


# História da Matemática

AULA 13

E DISSE DEUS: HAJA NEWTON!

E HOUVE LUZ



*“Nature and Nature's laws lay hid in night:  
God said, Let Newton be! and all was light.”  
Alexander Pope*



Retrato de Sir Isaac Newton



Retrato de Sir Isaac Newton  
já mais idoso



Túmulo de Sir Isaac Newton  
na Abadia de Westminster

# Um presente de natal

- ▶ No ano em que o mundo ficou sem Galileo Galilei (1642), a humanidade ganhou um presente de Natal. No dia 25 de dezembro de 1642 (no calendário Juliano, seria, de fato, 04 de janeiro de 1643, segundo o calendário Gregoriano), nasce Isaac Newton, em Woolsthorpe-by-Colsterworth, Lincolnshire, na Inglaterra.

# Um presente de natal



# Um presente de natal

- ▶ Newton teve sua educação básica no The King's School em Grantham, Lancashire. Sua mãe, ao ficar viúva do seu segundo marido queria tirá-lo da escola para ele ajudar na fazenda da família, mas foi convencida por Henry Stokes, Professor no The King's School, e pelo reverendo William Ayscough (tio de Newton) a mantê-lo na escola. Neste período, aprendeu latim e grego clássico e teve seu primeiro contato com a Matemática.

# Um presente de natal

- ▶ Em junho de 1661, Newton foi admitido no Trinity College, na Universidade de Cambridge, onde teve contato com as obras de Galileo e Descartes. Em 1665 fez sua primeira descoberta Matemática, que hoje conhecemos como Binômio de Newton, em agosto daquele mesmo ano, após concluir o Bacharelado, voltou a Woolsthorpe, pois a Universidade de Cambridge foi temporariamente fechada devido à epidemia de peste negra em Londres entre 1665 e 1666.

# Um presente de natal

- ▶ Este ano em afastamento em sua residência natal é conhecido como *annus mirabilis* (o ano maravilhoso): o ano em que Newton lançou os fundamentos do que seria o Cálculo infinitesimal, formulou a teoria da gravitação universal e a sua teoria ótica da decomposição da luz.

# Um presente de natal

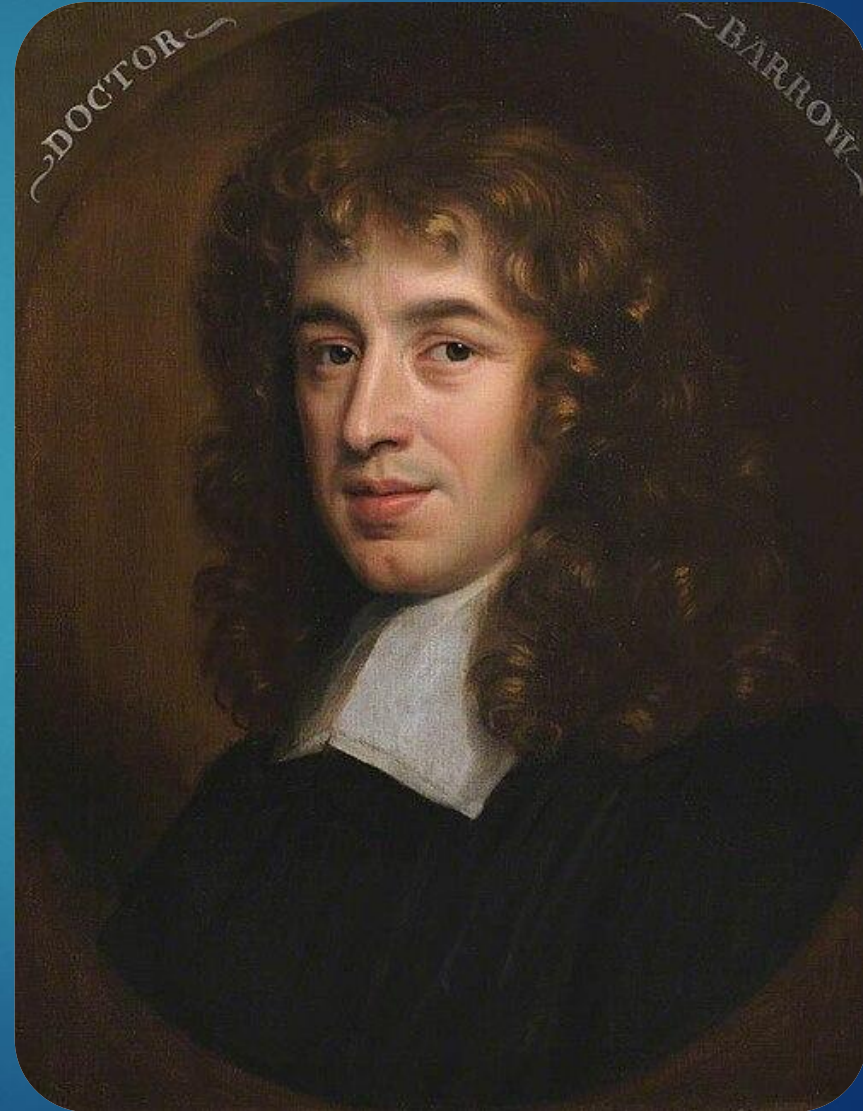
- ▶ Em abril de 1667, Newton retorna a Cambridge e é eleito fellow do Trinity College (isto incorria em uma série de comprometerimentos com a doutrina oficial de Igreja da Inglaterra, coisa que entrava em conflito com as convicções pessoais pouco ortodoxas de Newton).

# Um presente de natal

- ▶ O talento de Newton chamou a atenção do Professor Lucasiano Isaac Barrow (1630-1677), em 1668, conseguiu seu título de Mestre e em 1669 sucedeu Barrow na Cadeira de Professor Lucasiano.

# Um presente de natal

- ▶ Isaac Barrow (1630-1677).



