

# Breve panorama da ciência da Modernidade

Filosofia e História da  
Ciência Moderna  
Departamento de  
Filosofia  
FFLCH – USP  
Prof. Dr. Valter Alnis  
Bezerra – 2014

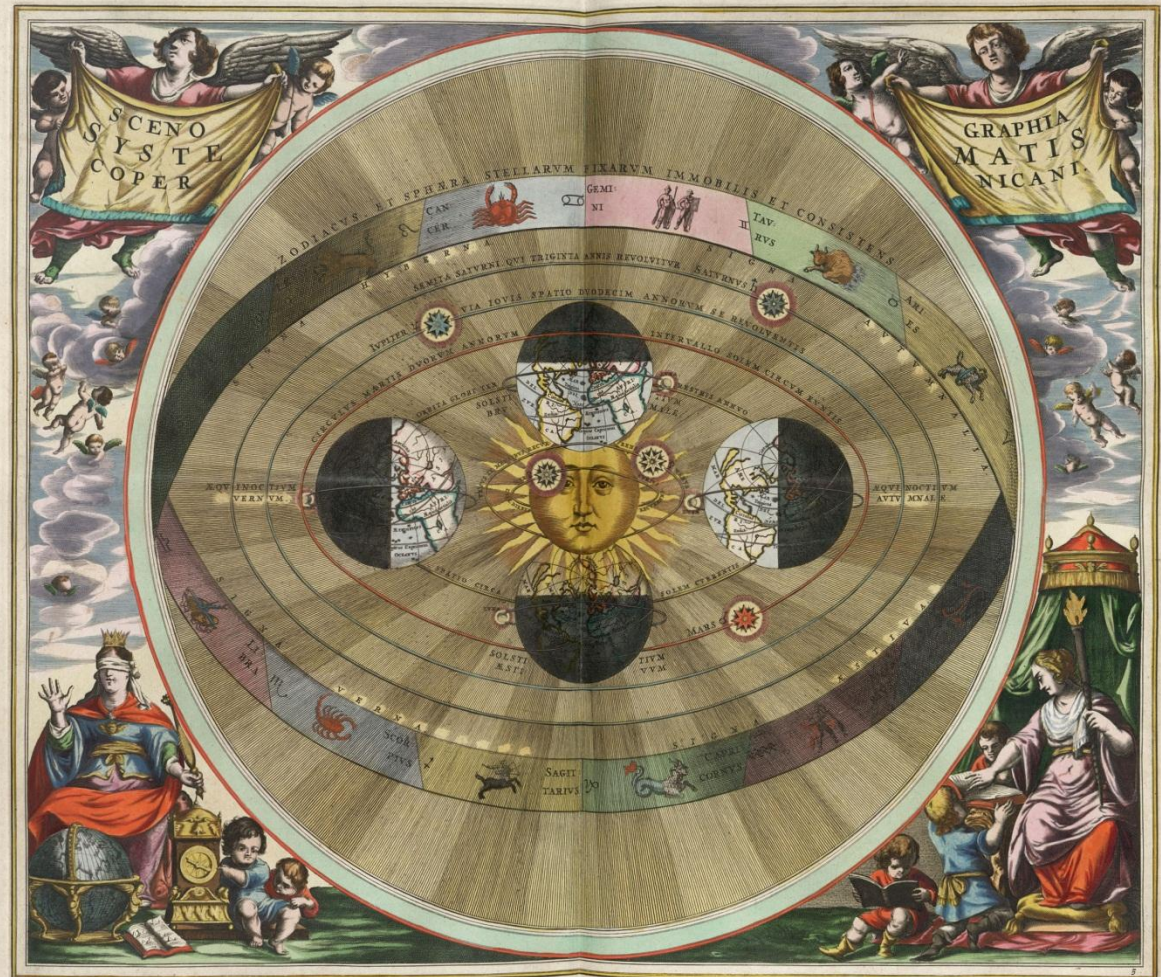




# Breve panorama da ciência moderna

## Século XVII

- Revolução Astronômica (séculos XVI e XVII)
- Papel central desempenhado pela astronomia e pela cosmologia na Revolução Científica como um todo



Andreas Cellarius – *Harmonia Macrocosmica* – Representação do sistema copernicano

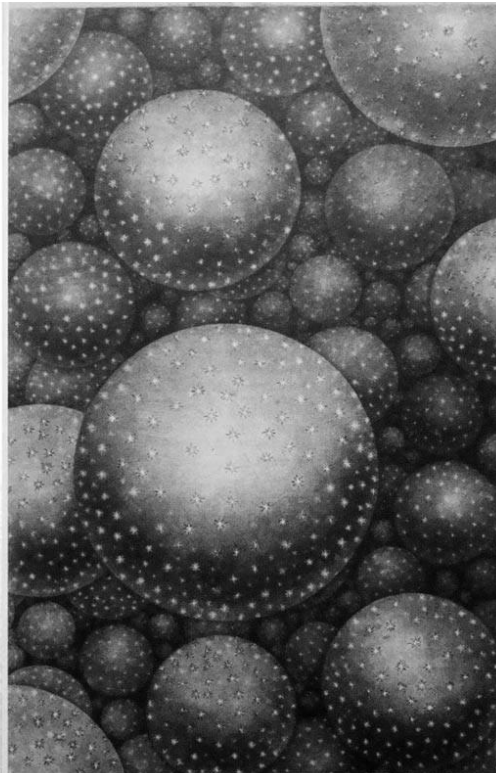
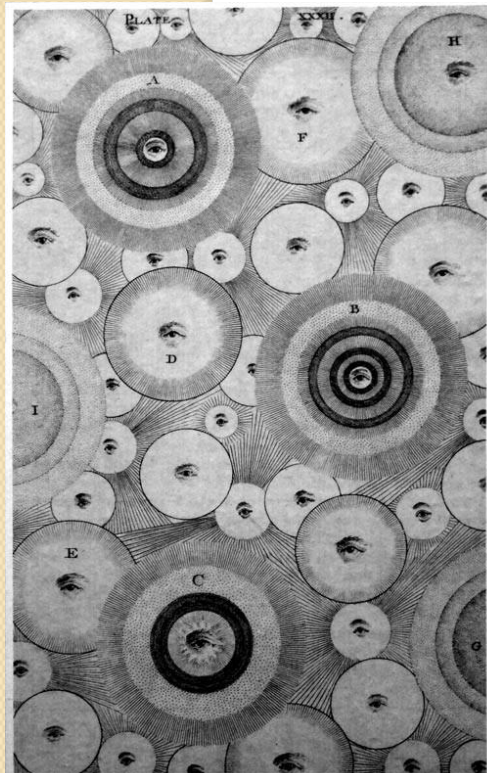


# Breve panorama da ciência moderna

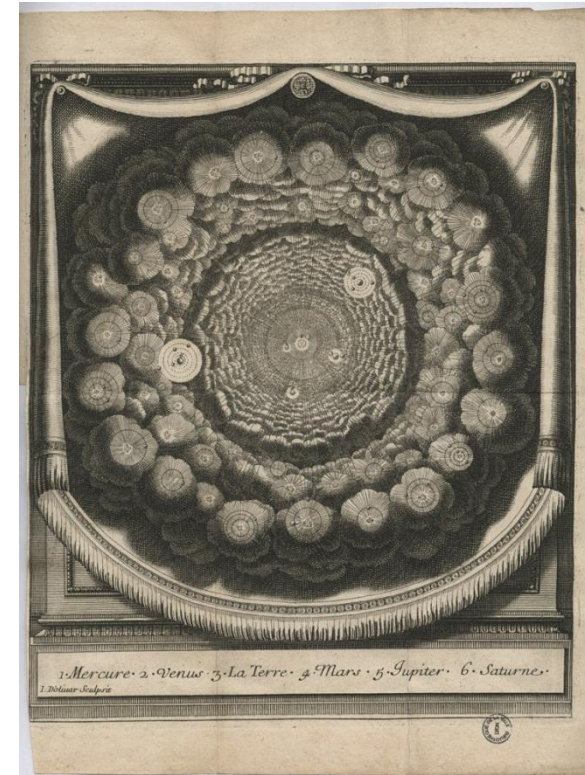
## Século XVII

### Deslocamentos no estatuto da astronomia e da cosmologia

- Astronomia descritiva  $\neq$  cosmologia explicativa (Ptolemismo, Aristotelismo, até Copérnico)
- Cosmologia especulativa (Platão, Bruno, 1º Kepler)
- Astronomia física & explicativa (2º Kepler) – Conexão astronomia/cosmologia
- Mecânica celeste (Newton, Laplace...) descritiva e explicativa – Astrofísica



À esq.: Thomas Wright, *An Original Theory or New Hypothesis of the Universe*, 1750. À dir.: Bernard de Fontenelle, *Entretiens sur la Pluralité de Mondes*, 1686.



# Breve panorama da ciência moderna

## Século XVII

- Nascimento da Anatomia moderna (Vesálio e outros) e da Medicina moderna (Harvey e outros), substituindo a medicina da Antiguidade (Aristóteles, Hipócrates, Galeno).
- À direita: William Harvey – *De motu cordis*, ilustração de oclusões das veias humanas

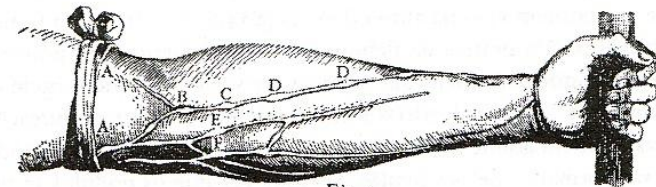


Fig. 1

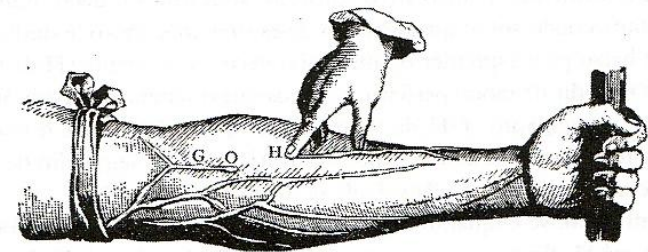


Fig. 2

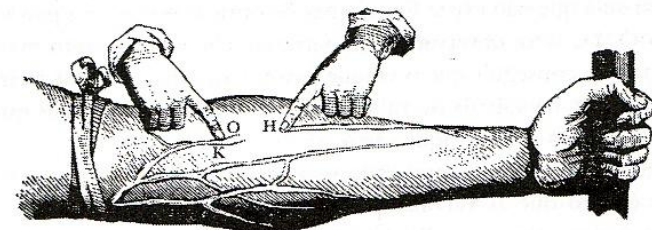


Fig. 3

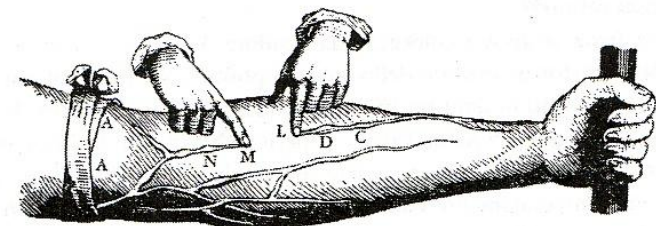


Fig. 4



# Breve panorama da ciência moderna

## Historiografia da Revolução Científica

- O século XVII corresponde à fase principal da *Revolução Científica*.
- Alexandre Koyré (*Estudos galileanos*, 1939)
- Herbert Butterfield (*The origins of modern science: 1300-1800*, 1949)
- A. Rupert Hall (*The Scientific Revolution: 1500–1800*, 1954)



