

# MATÉRIA ESCURA

---

Samuel Ximenes

# Objetivo

- O foco deste trabalho é tentar aproximar um assunto atual da física do ambiente escolar.
- Devemos acreditar que é possível aprender uma física contemporânea, sem ignorar sua relação com a física clássica estudada na escola.

# Física contemporânea



## Colisões de aglomerados de galáxias aprofundam mistério da natureza da matéria escura

Estudo mostra que substância cuja presença só é percebida pelos seus efeitos gravitacionais mal interage com outras concentrações dela mesmo, desafiando ideia mais aceita de que seria composta por partículas subatômicas ainda desconhecidas

# Física contemporânea



- Logout
- Assine a Folha
- Atendimento
- Versão Impressa

## FOLHA DE S. PAULO

★ ★ ★ UM JORNAL A SERVIÇO DO BRASIL

SEGUNDA-FEIRA, 12 DE OUTUBRO DE 2015 17:59

Seções Opinião Política Mundo Economia Cotidiano Esporte Cultura F5 Classificados

Últimas notícias Livraria: Leia trecho de 'Minha Breve História', autobiografia de Stephen Hawking

## ciência

tecnologia e saúde | cotidia

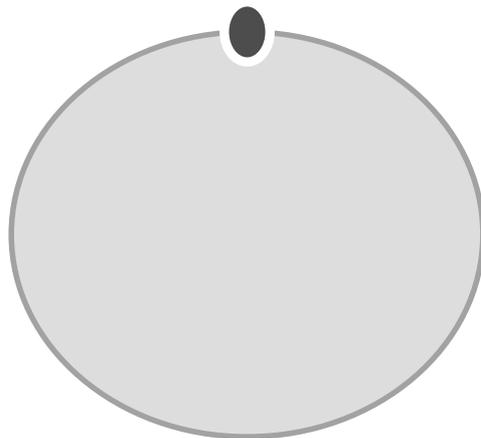
### Colisor de partículas volta à ativa e tenta explicar matéria invisível



# Movimento circular uniforme

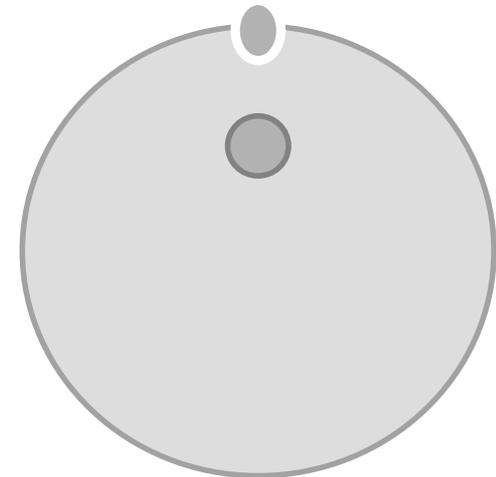
- Da cinemática temos que:

- $v = \frac{2\pi r}{T}$ 
  - perímetro da circunferência
  - período de uma volta



# Movimento circular uniforme

- Se dois corpos tem o mesmo período, então eles percorrerão o mesmo ângulo no mesmo tempo.



# Movimento planetário

- As excentricidades das órbitas elípticas, por serem muito pequenas, nos permitem fazer uma aproximação plausível: podemos adotar as propriedades do M.C.U. para as trajetórias dos planetas.
- Sendo assim, o período orbital de um planeta será dado por:

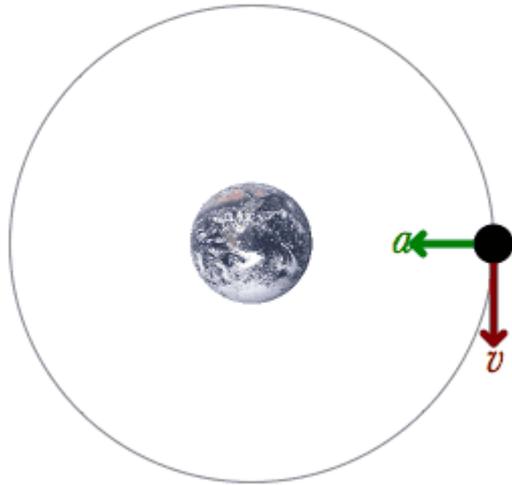
$$T = \frac{2\pi r}{v}$$

Onde  $v$  é a velocidade média orbital.

# Velocidade orbital

- Você é capaz de fazer alguma estimativa sobre a velocidade orbital dos planetas do sistema solar?
- Ela aumenta, diminui ou permanece a mesma a medida que o corpo se afasta do Sol?
- Qual a relação da velocidade orbital de um planeta com o seu período de revolução?

