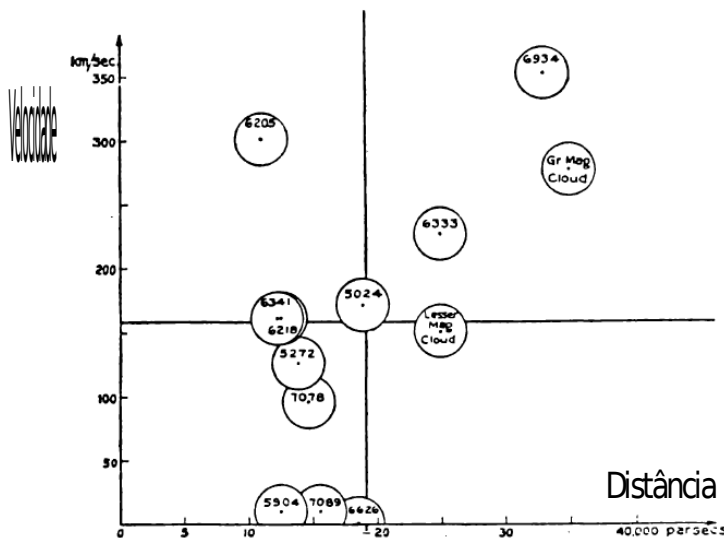


# Atividade 7 – A expansão do universo

Recentemente o renomado astrônomo inglês Arthur Eddington publicou um artigo defendendo que o modelo cosmológico mais adequado atualmente é o universo em expansão, embasado pela descoberta da relação redshift- distância. Porém, não está muito claro quem foi o cientista responsável por esta descoberta. Nossos pesquisadores nos forneceram uma série de dados retirados de artigos publicados entre 1914 e 1931 sobre esse assunto. Precisamos da sua ajuda para poder entender o estado atual das pesquisas envolvendo redshifts e a cosmologia.

O físico Ludwik Silberstein<sup>1</sup> investigou as relações entre o modelo de De Sitter e o redshift em aglomerados globulares. Criou o seguinte diagrama, que no eixo vertical mostra *velocidades radiais*, com unidades em km/s e no eixo horizontal a distância destes corpos, medida em parsec (é uma medida de distância utilizada por astrônomos, que vale 3,26 anos luz, ou aproximadamente  $3,08 \cdot 10^{13}$  km).

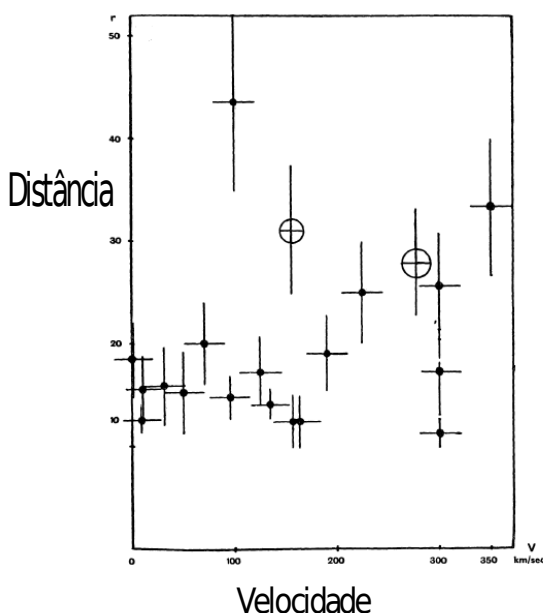


Existe uma relação de proporcionalidade entre a velocidade e a distância?

- ☐ Sim, diretamente proporcional.
- ☐ Sim, é proporcional, mas não linear.
- ☐ Não há proporcionalidade.
- ☐ São inversamente proporcionais.

Qual é a distância máxima dos corpos apresentados no diagrama, em *parsec*?

O sueco Knut Lundmark<sup>2</sup> criticou o artigo de Silberstein, apresentando um diagrama com as mesmas medidas de Silberstein, mas colocando *velocidades* no eixo horizontal, com unidades em km/s e *distâncias* no eixo vertical, com unidades em kiloparsec (1 kiloparsec = 1000 parsec).



Existe uma relação de proporcionalidade entre a velocidade e a distância?

- ☐ Sim, diretamente proporcional.
- ☐ Sim, é proporcional, mas não linear.
- ☐ Não há proporcionalidade.
- ☐ São inversamente proporcionais.

Qual é a distância máxima dos corpos apresentados no diagrama, em *parsec*?

