

Paradigmas em ciência

Como ocorre o desenvolvimento científico?

- ◆ Por “desenvolvimento por acumulação” de fatos e teorias?
- ◆ Por revoluções?

Revoluções Científicas

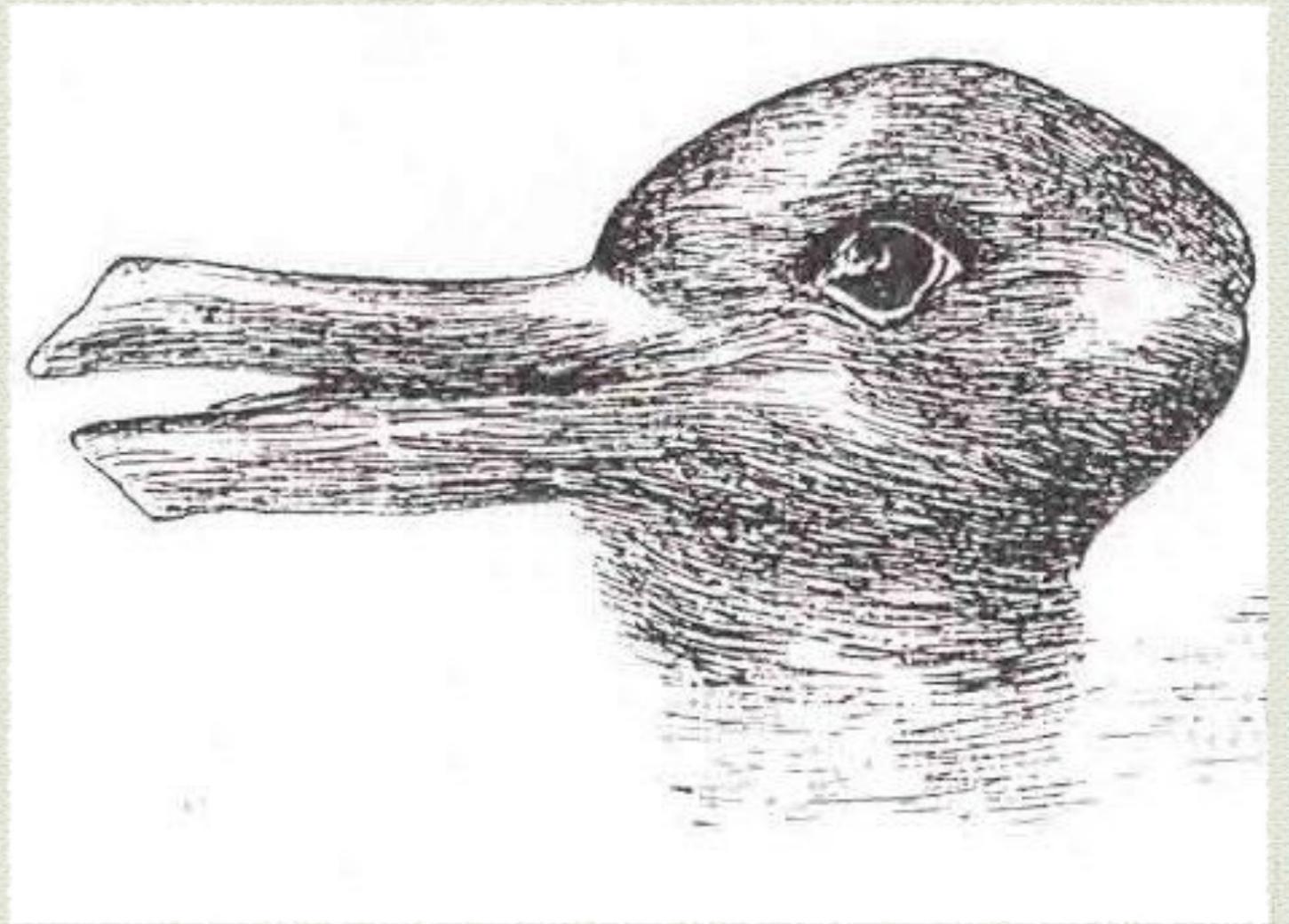
- ◆ Thomas Kuhn (1922–1996) apresenta em seu livro “*A estrutura das revoluções científicas*” (1962) a noção de mudança de paradigma
 - ◆ *uma mudança fundamental nos conceitos básicos e práticas experimentais de uma disciplina científica*
- ◆ Uma revolução científica ocorre quando os cientistas encontram anomalias que não podem ser explicadas pelo paradigma universalmente aceito dentro do qual o progresso científico tem sido feito.