# Dinâmica do movimento circular



$$F = m \cdot a$$

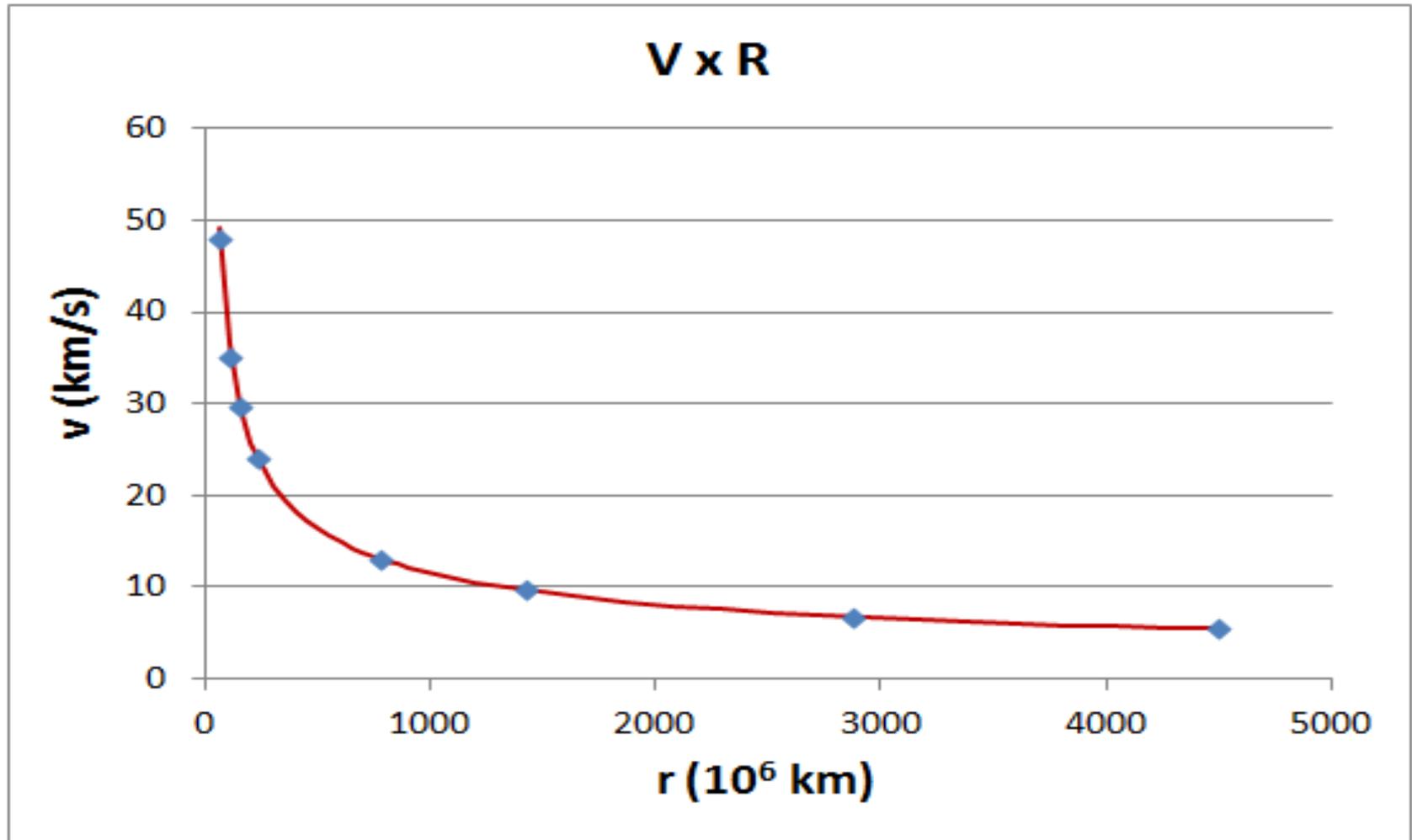
$$\frac{GMm}{R^2} = \frac{mV^2}{R}$$

$$V^2 = \frac{GM}{R}$$

$$V = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

A velocidade orbital é inversamente proporcional à raiz quadrada do raio médio da órbita.

# Sistema solar



# 3ª Lei de Kepler

- Ela nos diz que o quadrado do período de revolução de um corpo é proporcional ao cubo do raio de sua órbita e que essa razão é constante para todos os planetas do sistema solar.

$$\frac{T^2}{R^3} = K$$

E qual seria esse valor de k?

# Relação de Kepler

$$V = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

Mas como  $V = \frac{2\pi r}{T}$ , temos:

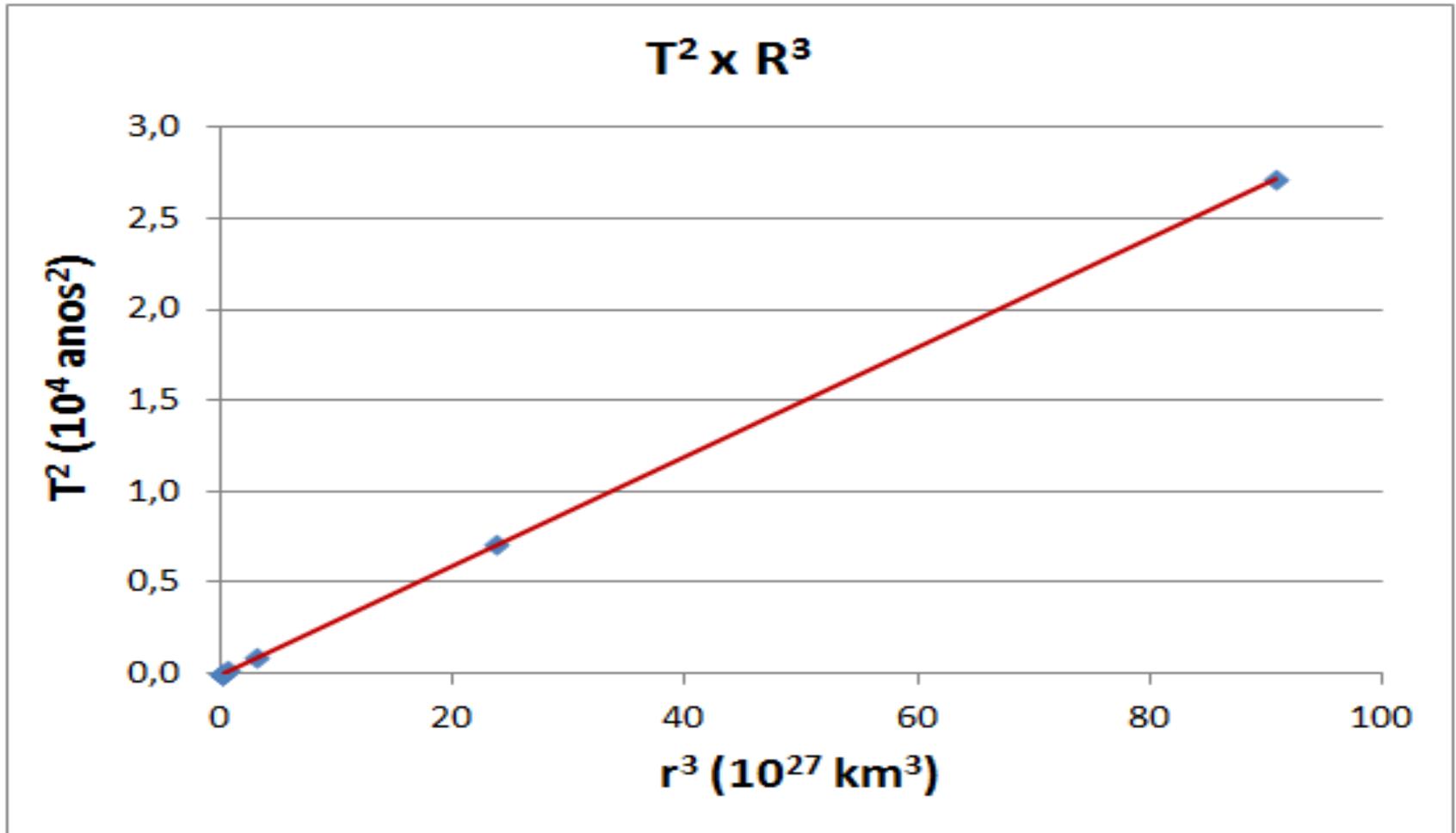
$$\frac{2\pi r}{T} = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

$$\frac{4\pi^2 R^2}{T^2} = \frac{GM}{R}$$

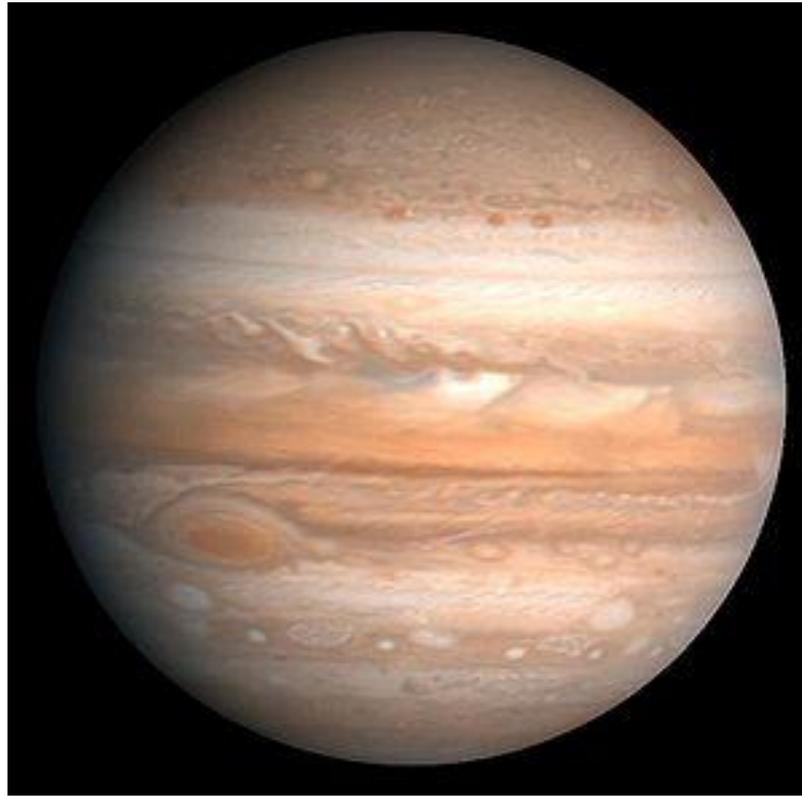
$$\frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$$

A mesma relação de Kepler escrita de suas formas diferentes.

