

A Geometria Escondida

José Natário

(Instituto Superior Técnico)

Lisboa, Julho de 2013

Galileu Galilei (1564–1642)

“A Filosofia [Ciência] está escrita neste grande livro, o Universo, que está permanentemente aberto e ao alcance do nosso olhar. Mas o livro não pode ser compreendido sem antes aprendermos a linguagem e os caracteres em que está escrito. A linguagem é a Matemática, e os caracteres são triângulos, círculos e outras figuras geométricas, sem as quais é humanamente impossível compreender uma única palavra.”



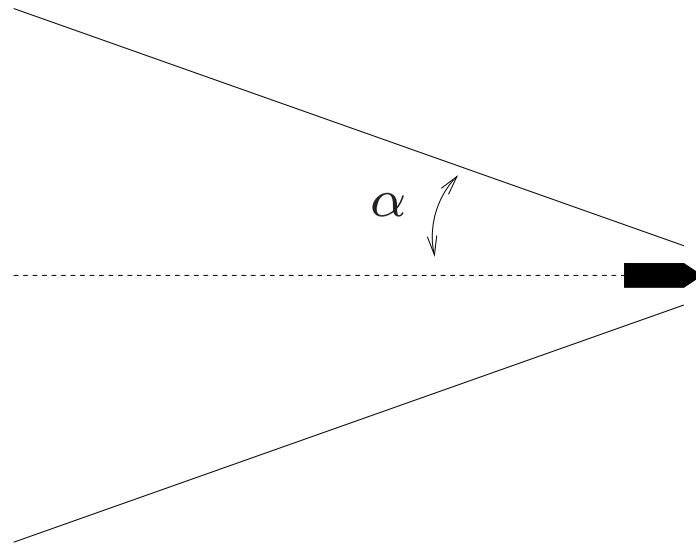


Manneken Pis (Bruxelas).





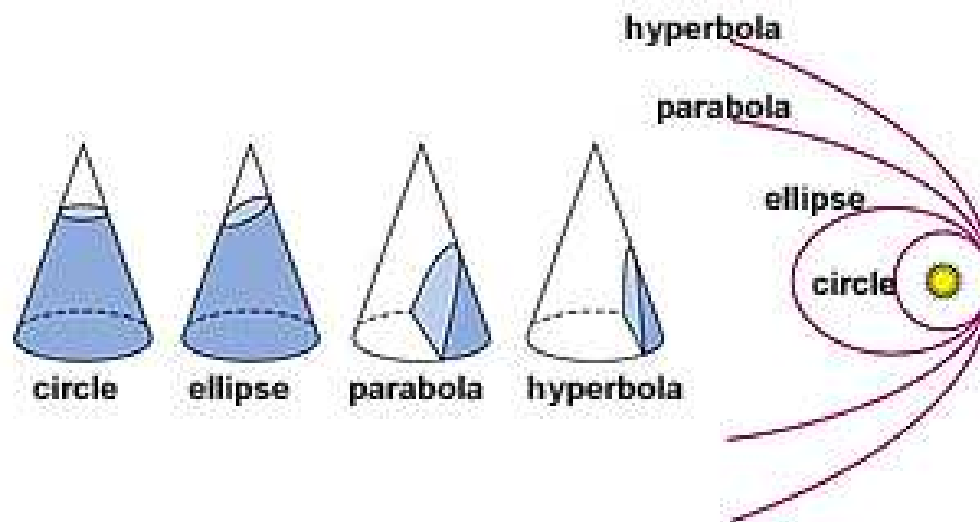
Teorema de Kelvin (1824–1907)



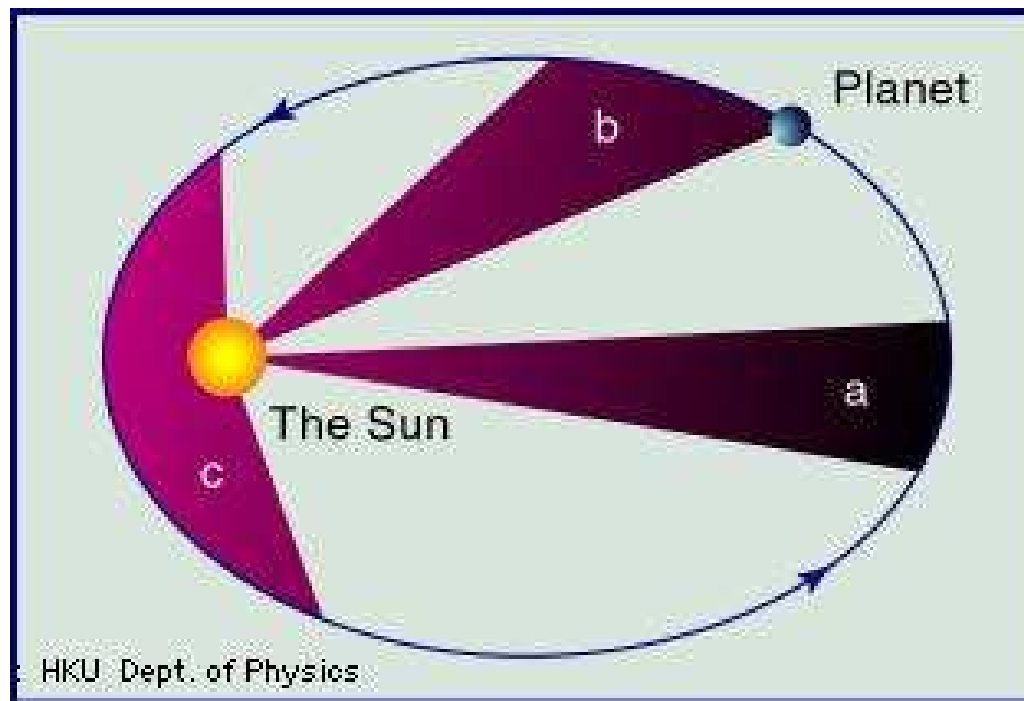
$$\sin \alpha = \frac{1}{3} \text{ (portanto } \alpha \simeq 19,5^\circ \text{).}$$

Leis de Kepler (1571–1630)