# Um presente de natal

- ▶ O talento de Newton chamou a atenção do Professor Lucasiano Isaac Barrow (1630-1677), em 1668, conseguiu seu título de Mestre e em 1669 sucedeu Barrow na Cadeira de Professor Lucasiano.
- ▶ Outros nomes famosos que ocuparam a cadeira de Professor Lucasiano: Charles Babbage, George Gabriel Stokes, Paul Dirac, Stephen Hawking.

# Um presente de natal

- ▶ Em 1672, Newton foi eleito Fellow da Royal Society, em Londres.

# Sobre os ombros de gigantes

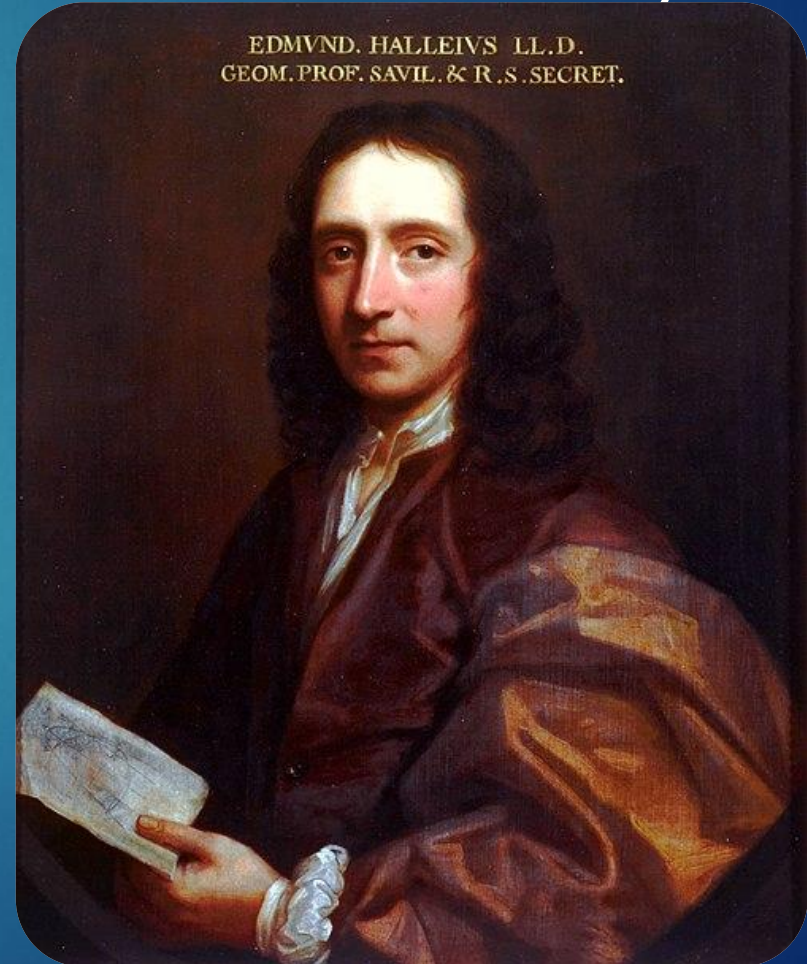
- ▶ Em 1680, Newton voltou novamente seu interesse pela Astronomia, por ocasião da passagem de um cometa. Em conversas com Robert Hooke (1635-1703) (na ocasião, secretário da Royal Society), através de um amigo em comum (Edmund Halley (1656-1741)) Newton trabalhou na prova que a lei de força centrípeta que produz o movimento dos planetas em órbitas elípticas era proporcional ao inverso do quadrado da distância.

# Sobre os ombros de gigantes

Robert Hooke



Edmund Halley



# Sobre os ombros de gigantes

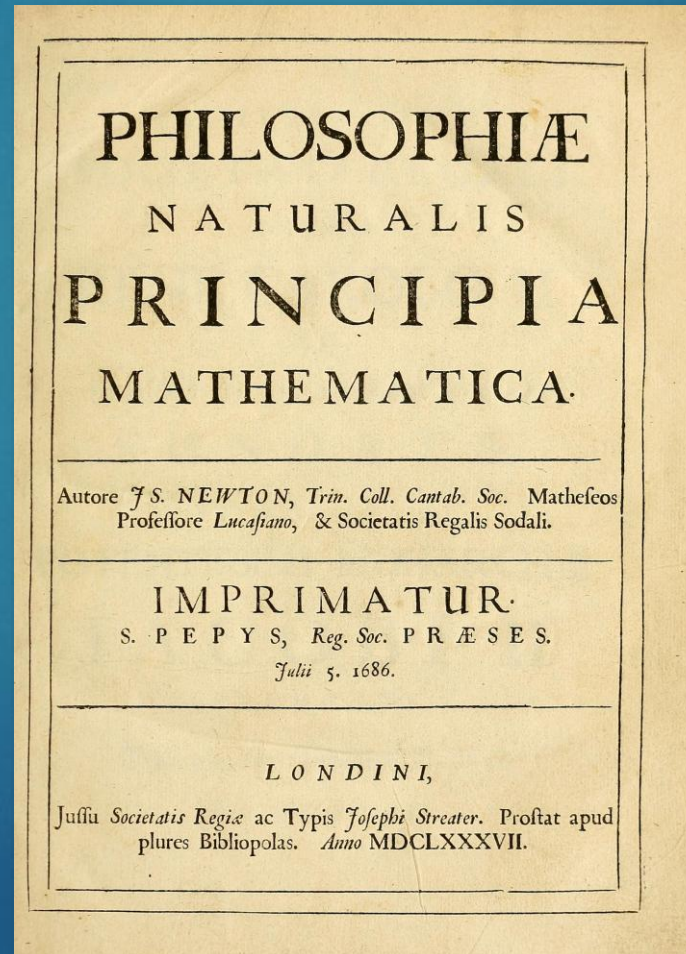
- ▶ A lei do inverso do quadrado das distâncias foi apresentada à Royal Society em 1684, no artigo *De motu corporum in gyrum*.