# Sistema solar

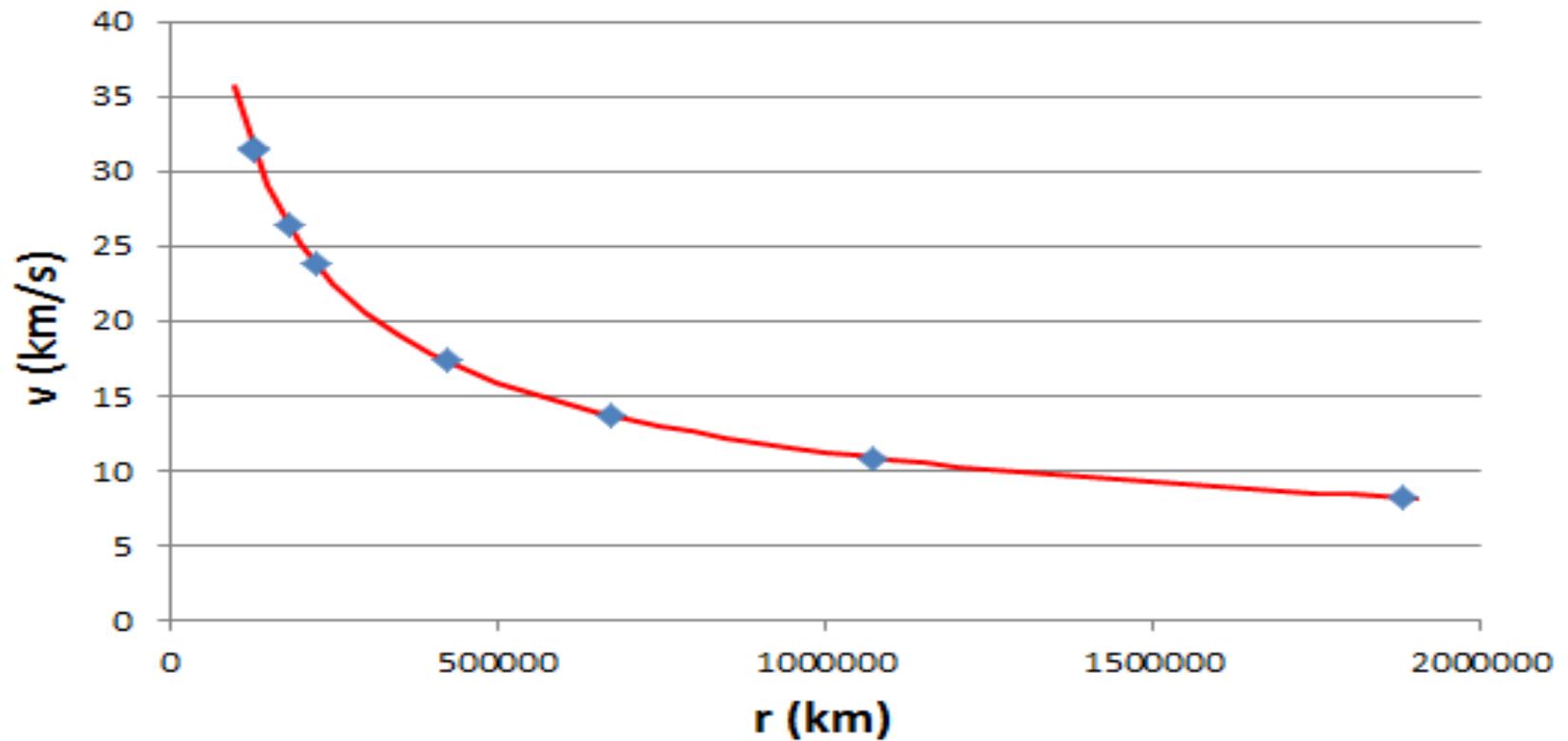


# Luas de Júpiter

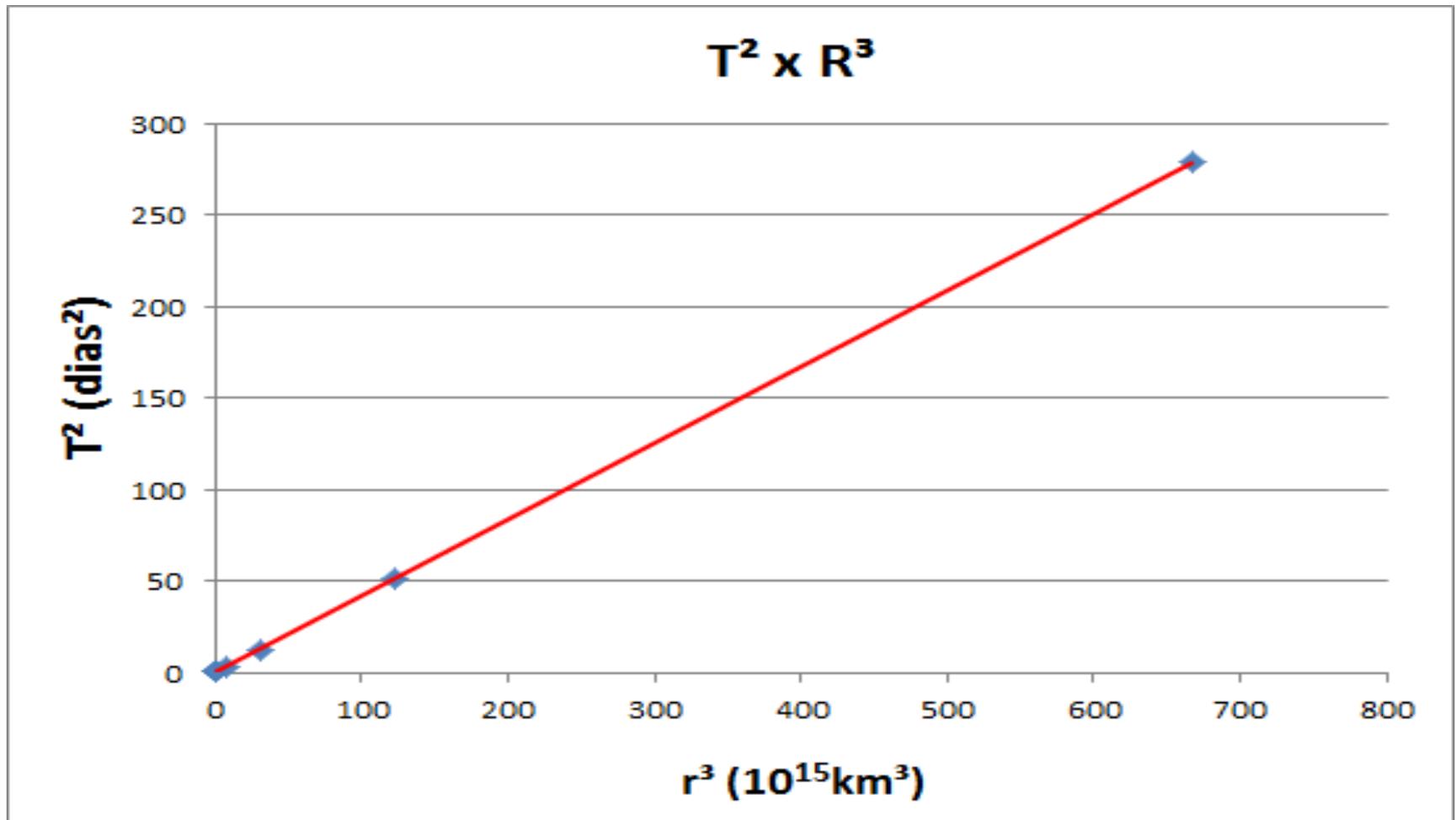


# Luas de Júpiter

**V x R**



# Luas de Júpiter



# A confirmação da teoria

- Com a análise desses dois sistemas podemos perceber que eles confirmam a teoria de Kepler com uma precisão muito boa. Ambos possuem comportamento muito semelhante quanto às velocidades dos corpos que se afastam do centro massivo.
- Somos capazes de imaginar que o comportamento será semelhante em outros casos de corpos que orbitem em torno de uma região massiva central.

# Galáxias

- Vamos estender nossas análises para sistemas um pouco mais afastados e complexos.
- Diferente dos casos vistos até aqui, em uma galáxia é possível fazer uma análise de uma órbita dentro e fora da região massiva central. As galáxias do tipo espiral são formadas por uma região central (bojo) e um disco, os quais contêm toda a matéria luminosa.