1. As órbitas dos corpos celestes são secções cónicas com o Sol num dos focos.

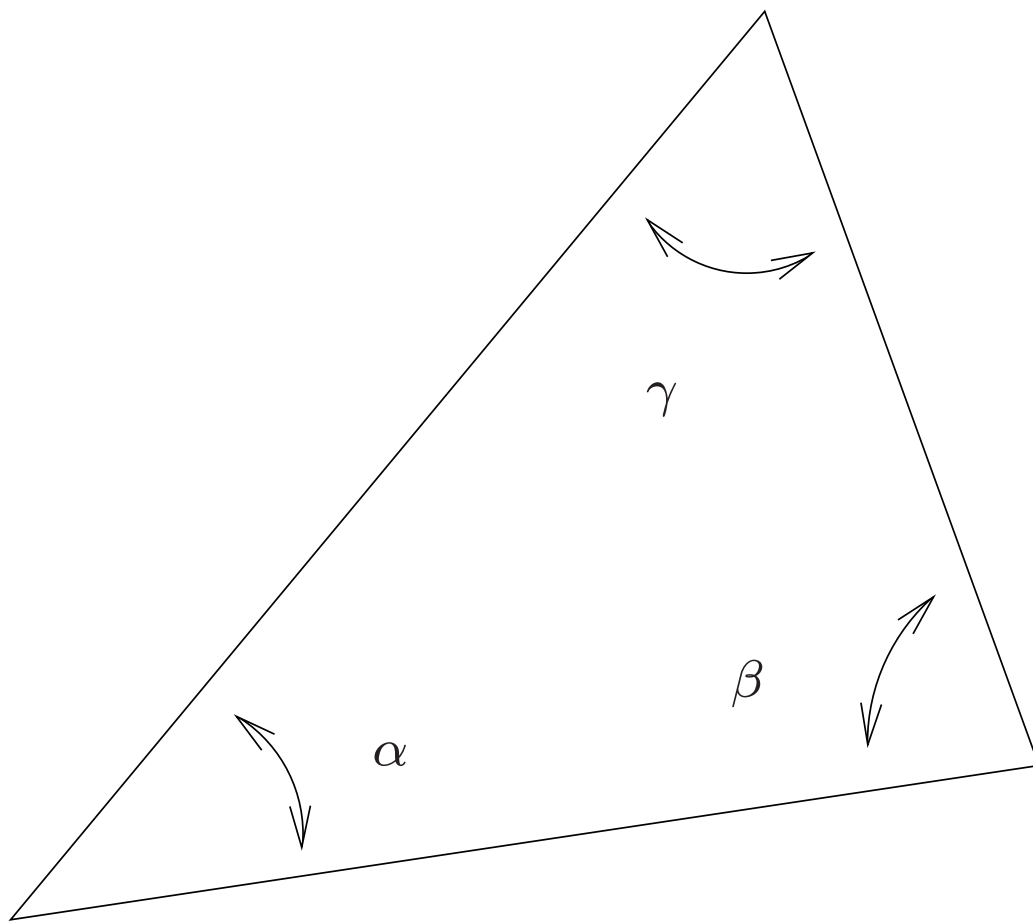


2. O segmento de recta que une o corpo ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais.



Geometria de Euclides (séc IV–III a.C.)

- Duas rectas distintas intersectam-se no máximo uma vez.
- Existem rectas que não se intersectam (paralelas).
- Os ângulos internos de um triângulo somam 180° .

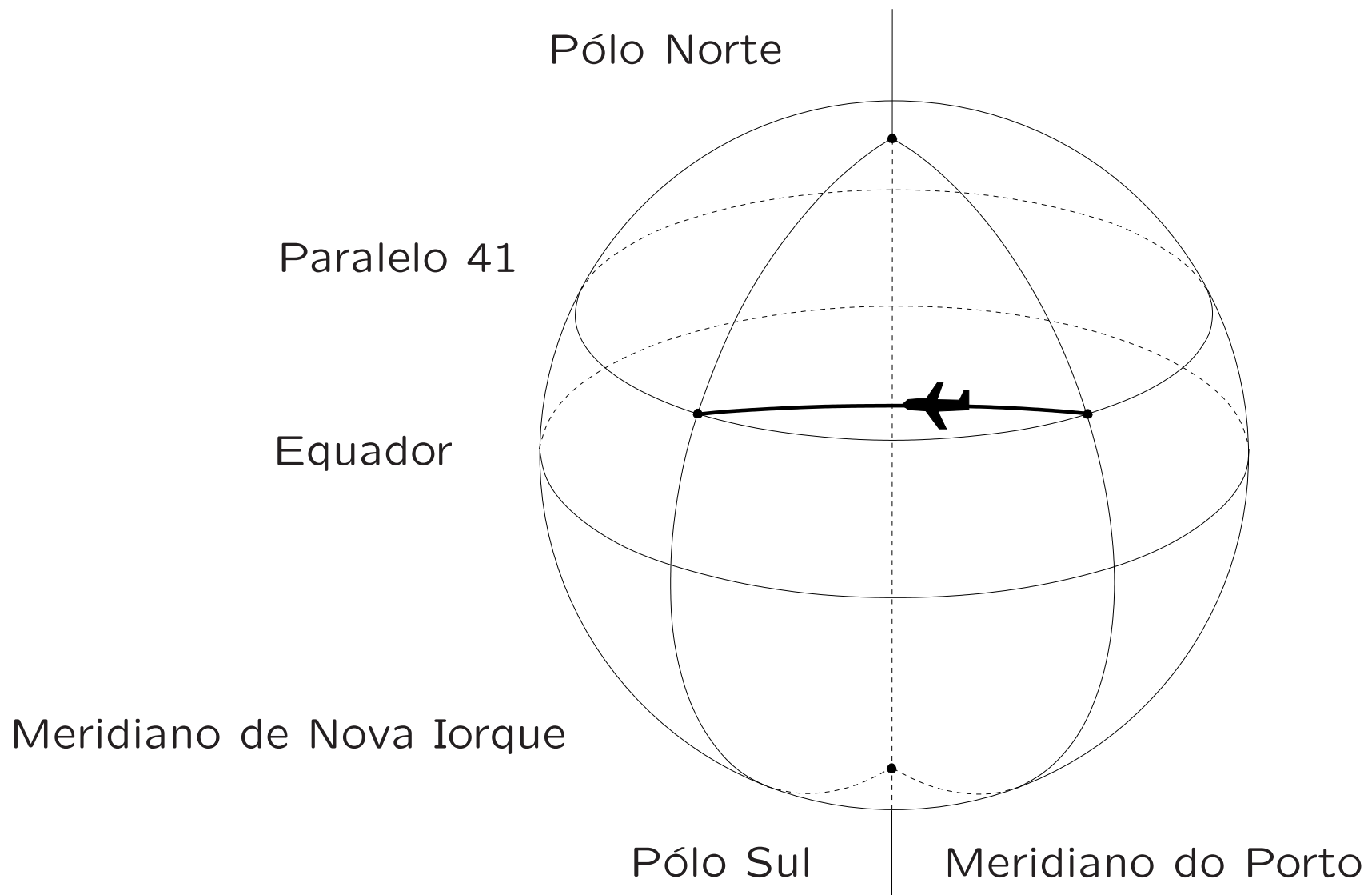


$$\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$$

Geometria de Riemann (1826–1866)