# Um presente de natal

- ▶ A lei do inverso do quadrado das distâncias foi apresentada à Royal Society em 1684, no artigo *De motu corporum in gyrum*.
- ▶ Halley incentivou (inclusive financeiramente) Newton a escrever os seus resultados em uma única obra: *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, publicado em 5 de julho de 1686.

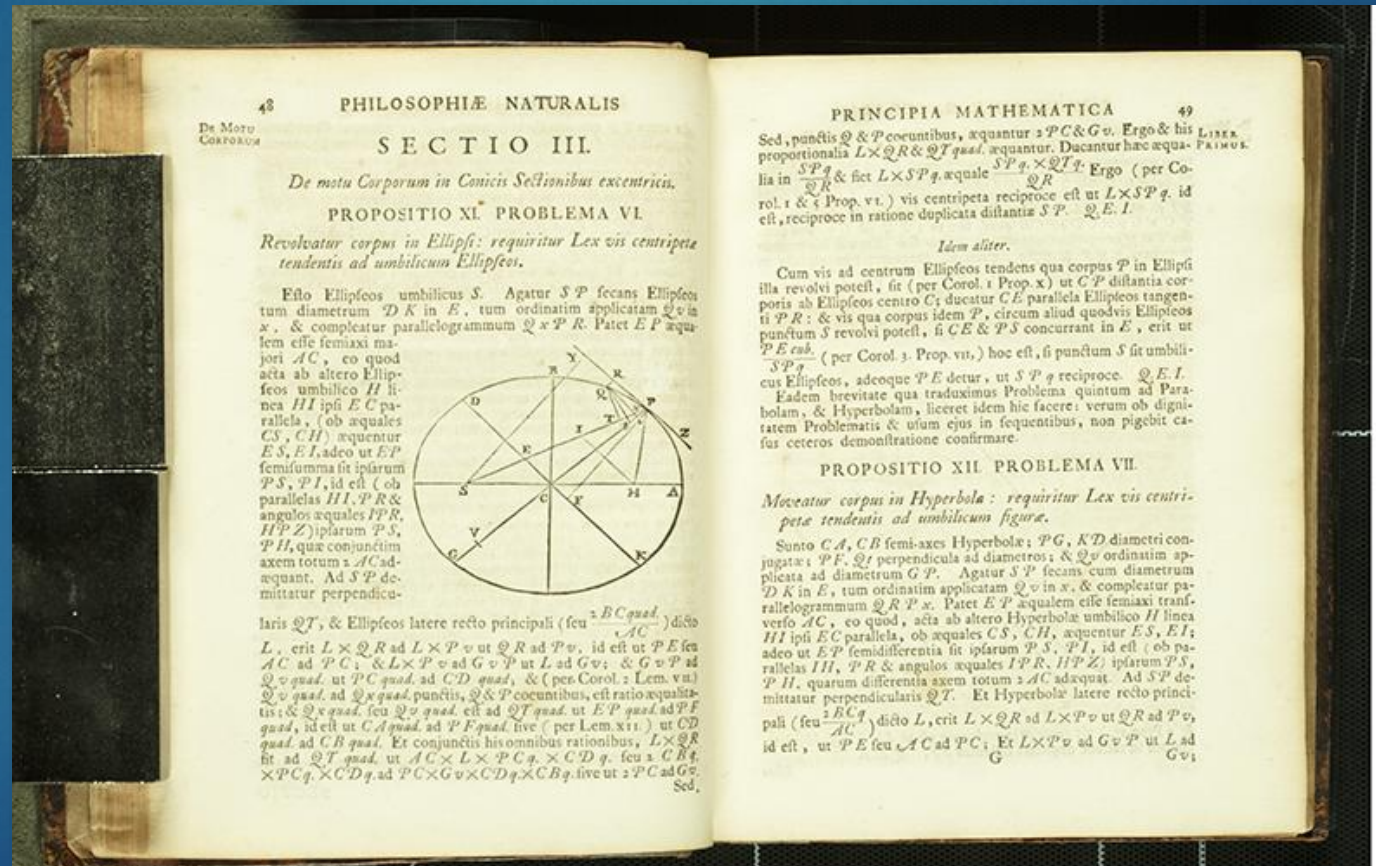
# Sobre os ombros de gigantes

- Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica (1686)



# Sobre os ombros de gigantes

## ► Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica (1686)



# Sobre os ombros de gigantes

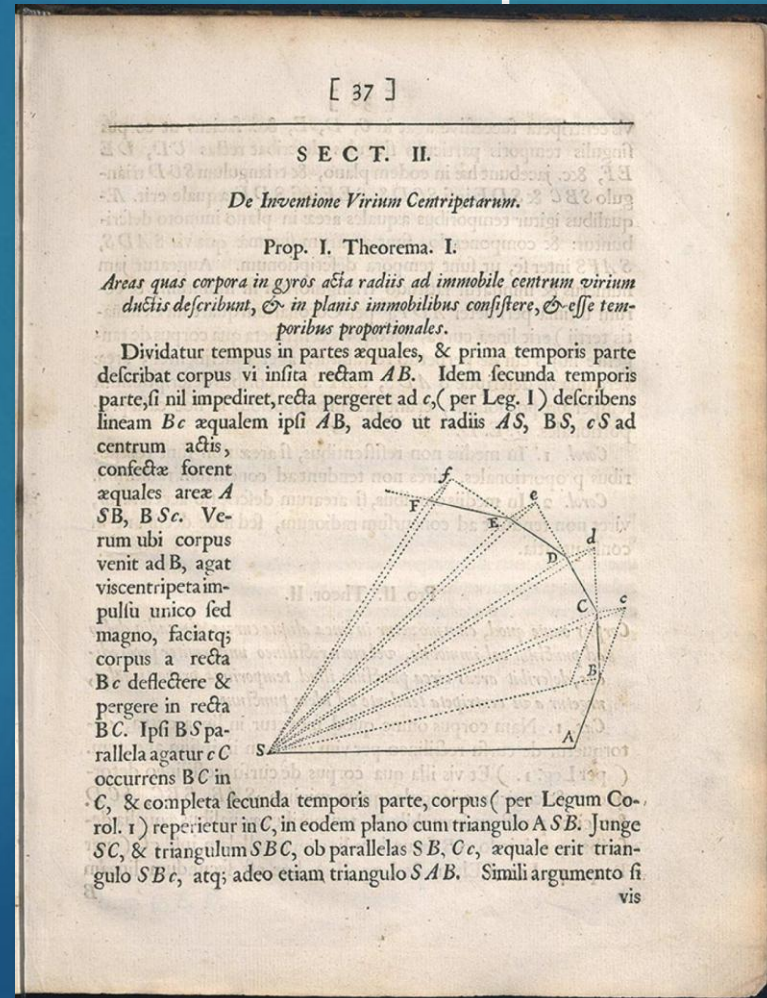
- ▶ Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica (1686):
- ▶ É dividido em três livros:

# Sobre os ombros de gigantes

- ▶ Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica (1686):
- ▶ É dividido em três livros:
- ▶ Livro 1: De motu corporum (Sobre o movimento dos corpos). Tem o lema das primeiras e últimas razões, que é a forma de traduzir a ideia principal do cálculo diferencial para a linguagem da Geometria Euclidiana Clássica (que é basicamente o embrião da ideia de limite. Tem também a demonstração da Segunda lei de Kepler (Lei das áreas).

# Sobre os ombros de gigantes

- Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica (1686):



Lei das áreas

# Sobre os ombros de gigantes

- ▶ Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica (1686)
- ▶ Ainda no Livro I, Newton trata do movimento dos corpos em órbitas de seções cônicas com a lei do inverso do quadrado das distâncias.

# Sobre os ombros de gigantes

- ▶ Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica (1686)
- ▶ Ainda no Livro I, Newton trata do movimento dos corpos em órbitas de seções cônicas com a lei do inverso do quadrado das distâncias.
- ▶ Finalmente, temos a primeira ocorrência do estudo do problema dos três corpos e também o cálculo da atração gravitacional dentro e fora de corpos esféricos (Teorema da concha).

# Sobre os ombros de gigantes

- ▶ Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica (1686)
- ▶ O Livro II (De motu corporum, 2) trás o estudo de movimento em meios com atrito (Resistência do ar, movimentos em fluidos, leis de gases, etc).

# Sobre os ombros de gigantes

- ▶ Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica (1686)
- ▶ O Livro II (De motu corporum, 2) trás o estudo de movimento em meios com atrito (Resistência do ar, movimentos em fluidos, leis de gases, etc).
- ▶ O Livro III, tem um conteúdo mais de cunho astronômico, reforçando os resultados da Teoria da gravitação para o movimento dos planetas do Sistema Solar. Também tem um estudo do oscilador harmônico em três dimensões (Lei de Hooke).

# Sobre os ombros de gigantes

- ▶ O desenvolvimento do Cálculo (método das fluxões) estava implícito ao longo de todo o Principia, mas o formalismo adotado tentou ser o mais Clássico (Geométrico) possível, para satisfazer aos padrões de rigor da época.

# Sobre os ombros de gigantes

- ▶ Muitos resultados do cálculo já existiam na literature acadêmica, com outra roupagem e outras metodologias. Devemos destacar alguns gigantes, sobre os ombros dos quais, Newton se apoiou para ver mais longe:

# Sobre os ombros de gigantes

► John Wallis (1616-1703)