Revoluções Científicas

- ◆ Há anomalias em todos os paradigmas que são interpretados como níveis aceitáveis de erro, ou simplesmente ignorados e não tratados.
- ◆ Quando um número suficiente de anomalias significativas se acumula contra um paradigma atual, a disciplina científica é lançada em um estado de crise. Durante a crise, novas idéias, talvez anteriormente descartadas, são experimentadas.
- ◆ Eventualmente um novo paradigma é formado, que ganha seus próprios novos seguidores, e uma "batalha" intelectual ocorre entre os seguidores do novo e do velho paradigma.

Revoluções Científicas

- ◆ Kuhn usou a ilusão óptica tornada famosa por Wittgenstein, para demonstrar a maneira pela qual uma mudança de paradigma poderia fazer com que se visse a mesma informação de uma maneira diferente.



Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=667017>

Astronomia Hoje

Data-Intensive Scientific Discovery

- ◆ Na última década tem sido proposto que estamos vivenciando um quarto paradigma de como a pesquisa científica é feita em geral, independente da disciplina



The
F O U R T H
P A R A D I G M
DATA-INTENSIVE SCIENTIFIC DISCOVERY

EDITED BY TONY HEY, STEWART TANSLEY, AND KRISTIN TOLLE

Ciência Empírica



Ciência Teórica

And God Said

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho_{free}$$

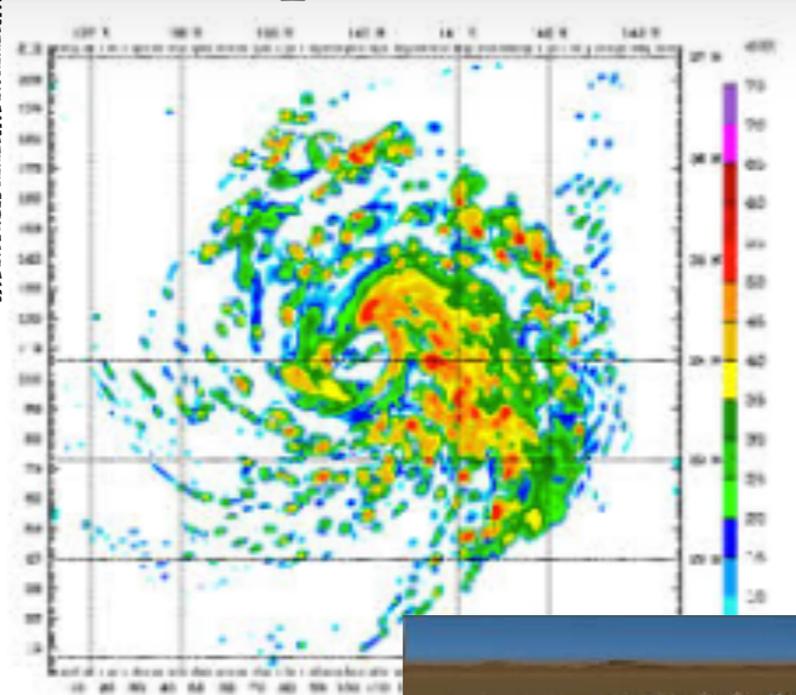
$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J}_{free} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

and *then* there was light.