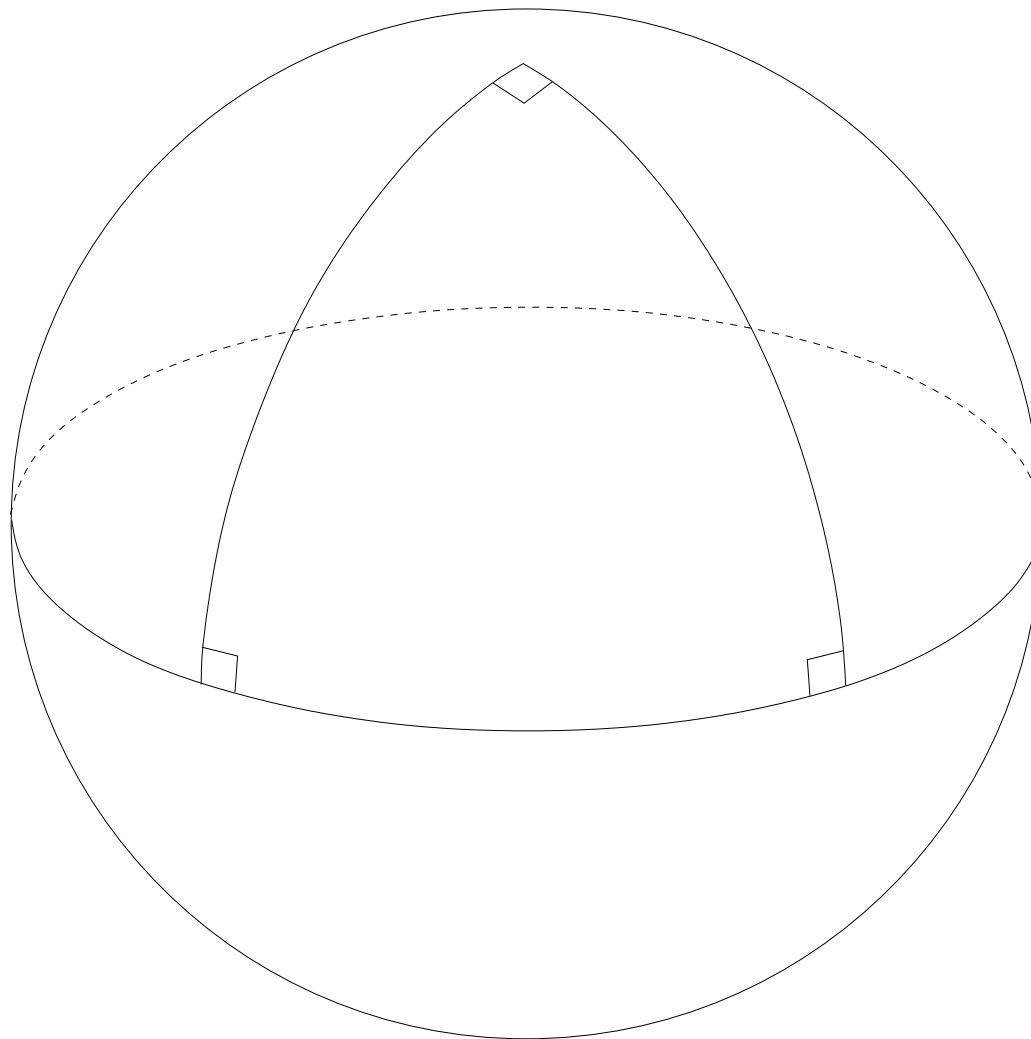
É a geometria das superfícies (espaços) curvos. Em vez de rectas temos **geodésicas** (curvas de comprimento mínimo).

Na esfera, por exemplo, as geodésicas são os círculos máximos, como o equador ou os meridianos. É por isso que para ir do Porto para Nova Iorque, o avião não voa para oeste.



