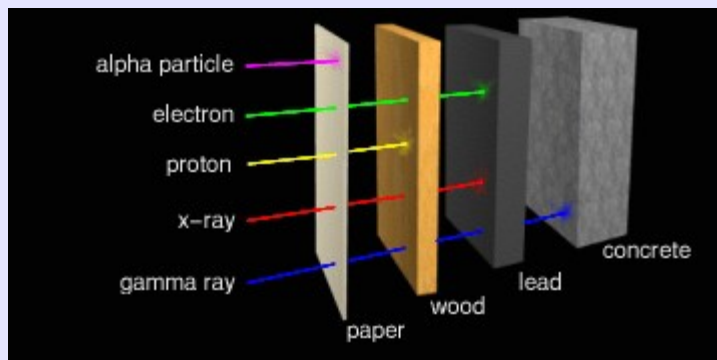
O que aconteceria para comprimentos de onda *mais* energéticos (extreme-UV, raios-X, raios- γ)?



✘ O espelho ou lente explode.



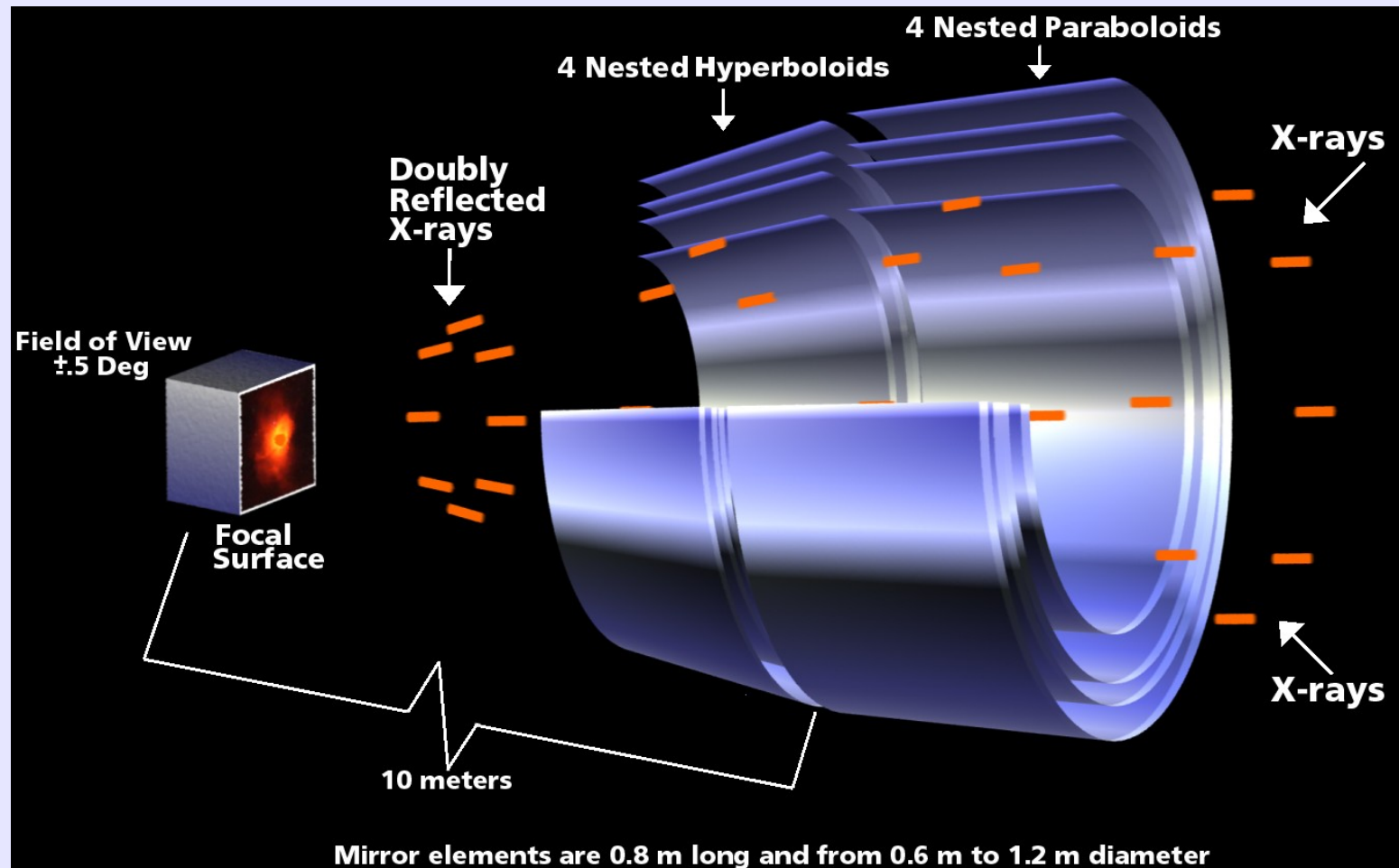
✘ O espelho ou lente se desintegra



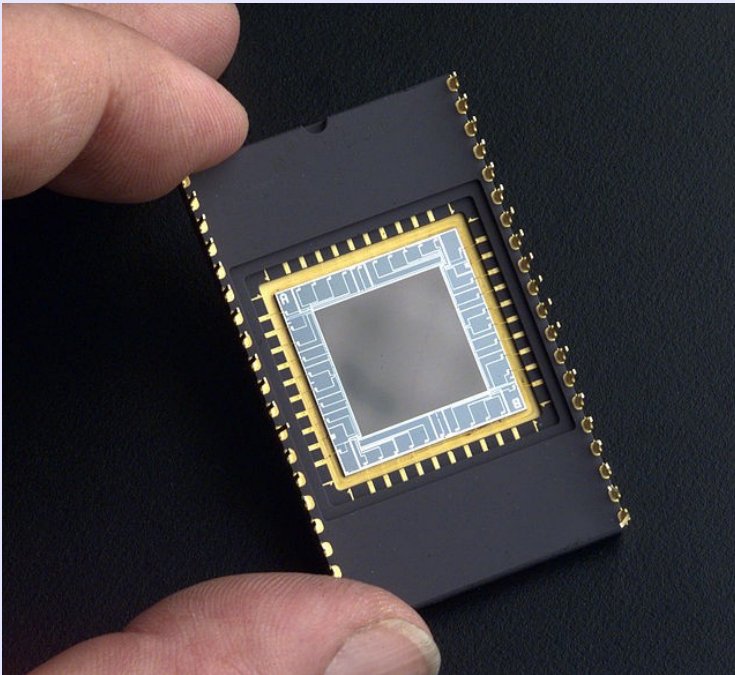
✓ A radiação atravessa sem ser afetada.

Telescópios para altas energias

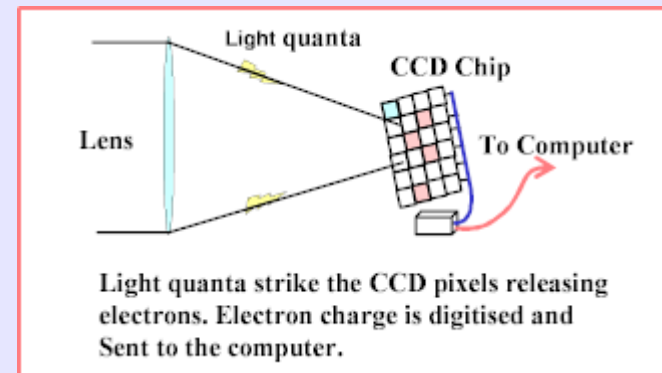
→ A configuração do telescópio precisa ser do tipo especular, como proposto pelo físico alemão Hans Wolter (1911-1978)



Para comprimentos de onda pequenos, a partir do ótico:



CCDs
(*charged-coupled devices*)
Dispositivos de carga acoplada



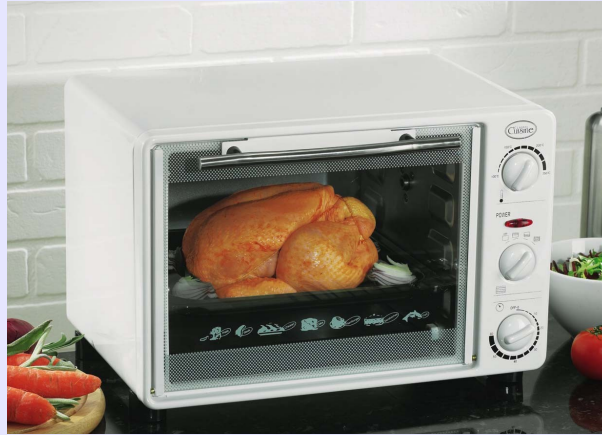
O que aconteceria para comprimentos de onda *menos* energéticos (rádio, microondas, infravermelho)?

O que aconteceria para comprimentos de onda *menos* energéticos (rádio, microondas, infravermelho)?

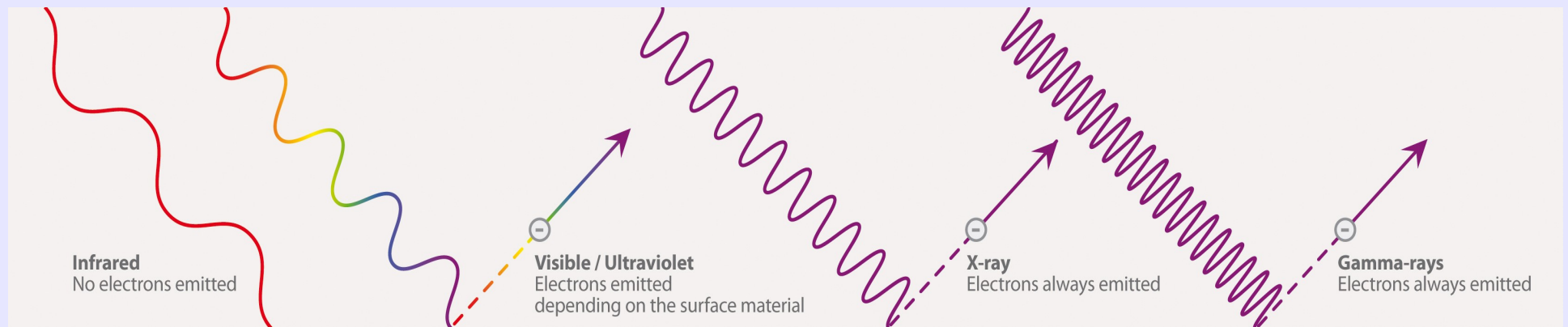


(a) O detector cozinha.

O que aconteceria para comprimentos de onda *menos* energéticos (rádio, microondas, infravermelho)?

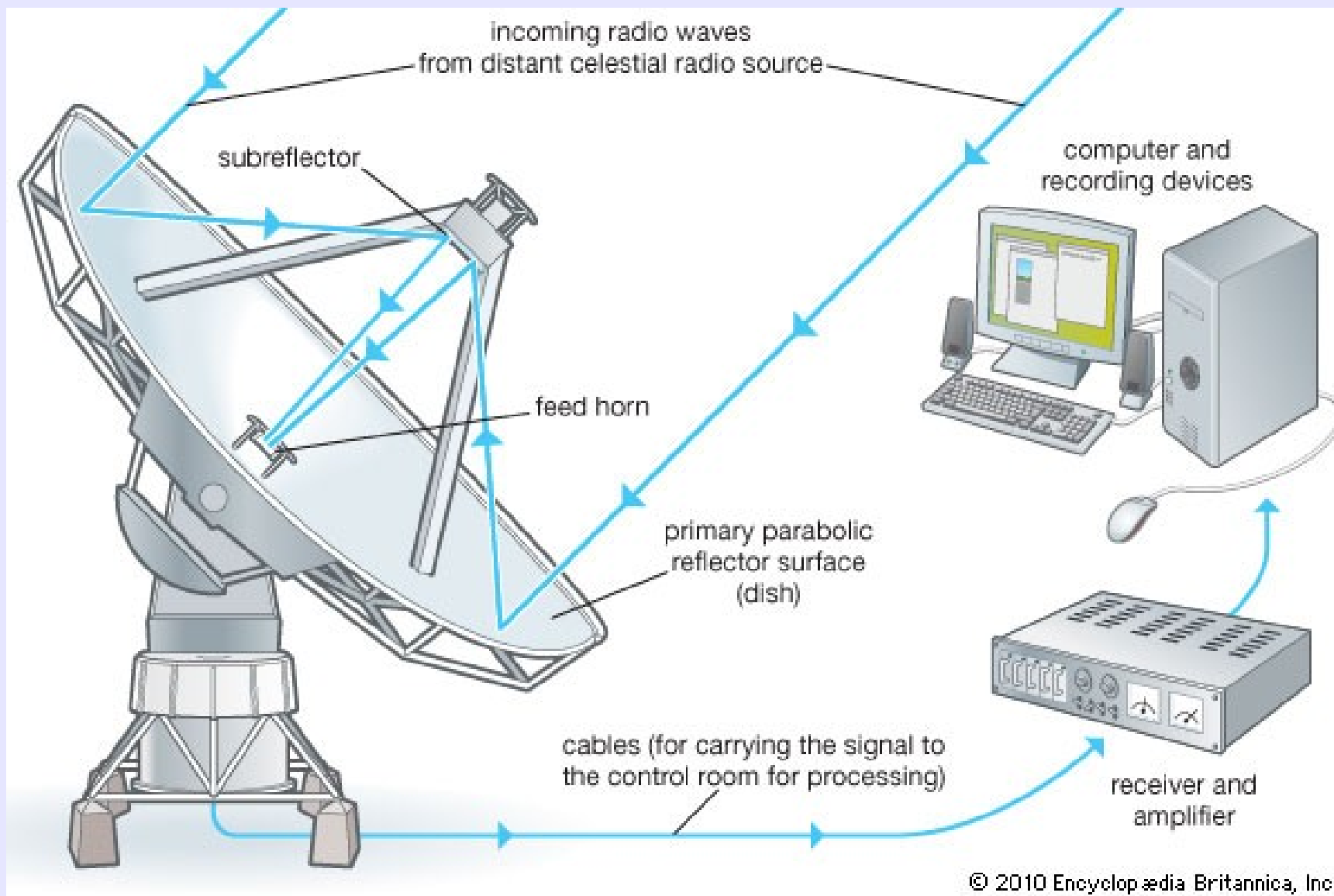


(a) O detector cozinha.