# Breve panorama da ciência moderna

## Historiografia da Revolução Científica

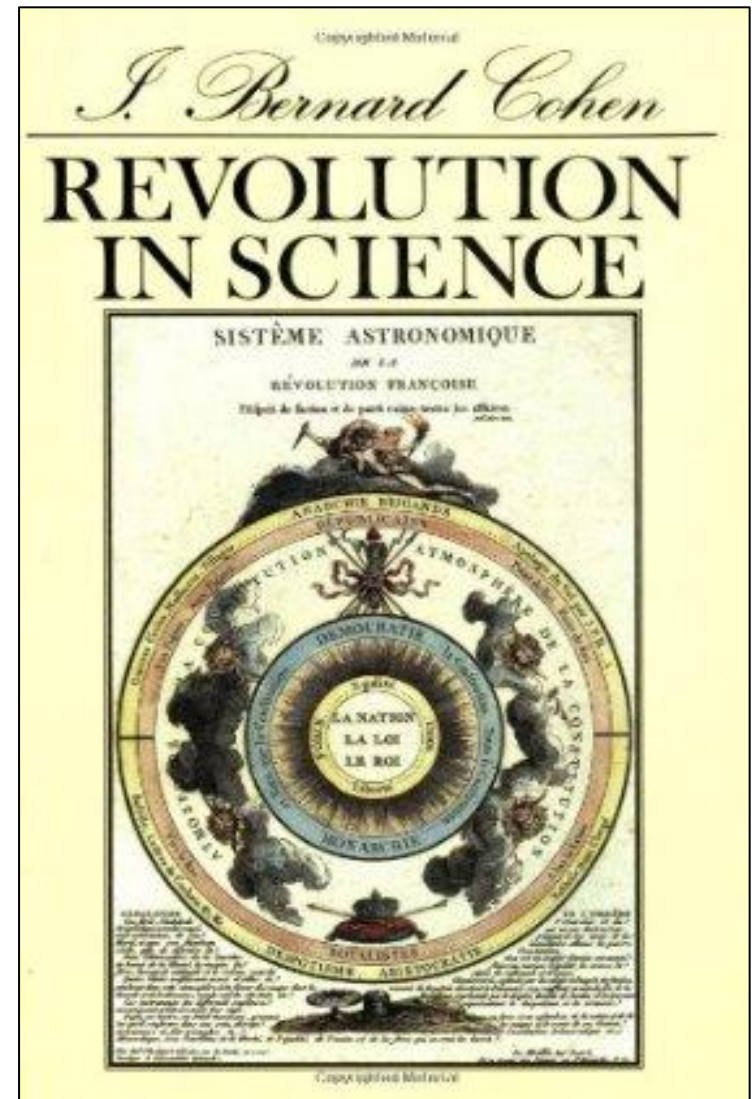
- Contraponto:
- “There was no such thing as the Scientific Revolution, and this is a book about it” – Steven Shapin – *The scientific revolution*, p. 1



# Breve panorama da ciência moderna

## Historiografia da Revolução Científica

- I. Bernard Cohen:
- Quatro critérios para identificar uma revolução científica:
  - (i) mudança conceitual individual; (ii) compromisso com o novo programa; (iii) formulação explícita e registro; (iv) difusão.
- Quatro estágios de uma revolução científica:
  - (i) testemunho dos contemporâneos de época; (ii) recepção na literatura; (iii) julgamento dos historiadores ao longo do período; (iv) percepção dos cientistas contemporâneos.



# Breve panorama da ciência moderna

## Traços da Revolução Científica

- Ascensão e consolidação da **imagem mecanicista de mundo:**
  - Mecânica
  - Óptica
  - Mecânica dos fluidos
  - Cosmologia
  - Astronomia
  - Meteorologia
  - Química
  - Medicina
  - Fisiologia
  - Ciência política
  - Economia
  - Embriologia...



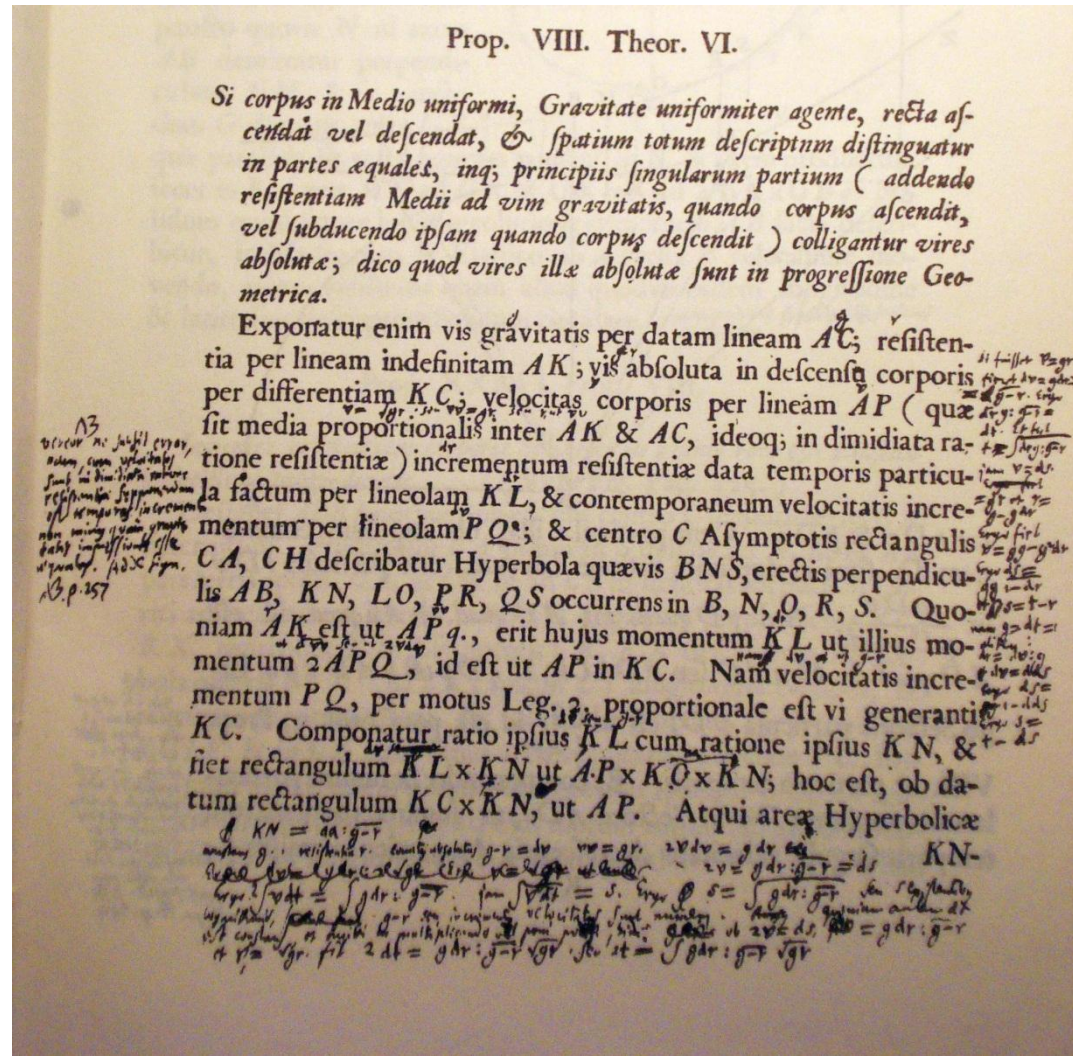
# Breve panorama da ciência moderna

## Traços da Revolução Científica

- Desenvolvimento do **cálculo diferencial e integral**:

- Newton,
- Leibniz,
- Fermat,
- Wallis,
- Gregory,
- Barrow,
- os Bernoulli...

Comentários manuscritos de Leibniz em uma página do *Principia* de Newton. Notar os símbolos das integrais na parte inferior.



# Breve panorama da ciência moderna

## Traços da Revolução Científica

- Novos instrumentos científicos que dão novas formas de acesso a domínios de fenômenos e selecionam seus aspectos



