

Paradigmas em ciência

Uma breve discussão

Como ocorre o desenvolvimento científico?

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

Desenvolvimento Científico

- ◆ Seguindo Thomas Kuhn (1922–1996) no livro “*A estrutura das revoluções científicas*” (1962)
- ◆ Ciência “normal” : é o trabalho comum do cientista teorizando observando e realizando experimentos dentro de um paradigma ou conjunto de conhecimentos aceito pela maioria
- ◆ Enquanto um modo de solução de problemas, a ciência normal gera conhecimento lentamente acumulando mais dados mas sem questionar as hipóteses da teoria vigente.

Revoluções Científicas

- ◆ Kuhn também apresenta 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 interpretadas como níveis aceitáveis de erro, ou simplesmente ignoradas e não tratadas.
- ◆ 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.

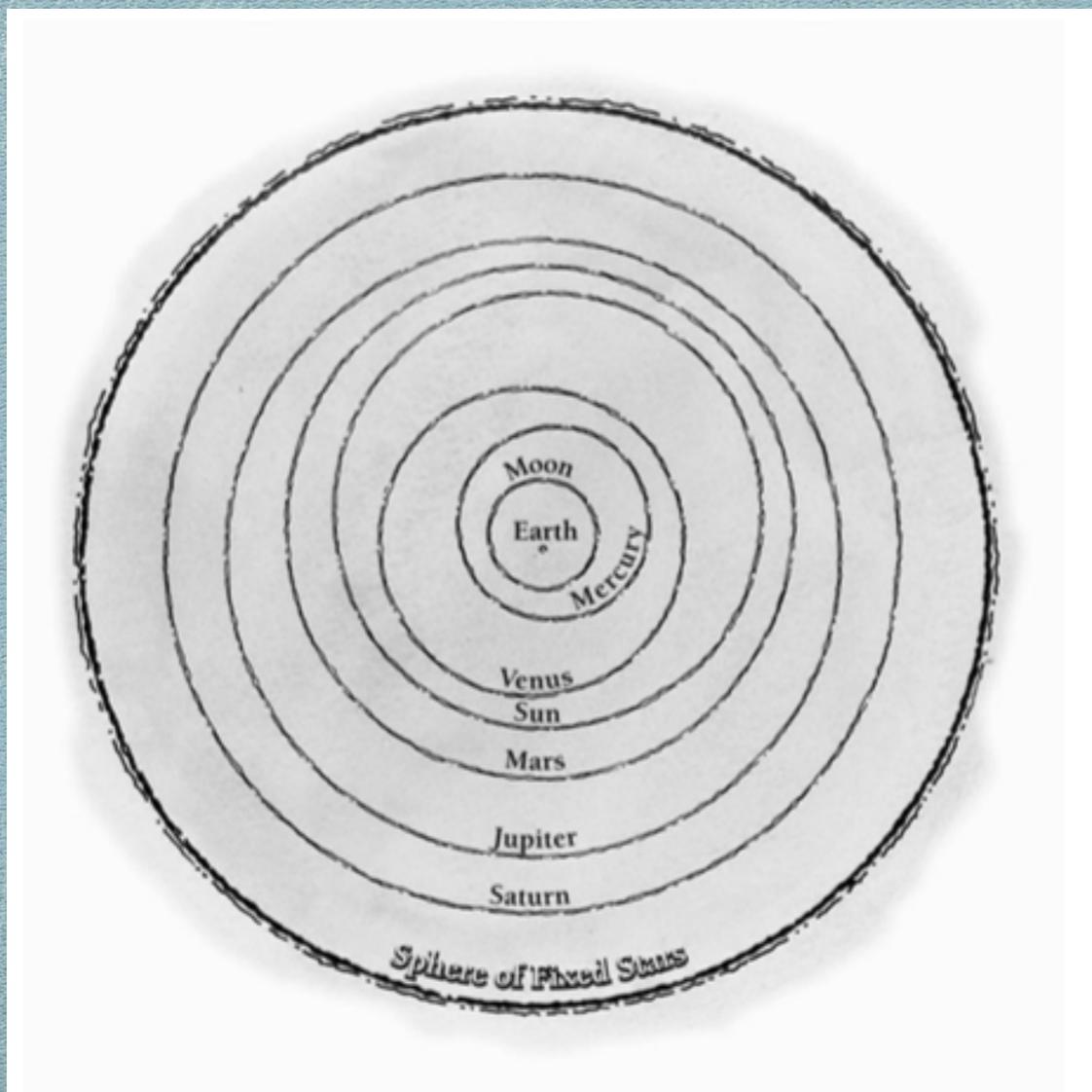


Figure 1.3 An Earth-centered system with the order of the planets as given by Ptolemy. The system ends with the sphere of fixed stars. (Credit: Layne Lundström.)