Ciência Computacional



eScience



Evolução dos paradigmas científicos, tal como proposto por Jim Gray, 2007

Ciência Empírica



Nicolas Camille Flammarion, Paris, 1888

Milhares de anos atrás:

a pesquisa científica era puramente empírica, baseada em observar e descrever os fenômenos naturais

Últimas centenas de anos:

ciência torna-se teórica, com Leis de Kepler, Leis de Movimento de Newton, Equações de Maxwell...

Usam-se modelos e generalizações.

And God Said

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho_{\text{free}}$$

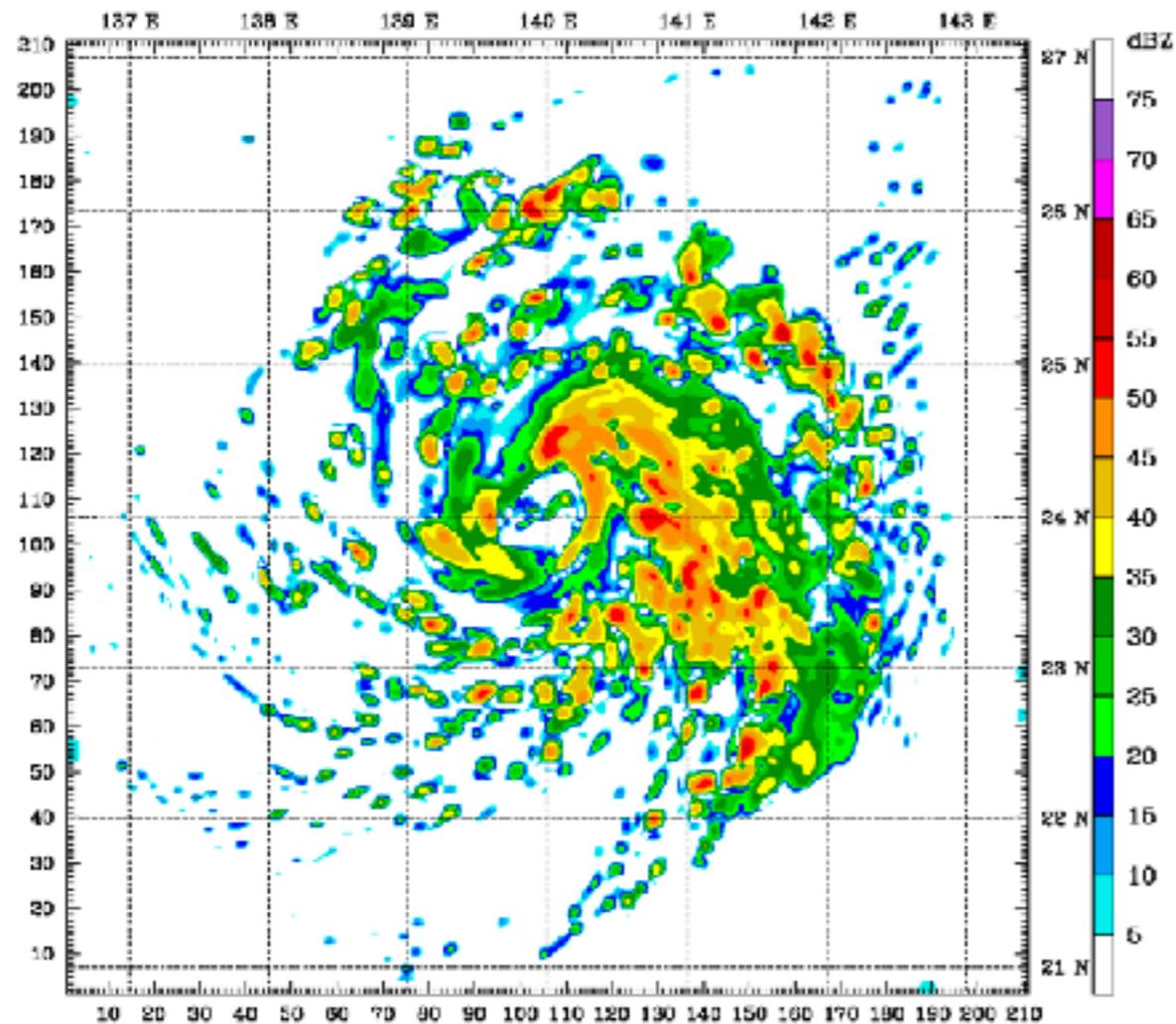
$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J}_{\text{free}} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

and *then* there was
light.