(a) A radiação não tem energia suficiente para arrancar elétrons e causar detecção.

Detectores para baixas energias

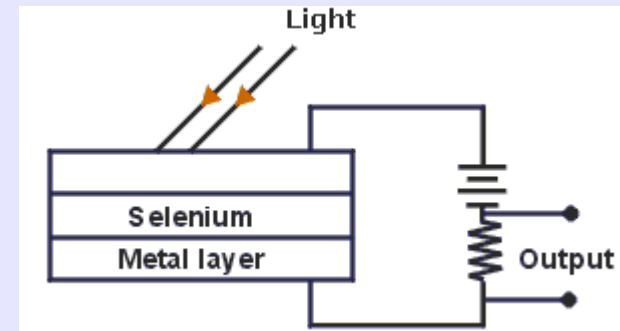


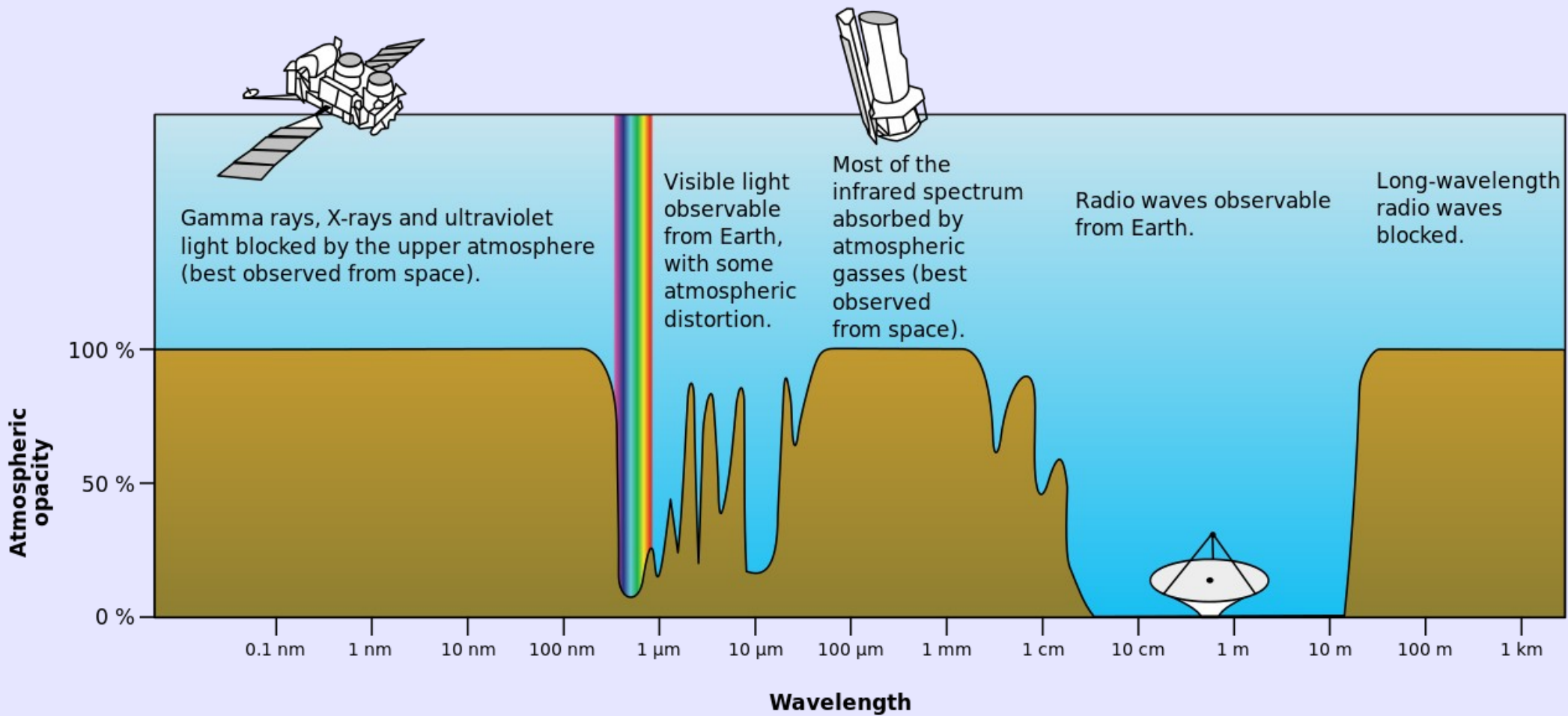


Vista aérea do radiotelescópio de Arecibo (Porto Rico), com 305 m de diâmetro.

Detectores para baixas energias

→ Para o infravermelho, o detector mais utilizado é a célula fotocondutiva, cuja condutividade muda com a intensidade da luz incidente.





Astronomia de Altas Energias

→ Estudo de objetos que emitem radiação eletromagnética em comprimentos de onda energéticos: extreme-UV, raios-X, raios- γ , neutrinos, raios cósmicos.

Astronomia de Altas Energias

→ Estudo de objetos que emitem radiação eletromagnética em comprimentos de onda energéticos: extreme-UV, raios-X, raios- γ , neutrinos, raios cósmicos.

Objetos:

- supernovas e remanescentes;
 - estrelas de nêutrons;
 - buracos negros;
 - galáxias ativas;
- erupções de raios gama.

Evolução Estelar

0.08 < M < 0,45 M_{sol}

Protoestrela

H → He



Gigante vermelha (He)



Anã Branca (He)



0.45 < M < 8 M_{sol}

H → He



Gigante vermelha (He)



SuperGigante vermelha

He → C, O



Nebulosa Planetária



Anã Branca (C, O)



8 < M < 25 M_{sol}

H → He

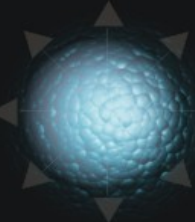


He → C, O → Na → Mg → Si, S



Fe

Supernova



Estrela de Neutrons



25 < M < 100 M_{sol}

H → He

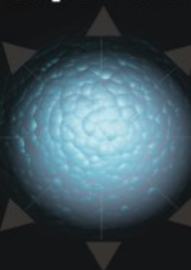


Estrela Wolf-Rayet



Fe

Supernova



Buraco Negro



Tempo (sem escala)

Supernovas e Remanescentes

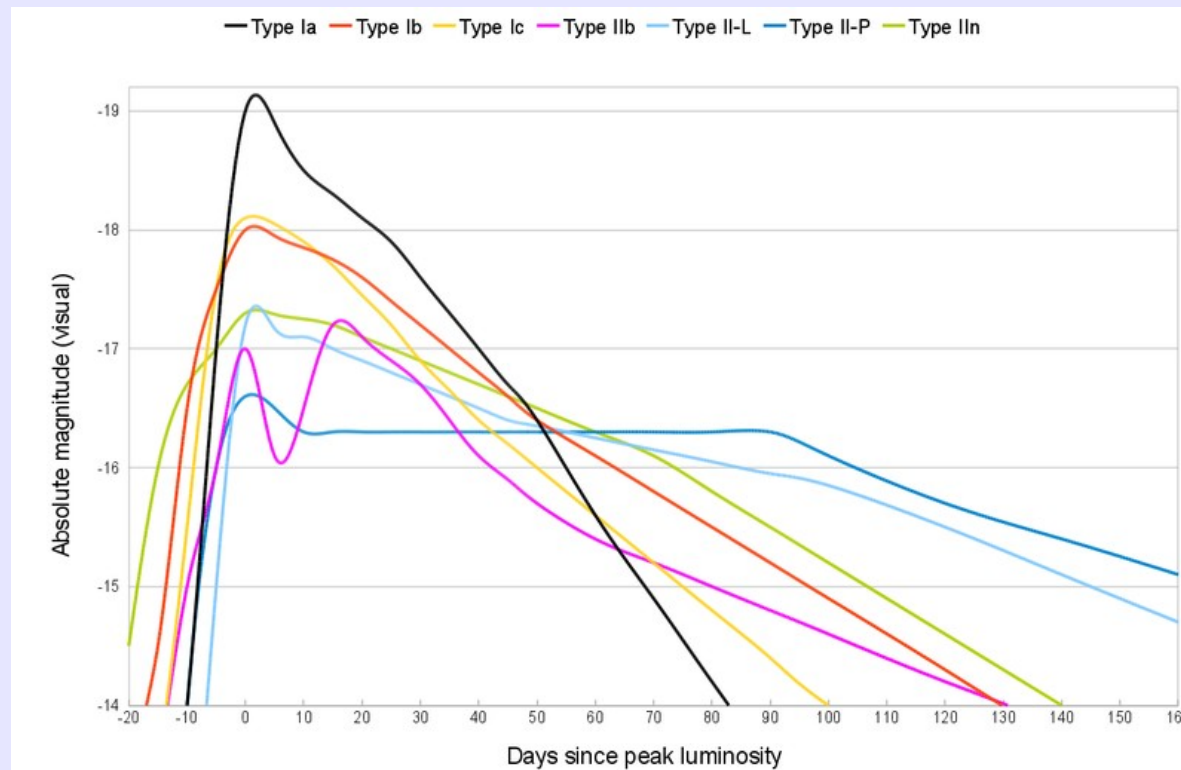
→ **Tipo I:** não apresenta linhas de hidrogênio.

 Ia – evolução de um sistema binário.

 Ib – evolução de estrela pobre em H, ainda com He.

 Ic – evolução de estrela pobre em H e He.

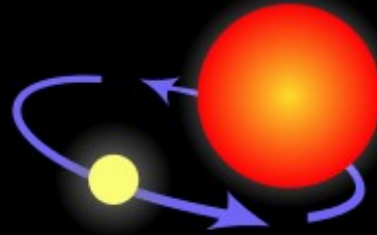
→ **Tipo II:** possui linhas de hidrogênio no espectro.



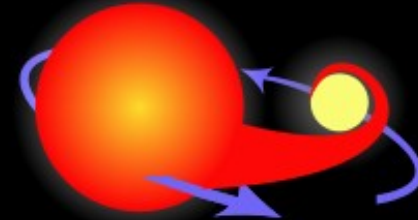
The progenitor of a Type Ia supernova



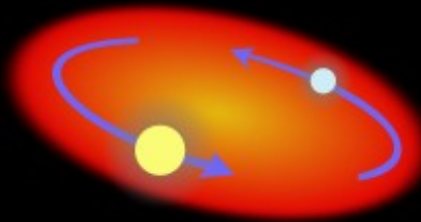
Two normal stars are in a binary pair.



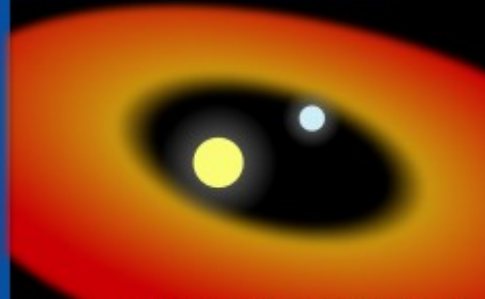
The more massive star becomes a giant...



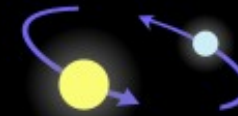
...which spills gas onto the secondary star, causing it to expand and become engulfed.



The secondary, lighter star and the core of the giant star spiral toward within a common envelope.



The common envelope is ejected, while the separation between the core and the secondary star decreases.



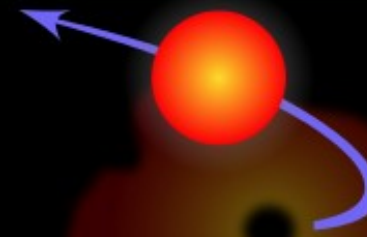
The remaining core of the giant collapses and becomes a white dwarf.



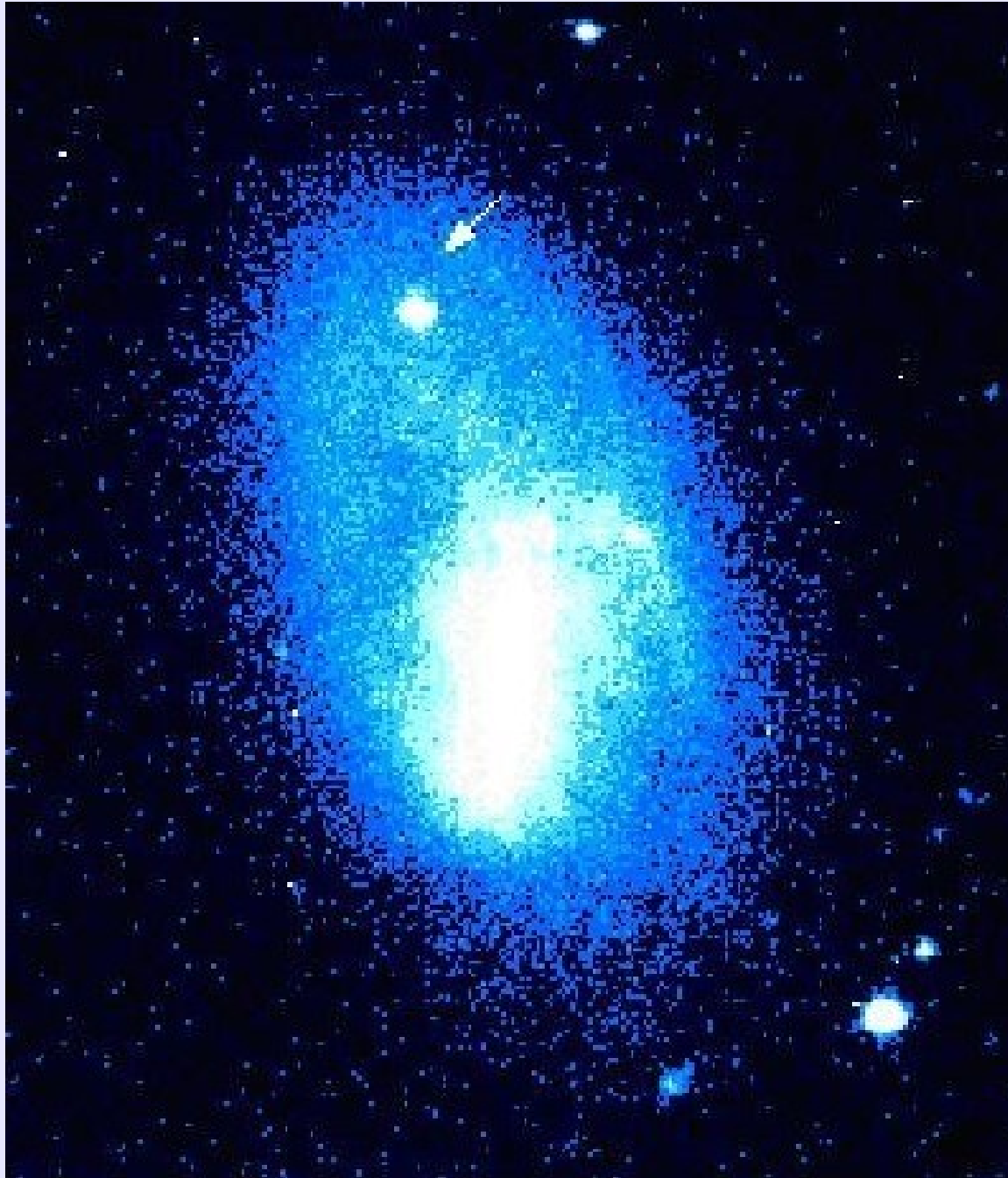
The aging companion star starts swelling, spilling gas onto the white dwarf.