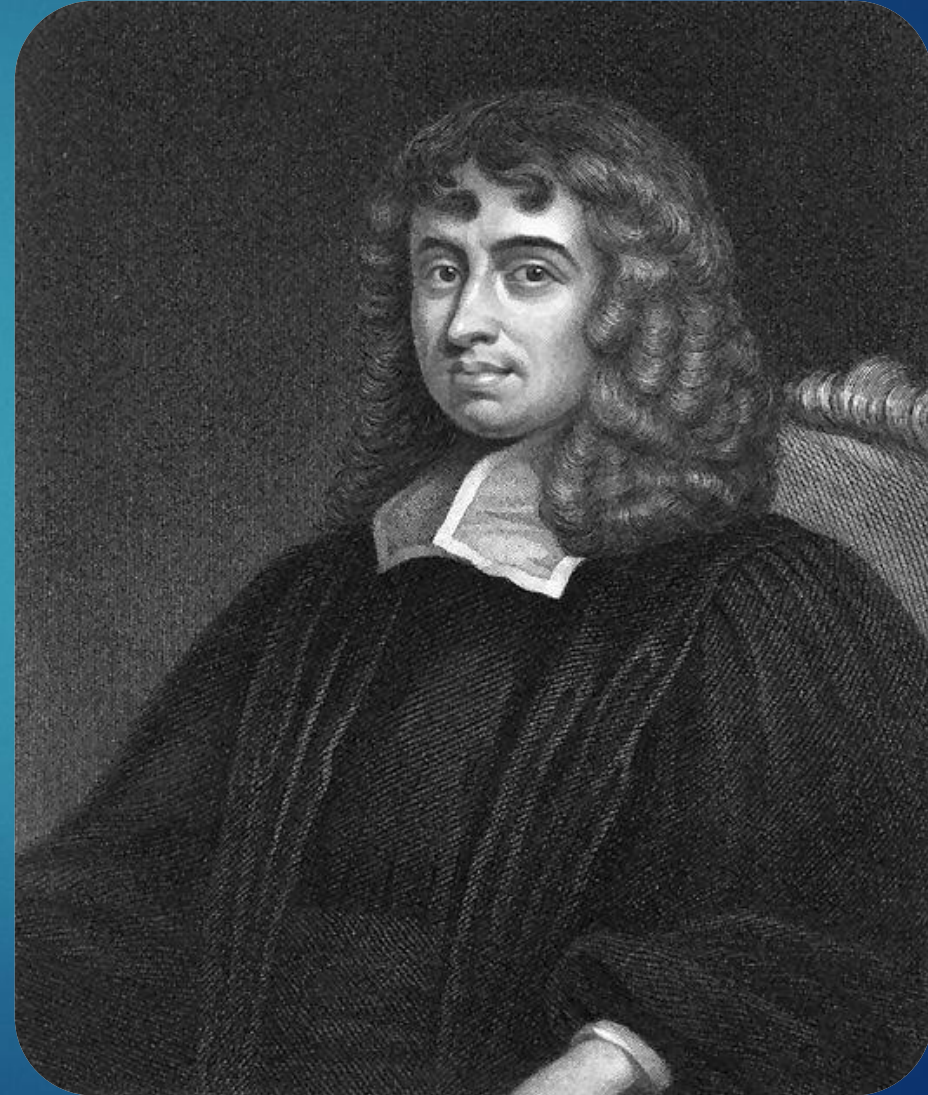
# Sobre os ombros de gigantes

- ▶ John Wallis (1616-1703). Sua obra Matemática mais relevante foi Arithmetica Infinitorum (1656), em que introduziu as notações de potências negativas e potências fracionárias, calculou as integrais de  $x^n$ , de  $x^{\frac{1}{n}}$ , calculou a área do semicírculo aproximando por series a integral de  $\sqrt{1-x^2}$ , introduziu o símbolo  $\infty$  para infinito e calculous o famoso produtório de Wallis:

$$\frac{\pi}{2} = \frac{2}{1} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{6}{5} \cdot \frac{6}{7} \cdots$$

# Sobre os ombros de gigantes

► Isaac Barrow (1630-1677)



# Sobre os ombros de gigantes

- ▶ Isaac Barrow (1630-1677). Nas suas *Lectiones Geometricae* (Aulas de Geometria), Barrow mostrou como determinar áreas de curvas fechadas e também como determinar as retas tangentes a uma curva em um determinado ponto.

# Sobre os ombros de gigantes

- ▶ Isaac Barrow (1630-1677). Nas suas *Lectiones Geometricae* (Aulas de Geometria), Barrow mostrou como determinar áreas de curvas fechadas e também como determinar as retas tangentes a uma curva em um determinado ponto.
- ▶ Havia na literature da época outros métodos de obtenção de tangents, como o método de Descartes (que aproximava a curva por uma circunferência) e o de Fermat (muito parecido com o de Barrow).

# Sobre os ombros de gigantes

► Christiaan Huygens (1629-1695)

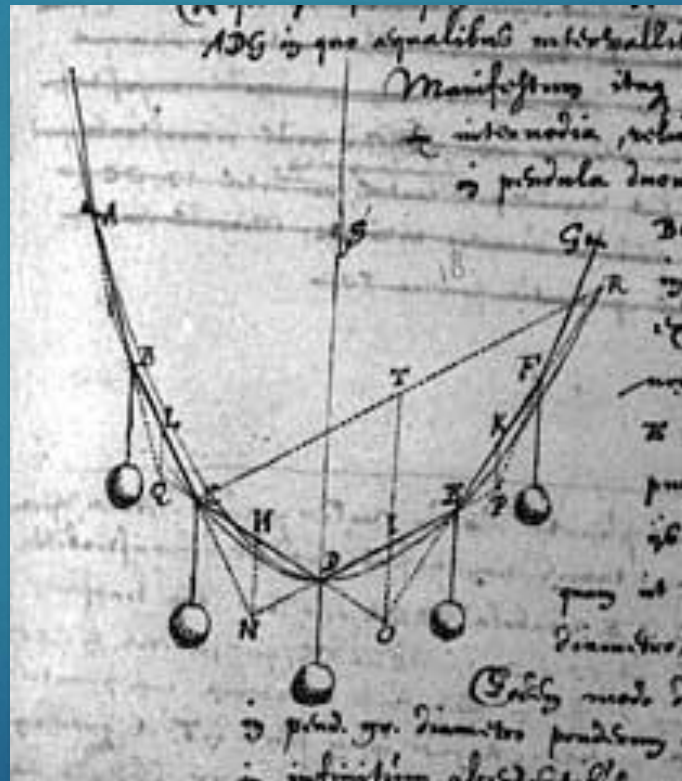


# Sobre os ombros de gigantes

- ▶ Christiaan Huygens (1629-1695). Como astrônomo, descobriu os anéis de Saturno eo seu maior satélite: Titan. Como inventor, construiu o primeiro relógio de pêndulo. Mas o seu trabalho matemático foi também impressionante: Descobriu as propriedades da Catenária, desenvolveu a Teoria das envoltórias (evoluta e evolvente), desenvolveu um método de retificação de curvas (cálculo de comprimento de arco).

# Sobre os ombros de gigantes

- Catenária (Desenho manuscrito de Huygens)



# Sobre os ombros de gigantes

- ▶ Outra Catenária (Parabéns pelos 100 anos!)