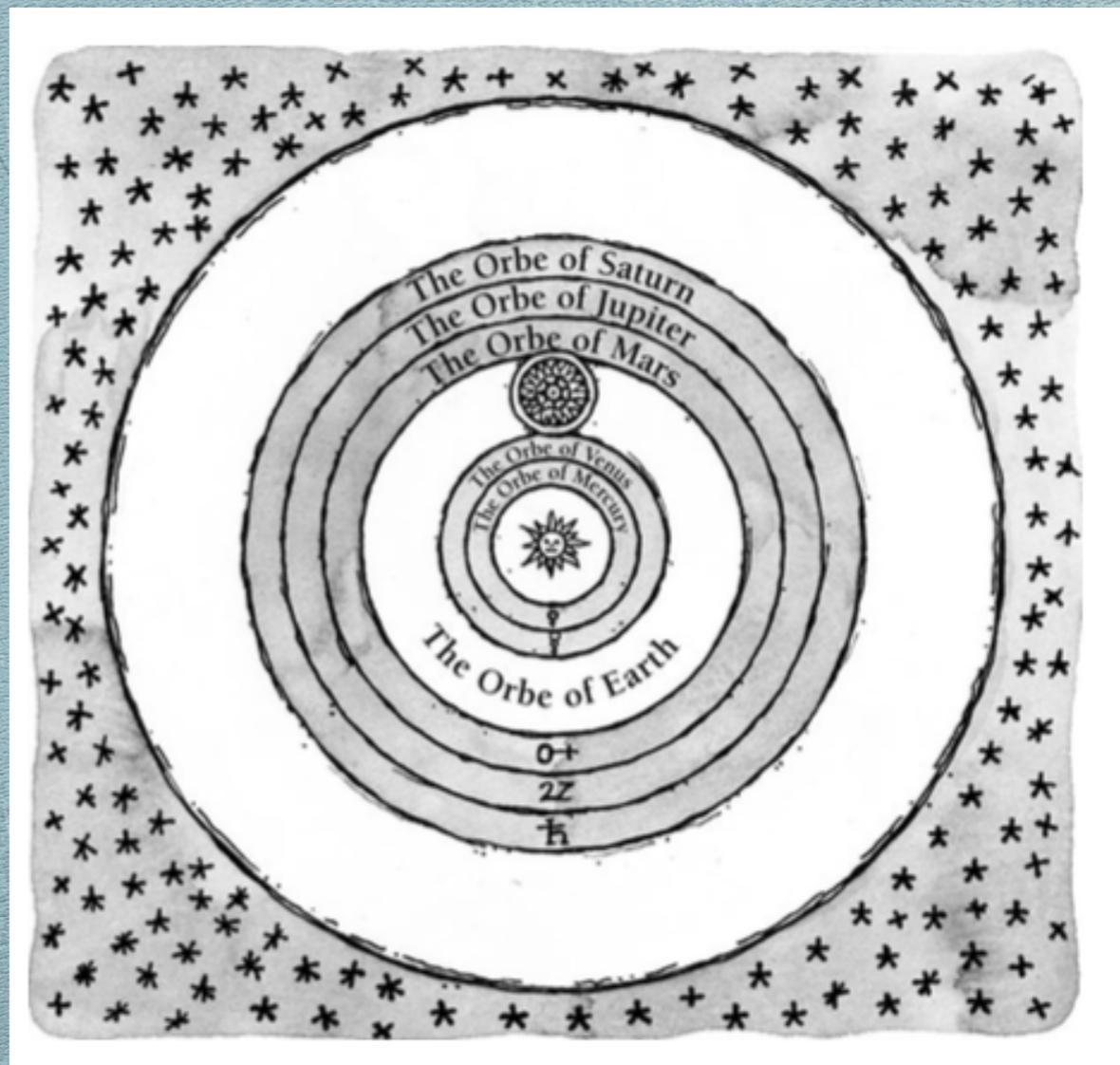


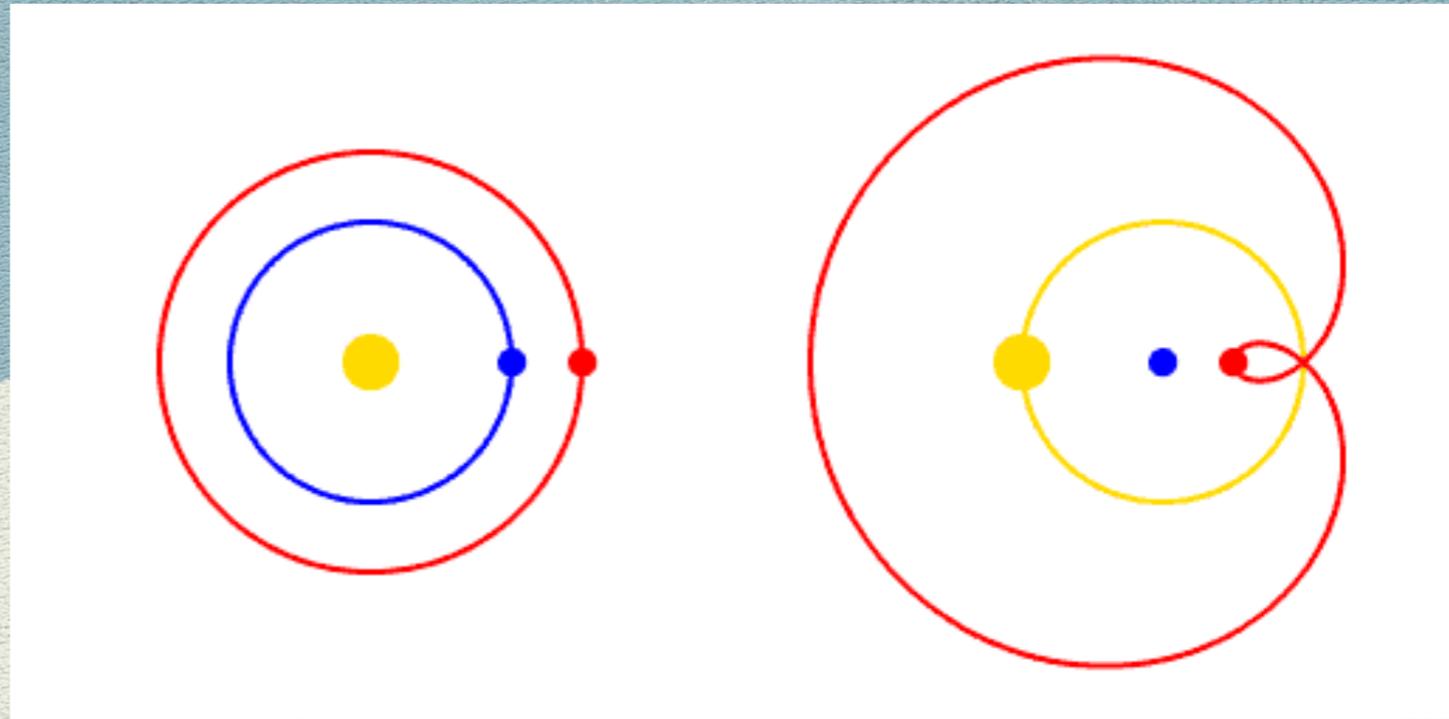
Figure 1.4 System imagined by Thomas Digges (c. 1546–95) and drawn to accompany his *Perfit Description of the Celestiall Orbes*. The label for his outermost sphere says that “the orbe of starres fixed infinitely up extendeth hit self in altitude spherically.” This space is also the court of celestial angels and a site of endless joy. (Adapted by Layne Lundström.)