The white dwarf's mass increases until it reaches a critical mass and explodes...



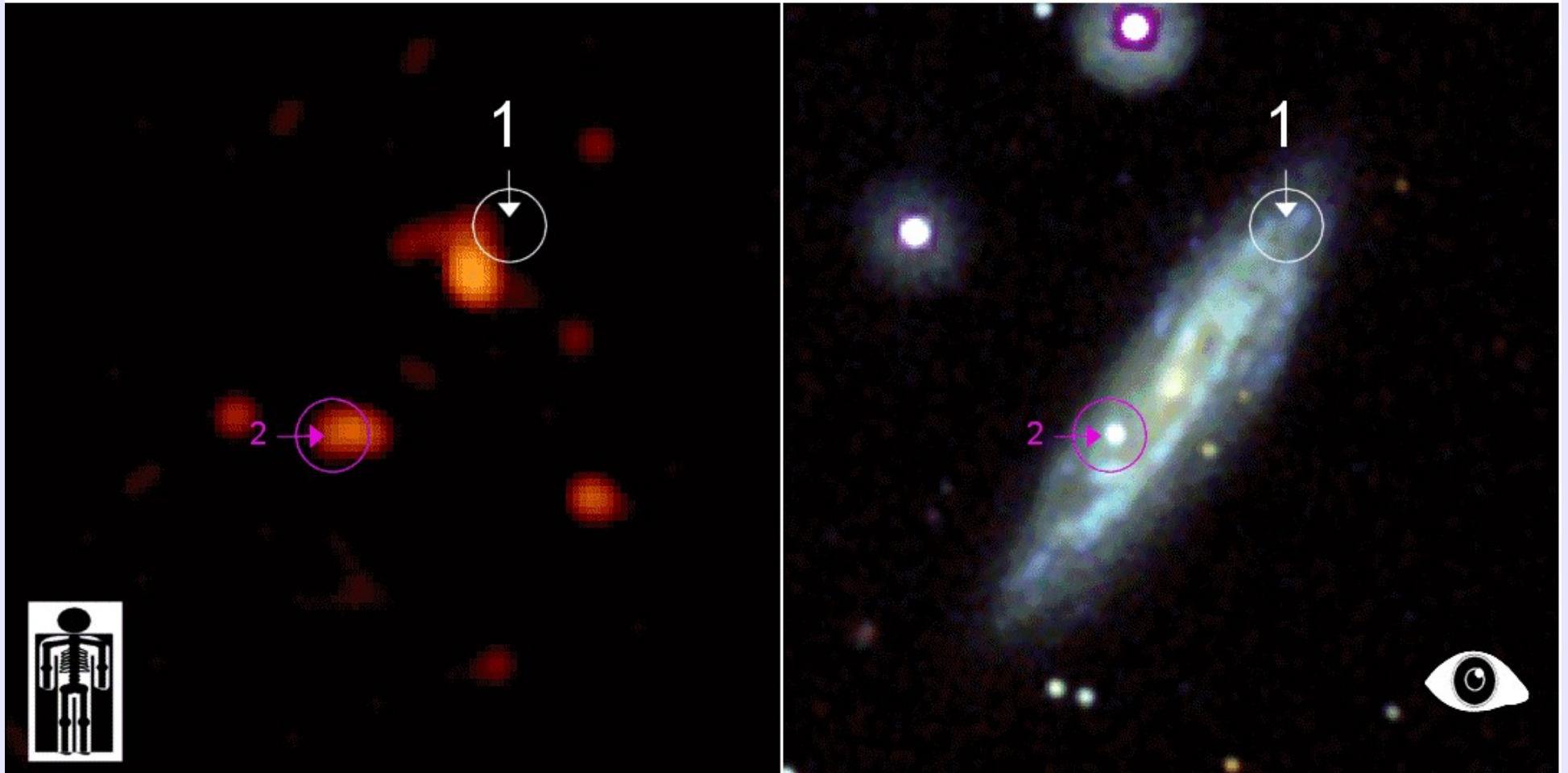
...causing the companion star to be ejected away.



→ Supernova tipo II
1997D, na galáxia
NGC 1536
(constelação Dorado).



→ Supernova tipo Ibc 2008D, na galáxia NGC 2770. Foi detectada por Alicia Soderberg e Edo Berger e, independentemente, por Albert Kong e Tom Maccarone, usando o telescópio espacial *Swift*.



- Foi a primeira vez que a emissão em raios-X de uma supernova foi observada foi capturada no momento de seu nascimento (e durou 5 min).
- Agora que o padrão pode ser reconhecido, os próximos telescópios estarão preparados para procurá-lo.

Estrelas de Nêutrons

- Propostas pela primeira vez em 1934 por Walter Baade e Fritz Zwicky (*Caltech*), para tentar explicar a enorme liberação de energia nas supernovas.

Estrelas de Nêutrons

- Propostas pela primeira vez em 1934 por Walter Baade e Fritz Zwicky (*Caltech*), para tentar explicar a enorme liberação de energia nas supernovas.
- Tem massa da ordem de $1.4 - 2.0 M_{\odot}$ e raio da ordem de $10 - 15$ km.
 - ⇒ Densidades médias da ordem de 10^{15} g/cm³!!!

Estrelas de Nêutrons

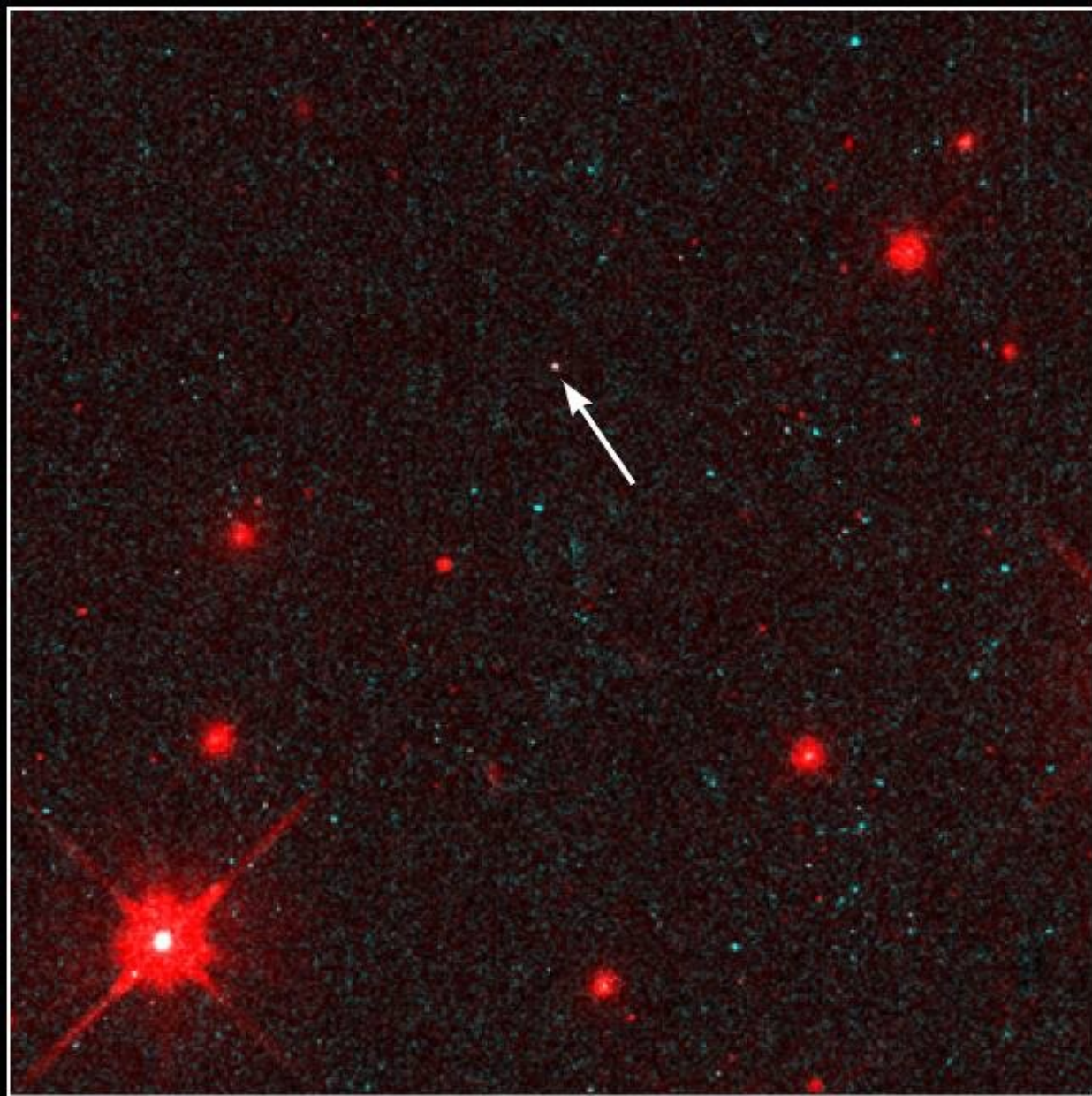
- Propostas pela primeira vez em 1934 por Walter Baade e Fritz Zwicky (*Caltech*), para tentar explicar a enorme liberação de energia nas supernovas.
- Tem massa da ordem de $1.4 - 2.0 M_{\odot}$ e raio da ordem de $10 - 15$ km.
 - ⇒ Densidades médias da ordem de 10^{15} g/cm³!!!
- Temperaturas superficiais da ordem de $1\ 000\ 000$ K.

Estrelas de Nêutrons

- Propostas pela primeira vez em 1934 por Walter Baade e Fritz Zwicky (*Caltech*), para tentar explicar a enorme liberação de energia nas supernovas.
- Tem massa da ordem de $1.4 - 2.0 M_{\odot}$ e raio da ordem de $10 - 15$ km.
 - ⇒ Densidades médias da ordem de 10^{15} g/cm³!!!
- Temperaturas superficiais da ordem de $1\ 000\ 000$ K.
 - ⇒ $\lambda_{\text{máx}} \approx 30 \text{ \AA} = \text{raios-X}$