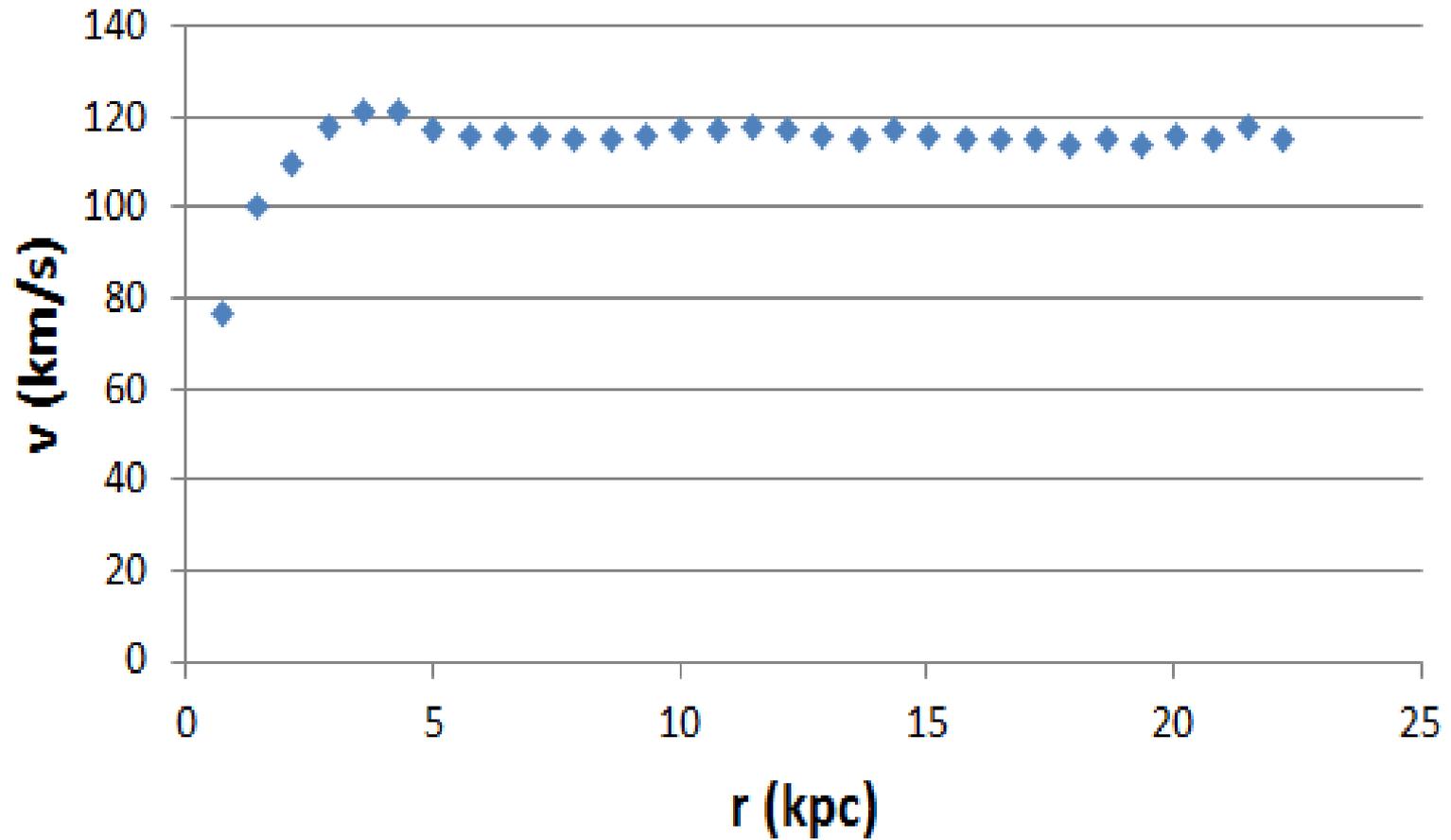
# Exemplo de galáxia



# NGC 6503



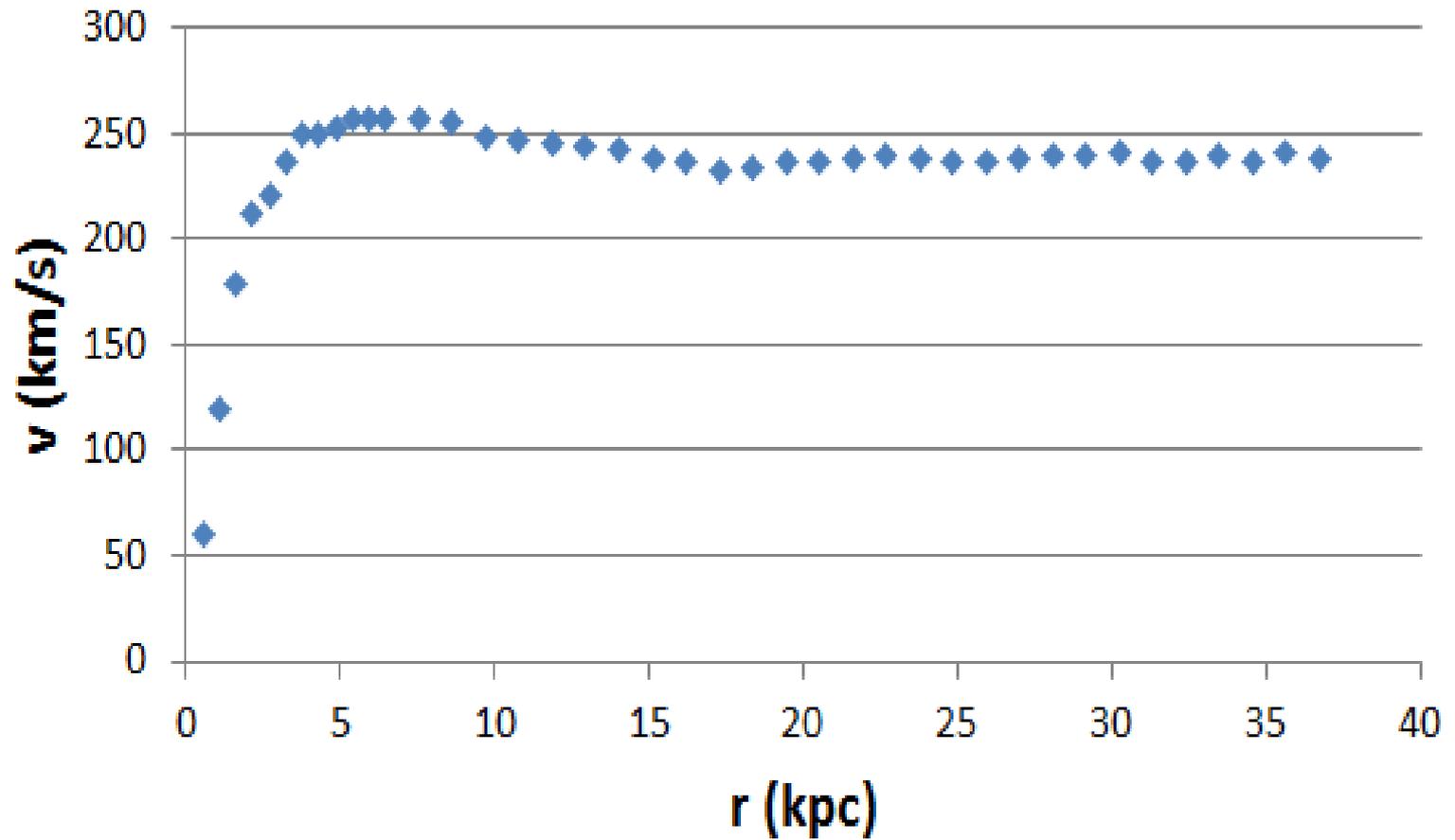
# NGC6503



# NGC 7331



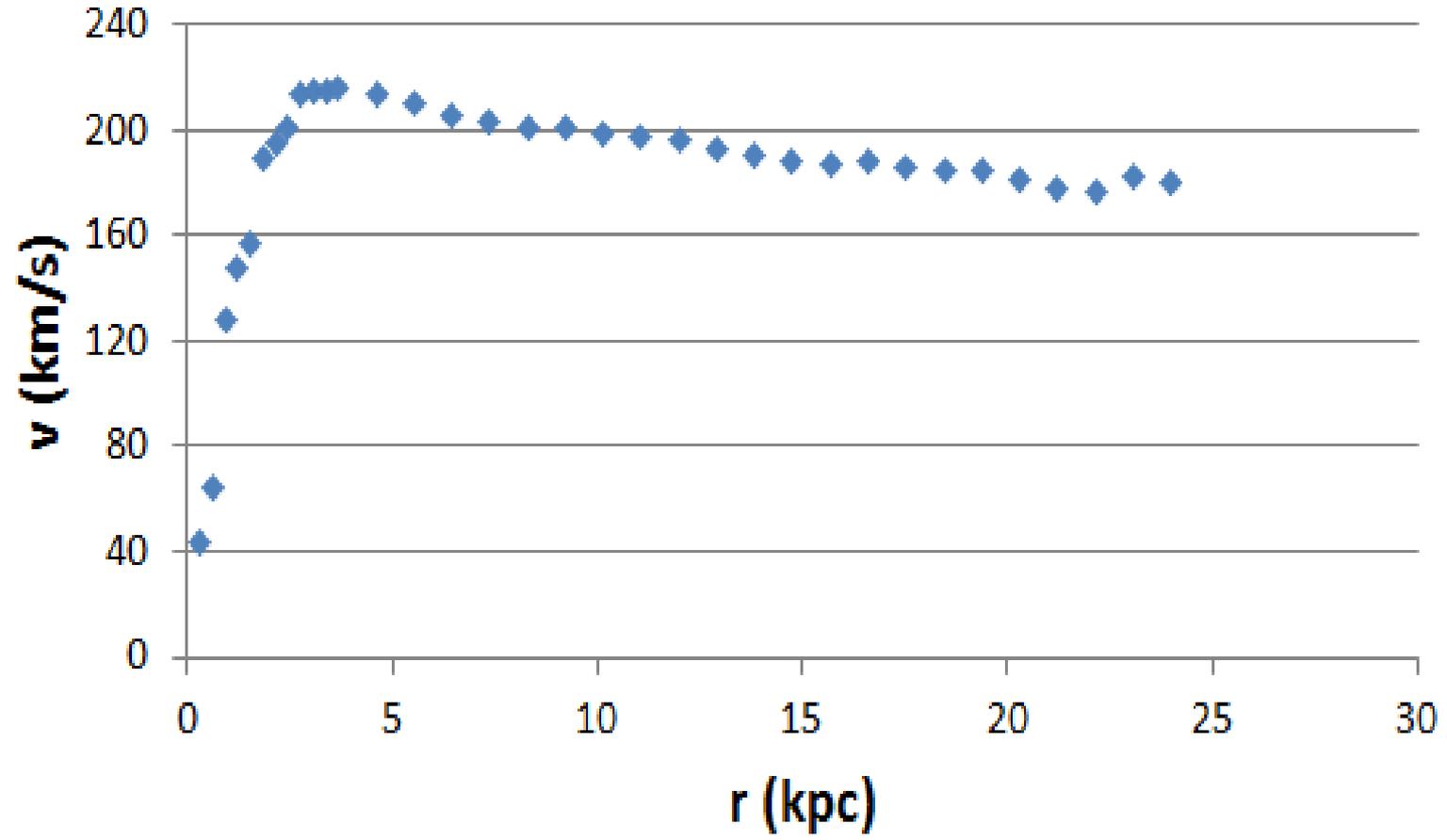
# NGC7331



# NGC 2903



# NGC2903



# Discrepância

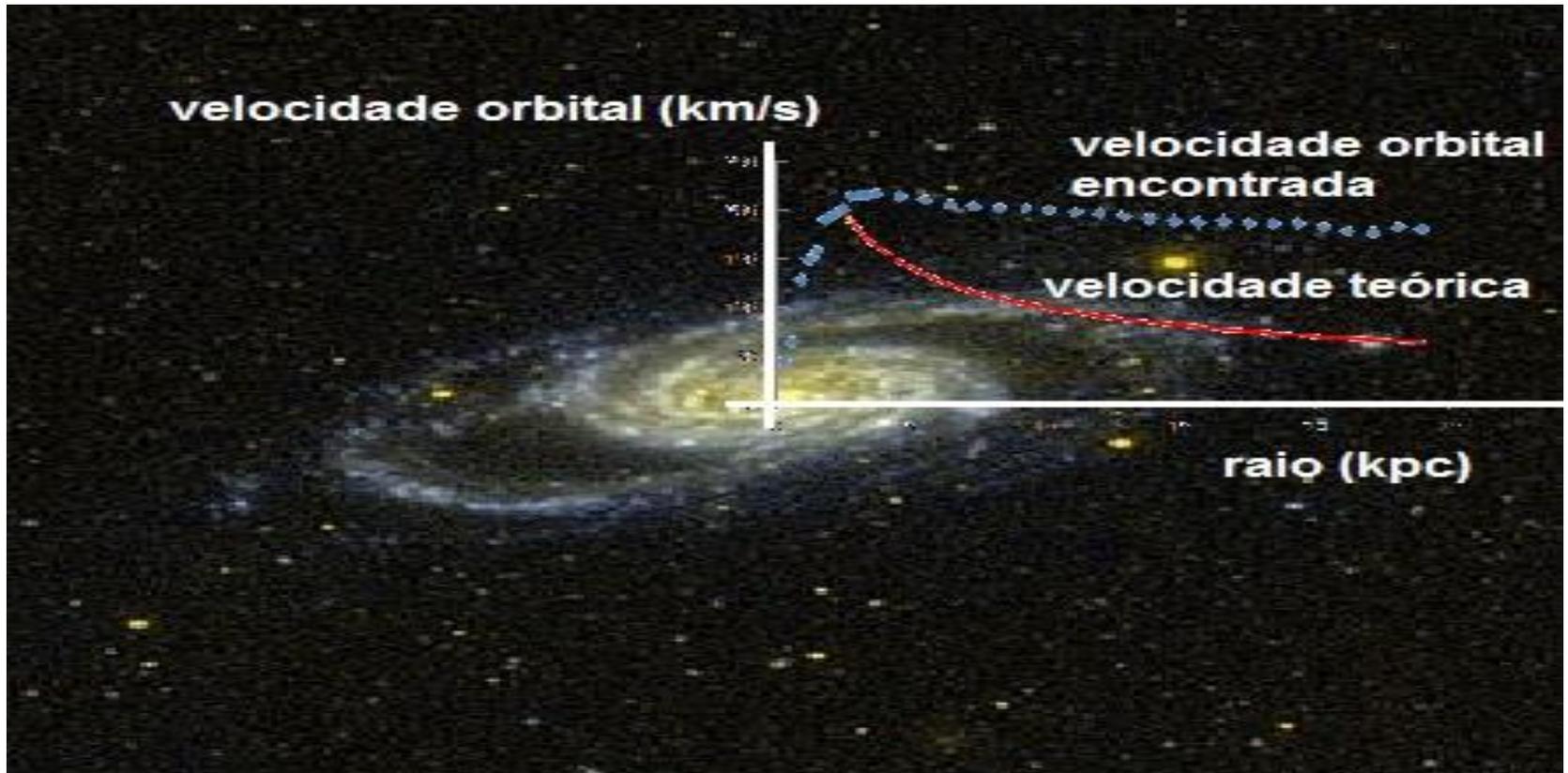
- Nessas três galáxias a velocidade orbital não cai, como era esperado pela relação de Kepler.
- Isso nos leva a pensar no que poderia estar errado.
- Vamos olhar novamente para a equação da velocidade orbital  $V = \sqrt{\frac{GM}{R}}$

$$V = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

- Assumindo que a lei de Kepler é correta (poderia não ser) , sendo a constante gravitacional um valor fixo, a medida que aumentamos a distância ao centro das galáxias, para a velocidade não estar caindo, a massa deve estar aumentando juntamente com o raio R.
- Só há um problema...