Antes do Conceito de Galáxia

Figuras de L. Belkora, 2003

Revolução Copernicana

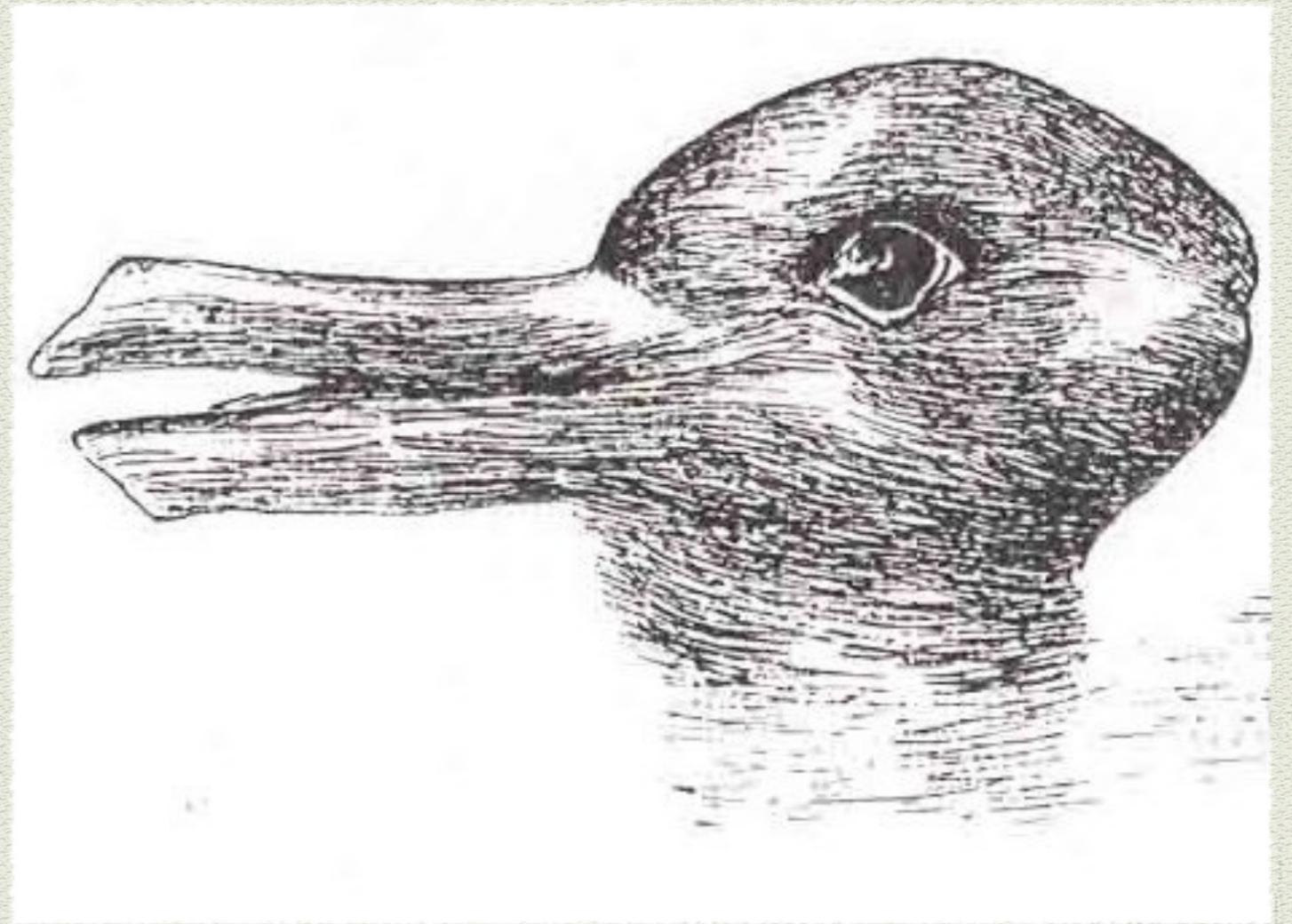
- ◆ Mudança de paradigma do modelo Ptolomaico a um modelo heliocêntrico
- ◆ Lenta transição de geo- para heliocentrismo durante o séc. XVI Copernicus (1473-1543), Galileo (1564-1642), Kepler (1571-1630)
- ◆ A análise de Kuhn sobre a Revolução Copernicana enfatiza que, no seu início, o novo modelo **não** apresentava previsões mais precisas para as posições planetárias, comparado com o sistema Ptolomaico. Mas a proposta conquistou alguns pensadores com base em uma promessa de soluções melhores e mais simples.



https://en.wikipedia.org/wiki/File:Apparent_retrograde_motion.gif

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

Estamos vivendo uma mudança de paradigma?

