

Fundação Rockefeller –

Promovendo o bem-estar da humanidade pelo mundo



Artigo: Slipher, V.M. 1917. Proc. American Phil. Soc., 56, p. 403. “Nebulae”

Desde 1913 Vesto M. Slipher (1875-), astrônomo estadunidense que trabalhava no Observatório Lowell, nos EUA, estudava o espectro da luz vinda de estrelas e nebulosas, que até então eram corpos cuja natureza estava sendo investigada. Enquanto alguns achavam que as nebulosas seriam corpos relativamente pequenos, fazendo parte do conjunto local de estrelas, outros consideravam que elas seriam outros conjuntos de estrelas. Não temos acesso às observações de Slipher, mas vemos abaixo um espectro de M31, a nebulosa de Andrômeda.

As variações abruptas de intensidade no espectro, marcadas com uma linha azul, indicam a posição destas linhas espectrais do Cálcio e do Hidrogênio observadas em M31. Elas estão deslocadas em relação às linhas pretas, que são os valores que se observa em laboratório.

Em laboratório, as linhas espectrais do cálcio e hidrogênio valem:

Cálcio: 3934. Ângstrons

(Angstrom = 10^{-10} m)

Hidrogênio:

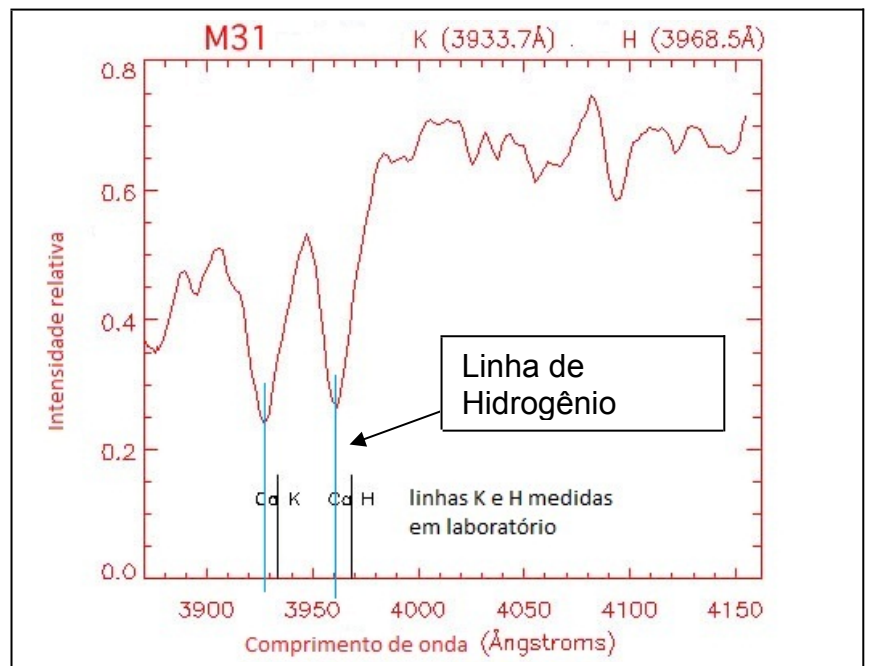
$\lambda_0 = 3968$ Ângstrons

Já em M31, valem:

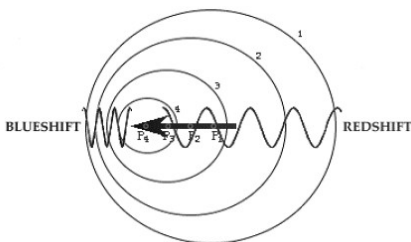
Cálcio: 3927 Ângstrons

Hidrogênio:

$\lambda = 3961$ Ângstrons



Slipher interpretou este desvio espectral como causado pelo Efeito Doppler. Desvios espectrais positivos (para o vermelho) indicam afastamento e desvios negativos (para o azul) indicam aproximação.



Para desvios pequenos, ou seja, velocidades pequenas ($z \ll 1$), relacionamos z com a velocidade v do objeto através da seguinte expressão aproximada: $z = v/c$, onde $c = 300.000$ km/s, a velocidade da luz.

Com base no valor encontrado para o desvio espectral da raia de hidrogênio, calcule o desvio espectral para o azul e a velocidade de aproximação da nebulosa de Andrômeda.