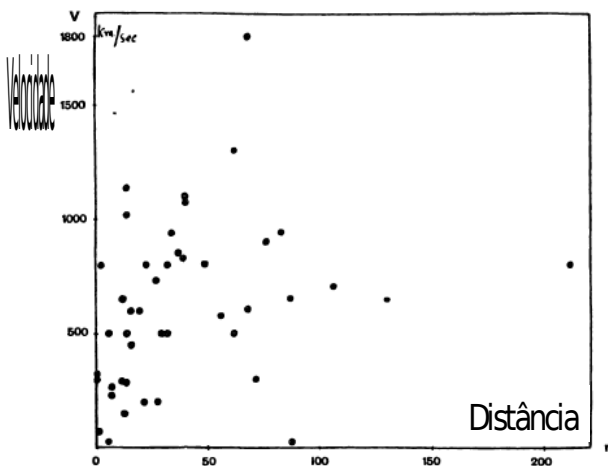
<sup>1</sup> Silberstein, L. 1924, The Curvature of de Sitter's Space-Time Derived from Globular Clusters, MNRAS, 84, 363

<sup>2</sup> Lundmark, K. 1924, The Determination of the Curvature of Space-Time in de Sitter's World, MNRAS, 84, 747

# Atividade 7 – A expansão do universo

Compare os diagramas de Silberstein e Lundmark. Em qual deles há mais pontos? Como você acha que o resultado de Lundmark pode ser utilizado para criticar a proposta de Silberstein?

No mesmo artigo, além de criticar o estudo de Silberstein sobre aglomerados globulares, Lundmark estudou também nebulosas espirais, corpos cuja natureza estava sendo debatida. Alguns achavam que eram corpos relativamente próximos e pequenos. Já outros, achavam que eram corpos muito grandes, formados por várias estrelas, e também muito distantes. Para determinar distâncias de nebulosas espirais usou a medida de distância para a nebulosa de Andrômeda como padrão de medida, adotando que ela estaria a aproximadamente 200 mil parsec. Criou o seguinte diagrama, onde o eixo vertical tem *velocidades radiais* (em km/s) e o eixo horizontal distâncias, com a unidade “número de vezes a distância de M31”.

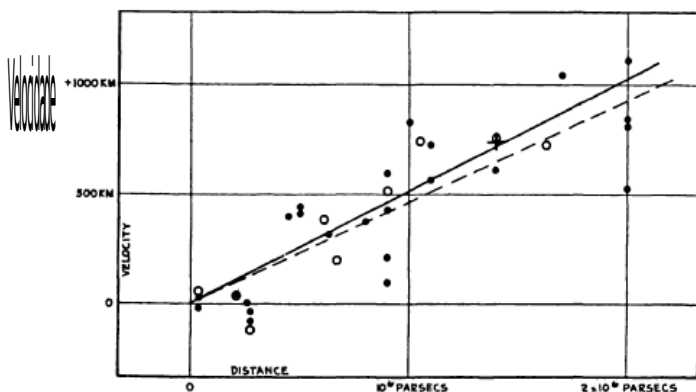


Existe uma relação de proporcionalidade entre a velocidade e a distância?

- ☐ Sim, diretamente proporcional.
- ☐ Sim, é proporcional, mas não linear.
- ☐ Não há proporcionalidade.
- ☐ São inversamente proporcionais.

O corpo mais distante no diagrama de Lundmark está a 200 vezes a distância de M31, ou seja, quatro milhões de parsec.

Edwin Hubble<sup>3</sup> trabalhou no observatório de Mount Wilson, na época o maior telescópio do mundo. Para medir distâncias das nebulosas espirais, Hubble empregou um novo método. Ele utilizou o método de medir distâncias estelares baseado na relação entre o brilho intrínseco e o período de variação do brilho das cefeidas. Criou o seguinte diagrama, cujo eixo vertical tem as mesmas unidades do diagrama de Lundmark, e o eixo horizontal medidas de *parsec*.



Distância

Existe uma relação de proporcionalidade entre a velocidade e a distância?

- ☐ Sim, diretamente proporcional.
- ☐ Sim, é proporcional, mas não linear.
- ☐ Não há proporcionalidade.
- ☐ São inversamente proporcionais.

Qual é a distância máxima das nebulosas espirais apresentadas no diagrama, em *parsec*?

<sup>3</sup> Hubble, E. A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae. PNAS, 15, 168, 1929