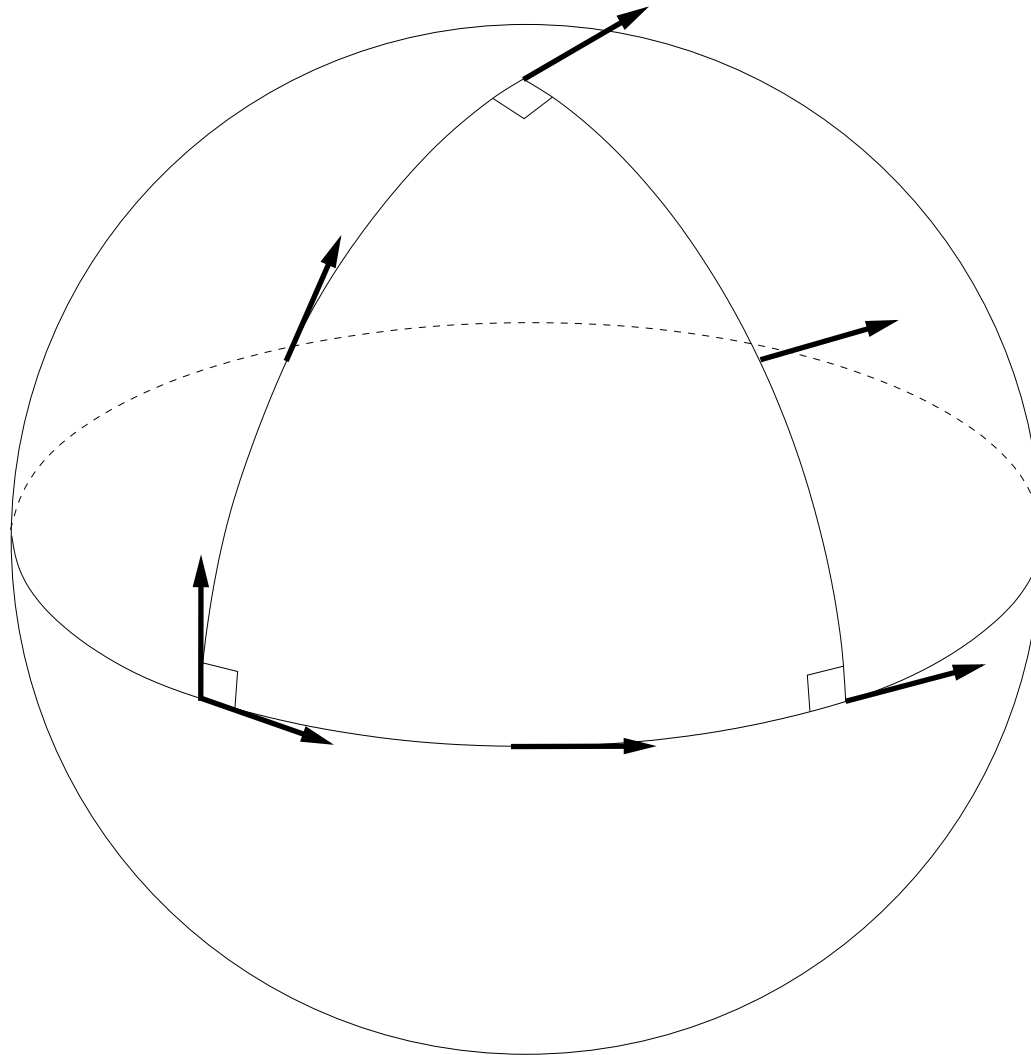
Geometria da esfera

- Duas geodésicas distintas intersectam-se sempre em dois pontos (não existem paralelas).
- Os ângulos internos de um triângulo somam mais de 180° .



Transporte paralelo

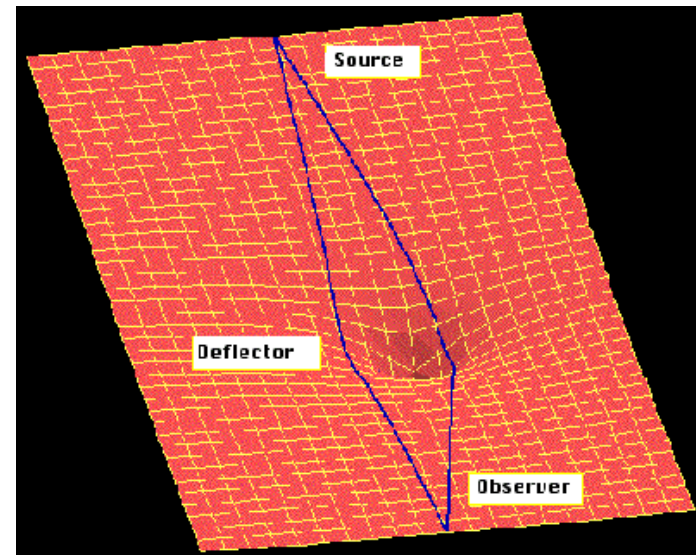
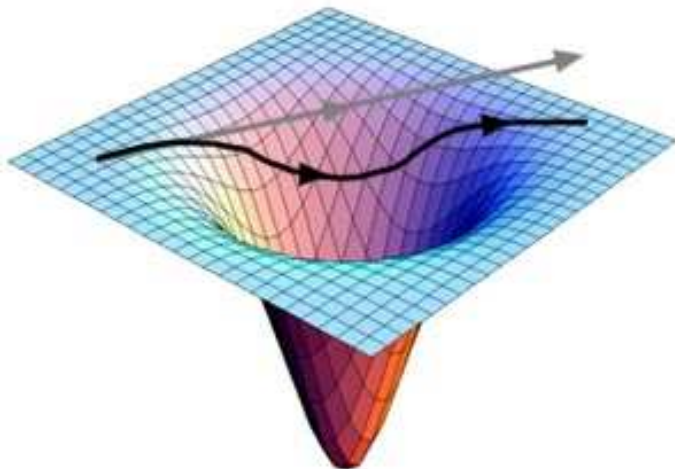
Um vector tangente que é transportado paralelamente ao longo de uma curva fechada regressa ao ponto inicial rodado de um ângulo igual ao excesso.