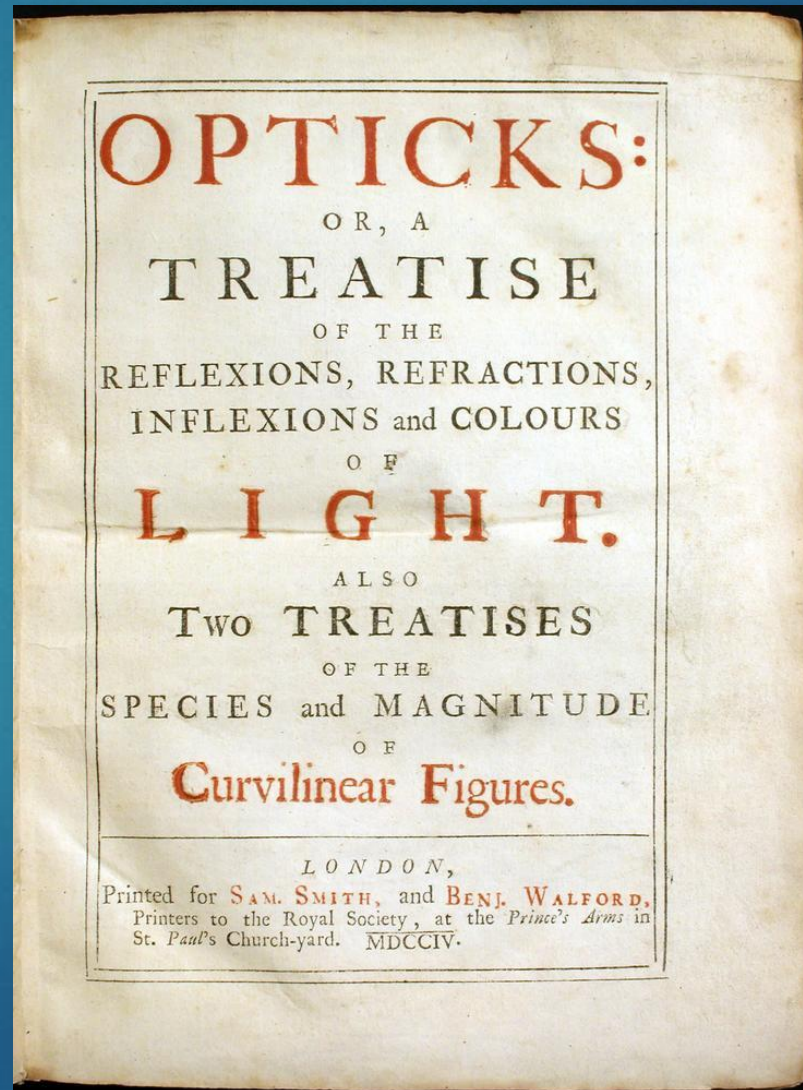


# Opticks

- ▶ Em 1704, Newton publicou sua outra grande obra, o *Opticks* (escrito em inglês e traduzido para o latim em 1706). Nesta obra, Newton defende uma Teoria corpuscular da luz (contrastando com Huygens, que tinha proposto uma Teoria ondulatória da luz). Também trata da decomposição da luz branca em cores.

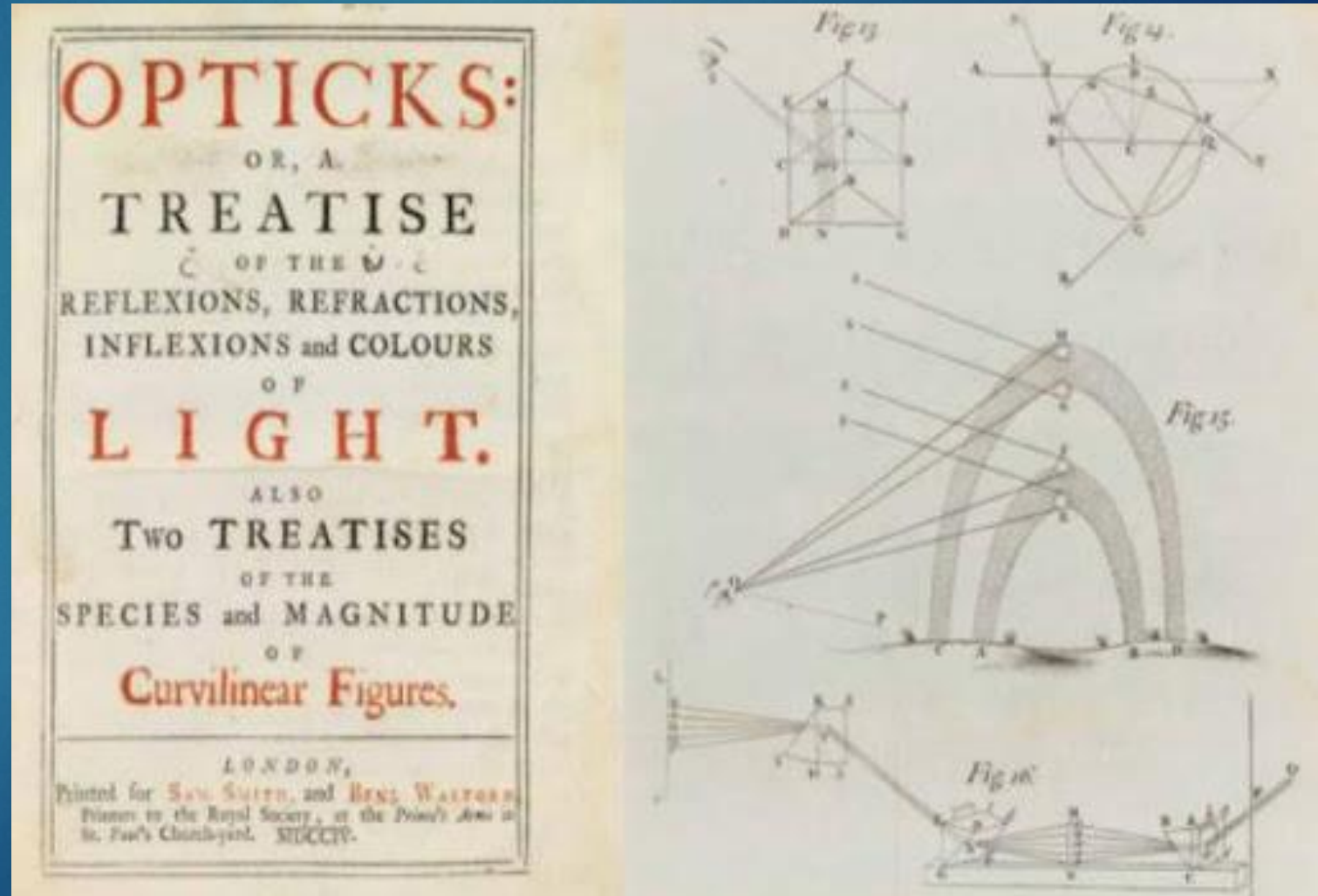
# Opticks

► Opticks (1704),



# Opticks

► Opticks (1704),



# Opticks

- ▶ O Opticks é considerado uma das três grandes obras de ótica da era das revoluções científicas, sendo os outros dois:
- ▶ Astronomiae Pars Optica, de Kepler
- ▶ Traité de la Lumière, de Huygens.