Estrelas de Nêutrons

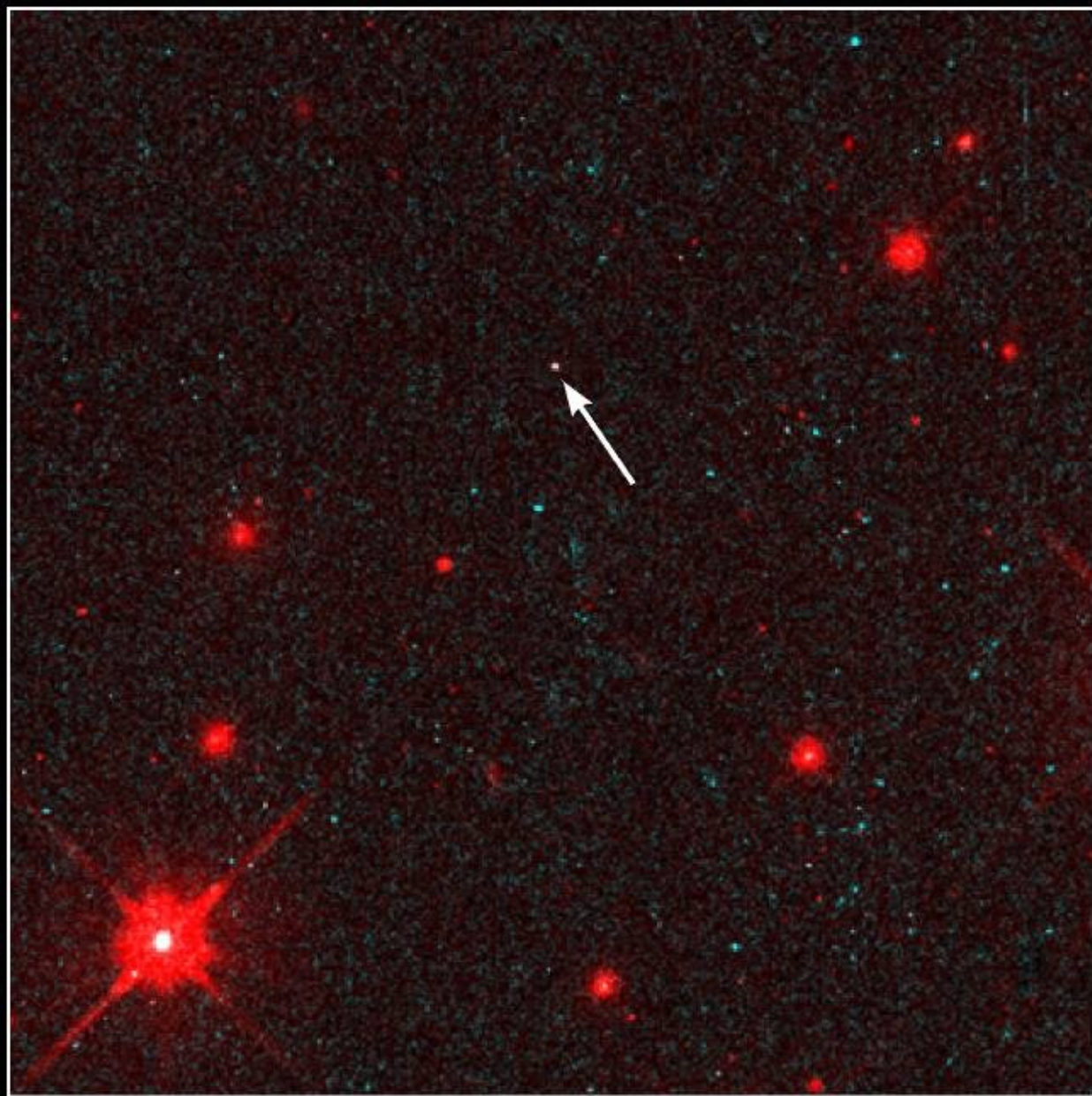
- Propostas pela primeira vez em 1934 por Walter Baade e Fritz Zwicky (*Caltech*), para tentar explicar a enorme liberação de energia nas supernovas.
- Tem massa da ordem de $1.4 - 2.0 M_{\odot}$ e raio da ordem de $10 - 15$ km.
 - ⇒ Densidades médias da ordem de 10^{15} g/cm³!!!
- Temperaturas superficiais da ordem de $1\ 000\ 000$ K.
 - ⇒ $\lambda_{\text{máx}} \approx 30 \text{ \AA} = \text{raios-X}$
- Baixíssima luminosidade = difícil detecção!



Isolated Neutron Star RX J185635-3754 HST • WFPC2

PRC97-32 • ST ScI OPO • September 25, 1997
F. Walter (State University of New York at Stony Brook) and NASA

Primeira observação
direta de uma estrela
de nêutrons no
visível.



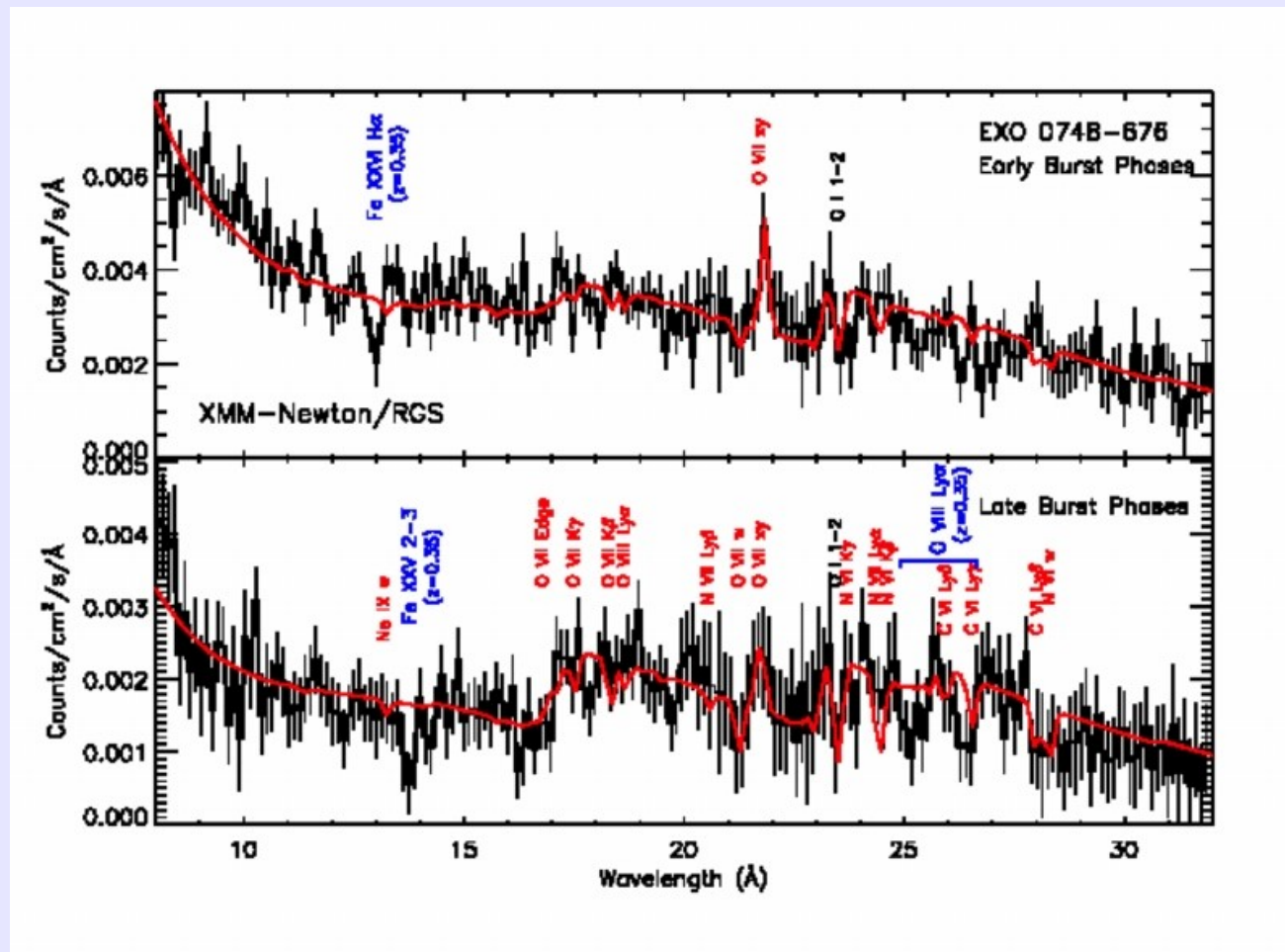
Isolated Neutron Star RX J185635-3754 HST • WFPC2

PRC97-32 • ST ScI OPO • September 25, 1997
F. Walter (State University of New York at Stony Brook) and NASA



Mesmo objeto,
em raios-X.

Primeira observação
direta de uma estrela
de nêutrons no
visível.



Crédito: J. Cottam, F. Paerels, M. Mendez, 2002, Nature, vol. 420, pg. 51

Estrelas de Nêutrons

→ Até 1967, pensava-se que estrelas de nêutrons eram muito fracas para serem detectadas.

Estrelas de Nêutrons

- Até 1967, pensava-se que estrelas de nêutrons eram muito fracas para serem detectadas.
- Neste ano, Franco Pacini propôs que, se elas estivessem em rotação e tivessem um campo magnético forte, ondas eletromagnéticas seriam emitidas na faixa de rádio.

Estrelas de Nêutrons

- Até 1967, pensava-se que estrelas de nêutrons eram muito fracas para serem detectadas.
- Neste ano, Franco Pacini propôs que, se elas estivessem em rotação e tivessem um campo magnético forte, ondas eletromagnéticas seriam emitidas na faixa de rádio.
- Esses pulsos em rádio foram observadas por Jocelyn Bell e hoje são reconhecidos como provenientes de estrelas de nêutrons com alto campo magnético e em rotação – os *pulsares*.
(o orientador de Jocelyn Bell, Antony Hewish, ganhou o prêmio Nobel em Física de 1974 por essa descoberta)

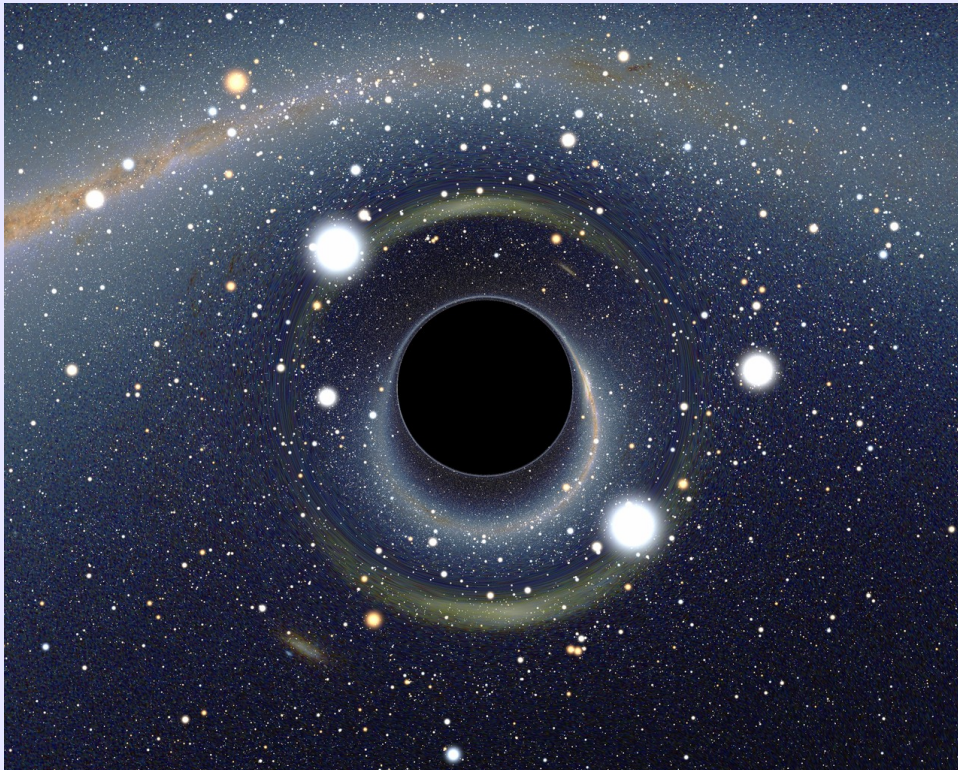


Imagem composta por
óptico e raio-X da
nebulosa do Caranguejo
mostrando emissão tipo
síncrotron ao redor da
nebulosa que envolve o
pulsar.

Buracos Negros

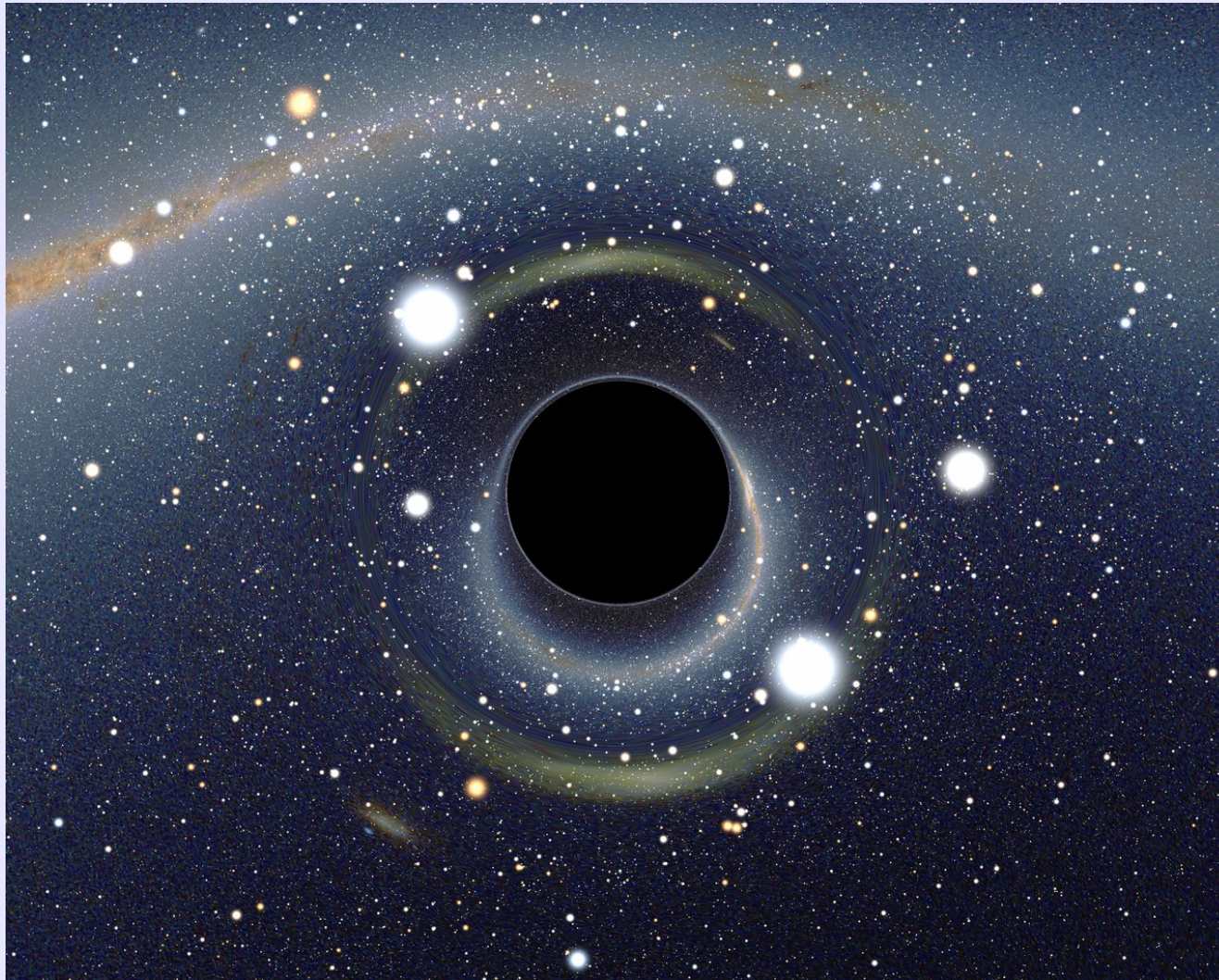
→ Definido matematicamente: região do espaço-tempo cuja gravidade é tão intensa que nem a luz pode escapar.