Ciência Computacional



A 48-hour computer simulation of Typhoon Mawar using the Weather Research and Forecasting model

By Atmoz (talk) -

Typhoon_Mawar_2005_computer_simulation.gif, CC BY-SA 3.0

Últimas décadas:

modelos teóricos se tornam muito complicados para serem resolvidos analiticamente, e os cientistas começaram a simular. Essas simulações determinaram o desenvolvimento científico recente.



SKA telescope to generate more data than entire Internet in 2020

An exaflop-capable supercomputer, storage of at least 1.5 petabytes and data centres around the world will be required say scientists

Hamish Barwick (Computerworld)

07 July, 2011 12:05



<https://skatelescope.org/>

"This is a software and IT telescope in many senses because of the data challenges due to the amount it will generate, the amount of information that it passes and is going to process," Quinn said.

"This telescope will generate the same amount of data in a day as the entire planet does in a year. We estimate that there will be more data flowing inside the telescope network than the entire internet in 2020."



Hoje:

**Exploração de dados,
dados são capturados por
instrumentos ou gerados
por um simulador,
processado por software,
informação é armazenada
em computadores,
cientistas analisam bancos
de dados usando
gerenciamento de dados e
estatística**

"The world of science has changed, and there is no question about this. The new model is for the data to be captured by instruments or generated by simulations before being processed by software and for the resulting information or knowledge to be stored in computers.

Scientists only get to look at their data fairly late in this pipeline. The techniques and technologies for such data-intensive science are so different that it is worth distinguishing data-intensive science from computational science as a new, *fourth paradigm* for scientific exploration."

TEDxCaltech - S. George Djorgovski - Evolving Science and Technology in Cyberspace

<https://youtu.be/FB33pV2L0Vo>

Science in an exponential world:
Alexander Szalay at TEDxCaltech

<https://youtu.be/hB92o4H46hc>

O nascimento da Astrofísica Extragaláctica

- ◆ "You will be interested to hear that I have found a Cepheid variable in the Andromeda nebula (M31)", Edwin Hubble para Shapley, 1924