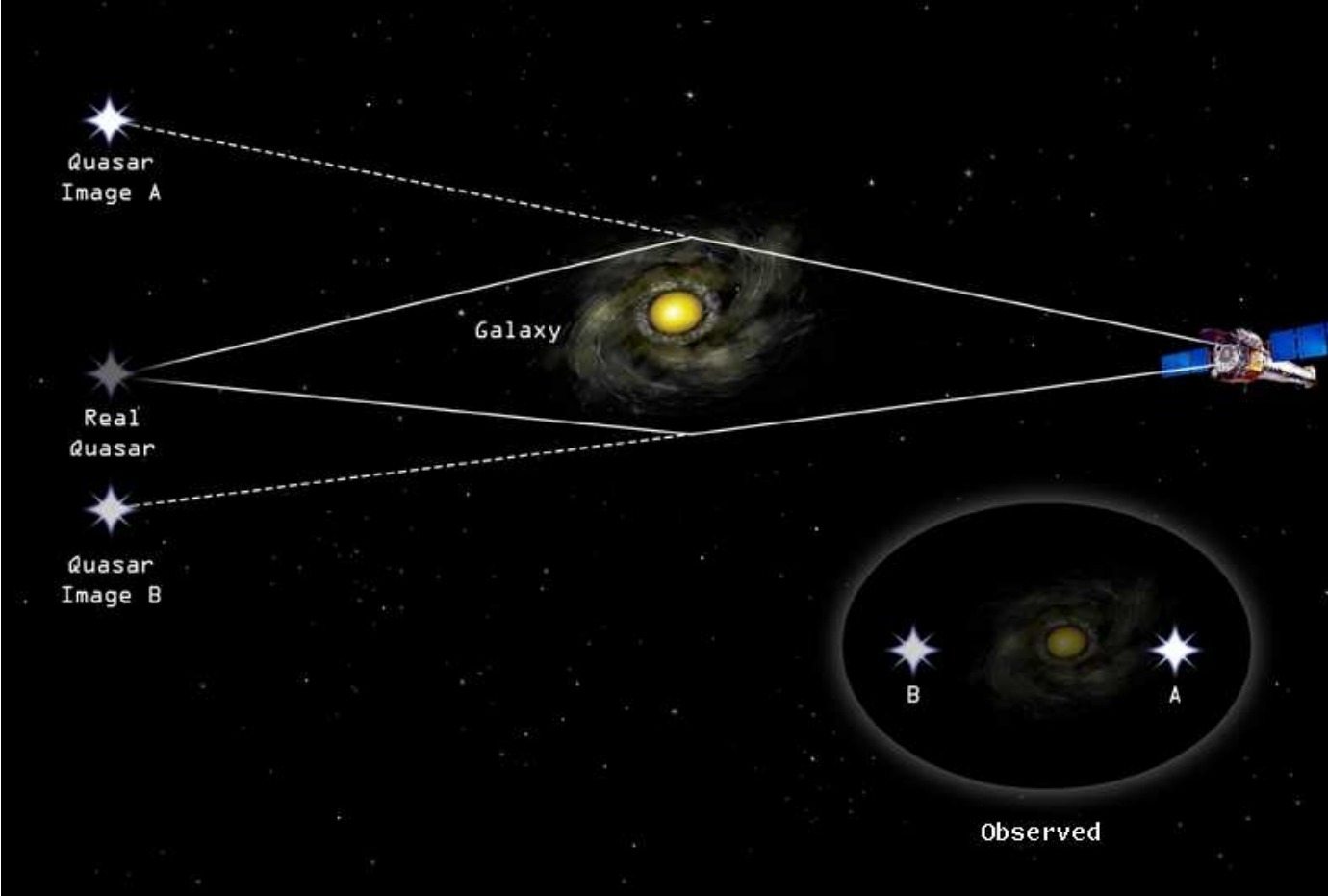


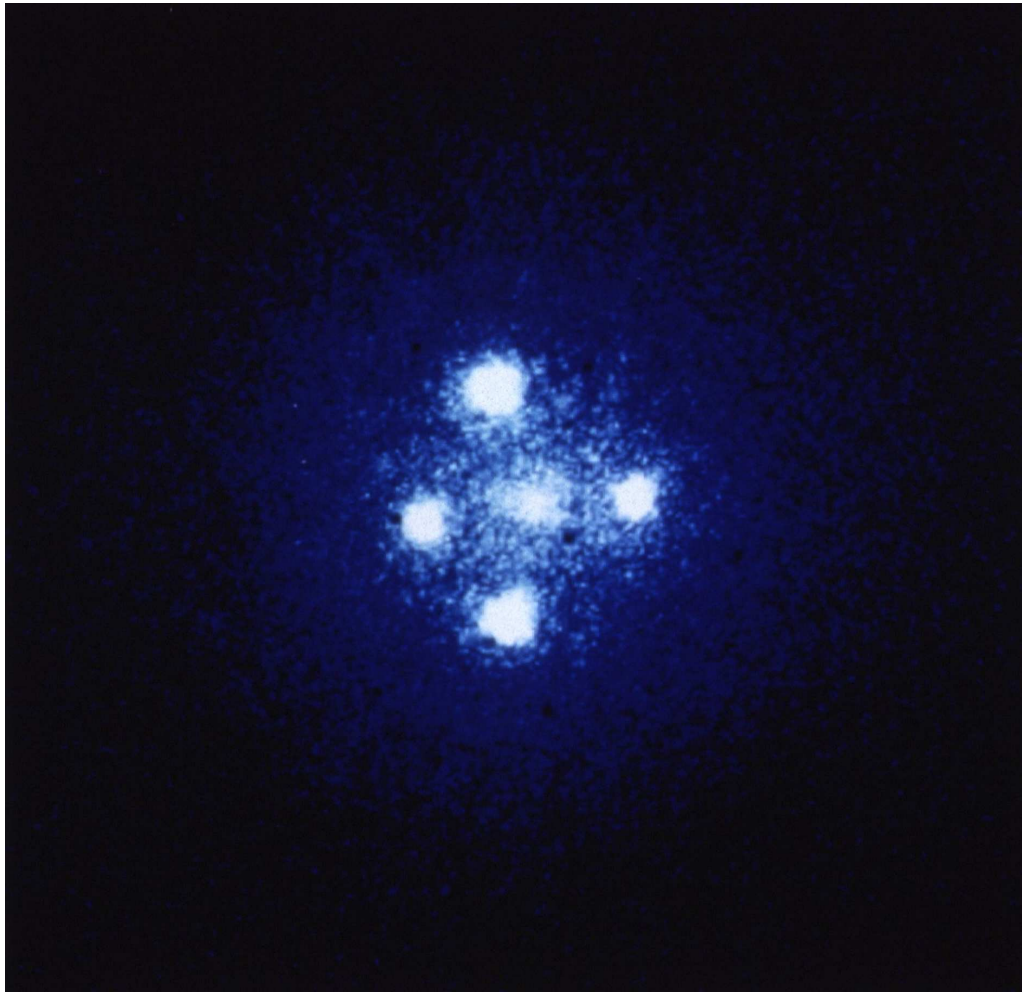
Einstein (1879–1955)

O espaço(-tempo) é curvo e os raios luminosos seguem geodésicas.

Uma consequência é o efeito de lente gravitacional, que origina imagens múltiplas de objectos astronómicos.