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

<https://www.microsoft.com/en-us/research/publication/fourth-paradigm-data-intensive-scientific-discovery/>



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

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

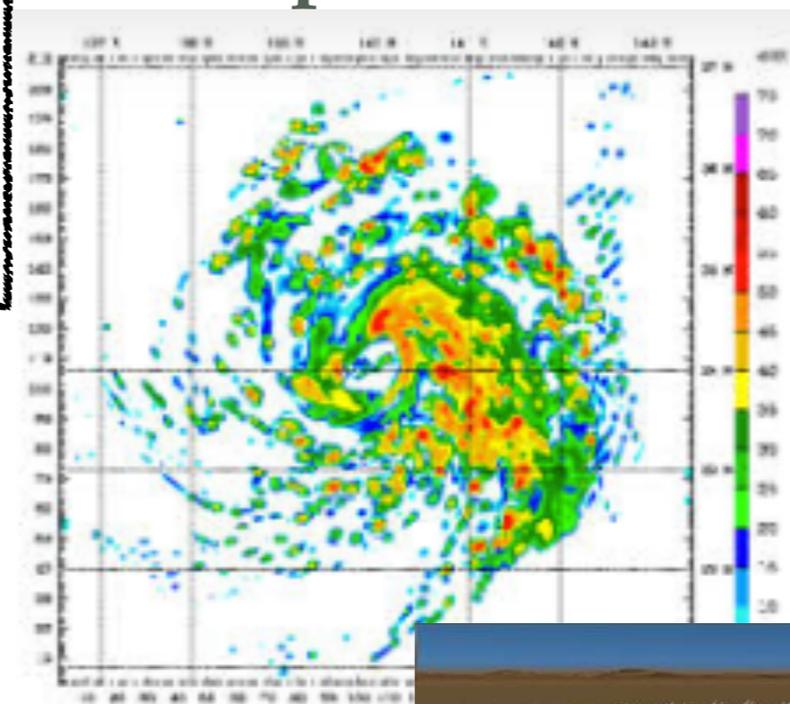
$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

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

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

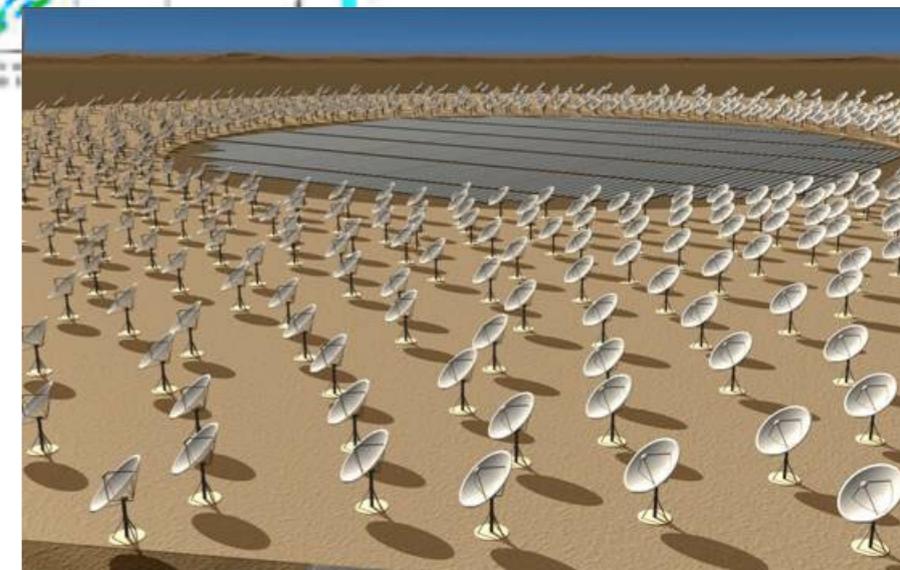
and *then* there was
light.

Ciência Computacional



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-descritiva, baseada em observar e descrever os fenômenos naturais

Últimos séculos:

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

Usam-se modelos e generalizações.