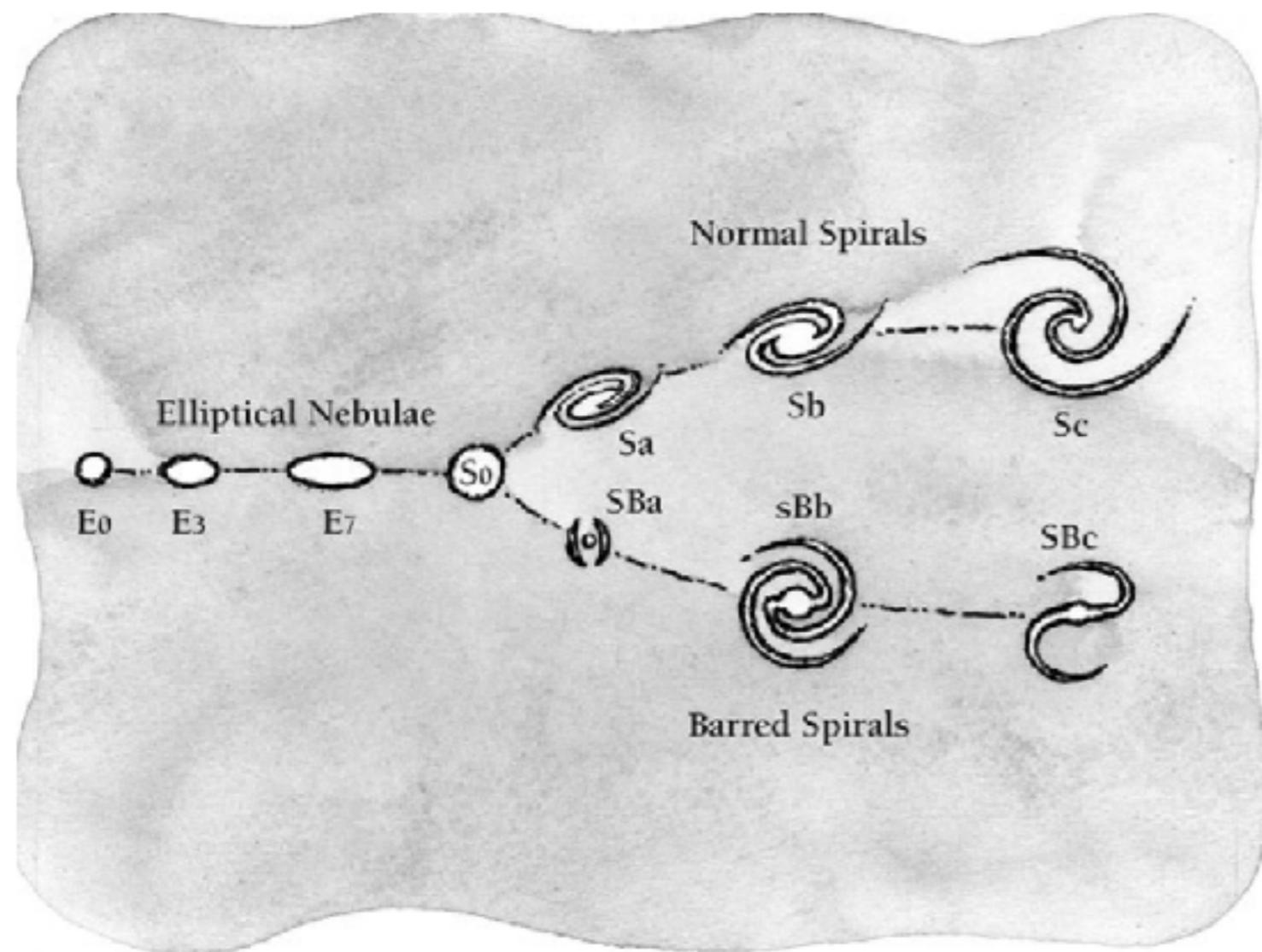


Figure 9.3 Hubble's classification of the galaxies. Hubble arranged the different types of nebulae he distinguished in a sequence, which he believed corresponded to an evolutionary sequence. At the left are the elliptical nebulae, more or less egg-shaped, without spiral structure. The more round galaxies he called E0, and the more "squashed" E7. At the right are the normal spirals (top branch) and the barred spirals, in which the spiral arms emerge not from the center of the galaxy but from a prominent bar running through the center. The spiral (S) and spiral-barred (SB) galaxies are designated also by the letters a, b or c, according to various morphological features such as the degree to which the arms appear "unwound." (Credit: Layne Lundström.)

Dados numéricos entram na Cosmologia (Hubble, 1929)