Em outras palavras: região tão densa que a velocidade de escape é igual a da luz.



Vista simulada de um buraco negro em frente à Grande Nuvem de Magalhães. O efeito de lente gravitacional distorce tanto a aparência da Nuvem quanto do disco da Via-Láctea.

Buracos Negros



Vista simulada de um buraco negro em frente à Grande Nuvem de Magalhães. O efeito de lente gravitacional distorce tanto a aparência da Nuvem quanto do disco da Via-Láctea.

Buracos Negros

→ O raio a partir do qual a luz não escapa é chamado *raio de Schwarzschild* e é definido como:

$$r_s = \frac{2GM}{c^2}$$

Buracos Negros

→ O raio a partir do qual a luz não escapa é chamado *raio de Schwarzschild* e é definido como:

$$r_s = \frac{2GM}{c^2}$$

→ A fronteira da região da qual não é possível escapar é chamada *horizonte de eventos*.

Buracos Negros

→ O raio a partir do qual a luz não escapa é chamado *raio de Schwarzschild* e é definido como:

$$r_s = \frac{2GM}{c^2}$$

→ A fronteira da região da qual não é possível escapar é chamada *horizonte de eventos*.

→ Exemplos:

Massa do Sol: $r_s = 3 \text{ km}$

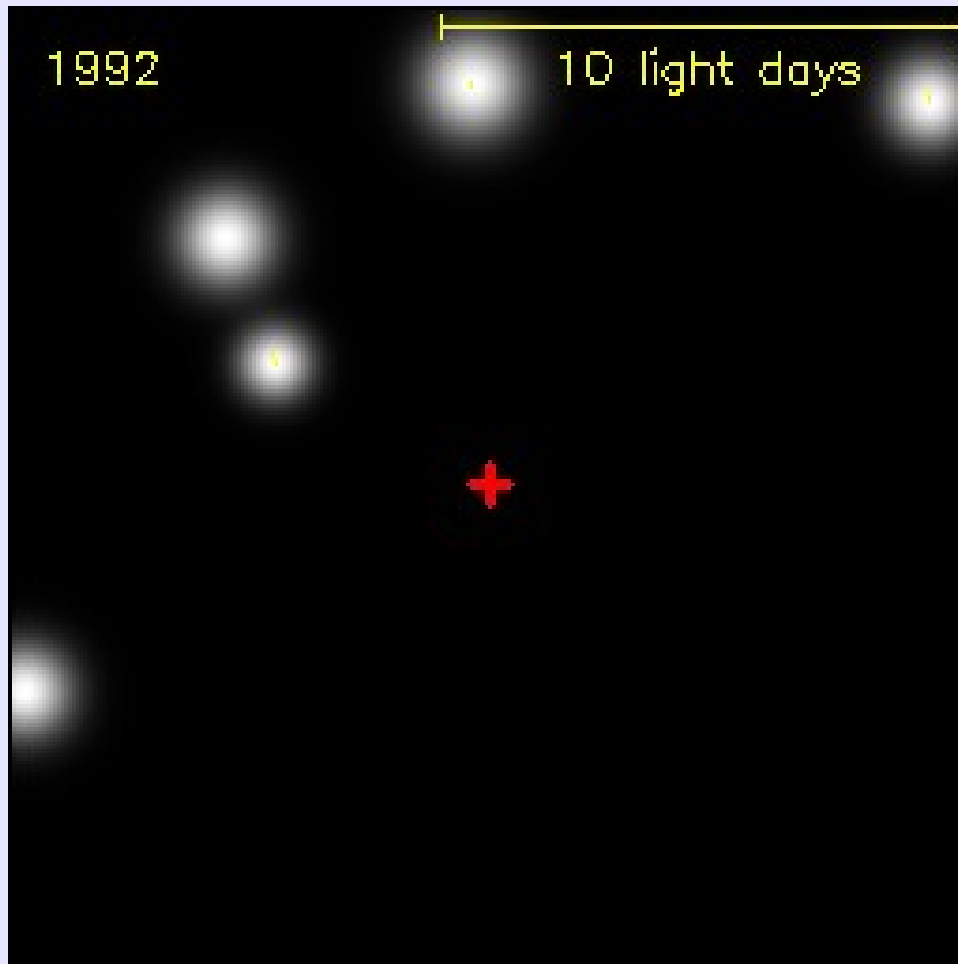
Massa da Terra: $r_s = 9 \text{ mm}$

Buracos Negros

→ Se nem a luz escapa, como os detectamos?

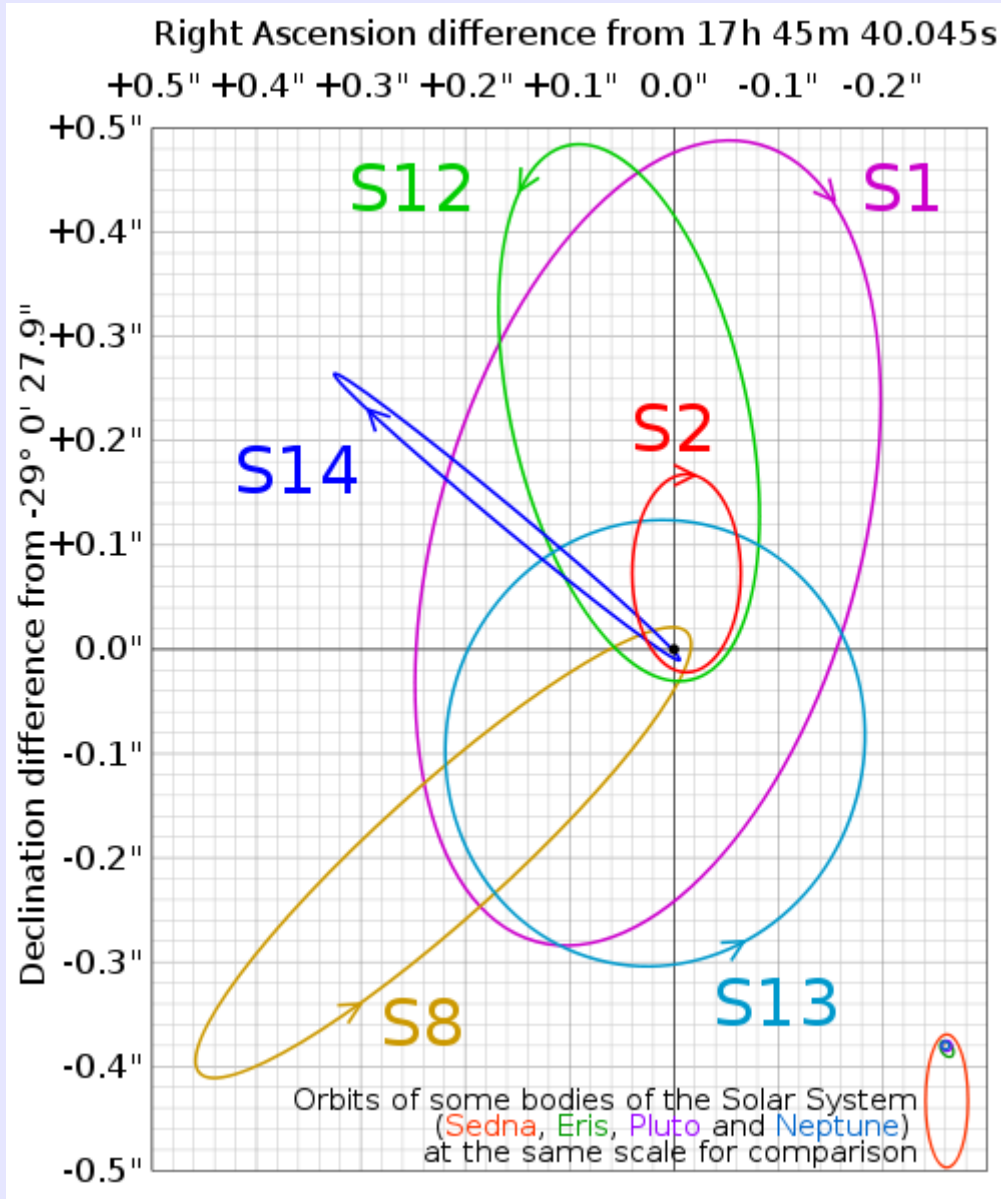
Buracos Negros

→ Se nem a luz escapa, como os detectamos?



Simulação da série de observações de estrelas dentro de 1 pc no centro galáctico, da página do *Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik*, combinando as medidas de Reinhard Genzel e Andreas Eckart, do Max Planck e Andrea Ghez da UCLA.

Buracos Negros



Estima-se que o buraco negro no centro da Via-Láctea, *Sagittarius A**, tem uma massa de $4 \cdot 10^6 M_{\odot}$.

Ele não pode ser observado diretamente porque há tanta poeira que a extinção chega a 25 magnitudes na direção do centro galáctico.

Buracos Negros

→ A matéria sendo acretada por um buraco negro atinge velocidades altíssimas, de modo que o disco de acreção emite radiação em diversos comprimentos de onda.

Buracos Negros

- A matéria sendo acretaada por um buraco negro atinge velocidades altíssimas, de modo que o disco de acreção emite radiação em diversos comprimentos de onda.
- Essa radiação pode ser detectada (como é o caso das galáxias ativas).

Buracos Negros

- A matéria sendo acretaada por um buraco negro atinge velocidades altíssimas, de modo que o disco de acreção emite radiação em diversos comprimentos de onda.
- Essa radiação pode ser detectada (como é o caso das galáxias ativas).



Aparência prevista de um buraco negro estático com um anel toroidal de matéria ionizada, que o modelo para Sgr A*. A assimetria é uma consequência do efeito Doppler.

Buracos Negros

→ Um buraco negro é *análogo a um corpo negro*, agindo como um corpo negro ideal no sentido de que absorve toda a radiação que incide sobre ele.

Buracos Negros

→ Um buraco negro é *análogo a um corpo negro*, agindo como um corpo negro ideal no sentido de que absorve toda a radiação que incide sobre ele.

→ É *previsto*, inclusive, que eles emitem radiação com o mesmo espectro de corpo negro, com uma temperatura inversamente proporcional à sua massa – *radiação Hawking*.

$$T_H = \frac{\hbar c^3}{8 \pi G M k_B} = 6.169 \times 10^{-8} \frac{M_{Sol}}{M} K$$

Buracos Negros

→ Um buraco negro é *análogo a um corpo negro*, agindo como um corpo negro ideal no sentido de que absorve toda a radiação que incide sobre ele.

→ É *previsto*, inclusive, que eles emitem radiação com o mesmo espectro de corpo negro, com uma temperatura inversamente proporcional à sua massa – *radiação Hawking*.

$$T_H = \frac{\hbar c^3}{8 \pi G M k_B} = 6.169 \times 10^{-8} \frac{M_{Sol}}{M} K$$

→ Uma implicação curiosa é que o buraco negro perde energia e, portanto, massa e sofrerá *evaporação* em um tempo dado por:

$$t_{ev} = \frac{5120 \pi G^2 M^3}{\hbar c^4}$$

Galáxias de Núcleo Ativo (AGNs)

→ Possuem uma região compacta em seu centro cuja luminosidade é muito maior do que o esperado em algum comprimento de onda.

Galáxias de Núcleo Ativo (AGNs)

- Possuem uma região compacta em seu centro cuja luminosidade é muito maior do que o esperado em algum comprimento de onda.
- Tal excesso já foi observado em comprimentos de onda nas faixa de rádio, micro-ondas, infravermelho, ótico, ultra-violeta, raio-X e raio- γ .

Galáxias de Núcleo Ativo (AGNs)

- Possuem uma região compacta em seu centro cuja luminosidade é muito maior do que o esperado em algum comprimento de onda.
- Tal excesso já foi observado em comprimentos de onda nas faixa de rádio, micro-ondas, infravermelho, ótico, ultra-violeta, raio-X e raio- γ .
- Acredita-se que essa radiação resulta de acreção de massa por um buraco negro super-massivo no centro da galáxia.

Radio-loud AGNs

→ São muito luminosos em rádio, com luminosidades de até 10^{39} W ($\approx 260 L_{\odot}$) entre 10 MHz e 100 GHz.

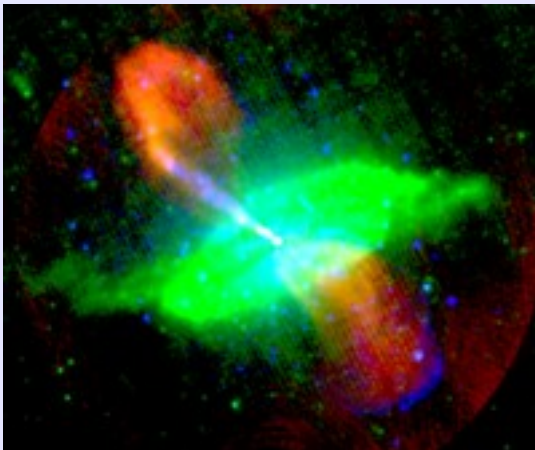


Imagem em cores artificiais da rádio-galáxia Centaurus A, mostrando emissões em rádio (*vermelho*), infravermelho (*verde*) e raios-X (*azul*).

Radio-loud AGNs

- São muito luminosos em rádio, com luminosidades de até 10^{39} W ($\approx 260 L_{\odot}$) entre 10 MHz e 100 GHz.
- Essa radiação é proveniente de processos síncrotron: aceleração de partículas carregadas.