And God Said

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

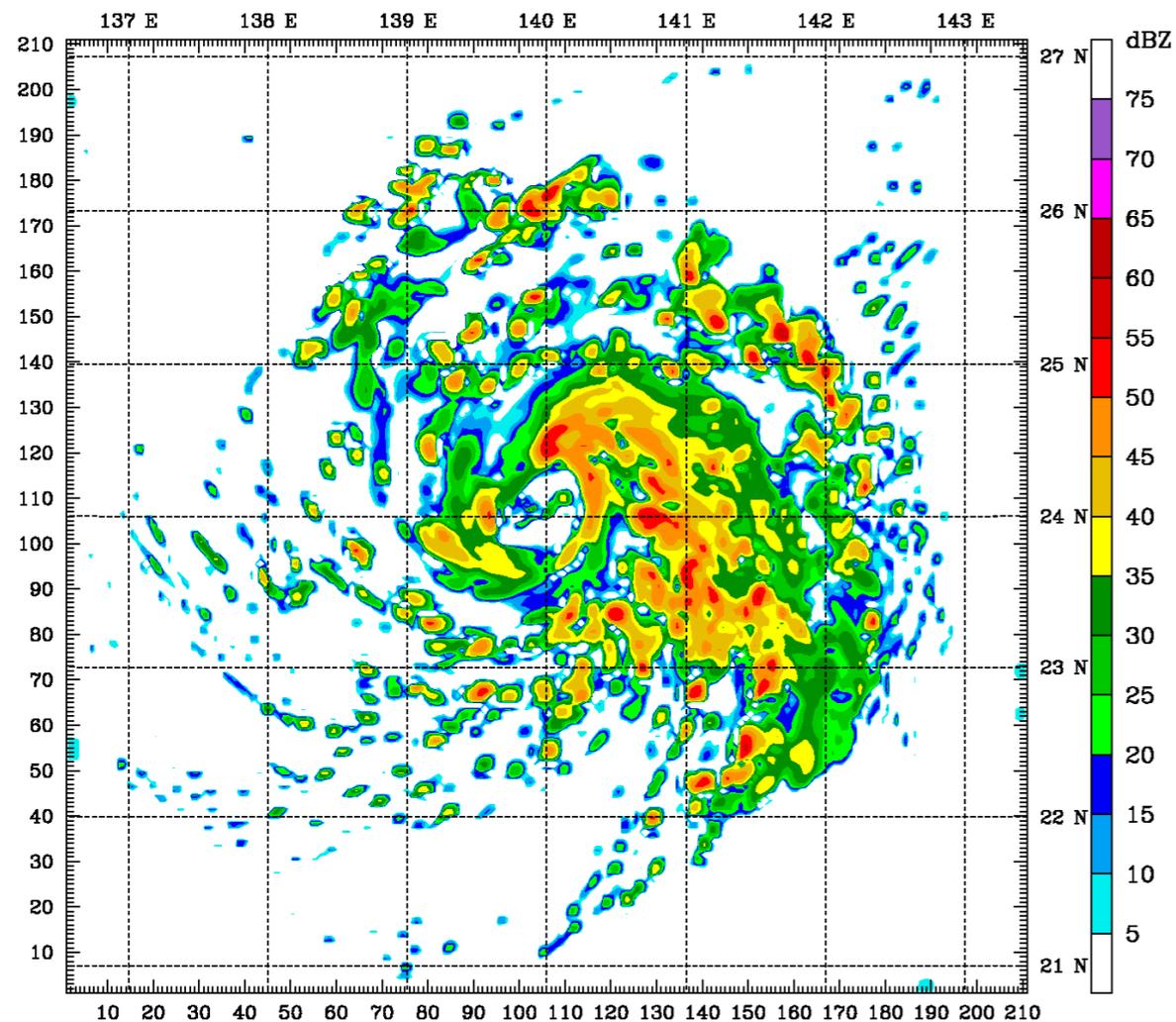
$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

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

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

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



92



3



<https://skatelescope.org/>

Início das operações científicas previstas para meados dessa década.

13 países envolvidos.

"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."

Science in an exponential world:
Alexander Szalay at TEDxCaltech

<https://youtu.be/hB92o4H46hc>

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

<https://youtu.be/FB33pV2L0Vo>