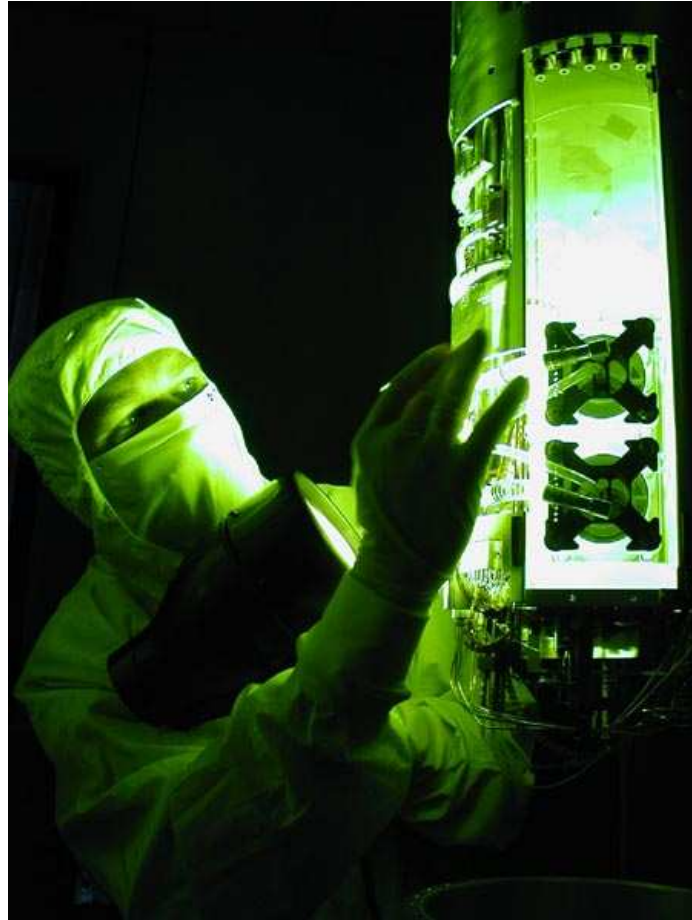


Cruz de Einstein.

Gravity Probe B (lançada em 2004)



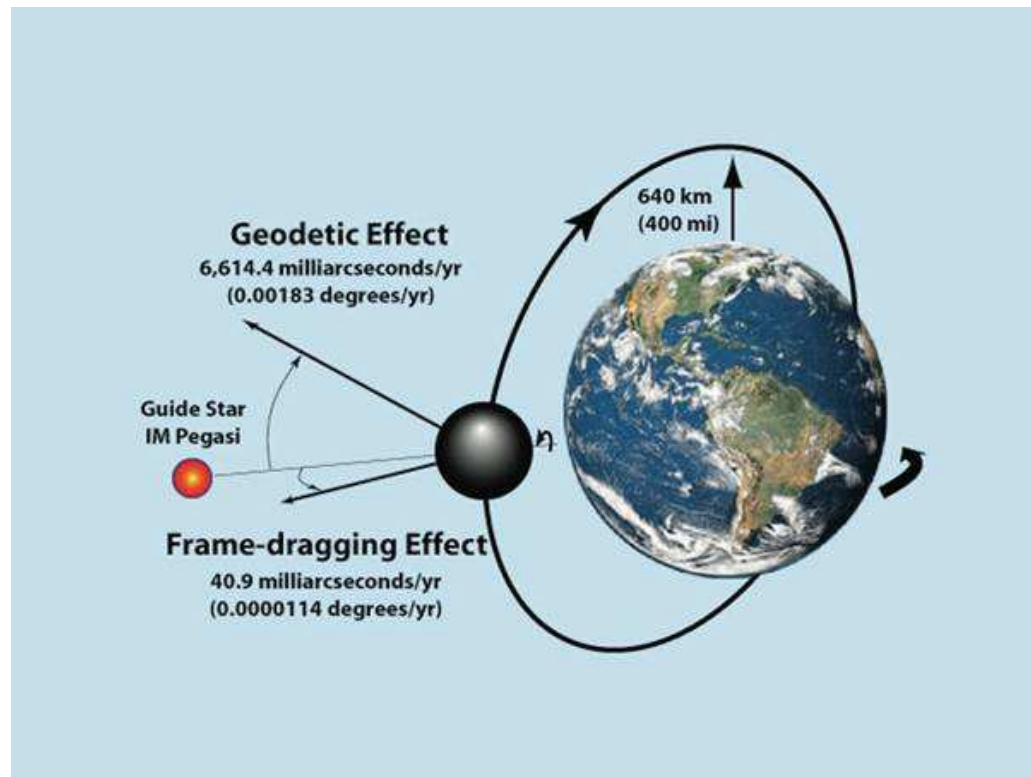
As esferas mais esféricas do mundo...



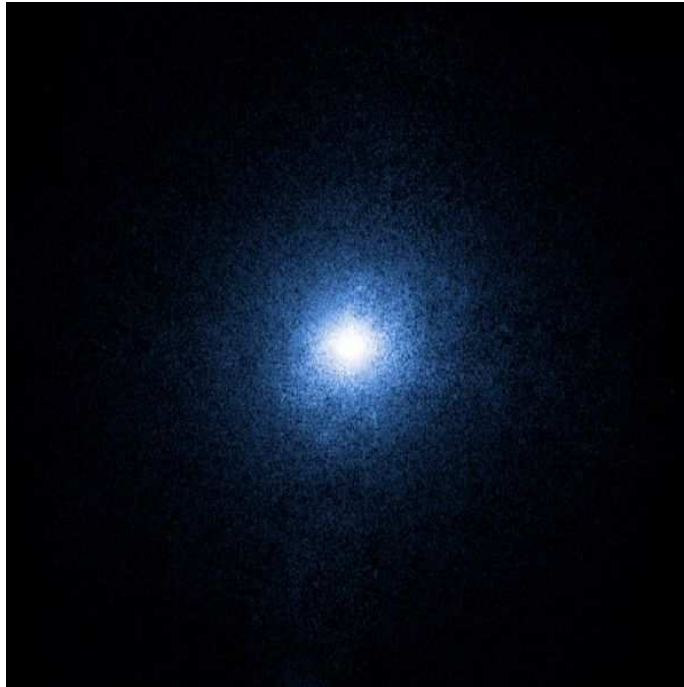
...arrefecidas abaixo de -271°C ...