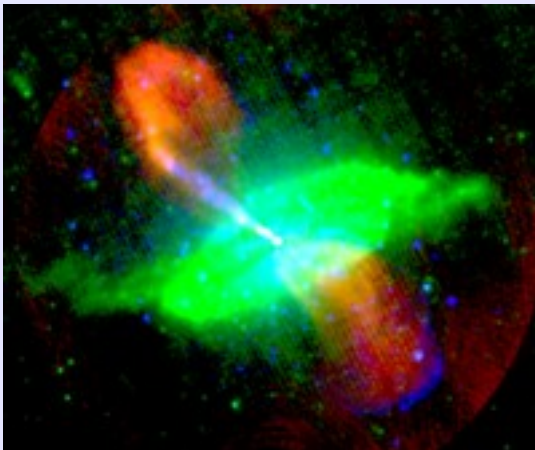


Imagem em cores artificiais da rádio-galáxia Centaurus A, mostrando emissões em rádio (*vermelho*), infravermelho (*verde*) e raios-X (*azul*).

Radio-loud AGNs

- São muito luminosos em rádio, com luminosidades de até 10^{39} W ($\approx 260 L_{\odot}$) entre 10 MHz e 100 GHz.
- Essa radiação é proveniente de processos síncrotron: aceleração de partículas carregadas.
- São, quase que exclusivamente, galáxias elípticas grandes.

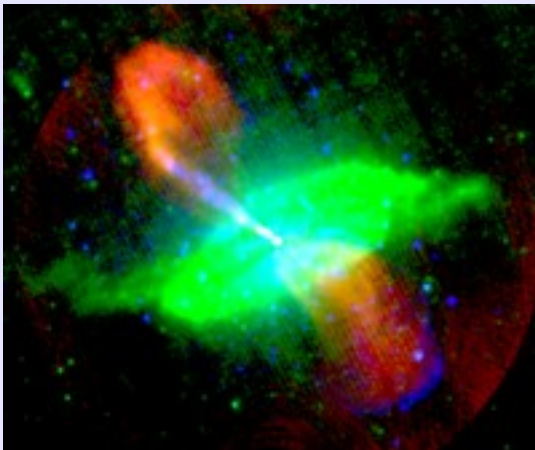


Imagem em cores artificiais da rádio-galáxia Centaurus A, mostrando emissões em rádio (*vermelho*), infravermelho (*verde*) e raios-X (*azul*).

Radio-loud AGNs

- São muito luminosos em rádio, com luminosidades de até 10^{39} W ($\approx 260 L_{\odot}$) entre 10 MHz e 100 GHz.
- Essa radiação é proveniente de processos síncrotron: aceleração de partículas carregadas.
- São, quase que exclusivamente, galáxias elípticas grandes.
- Como são bastante luminosos, podem ser detectadas a grandes distâncias, sendo importantes para a Cosmologia.

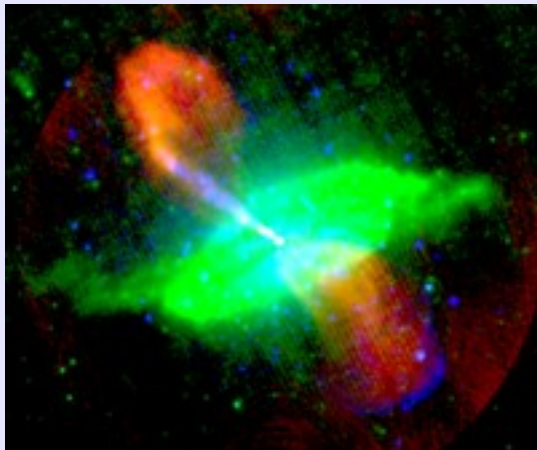


Imagem em cores artificiais da rádio-galáxia Centaurus A, mostrando emissões em rádio (*vermelho*), infravermelho (*verde*) e raios-X (*azul*).

Radio-loud AGNs

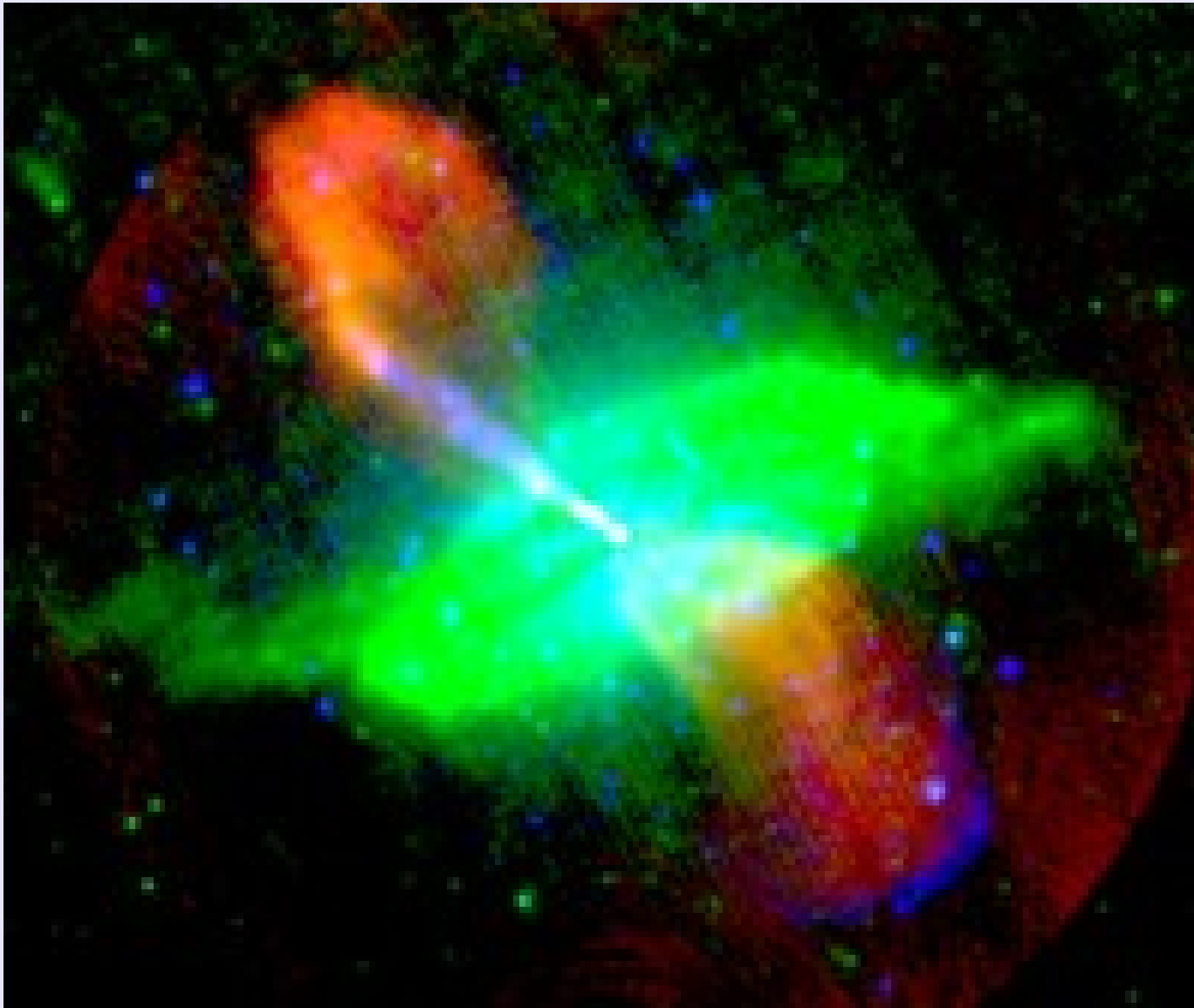
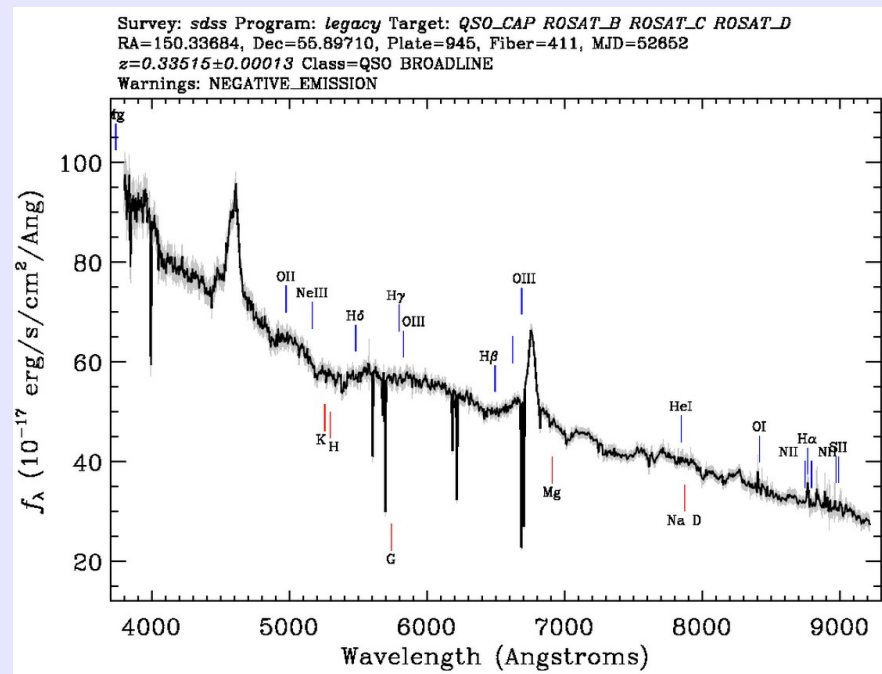


Imagem em cores artificiais da rádio-galáxia Centaurus A, mostrando emissões em rádio (*vermelho*), infravermelho (*verde*) e raios-X (*azul*).

Quasares

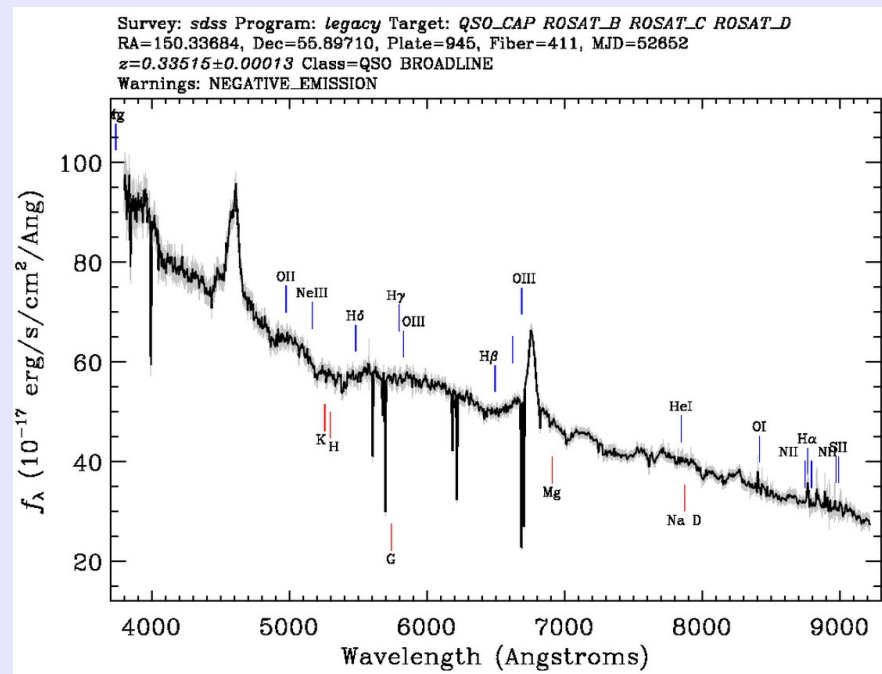
→ Quasares, ou fontes de rádio quasi-estelares (*quasi-stellar radio sources*), são o tipo mais energético e mais distante de galáxias ativas.



Quasares

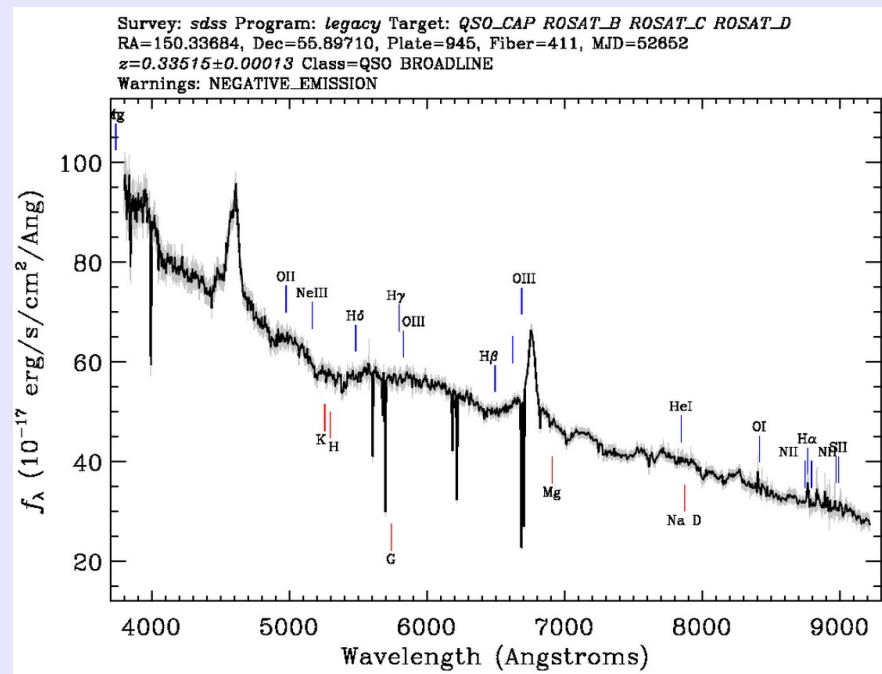
→ Quasares, ou fontes de rádio quasi-estelares (*quasi-stellar radio sources*), são o tipo mais energético e mais distante de galáxias ativas.

→ Foram inicialmente identificados como fontes de radiação eletromagnética com alto *redshift*, parecendo mais semelhantes a estrelas do que a fontes extensas.