Réplica do microscópio de Leeuwenhoek

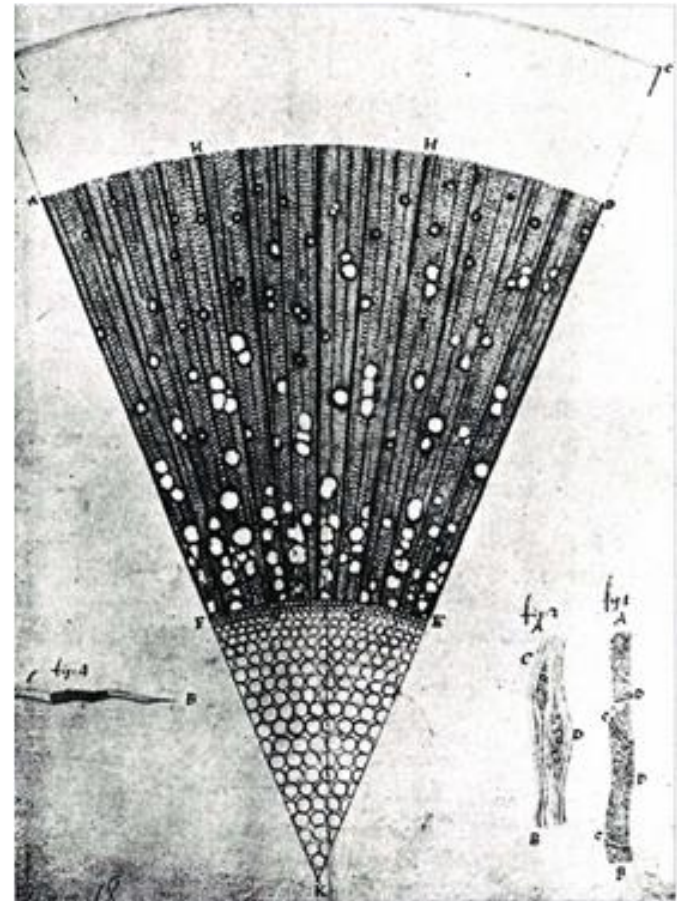


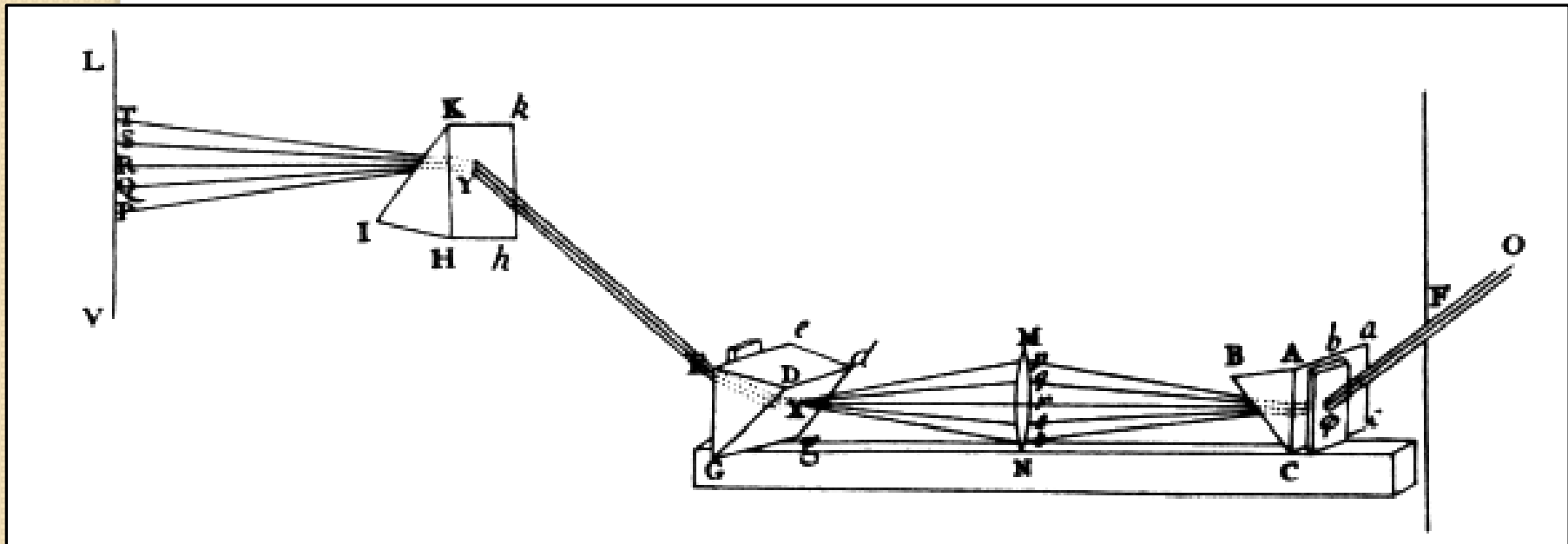
Imagem microscópica da seção transversal de um freixo, desenhada por Leeuwenhoek



# Breve panorama da ciência moderna

## Traços da Revolução Científica

- Instrumentação e experimento controlado; definição do espaço do laboratório (Boyle); experimentos em Pneumática, Óptica, etc.



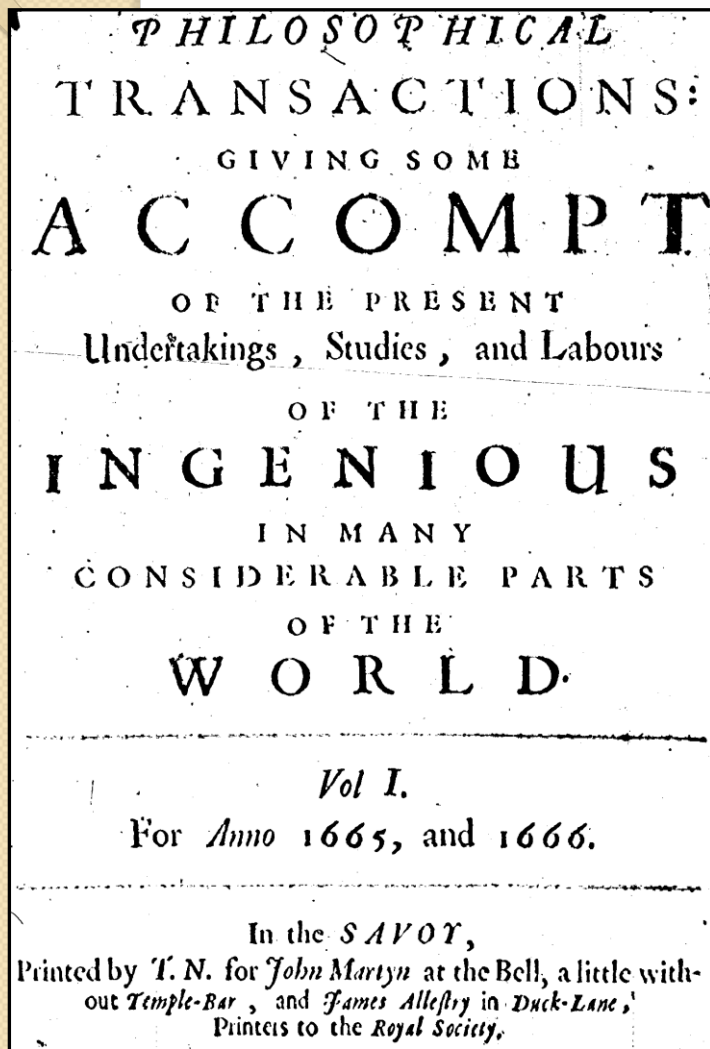
Decomposição, recomposição e nova decomposição da luz. Os raios refratados pelo prisma *ABC* são recombinados pela lente *MN* e pelo prisma *DEG*, e separados novamente pelo prisma *KIH*.

- Newton, *Óptica*, ed. de 1721, Livro I, Parte II, Figura 16.

# Breve panorama da ciência moderna

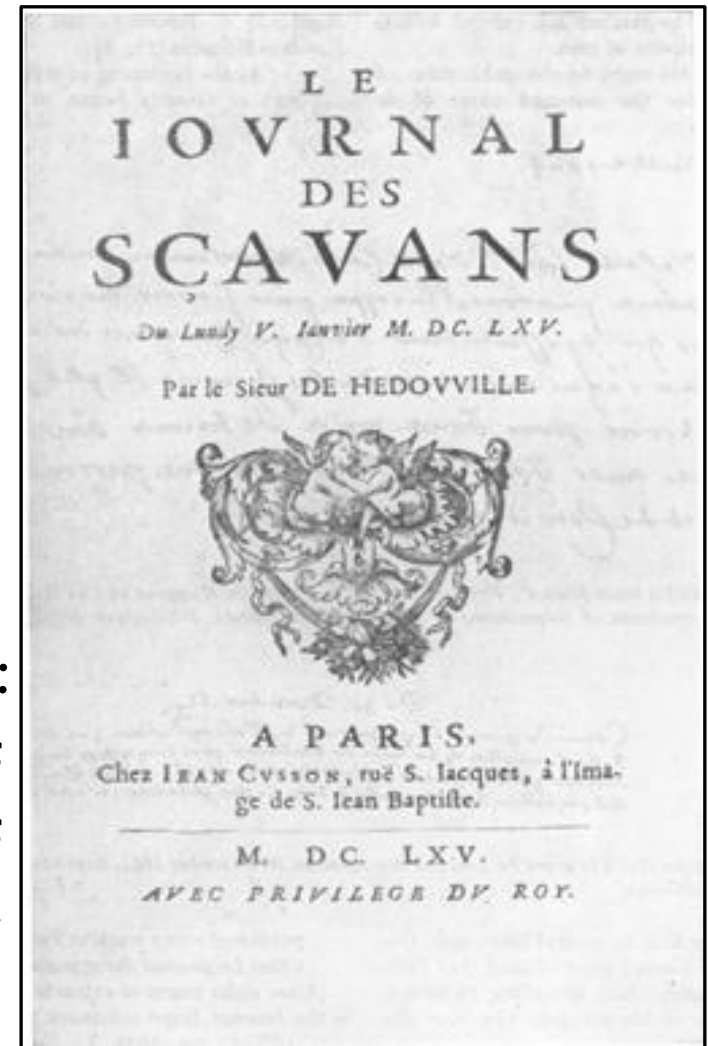
## Traços da Revolução Científica

- Estabelecimento das sociedades e periódicos científicos



À esquerda:  
*Philosophical  
Transactions  
of the Royal  
Society* (1665-  
presente).

À direita:  
*Journal des  
Sçavans*  
(1665-1792).





# Breve panorama da ciência moderna

## Século XVIII

- Enciclopedismo: *Encyclopédie*, *Encyclopaedia Britannica*, &c

### Encyclopædia Britannica;

OR, A

### DICTIONARY

OF

ARTS and SCIENCES,

COMPILED UPON A NEW PLAN.

IN WHICH

The different SCIENCES and ARTS are digested into  
distinct Treatises or Systems;

AND

The various TECHNICAL TERMS, &c. are explained as they occur  
in the order of the Alphabet.

---

ILLUSTRATED WITH ONE HUNDRED AND SIXTY COPPERPLATES.

---

By a SOCIETY of GENTLEMEN in SCOTLAND.

---

IN THREE VOLUMES.

---

VOL. I.

---

EDINBURGH:

Printed for A. BELL and C. MACFARQUHAR;

And sold by COLIN MACFARQUHAR, at his Printing-office, Nicolson-street.

M. DCC. LXXI.

### ENCYCLOPÉDIE,

OU

DICTIONNAIRE RAISONNÉ  
DES SCIENCES,  
DES ARTS ET DES MÉTIERS,

PAR UNE SOCIÉTÉ DE GENS DE LETTRES.

Mis en ordre & publié par M. *DIDEROT*, de l'Académie Royale des Sciences & des Belles-Lettres de Prusse; & quant à la PARTIE MATHÉMATIQUE, par M. *D'ALEMBERT*, de l'Académie Royale des Sciences de Paris, de celle de Prusse, & de la Société Royale de Londres.

*Tantum series juncturaque pollet,  
Tantum de medio sumptis accedit honoris!* HORAT.

TOME PREMIER.



A PARIS,

Chez { *BRIASSON*, rue Saint Jacques, à la Science.  
*DAVID* l'aîné, rue Saint Jacques, à la Plume d'or.  
*LE BRETON*, Imprimeur ordinaire du Roy, rue de la Harpe.  
*DURAND*, rue Saint Jacques, à Saint Landry, & au Griffon.

M. DCC. LI.

AVEC APPROBATION ET PRIVILEGE DU ROY.