Fundação Rockefeller –

Promovendo o bem-estar da humanidade pelo mundo



$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}$$

$$z = \frac{v}{c}$$

λ é o comprimento de onda da luz observada e λ_0 é o comprimento de onda da luz se o objeto estivesse em repouso.

Slipher publicou uma medida de velocidade de aproximação de M31 pela primeira vez em 1913. Já em 1914 ele mediu o desvio espectral para 21 nebulosas espirais.

TABLE I.
RADIAL VELOCITIES OF TWENTY-FIVE SPIRAL NEBULÆ.

Nebula.	Vel.	Nebula.	Vel.
N.G.C. 221	– 300 km.	N.G.C. 4526	+ 580 km.
224	– 300	4565	+ 1100
598	– 260	4594	+ 1100
1023	+ 300	4649	+ 1090
1068	+ 1100	4736	+ 290
2683	+ 400	4826	+ 150
3031	– 30	5005	+ 900
3115	+ 600	5055	+ 450
3379	+ 780	5194	+ 270
3521	+ 730	5236	+ 500
3623	+ 800	5866	+ 650
3627	+ 650	7331	+ 500
4258	+ 500		

Quantos blueshifts e quantos redshifts Slipher encontrou?

O que se pode interpretar a partir destes dados?

Fundação Rockefeller –

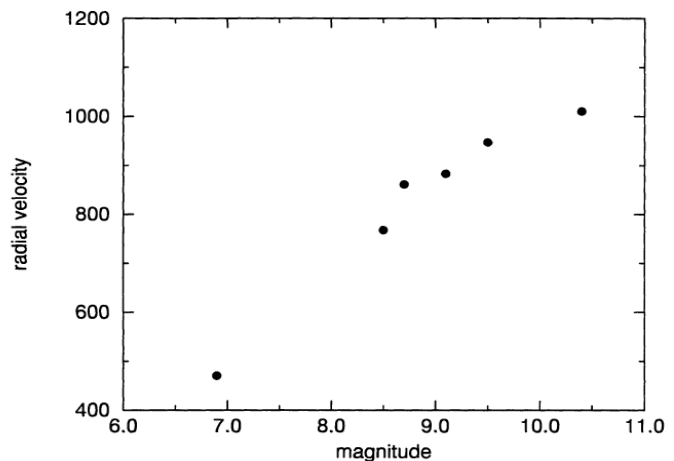
Promovendo o bem-estar da humanidade pelo mundo



Artigo: Wirtz, C. 1924, De Sitters Kosmologie und die Radialbewegungen der Spiralnebel, Astronomische Nachrichten, 222, 21

Carl Wilhelm Wirtz (1876-) foi um astrônomo alemão, que trabalhava no observatório de Estrasburgo, na Alsácia, região que pertencia à Alemanha mas foi perdida para a França após a Primeira Guerra Mundial. Com base em seu artigo, foi possível criar um diagrama facilitando a visualização de seus dados.

Relação velocidade radial – magnitude para nebulosas espirais		
	EIXO VERTICAL	EIXO HORIZONTAL
Grandeza	velocidade radial	Magnitude
Unidade	m/s	sem unidade
Valor máximo		
Valor mínimo		



No eixo vertical do diagrama Wirtz empregou a mesma técnica empregada por Slipher: mediou desvios espectrais para o vermelho (redshifts) e os interpretou como velocidades radiais a partir da fórmula do Efeito Doppler.

Já no eixo horizontal, aparecem magnitudes aparentes das nebulosas. Magnitude é uma medida do brilho de uma estrela, utilizada pelos astrônomos pelo menos desde o grego Hiparco, que viveu no século II antes de Cristo. A magnitude aparente é o brilho visto da Terra, e recebe valores numéricos sem unidade. Quanto menor o valor, mais brilhante é o corpo astronômico.

Veja alguns valores de magnitudes aparentes conhecidos:

Sol = -27 Lua Cheia = -13 Sirius (a estrela mais brilhante) = -1,5

menores estrelas visíveis a olho nu = 6 a 7

Como podemos interpretar as medidas de Wirtz?

Pode existir alguma relação entre distância e magnitude?