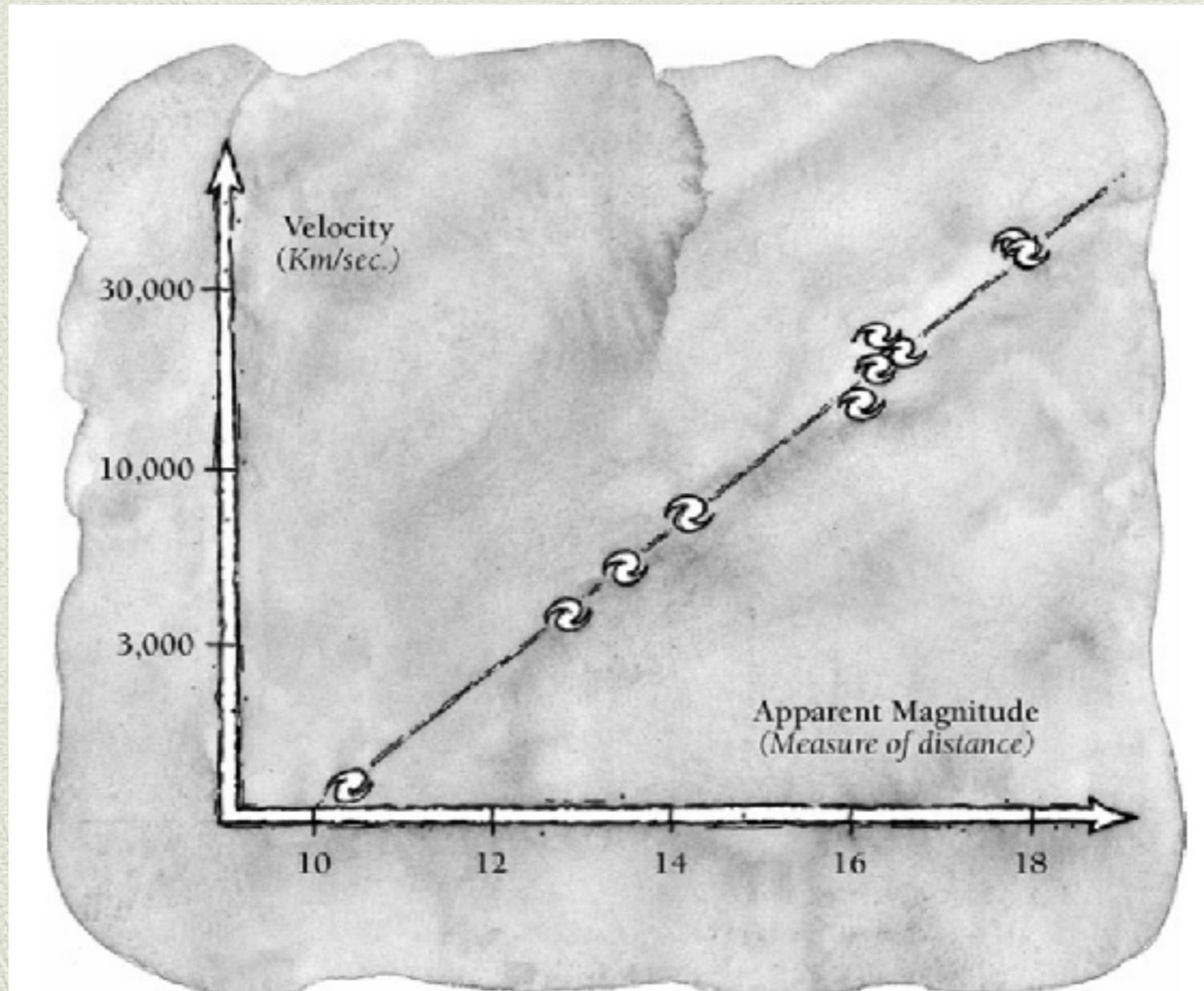


Figure 9.4 First hints of an expanding universe. Hubble plotted the velocity of galaxies (measured from the redshift of lines in the galaxies' spectra) against their apparent magnitude, an estimate of their distance.

Contribuições de Hubble

- ◆ Um sistema de classificação para as nebulosas que estimulou o estudo de suas origens e evolução
- ◆ Cefeidas foram descobertas em M31, fornecendo fortes evidências das grandes distâncias extra-galácticas e colocando a Galáxia em “seu lugar”
- ◆ Identificou a relação linear entre distância e velocidade de recessão de galáxias
- ◆ Com base na observação de 80000 nebulosas extragalácticas, mostrou pela primeira vez a isotropia do Universo

Distâncias e mais distâncias...

- ◆ A idade do Universo pelos primeiros resultados de Hubble era de 1.8 bilhões de anos ?!
- ◆ O trabalho de Baade sobre as populações das “nebulosas” acabou por demonstrar que as Cefeidas de Pop. I são intrinsecamente mais brilhantes do que as variáveis de Pop. II (W. Virginis)