# Breve panorama da ciência moderna

## Século XVIII

### A *Cyclopaedia* de Ephraim Chambers (1728):

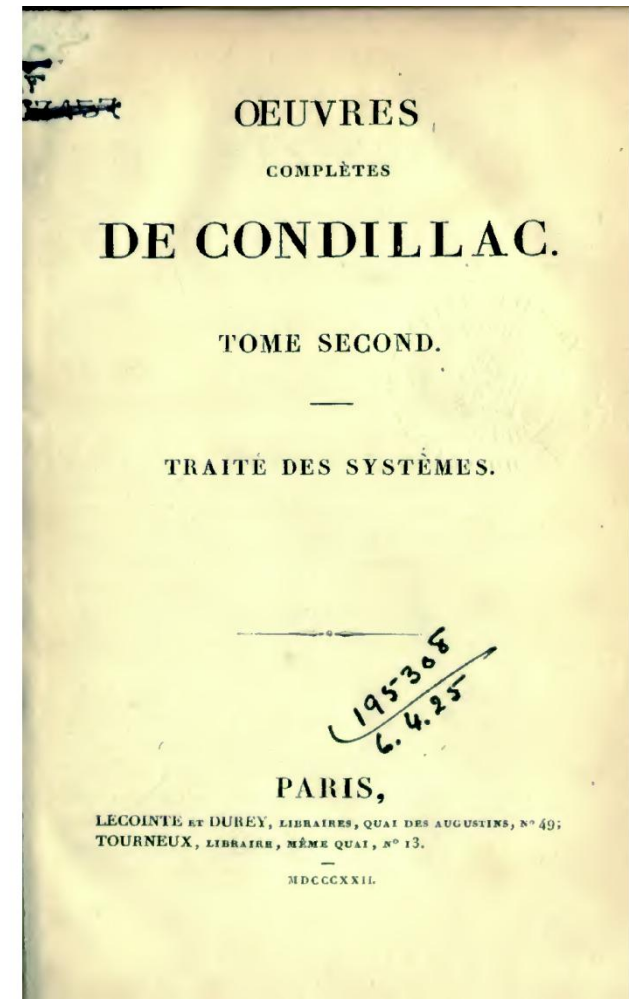
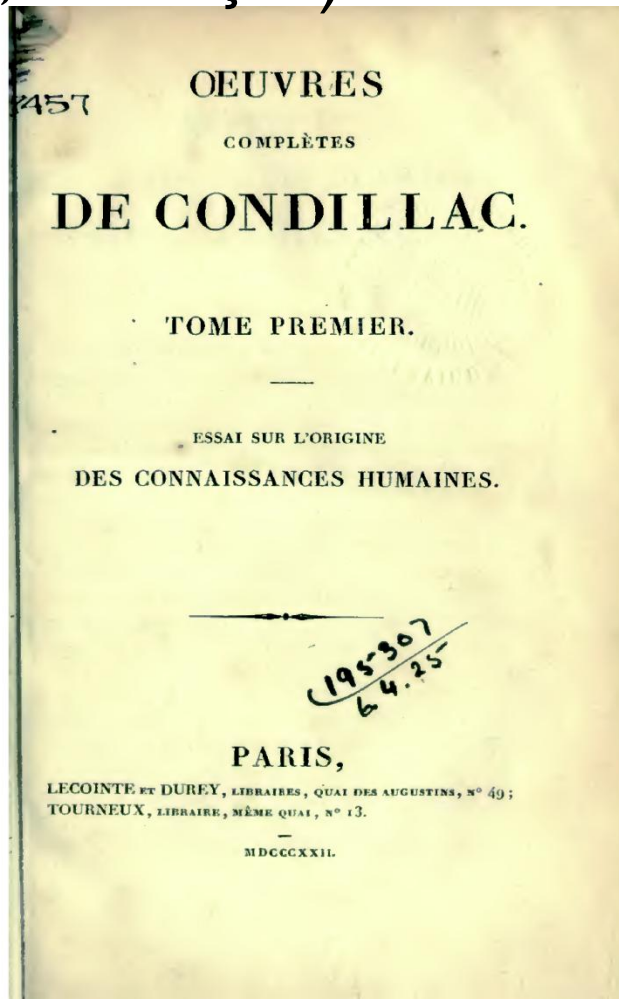
*Cyclopaedia, or, An Universal Dictionary of Arts and Sciences: Containing the Definitions of the Terms, and Accounts of the Things Signify'd Thereby, in the Several Arts, both Liberal and Mechanical, and the Several Sciences, Human and Divine: the Figures, Kinds, Properties, Productions, Preparations, and Uses, of Things Natural and Artificial; the Rise, Progress, and State of Things Ecclesiastical, Civil, Military, and Commercial: with the Several Systems, Sects, Opinions, etc; among Philosophers, Divines, Mathematicians, Physicians, Antiquaries, Criticks, etc.: The Whole Intended as a Course of Ancient and Modern Learning.*



# Breve panorama da ciência moderna

## Século XVIII

- Pano de fundo filosófico: o Iluminismo (Esclarecimento, Luzes, Ilustração)







# Breve panorama da ciência moderna

## Século XVIII

CAROLI LINNÆI			
I QUADRUPEDIA	II AVES	III AMPHIBIA	IV PISCES
Caput quadrupes. Pedes quatuor. Fossæ tresque. Libellæ	Caput quadrupes. Alæ duo. Pedes duo. Aphas alibus. Fossæ tresque.	Caput quadrupes. et Squamula. Dentes maxillæ nulli. Respiratio. Fossæ tresque.	Caput quadrupes. pedes duo subtruncati. natans. et Squamula.
<p><b>II QUADRUPEDIA</b></p> <p><b>II AVES</b></p> <p><b>III AMPHIBIA</b></p> <p><b>IV PISCES</b></p> <p><b>V INSECTA</b></p> <p><b>VI VERMES</b></p>	<p><b>II AVES</b></p> <p><b>III AMPHIBIA</b></p> <p><b>IV PISCES</b></p> <p><b>V INSECTA</b></p> <p><b>VI VERMES</b></p>	<p><b>III AMPHIBIA</b></p> <p><b>IV PISCES</b></p> <p><b>V INSECTA</b></p> <p><b>VI VERMES</b></p>	<p><b>IV PISCES</b></p> <p><b>V INSECTA</b></p> <p><b>VI VERMES</b></p>
<p><b>PARADOXA</b></p> <p>Struxit corpus aquaticum, pedes duos, natans, natans in terra, et in aqua. Respiratio aquatica, et pulmonaria. Dentes nulli. Respiratio. Fossæ tresque.</p>			

...quanto o mundo dos organismos vivos (Lineu).

# Breve panorama da ciência moderna

## Século XVIII

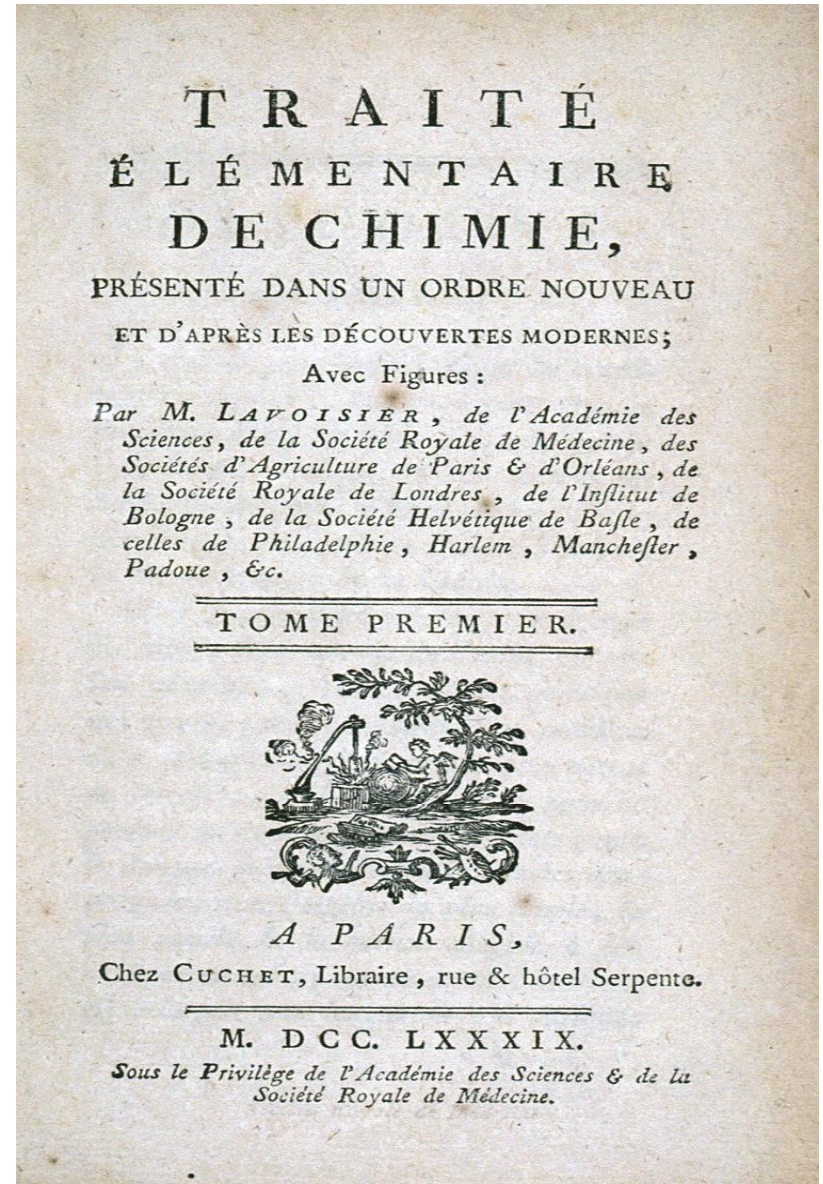
- Desenvolvimento explosivo da Matemática
  - Especialmente Análise (naquela época, conhecida como “Análise infinitesimal”):
    - Euler, Lagrange, Jacques Bernoulli, Jean Bernoulli, Daniel Bernoulli, Laplace, Laguerre, Legendre, Liouville, D’Alembert, Clairaut, Taylor, Maclaurin, Stirling, De Moivre, L’Hôpital, Roger Cotes
- Laicização e difusão do saber / Revolução Francesa / Percalços desse processo / Editoração
- Esforço de sistematização / integração dos conhecimentos



# Breve panorama da ciência moderna

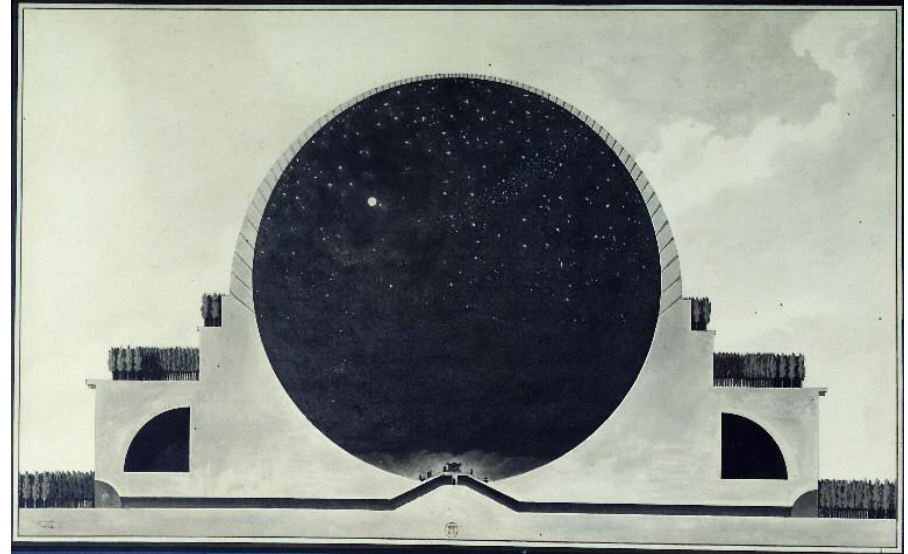
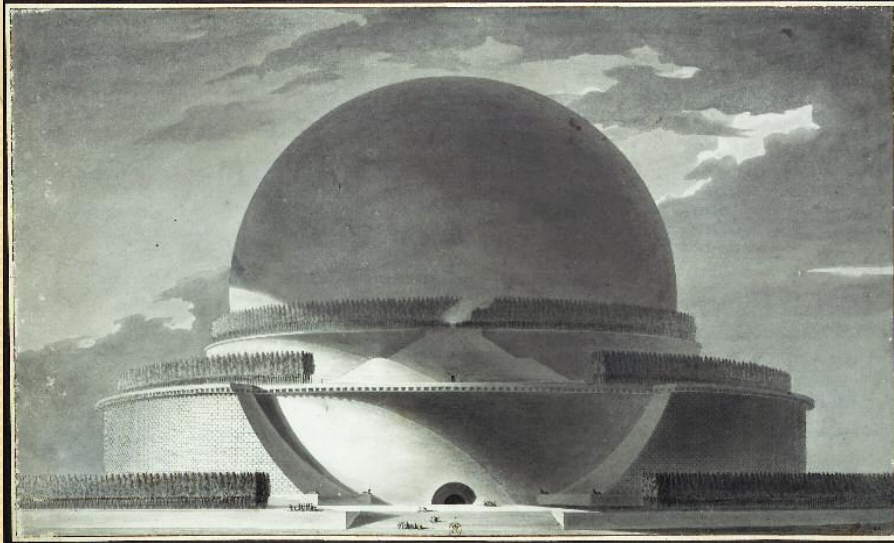
## Século XVIII