# Velocidades muito altas

- As velocidades continuam crescendo para muito além de onde enxergamos a matéria visível das galáxias.



???

- O que poderia então ser responsável pelas velocidades que não diminuem?
- Foi perguntado no questionário prévio como poderíamos “observar” um corpo invisível e muito distante. Vejamos algumas das respostas de seus colegas.

# Respostas dos alunos

- *“Através de ouvir falar, tocar, de uma foto, revista, jornal, televisão, observação, experimentação, ciências (física, matemática, etc), mapas...”*
- *“Podemos determinar se um corpo está num determinado lugar se conseguirmos, com pelo menos, um dos nossos sentidos, com ajuda ou não de aparelhos, como : microscópios, telescópios, computadores.”*

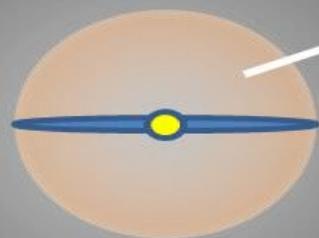
# Respostas dos alunos

- *“Ao se detectar, de alguma forma, que o corpo interage gravitacionalmente, atraindo e/ou sendo atraído em determinado ponto do espaço. Se conseguirmos observar o corpo e calcular sua distância do referencial, determinando sua posição. Através de imagens de satélite, onde pode se determina suas coordenadas (na Terra). Se pudermos interagir (tocando, sentindo, cheirando) com o corpo. Caso o corpo realize um movimento padrão, os sucessivos cálculos de sua distância até um referencial podem predizer suas posições. ”*

# Matéria escura

- Foi o nome dado ao agente mais cotado para ser o responsável pelas velocidades orbitais encontradas anteriormente.
- Uma matéria extremamente massiva, que não emite luz ou qualquer outro tipo de radiação, mas que interage gravitacionalmente com os corpos próximos a ela.
- Podemos acreditar que a matéria escura está distribuída em um espaço muito maior que o que é ocupado por uma galáxia.