Quasares

- Quasares, ou fontes de rádio quasi-estelares (*quasi-stellar radio sources*), são o tipo mais energético e mais distante de galáxias ativas.
- Foram inicialmente identificados como fontes de radiação eletromagnética com alto *redshift*, parecendo mais semelhantes a estrelas do que a fontes extensas.
- Seu espectro contém linhas de emissão bastante largas.



Quasares

→ Sua natureza ainda era controversa no início dos anos 1980, mas hoje há consenso de que se tratam de regiões compactas ao redor do buraco negro central em galáxias massivas.

Quasares

- Sua natureza ainda era controversa no início dos anos 1980, mas hoje há consenso de que se tratam de regiões compactas ao redor do buraco negro central em galáxias massivas.
- Seu tamanho é da ordem de 10 a 10 000 vezes o raio de Schwarzschild.

Quasares

- Sua natureza ainda era controversa no início dos anos 1980, mas hoje há consenso de que se tratam de regiões compactas ao redor do buraco negro central em galáxias massivas.
- Seu tamanho é da ordem de 10 a 10 000 vezes o raio de Schwarzschild.
- A energia emitida é consequência de massa sendo capturada pelo disco de acreção ao redor do buraco negro.

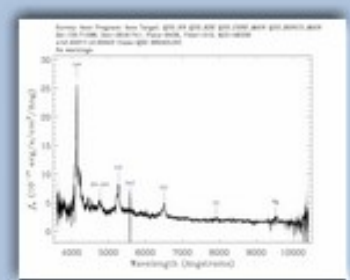


Selected object

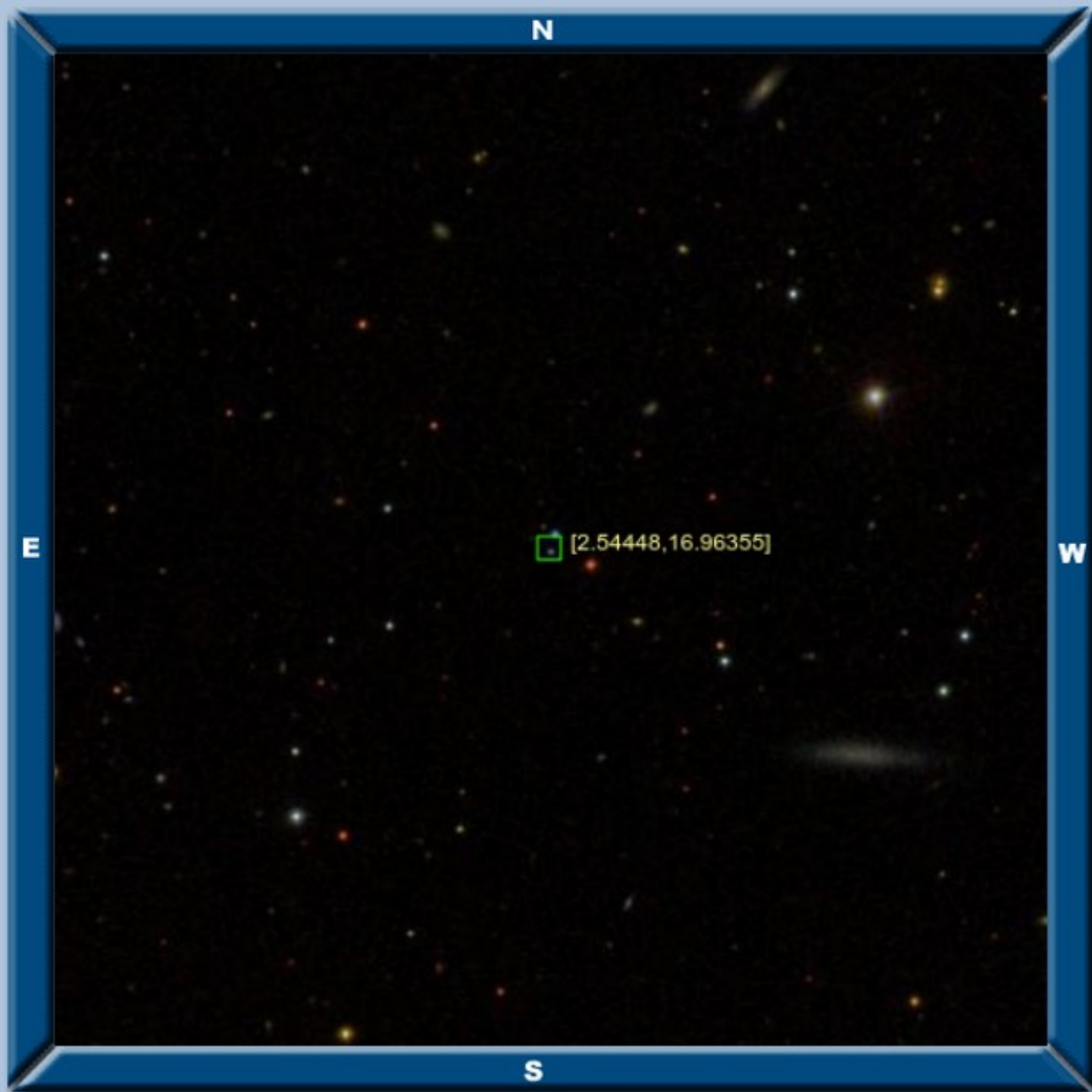
ra	155.71596
dec	29.61741
type	STAR
u	19.95
g	19.31
r	19.29
i	19.22
z	19.02



- [Quick Look](#)
- [Explore](#)
- [Recenter](#)
- [Add to notes](#)
- [Show notes](#)



Click, hold and drag to navigate!!

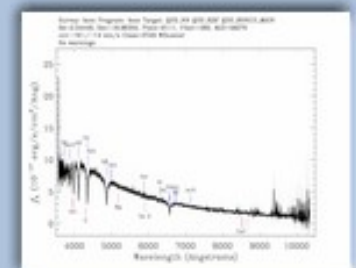


Selected object

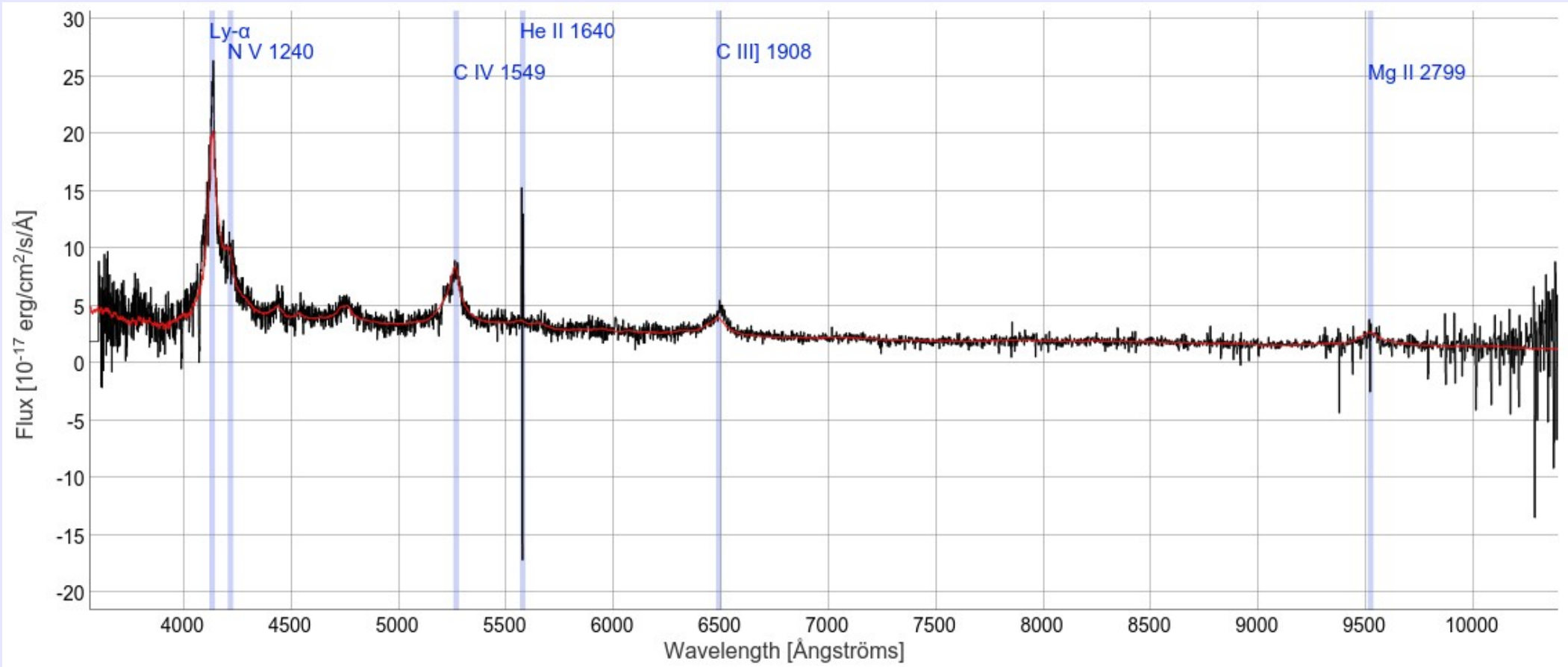
ra	2.54448
dec	16.96354
type	STAR
u	20.35
g	19.75
r	19.79
i	19.89
z	19.80



- [Quick Look](#)
- [Explore](#)
- [Recenter](#)
- [Add to notes](#)
- [Show notes](#)



Click, hold and drag to navigate!!



Blazares

→ Blazares são um tipo bastante compacto de quasar, associados com um buraco negro supermassivo no centro de uma galáxia elíptica gigante ativa.

Blazares

- Blazares são um tipo bastante compacto de quasar, associados com um buraco negro supermassivo no centro de uma galáxia elíptica gigante ativa.
- Emitem um jato relativístico que aponta na direção da Terra, o que explica as altas variabilidades detectadas.

Blazares

- Blazares são um tipo bastante compacto de quasar, associados com um buraco negro supermassivo no centro de uma galáxia elíptica gigante ativa.
- Emitem um jato relativístico que aponta na direção da Terra, o que explica as altas variabilidades detectadas.
- Dois tipos:
 - *Optically Violent Variable (OVV)*: são fontes intrinsecamente fortes de rádio.
 - Objetos BL Lacertae: são radio-galáxias intrinsecamente *fracas*.

Radio-galáxias

→ Têm emissão em rádio nuclear e estendida. Suas outras propriedades são heterogêneas.

Radio-galáxias

- Têm emissão em rádio nuclear e estendida. Suas outras propriedades são heterogêneas.
- Podem ser divididas em duas classes:
 - *baixa-excitação*: não possuem linhas largas ou estreitas de emissão (acrecção radiativamente ineficiente, emissão consistente com geração puramente em um jato).
 - *alta-excitação*: apresentam linhas estreitas e/ou largas fortes.

Radio-quiet AGNs

- São menos luminosas em rádio, porque as emissões relacionadas ao jato podem ser desprezadas.

LINERs

→ Seu nome é uma sigla para *low-ionization nuclear emission-line regions*: regiões nucleares de linhas de emissão de baixa ionização.



A Galáxia do Sombrero (M104) é um exemplo de LINER.

LINERs

- Seu nome é uma sigla para *low-ionization nuclear emission-line regions*: regiões nucleares de linhas de emissão de baixa ionização.
- Apresentam apenas linhas de emissão fracas na região nuclear e nenhuma outra assinatura de AGN.



A Galáxia do Sombrero (M104) é um exemplo de LINER.

LINERs

- Seu nome é uma sigla para *low-ionization nuclear emission-line regions*: regiões nucleares de linhas de emissão de baixa ionização.
- Apresentam apenas linhas de emissão fracas na região nuclear e nenhuma outra assinatura de AGN.
- Podem ser visto como os análogos de radio-galáxias na classe *radio-quiet*.



A Galáxia do Sombrero (M104) é um exemplo de LINER.

LINERs

- Seu nome é uma sigla para *low-ionization nuclear emission-line regions*: regiões nucleares de linhas de emissão de baixa ionização.
- Apresentam apenas linhas de emissão fracas na região nuclear e nenhuma outra assinatura de AGN.
- Podem ser visto como os análogos de radio-galáxias na classe *radio-quiet*.
- São os AGNs com mais baixa luminosidade, de modo que sua inclusão na classe é as vezes debatida.



A Galáxia do Sombrero (M104) é um exemplo de LINER.

Seyfert

→Foram a primeira classe de AGN a ser identificada.

Seyfert

→ Foram a primeira classe de AGN a ser identificada.

→ Apresentam emissão contínua no ótico, linhas de emissão estreitas e largas, ocasionalmente forte emissão em raios-X e às vezes um jato em rádio.

Seyfert

→ Foram a primeira classe de AGN a ser identificada.

→ Apresentam emissão contínua no ótico, linhas de emissão estreitas e largas, ocasionalmente forte emissão em raios-X e às vezes um jato em rádio.