Fundação Rockefeller –

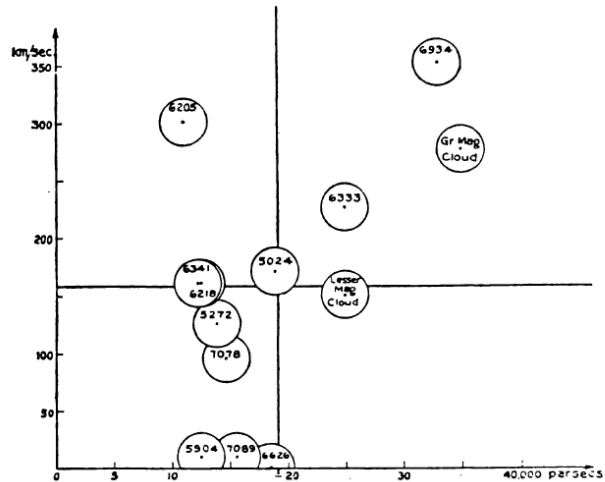
Promovendo o bem-estar da humanidade pelo mundo



Artigo: Silberstein, L. 1924, The Curvature of de Sitter's Space-Time Derived from Globular Clusters, MNRAS, 84, 363

O físico Ludwik Silberstein (1872-) nasceu em Varsóvia, numa época em que ela fazia parte do Império Russo. Ele trabalhou em diversos países (Itália, Alemanha e Inglaterra) até mudar-se para os EUA em 1920. Em 1924 investigou as relações entre o modelo de De Sitter e o redshift em aglomerados globulares.

Relação velocidade- distância para aglomerados globulares		
	EIXO VERTICAL	EIXO HORIZONTAL
Grandeza	Velocidade radial	Distância
Unidade	km/s	parsec
máximo		
mínimo		

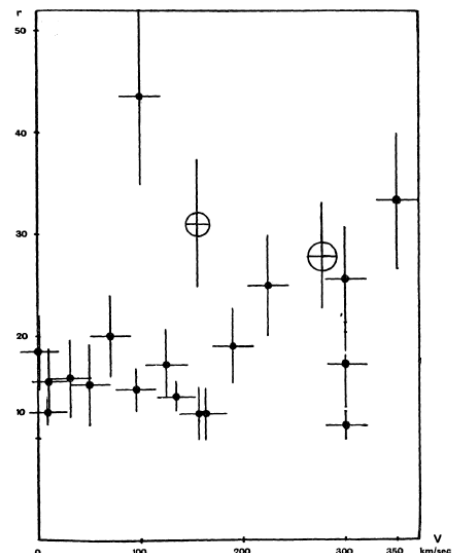


Como podemos interpretar o diagrama de Silberstein?

Artigo: Lundmark, K. 1924, The Determination of the Curvature of Space-Time in de Sitter's World, MNRAS, 84, 747

Knut Lundmark (1889 –1958) estudou astronomia na universidade de Uppsala, na Suécia, até que veio para os EUA em 1920 onde estudou por dois anos tanto no observatório de Mount Wilson quanto no Observatório Lick, se inserindo nos debates sobre a natureza das nebulosas e se colocando como um defensor da teoria dos universos ilha.

Relação redshift distância para aglomerados Globulares		
	EIXO VERTICAL	EIXO HORIZONTAL
Grandez a	Distância	Velocidade radial
Unidade	kiloparsec (3260 anos luz)	km/s
máximo		
mínimo		



Fundação Rockefeller –

Promovendo o bem-estar da humanidade pelo mundo



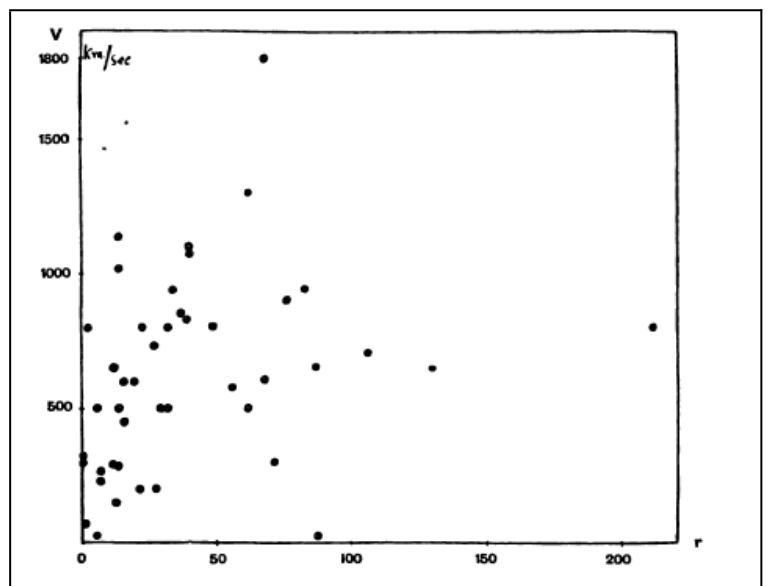
Como podemos interpretar as medidas de Lundmark para aglomerados globulares?