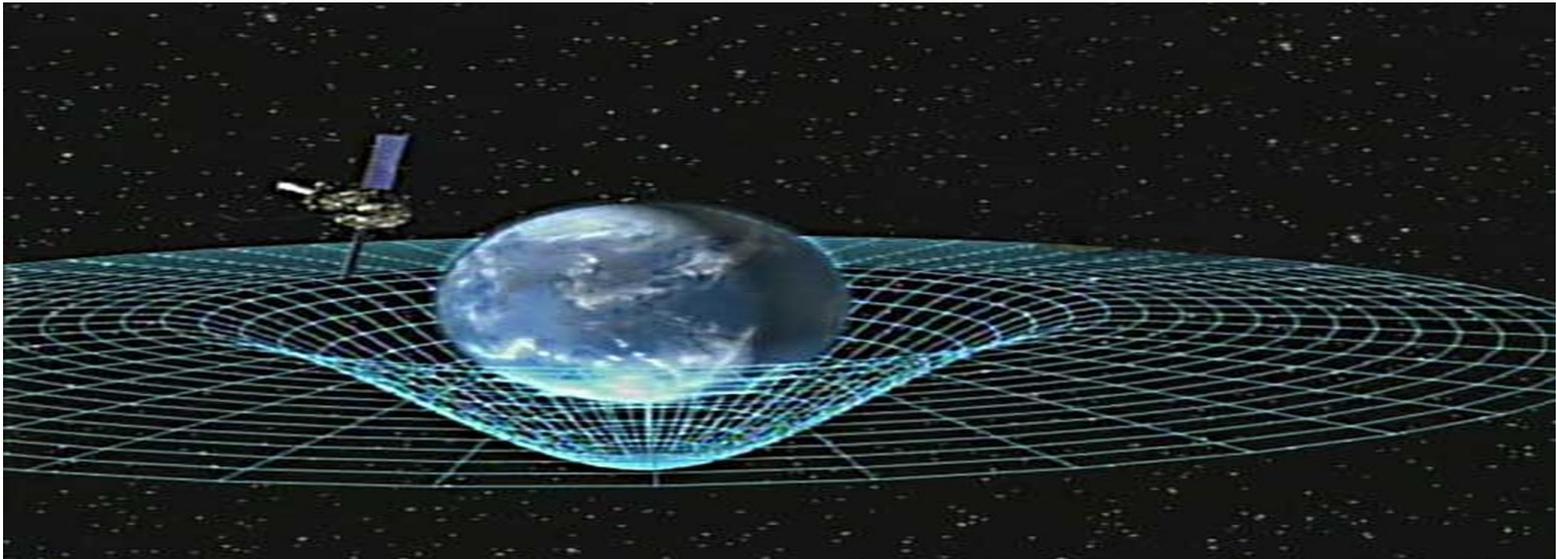
Halo de matéria escura



Matéria luminosa

# Outras evidências

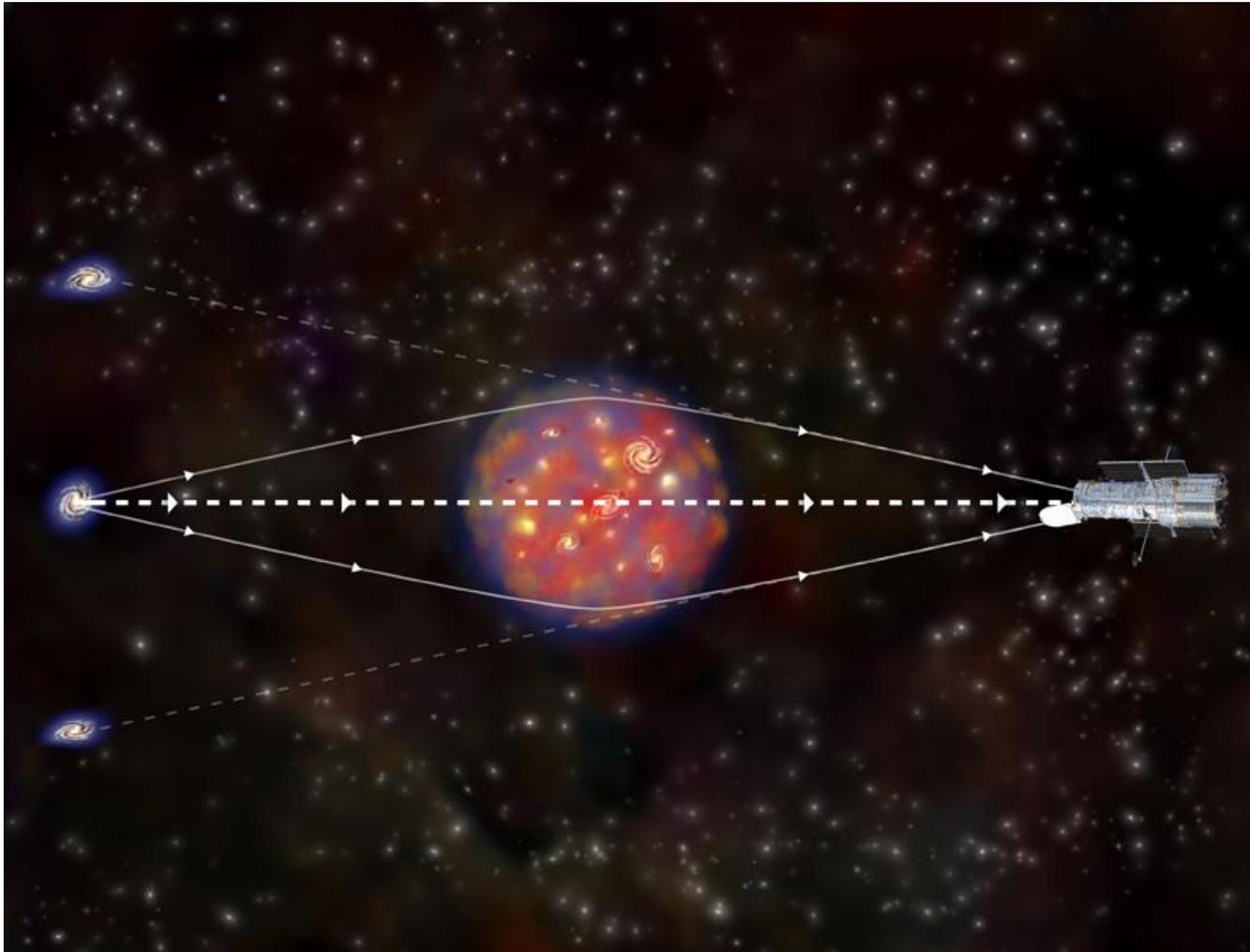
- Lentes gravitacionais
- A teoria da relatividade geral de Einstein diz que a massa de um corpo é capaz de deformar o espaço-tempo ao seu redor.