- Discussões sobre a geração e evolução dos organismos (Maupertuis)
- Emancipação de disciplinas a partir da Filosofia Natural:
  - Química (Lavoisier, Scheele, Black, C.-L. Berthollet, Proust, Guyton de Morveau)



# Breve panorama da ciência moderna

## Século XVIII



- **Difusão e apogeu do Newtonianismo**

Étienne-Louis Boullée – *Cénotaphe de Newton*, três vistas

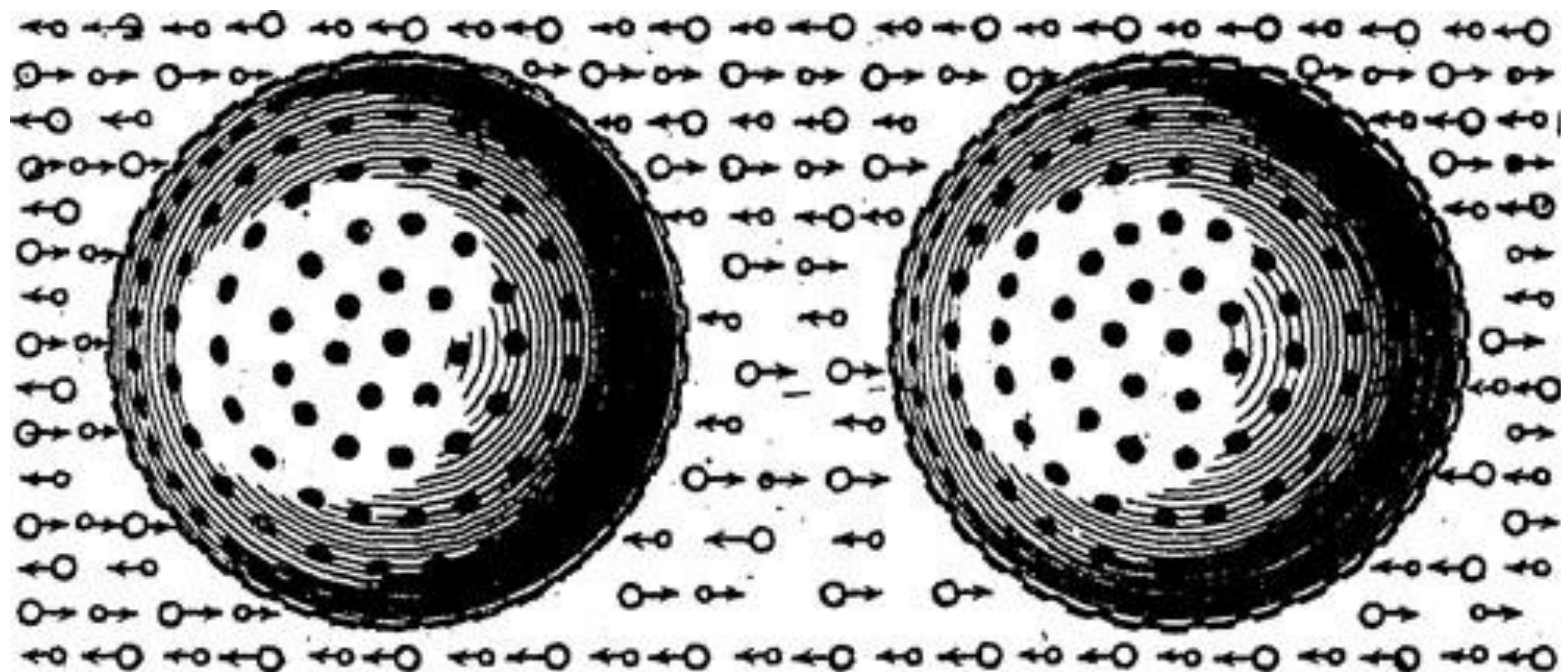




# Breve panorama da ciência moderna

## Século XVIII

- Difusão e apogeu do Newtonianismo



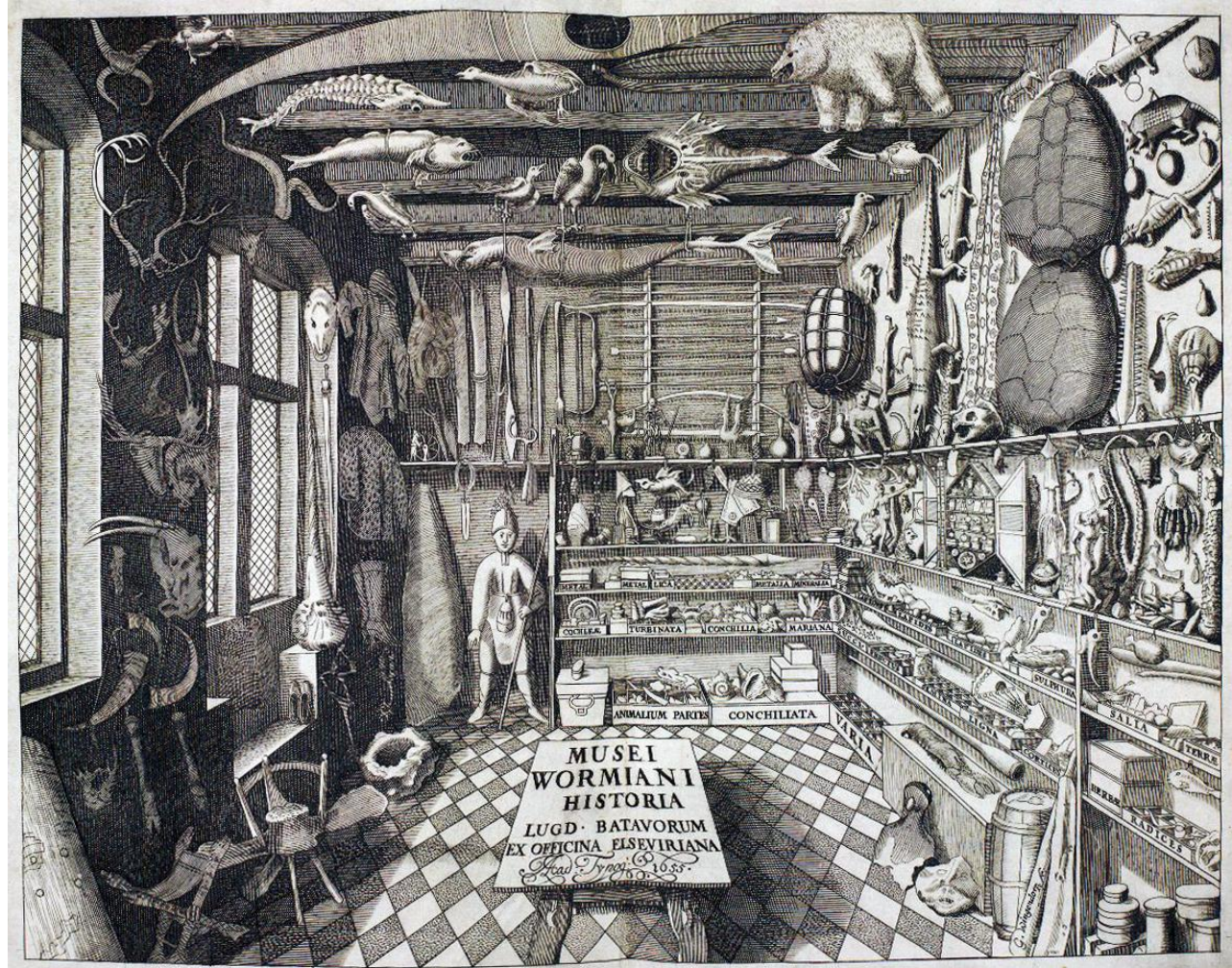
Georges LeSage (um newtoniano): representação dos “corpúsculos ultramundanos”, que desempenhavam papel central em sua teoria mecânica e corpuscular da gravitação



# Breve panorama da ciência moderna

## Século XVIII

- Apogeu da Filosofia Natural e da História Natural (Buffon, Linnaeus, Lamarck, Maupertuis)



História Natural: Ole Worm (1588-1655), *Museum Wormianum*, frontispício: o “gabinete de curiosidades”.