# Controvérsias sobre o cálculo

- ▶ O Filósofo e polímata alemão Gottfried Wilhelm Leibniz (Leipzig, 1 de julho de 1646 -Hanover, 14 de novembro de 1716), independentemente, havia desenvolvido as bases para o Cálculo em sua obra "Nova methodus pro maximis et minimis" (Novo método para o cálculo de máximos e mínimos) (1684), publicado no Acta Eruditorum.

# Controvérsias sobre o cálculo

- ▶ No entanto, Newton havia publicado anteriormente duas obras relacionadas ao Cálculo:

# Controvérsias sobre o cálculo

- ▶ No entanto, Newton havia publicado anteriormente duas obras relacionadas ao Cálculo:
- ▶ *De analysi per aequationes numero terminorum infinitas*, em 1669

# Controvérsias sobre o cálculo

- ▶ No entanto, Newton havia publicado anteriormente duas obras relacionadas ao Cálculo:
- ▶ De analysi per aequationes numero terminorum infinitas, em 1669.
- ▶ Method of Fluxions, em 1671.

# Controvérsias sobre o cálculo

- ▶ Isto levantou uma controvérsia na época sobre a autoria do Cálculo: seria o trabalho de Leibniz plagiário?

# Controvérsias sobre o cálculo

- ▶ Isto levantou uma controvérsia na época sobre a autoria do Cálculo: seria o trabalho de Leibniz plagiário?
- ▶ Mas apesar de Newton ter inventado primeiro os métodos do Cálculo, a notação matemática e as convenções que prevaleceram na comunidade matemática foram as de Leibniz.

# Controvérsias sobre o cálculo

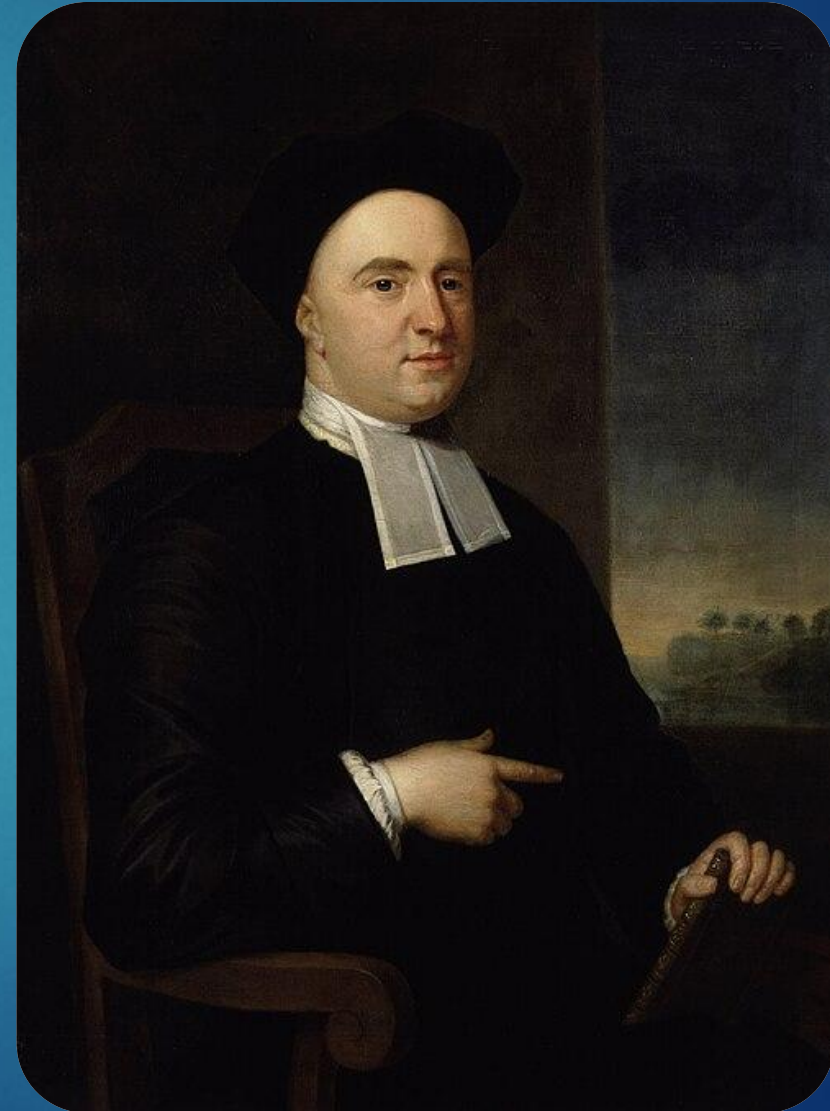
- ▶ Isto levantou uma controvérsia na época sobre a autoria do Cálculo: seria o trabalho de Leibniz plagiário?
- ▶ Mas apesar de Newton ter inventado primeiro os métodos do Cálculo, a notação matemática e as convenções que prevaleceram na comunidade matemática foram as de Leibniz.
- ▶ Os desenvolvimentos no Século XVIII da Matemática se deram muito mais na Europa Continental (influenciada por Leibniz) que na Inglaterra (influenciada por Newton).