# Lentes gravitacionais

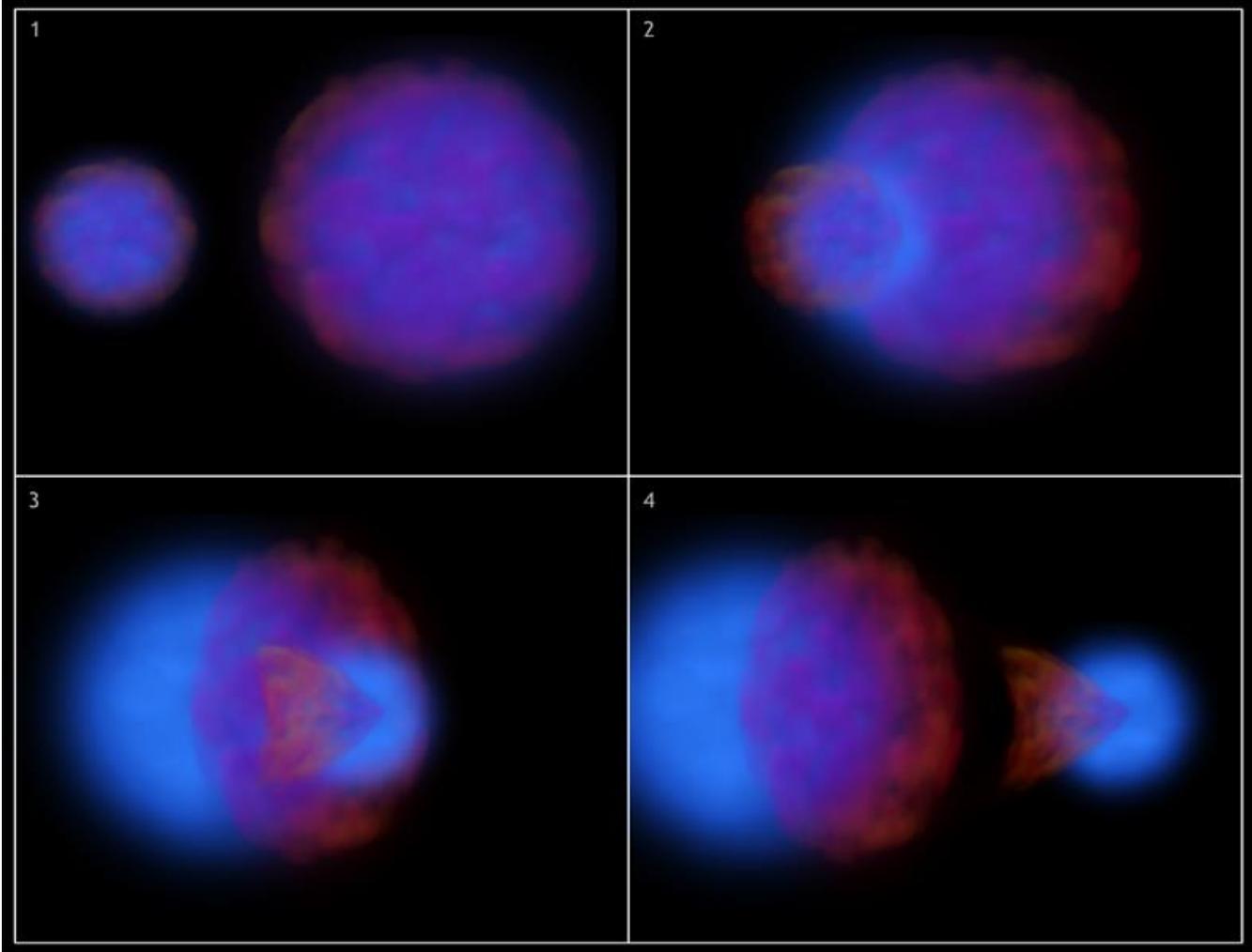
- Essa deformação no espaço seria capaz de alterar até a trajetória da luz.
- Essa alteração nos permite observar imagens de fontes luminosas que estariam obstruídas por corpos, visto que a luz é capaz de contornar esse obstáculo.

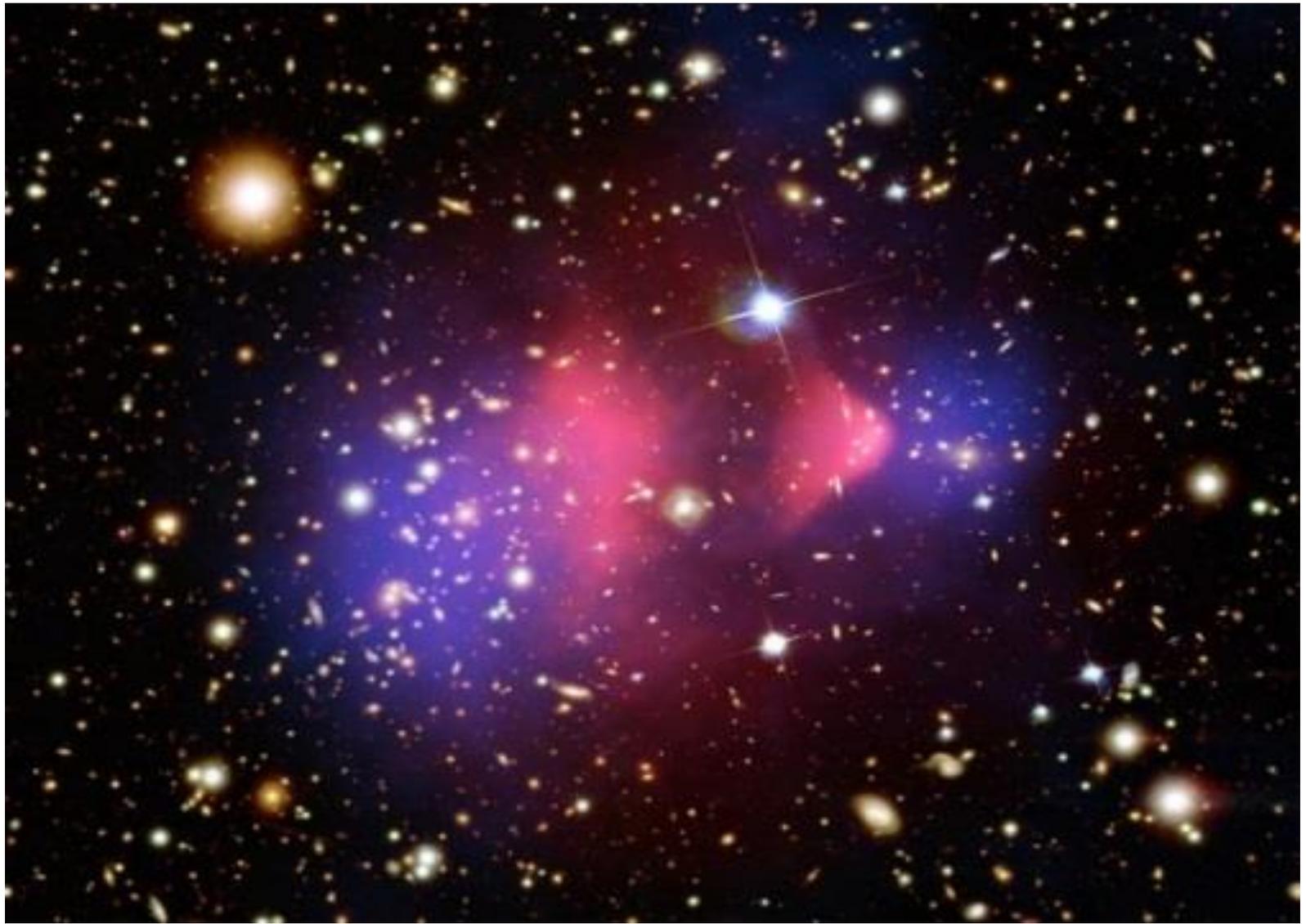
# Lentes gravitacionais



# Lentes gravitacionais

- No caso da matéria escura, sendo conhecida a deflexão sofrida pela luz é possível calcular a massa de uma região e compará-la com a massa visível desse local.
- O aglomerado da bala é uma das figuras mais famosas quando utilizamos lentes gravitacionais para falar da matéria escura. A colisão de dois aglomerados resultou em uma região com gás muito aquecido e uma região que permaneceu inalterada após o choque.





# Conclusão

- Podemos enfim chegar a conclusão de que já foi descoberto muito sobre o nosso universo, mas que ainda há muito para aprendermos.