# Breve panorama da ciência moderna

## Século XIX

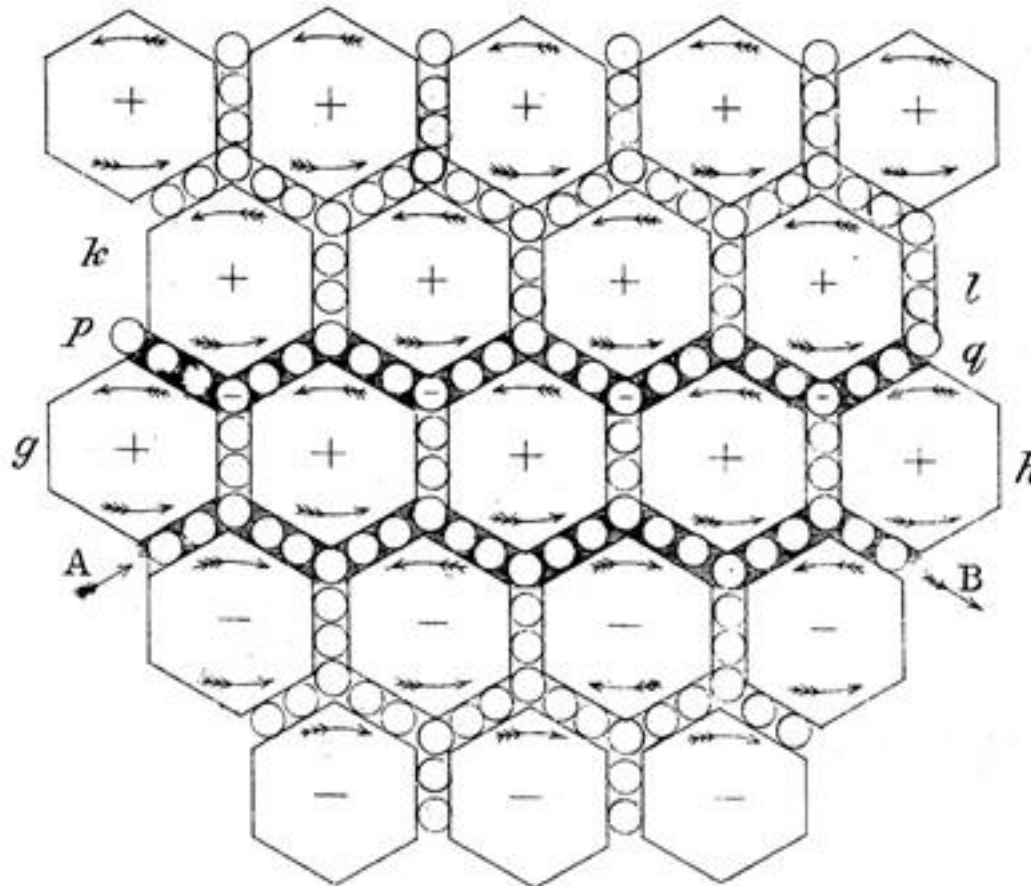
- Psicologia e sociologia como disciplinas científicas autônomas
- Emancipação da Geologia a partir da História Natural
  - Cuvier — Paleontologia / Catastrofismo; Lyell — Uniformitarianismo; Louis Agassiz, Humboldt — Biogeografia.
- Emancipação da Biologia a partir da História Natural e Medicina
  - Claude Bernard — Fisiologista; Robert Brown — Naturalista; Darwin — Naturalista / Evolucionista; Étienne Geoffroy Saint-Hilaire — Naturalista / Lamarckista / Paleontologista; Mendel — Genética clássica; Haeckel — Naturalista / Sistemático; Pasteur — Microbiólogo; Koch — Microbiólogo; Flemming — Citogeneticista.
- Surgimento da Química Orgânica (Wöhler, Kekulé, Marcellin Berthelot, Liebig)



# Breve panorama da ciência moderna

## Século XIX

- Revoluções científicas contemporâneas: probabilidade, evolucionismo, termodinâmica, atomismo moderno, psicanálise
- Crise do mecanicismo



Derradeiro modelo mecânico do éter em Maxwell, "On physical lines of force", 1862.

# Breve panorama da ciência moderna

## Século XIX

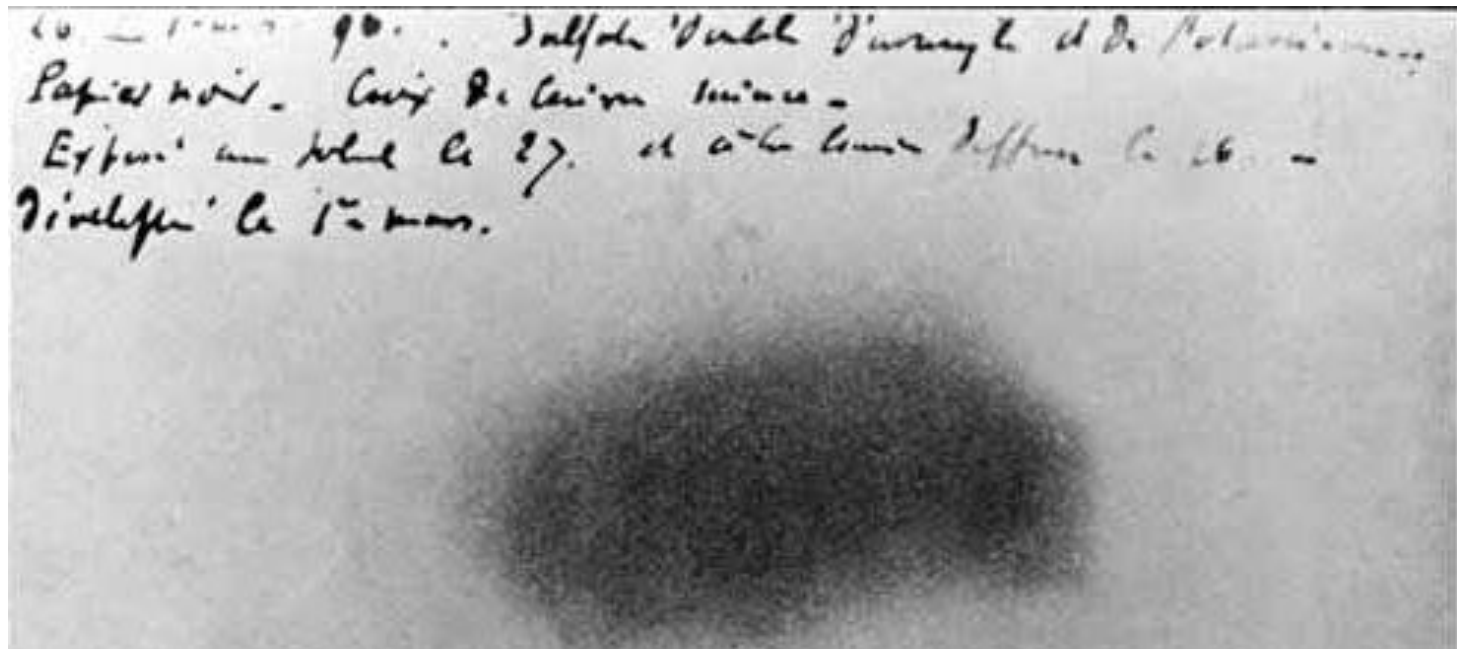
- Institucionalização da ciência nos moldes próximos aos atuais (departamentos, cátedras, institutos, etc)
- Aceleração, proliferação e fragmentação do conhecimento
- Consolidação da Revolução Industrial
- Revisão nos padrões de rigor da matemática e da lógica (Frege, Hilbert)
- Fundamentação rigorosa da Análise (Weierstrass, Kronecker, Dedekind)
- Surgimento da álgebra abstrata (Hamilton, Cayley, Grassman), análise dimensional
- Geometrias não-euclidianas (Lobatchevsky, Bolyai), geometria diferencial (Riemann), topologia (Poincaré)



# Breve panorama da ciência moderna

## Século XIX

- Descoberta da radioatividade

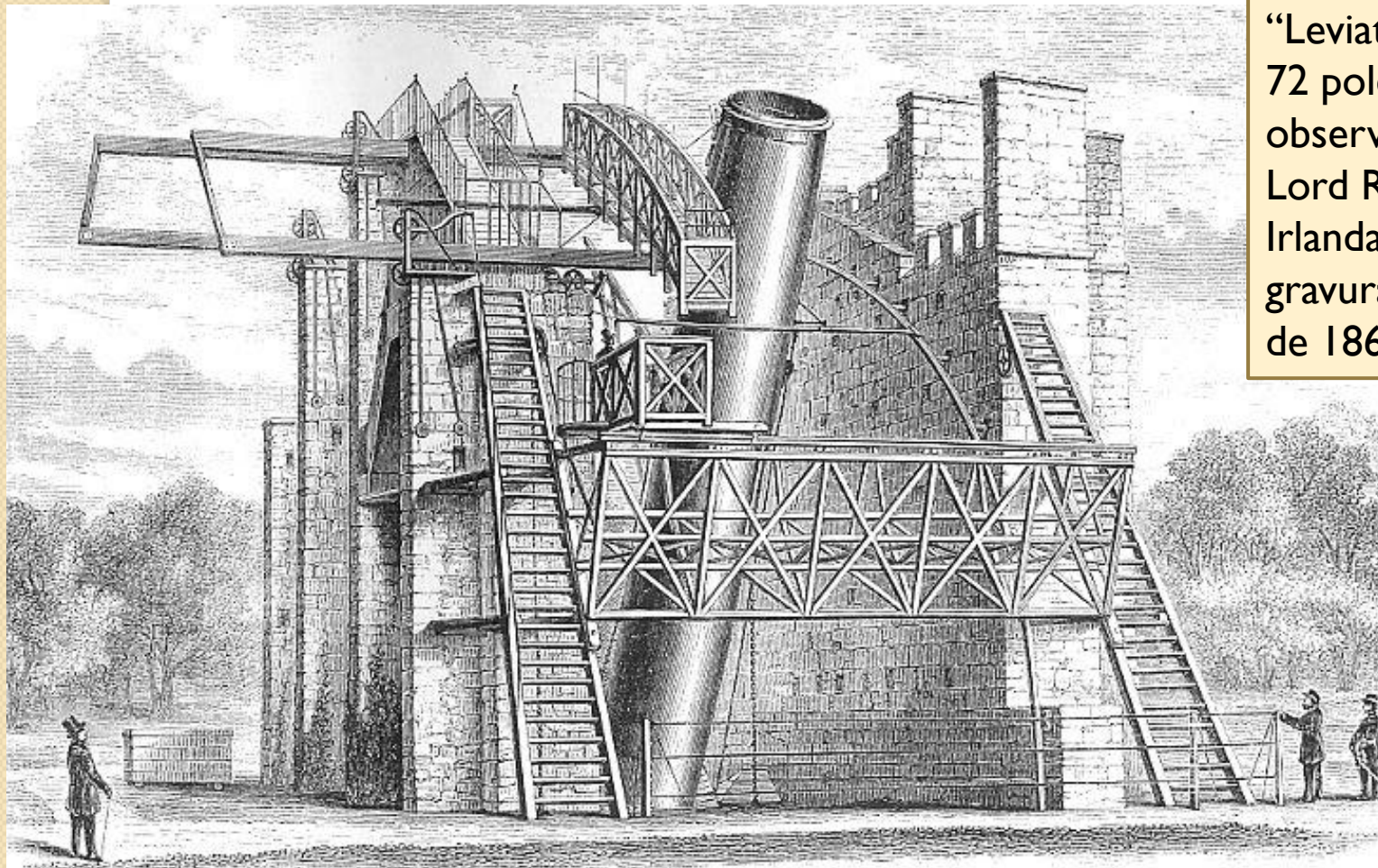


Placa fotográfica (1896) de Henri Becquerel, impressionada pela exposição à radioatividade oriunda de sais de urânio.