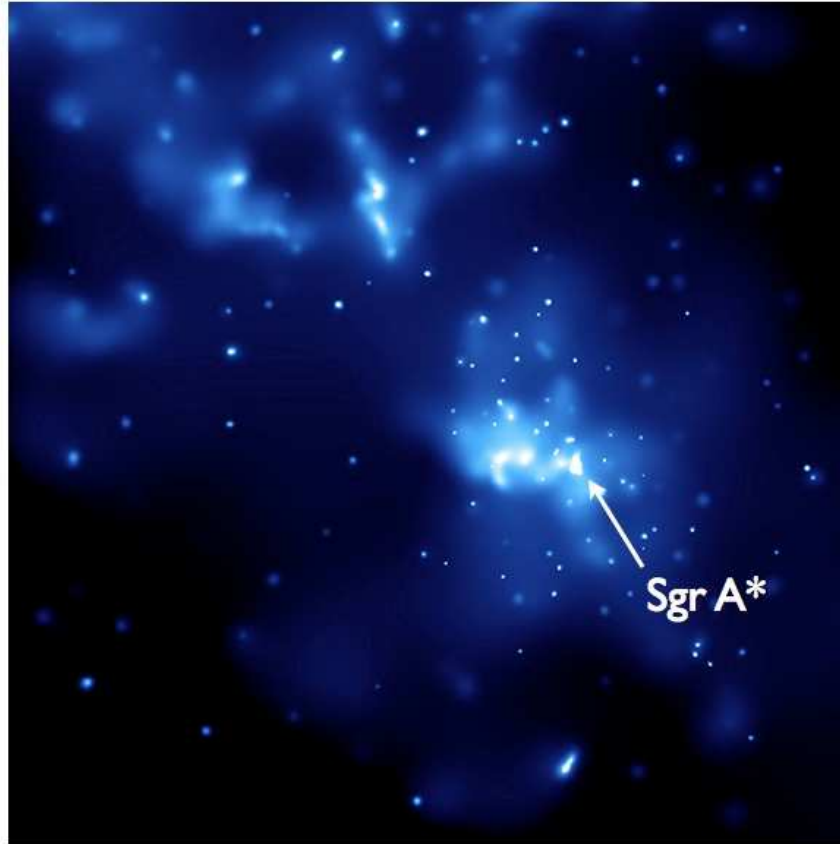
...foram colocadas a rodar em órbita.