→ Dividem-se em duas classes:

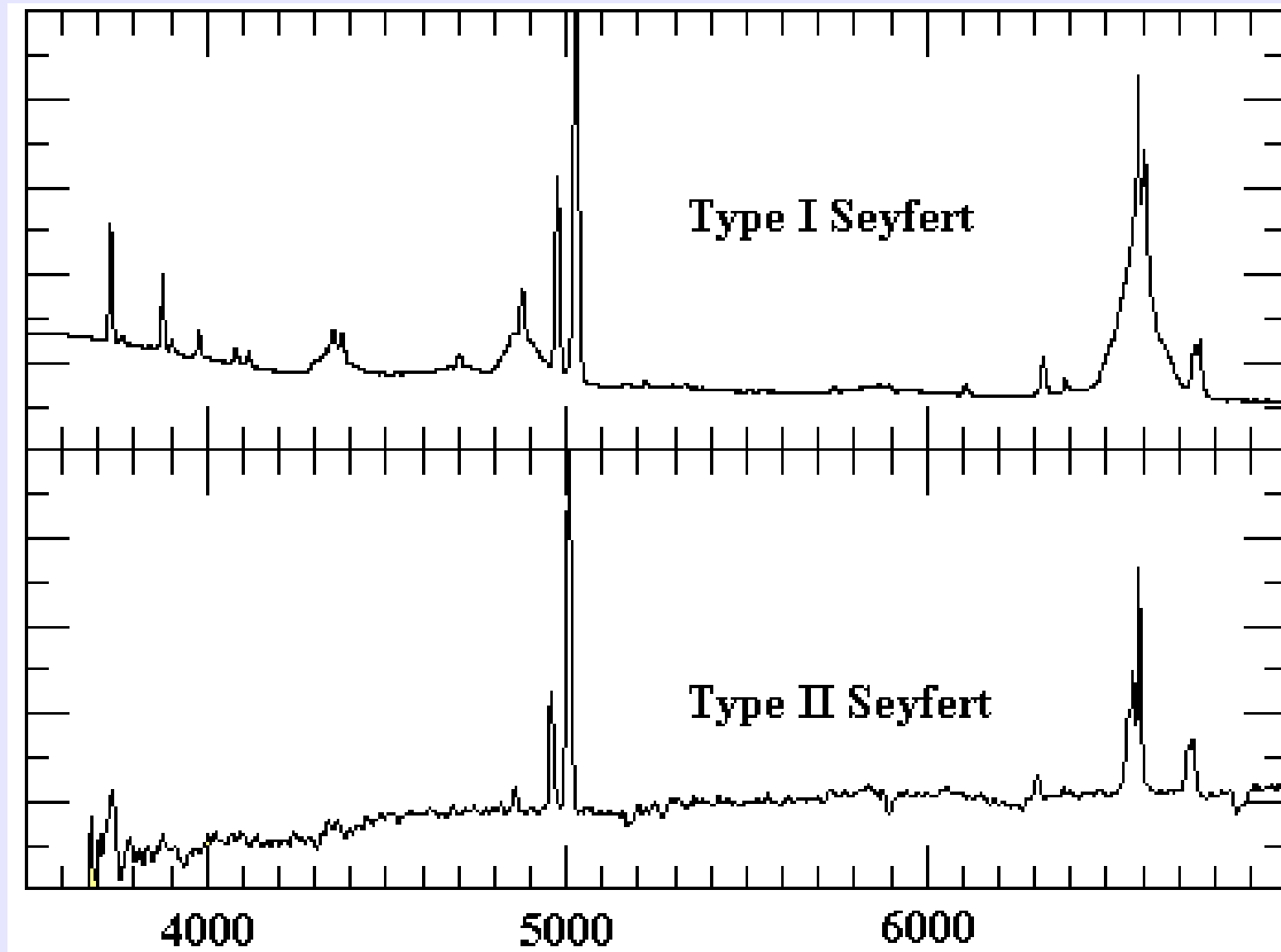
– Seyfert I: apresentam linhas de emissão largas e tem mais comumente emissão em raios-X.

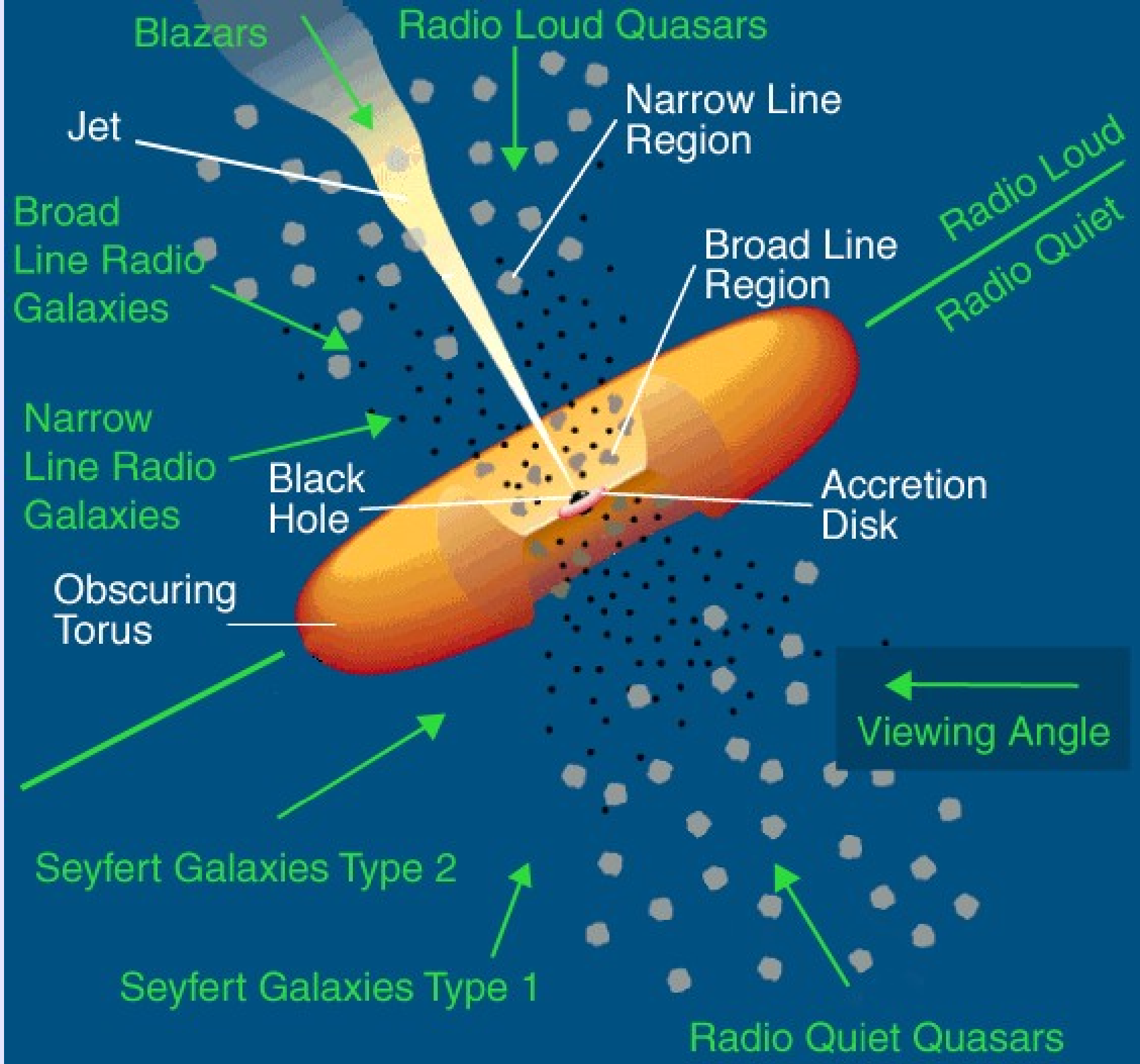
– Seyfert II: não possuem linhas de emissão largas.

Seyfert

- Foram a primeira classe de AGN a ser identificada.
- Apresentam emissão contínua no ótico, linhas de emissão estreitas e largas, ocasionalmente forte emissão em raios-X e às vezes um jato em rádio.
- Dividem-se em duas classes:
 - Seyfert I: apresentam linhas de emissão largas e tem mais comumente emissão em raios-X.
 - Seyfert II: não possuem linhas de emissão largas.
 - São usualmente galáxias espirais ou irregulares.

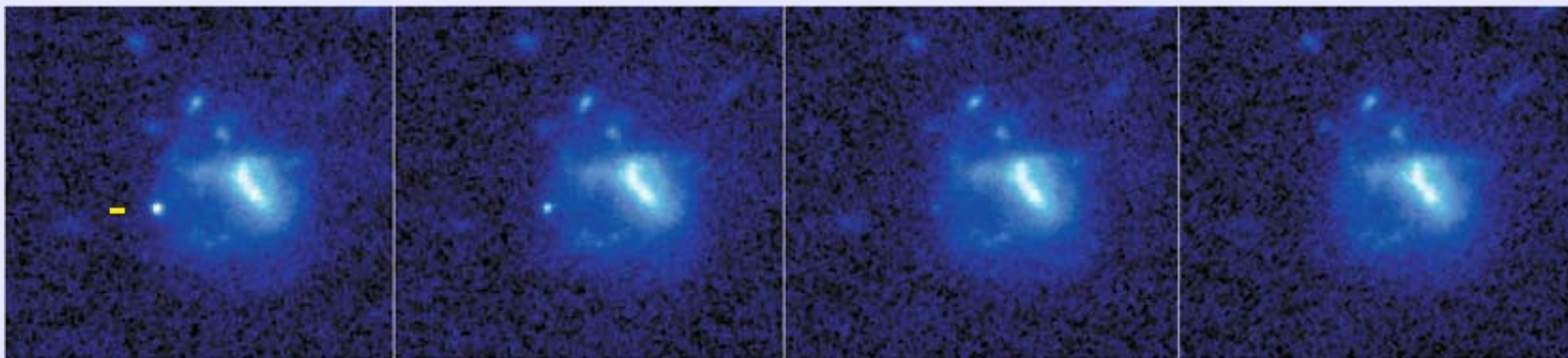
Seyfert





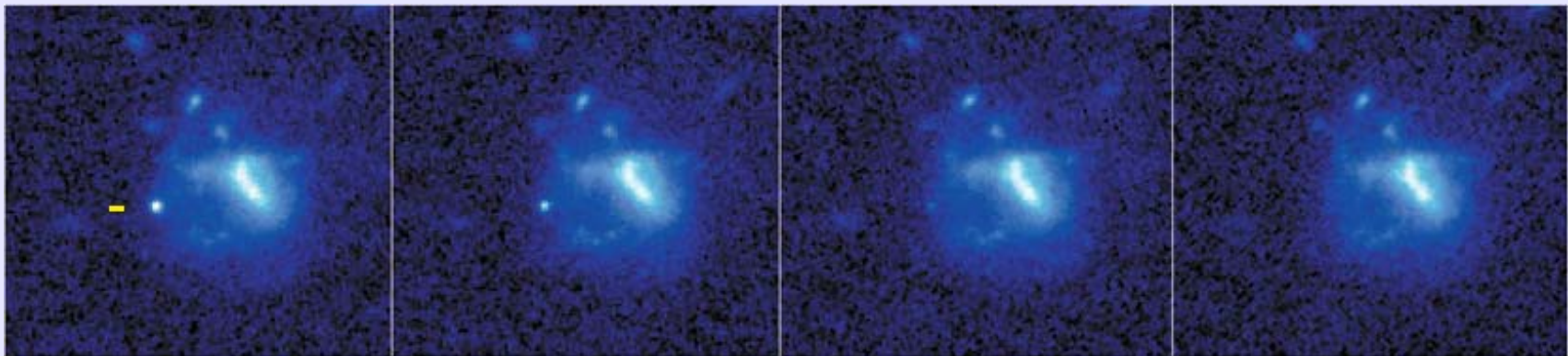
Erupções de Raios Gama

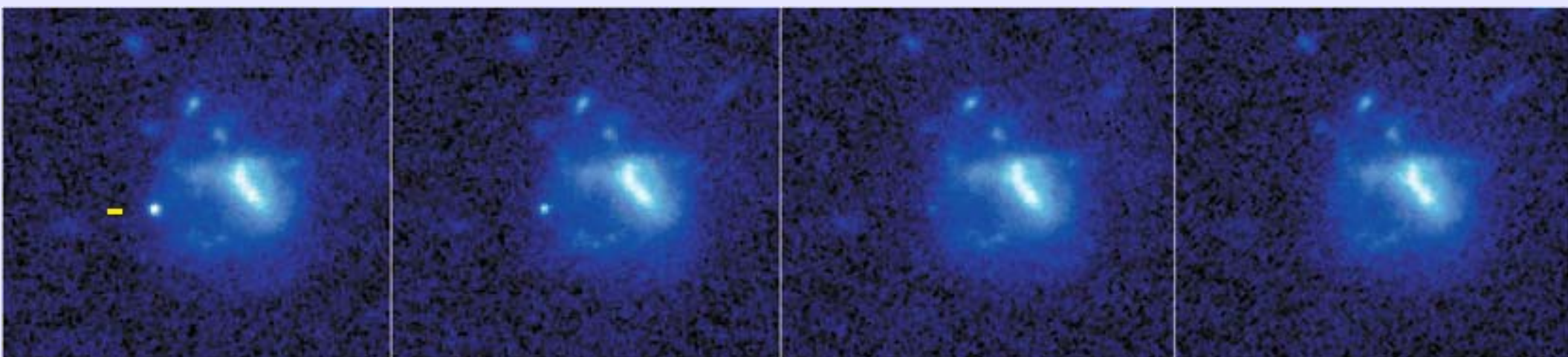
- São os fenômenos mais energéticos do Universo. Tem duração de segundos e energias acima de 100 keV.
- Podem ser curtos (~ 0.3 s) ou longos (~ 30 s).



Erupções de Raios Gama

- São os fenômenos mais energéticos do Universo. Tem duração de segundos e energias acima de 100 keV.
- Podem ser curtos (~ 0.3 s) ou longos (~ 30 s).
- **Curto:** alguns são formados pelo colapso de uma estrela de nêutrons em buraco negro, por acreção de massa.
- **Longo:** associados com supernovas de estrelas massivas, que levam a formação de buracos negros ou estrelas de nêutrons.





→ Imagens em 814 nm feitas com o HST do *afterglow* do GRB050709, obtidas 5.6, 9.8, 18.6 e 34.7 dias após sua detecção (Derek Fox et al. 2005, Nature, 437, 845).

Questionário

(para 25/06/2015)

1. Quais os tipos de telescópios utilizados para comprimentos de onda grande, até o ótico? E em altas energias? Por que eles tem de ser diferentes?
2. Que detectores são utilizados para comprimento de onda pequeno, abaixo do ótico? E em baixas energias? Por que eles tem de ser diferentes?
3. Que objetos emitem em altas energias? Explique brevemente as características de cada objeto*.
4. O que é um buraco negro? O que aconteceria com a Terra se a massa do Sol fosse subitamente contraída para uma região de 3 km? Como detectamos buracos negros?

* Não precisa detalhar todos os tipos de AGNs.