# Breve panorama da ciência moderna

## Século XIX

- Grande desenvolvimento da instrumentação científica / Início da “Big Science”



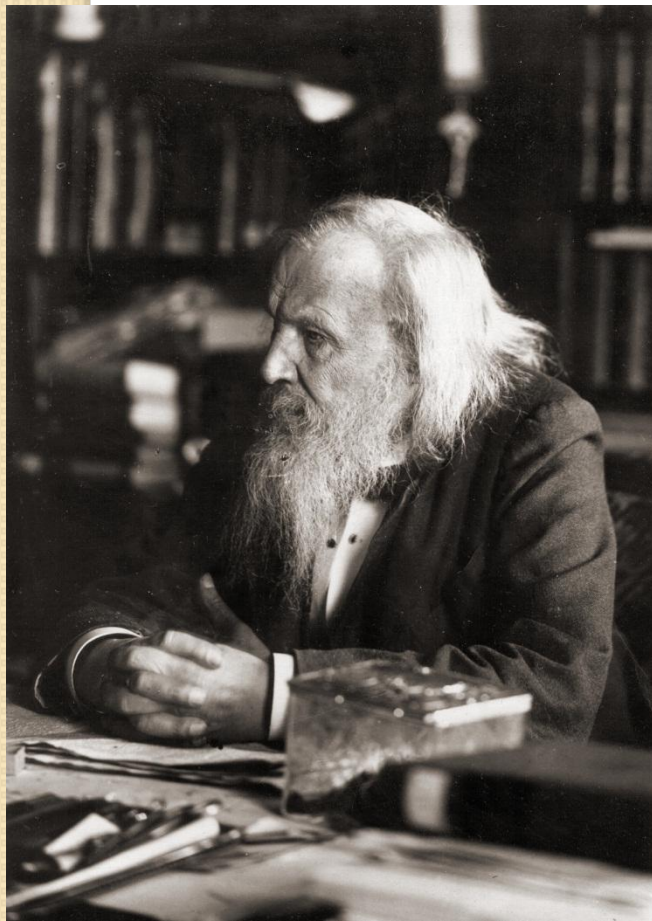
Telescópio  
“Leviathan” de  
72 polegadas do  
observatório de  
Lord Rosse, na  
Irlanda, numa  
gravura por volta  
de 1860



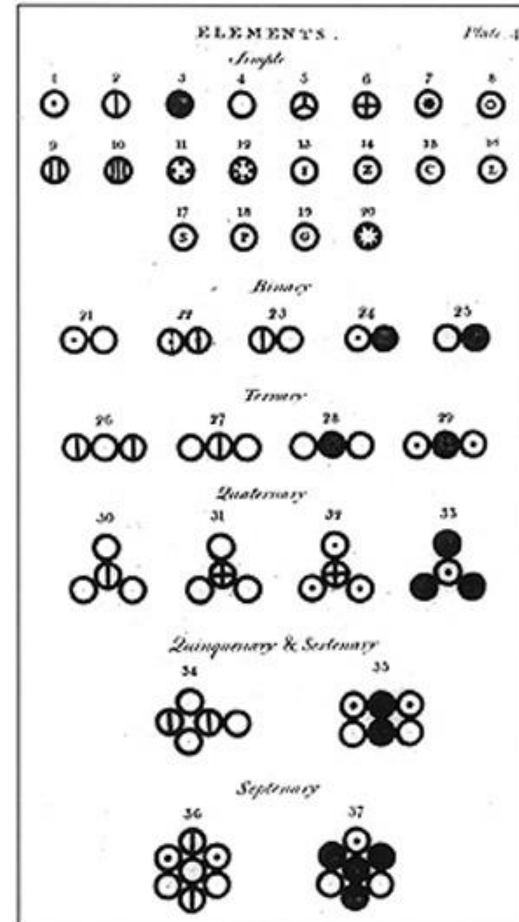
# Breve panorama da ciência moderna

## Século XIX

- Extenso debate sobre o atomismo e início da teoria atômica moderna (Dalton, Ostwald, Mach, Avogadro, Perrin, Boltzmann, Arrhenius, Duhem, Mendeleev)



Dmitri Ivanovich Mendeleev (1834-1907)

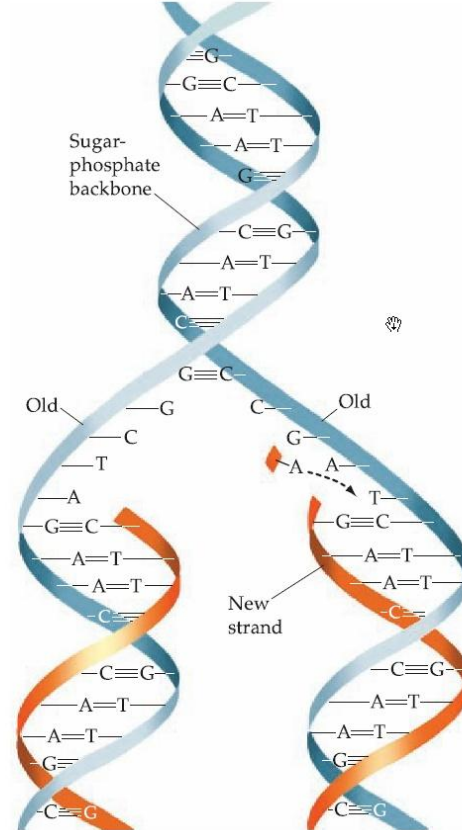
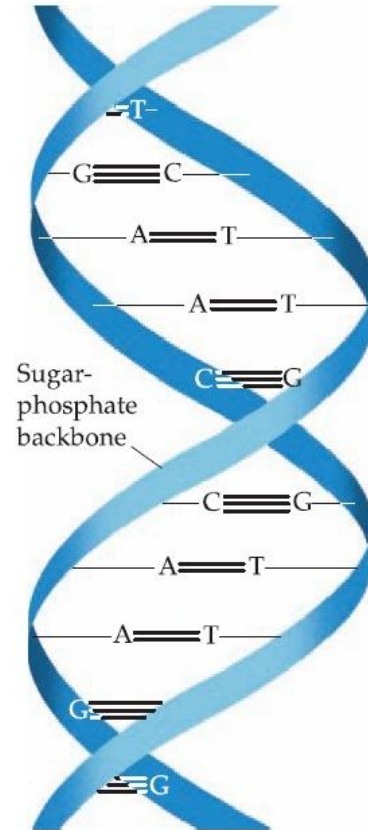
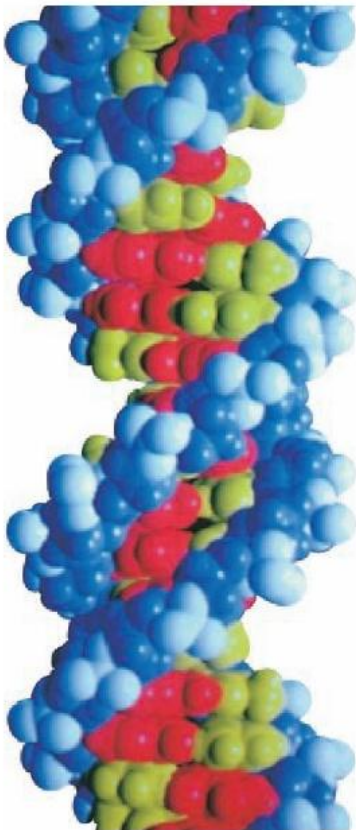


John Dalton (1766-1844) – A New System of Chemical Philosophy (1808)

# Breve panorama da ciência moderna

## Século XX

- Revoluções do início do século: teoria quântica e relatividade (restrita e geral)
- Síntese clássica na biologia
- Biologia pós-clássica: Genética / genômica





# Breve panorama da ciência moderna

## Século XX

- Nova cosmologia / Universo dinâmico
- Sociedade da Informação / Mídia global
- Globalização / virtualização / desterritorialização
- Interferência do complexo industrial—militar na pesquisa
- Medicina / Técnica e tecnologia médica / Cirurgia / Exames: patologia clínica, anatomopatologia, diagnóstico por imagem
- Redefinições da doença e da saúde / doenças curáveis X doenças “controláveis”
- Farmacologia / Projeto molecular de fármacos / Papel das multinacionais farmacêuticas
- Síntese de elementos químicos artificiais
- Energia atômica (usos tanto pacíficos quanto militares) / Riscos
- Popularização da ciência / difusão da história da ciência, filosofia da ciência e aspectos filosóficos da ciência