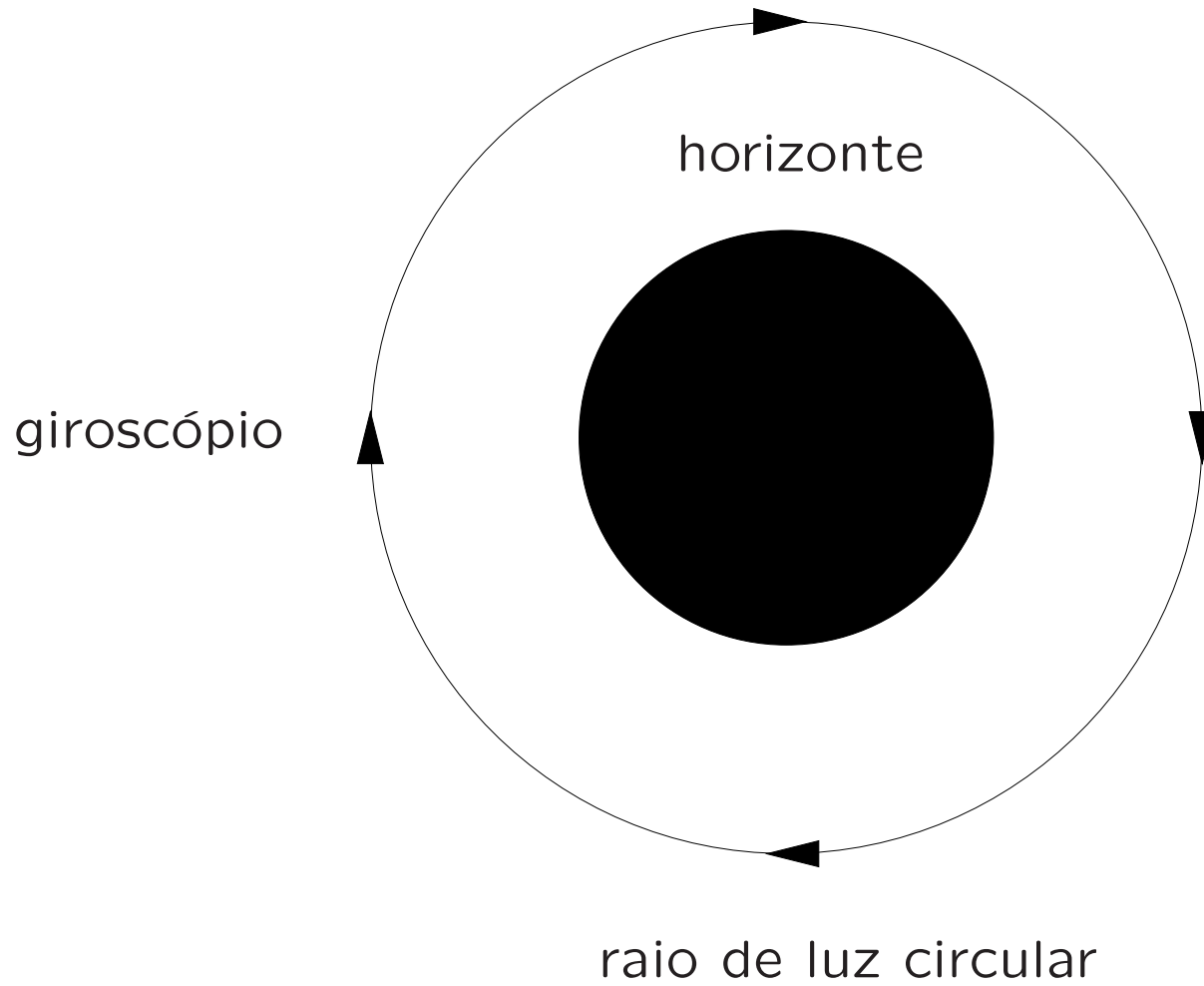
Buracos negros

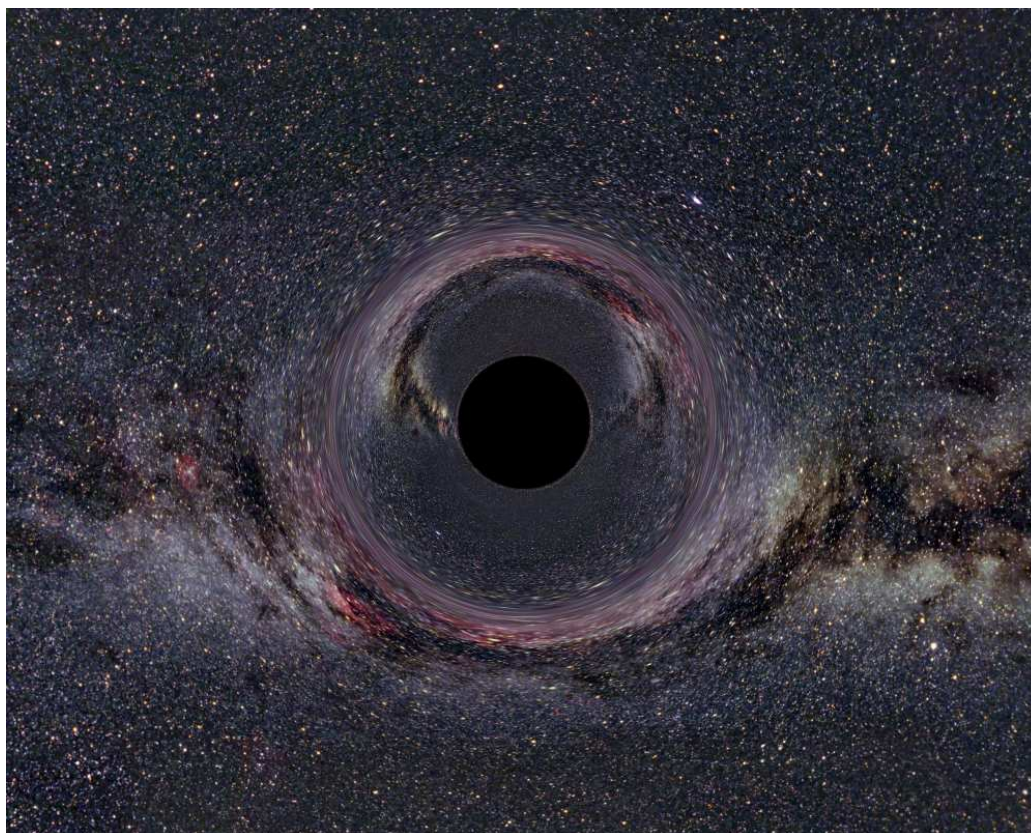


Cygnus X-1 (imagem de raios-X do telescópio Chandra).

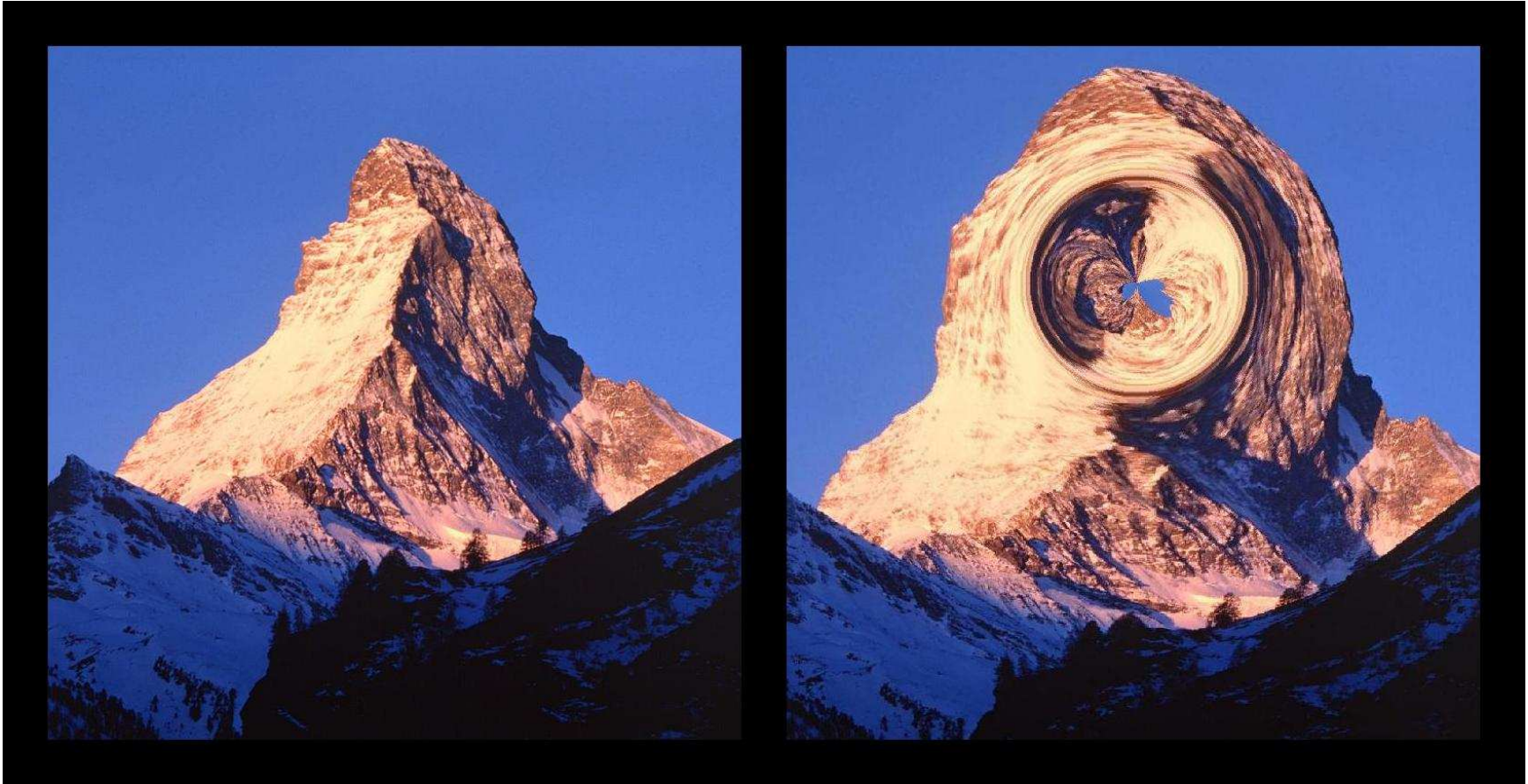


Sagittarius A* (imagem de raios-X do telescópio Chandra).





Buraco negro a 600 quilómetros...



...e a 600 metros.

Galileu Galilei (1564–1642)

“A Filosofia [Ciência] está escrita neste grande livro, o Universo, que está permanentemente aberto e ao alcance do nosso olhar. Mas o livro não pode ser compreendido sem antes aprendermos a linguagem e os caracteres em que está escrito. A linguagem é a Matemática, e os caracteres são triângulos, círculos e outras figuras geométricas, sem as quais é humanamente impossível compreender uma única palavra.”