Compare os diagramas de Silberstein e Lundmark para aglomerados globulares. O que concluiu?

Lundmark estudou aglomerados globulares e também nebulosas espirais, buscando verificar a hipótese de Silberstein de que os desvios espectrais pudessem se relacionar ao Efeito De Sitter.

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 (600 mil anos luz). e assumiu que “as dimensões angulares e magnitudes das nebulosas espirais não dependeriam da distância”. Ele media o tamanho angular aparente da galáxia e comparava com o tamanho angular de M31, fazendo então uma relação de proporções.

Relação redshift distância para nebulosas espirais		
	EIXO VERTICAL	EIXO HORIZONTAL
Grandez a	Distância	Velocidade radial
Unidade	distância de M31 (nebulosa de Andrômeda)	km/s
máximo		
mínimo		



Como podemos interpretar as medidas de Lundmark para nebulosas espirais?

A distância de M31 para Lundmark valia 200 mil parsec. Qual era então o valor em parsec da maior distância dentre as nebulosas espirais que ele apresentou?

Fundação Rockefeller –

Promovendo o bem-estar da humanidade pelo mundo

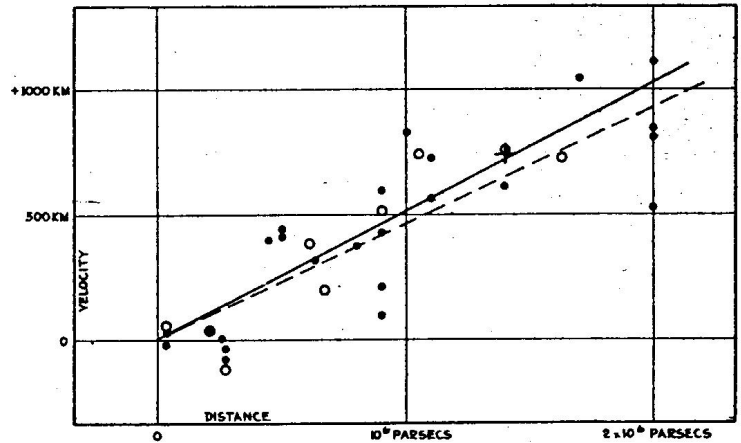


Artigo: Hubble, E. 1929. A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae. PNAS, 15, 168

Edwin Hubble (1889-) trabalhou no observatório de Mount Wilson, na época o maior telescópio do mundo.

Relação redshift distância para nebulosas espirais

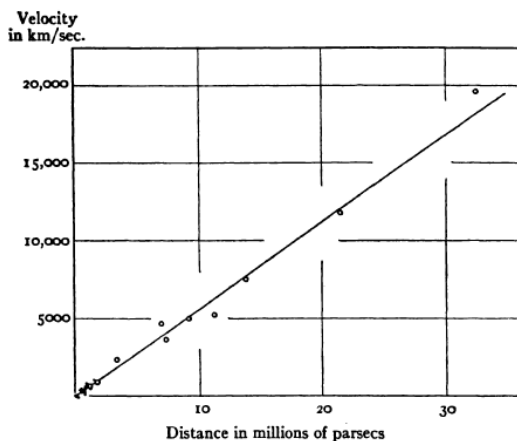
	EIXO VERTICAL	EIXO HORIZONTAL
Grandez a	Velocidade radial	Distância
Unidade	km/s	parsec
máximo		
mínimo		



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.

Como podemos interpretar o diagrama de Hubble?

O diagrama abaixo foi publicado por Hubble e Humason em 1931, após 2 anos melhorando suas medidas de redshift e distância. Complete a tabela abaixo:



artigo	Distância máxima (parsec)
Silberstein 1924	
Lundmark 1924	
Hubble 1929	
Hubble e Humason 1931	

Trace uma reta média, como presente no diagrama Hubble, nos diagramas de Lundmark, Silberstein e Wirtz. Em qual deles os pontos se aproximam mais da reta média?