# Breve panorama da ciência moderna

## Século XX

- *Big Science e tecnociência*



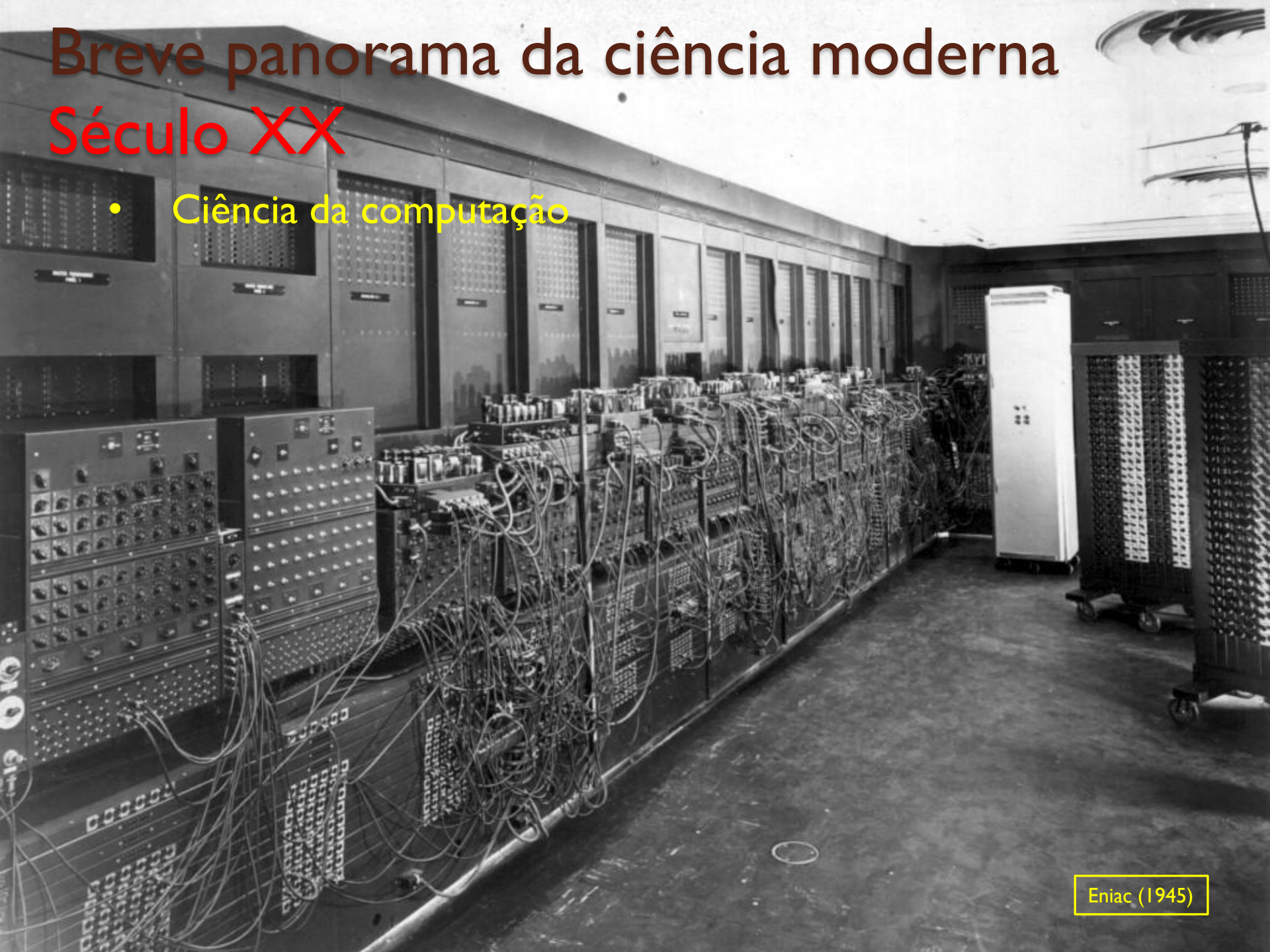
Vista aérea do Fermilab



# Breve panorama da ciência moderna

## Século XX

- Ciência da computação



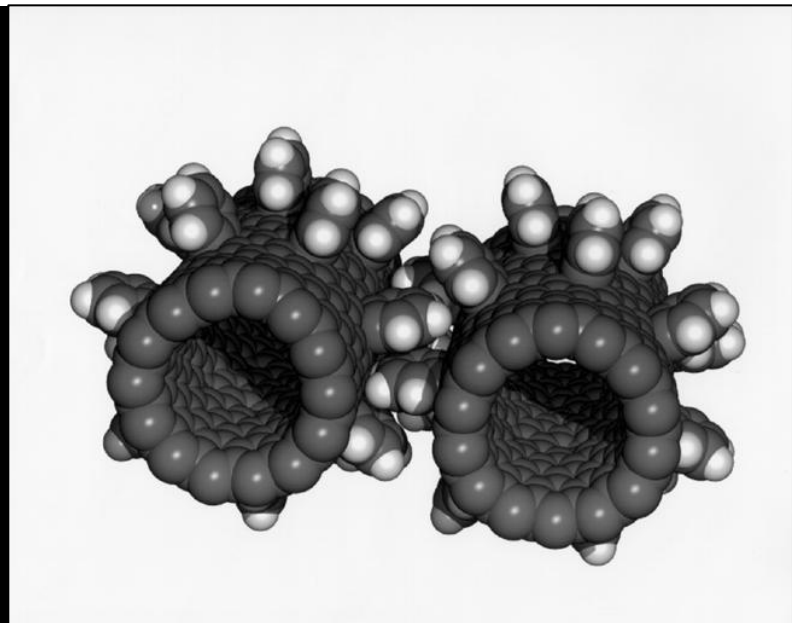
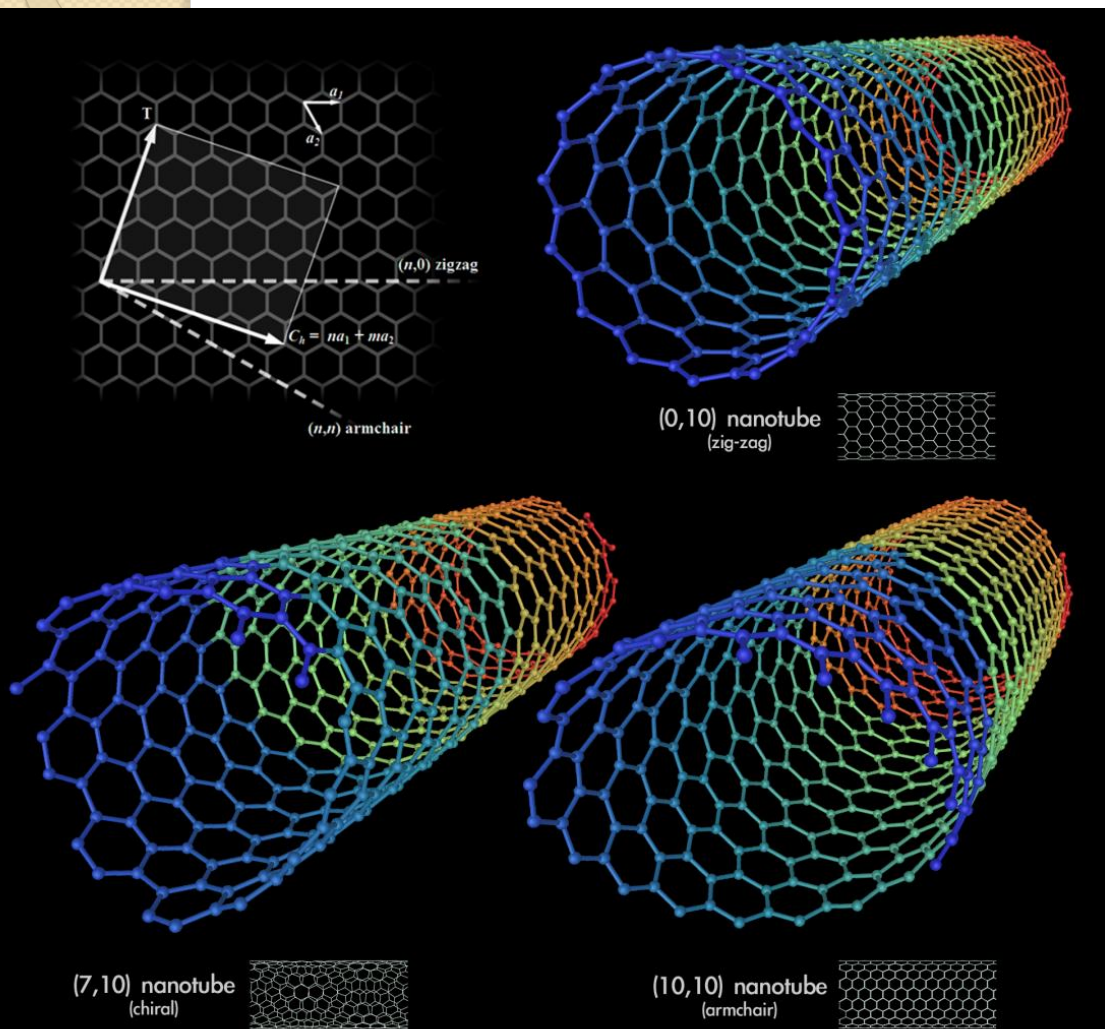
Eniac (1945)



# Breve panorama da ciência moderna

## Século XX

- Nanociência, nanotecnologia



Nanotubos de carbono e rotores moleculares

# Breve panorama da ciência moderna

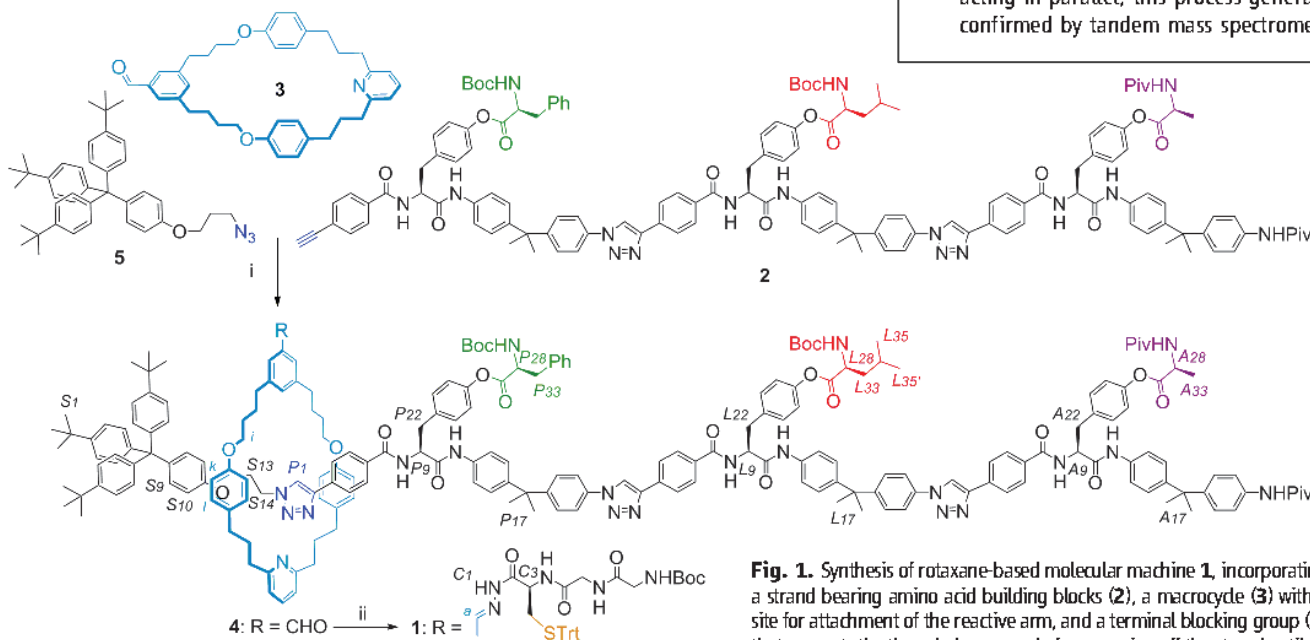
## Século XX

- Nanociência

## Sequence-Specific Peptide Synthesis by an Artificial Small-Molecule Machine

Bartosz Lewandowski,<sup>1</sup> Guillaume De Bo,<sup>1</sup> John W. Ward,<sup>1</sup> Marcus Pappmeyer,<sup>1</sup> Sonja Kuschel,<sup>1</sup> Maria J. Aldegunde,<sup>2</sup> Philipp M. E. Gramlich,<sup>2</sup> Dominik Heckmann,<sup>2</sup> Stephen M. Goldup,<sup>2</sup> Daniel M. D'Souza,<sup>2</sup> Antony E. Fernandes,<sup>2</sup> David A. Leigh<sup>1,2\*</sup>

The ribosome builds proteins by joining together amino acids in an order determined by messenger RNA. Here, we report on the design, synthesis, and operation of an artificial small-molecule machine that travels along a molecular strand, picking up amino acids that block its path, to synthesize a peptide in a sequence-specific manner. The chemical structure is based on a rotaxane, a molecular ring threaded onto a molecular axle. The ring carries a thiolate group that iteratively removes amino acids in order from the strand and transfers them to a peptide-elongation site through native chemical ligation. The synthesis is demonstrated with  $\sim 10^{18}$  molecular machines acting in parallel; this process generates milligram quantities of a peptide with a single sequence confirmed by tandem mass spectrometry.



**Fig. 1.** Synthesis of rotaxane-based molecular machine **1**, incorporating a strand bearing amino acid building blocks (**2**), a macrocycle (**3**) with a site for attachment of the reactive arm, and a terminal blocking group (**5**) that prevents the threaded macrocycle from coming off the strand until all of the amino acid groups have been cleaved. Structure **1** is shown as the

major diastereomer; a small amount of epimerization (<5%) of some of the acyl amino units occurs during incorporation into the track. Boc,  $\text{CO}_2\text{C}(\text{CH}_3)_3$ ; Piv,  $\text{COC}(\text{CH}_3)_3$ ; Trt,  $\text{CPh}_3$ ; Ph, phenyl. Reaction conditions: (i)  $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{CN})_4\text{PF}_6$  in dichloromethane:*t*-butanol (2:1), room temperature, 4 days, 30%. (ii)  $\text{PhNH}_2$  (catalyst), BocGlyGlyCys(S-Trt)NHN=CHC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>OCH<sub>3</sub> in 3:1 dimethylsulfoxide: aqueous 2-(*N*-morpholino)ethanesulfonic acid buffer (pH 6.0), 60°C, 2 days, 90%. The italicized letters indicate key signals in the <sup>1</sup>H NMR spectrum shown in Fig. 2B. For the full lettering scheme and assignments, see the supplementary materials, page S28 (26).