# Controvérsias sobre o cálculo

- ▶ Outra controvérsia pertinente nas origens do Cálculo foi feita pelo Bispo George Berkeley (1685-1753). Em sua obra *The Analyst: A Discourse Addressed to an Infidel Mathematician: Wherein It Is Examined Whether the Object, Principles, and Inferences of the Modern Analysis Are More Distinctly Conceived, or More Evidently Deduced, Than Religious Mysteries and Points of Faith*

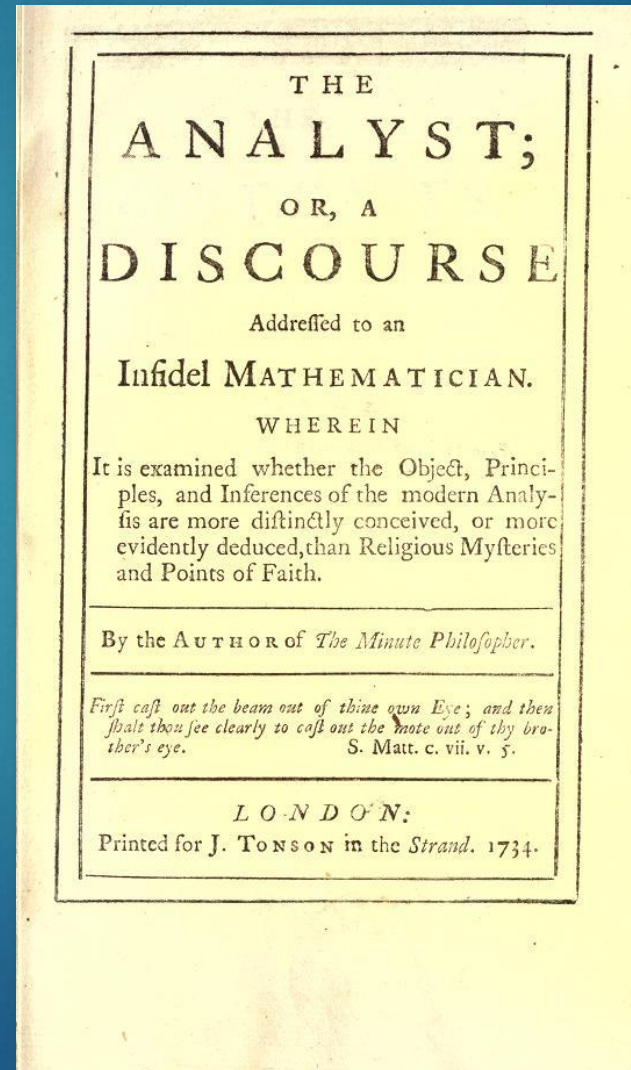
# Controvérsias sobre o cálculo

► George Berkeley (1685-1753).



# Controvérsias sobre o cálculo

## ► The analyst (1734)



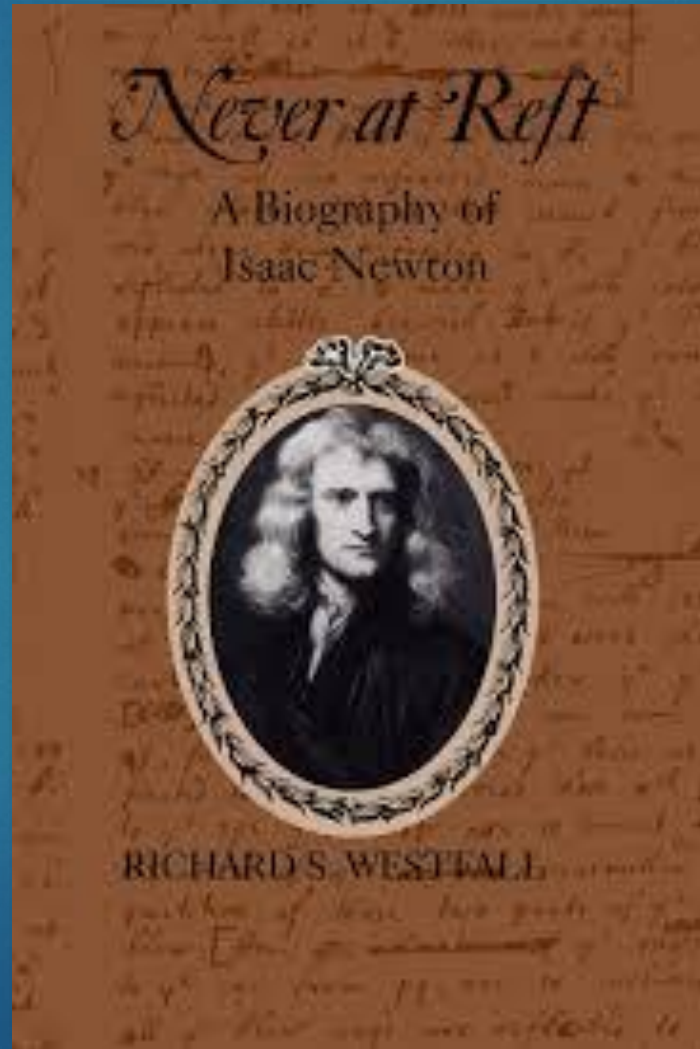
# Controvérsias sobre o cálculo

- ▶ A crítica aos fundamentos do Cálculo em *The analyst* não é superficial e, de fato, levou quase dois séculos para que se tivesse uma fundamentação rigorosa do Cálculo (Cauchy, Weierstrass, Dedekind, Cantor, ...).

# Controvérsias sobre o cálculo

- ▶ A crítica ao método dos fluxões em *The analyst*:
- ▶ E o que são esses Fluxões? As velocidades de incrementos evanescentes? E o que são esses mesmos incrementos evanescentes? Eles não são nem Quantidades finitas nem Quantidades infinitamente pequenas, nem nada. Não podemos chamá-los de fantasmas de quantidades que partiram?

# Never at rest!



# Never at rest!

- ▶ Newton, no auge de sua carreira, foi presidente da Royal Society de 1703 até sua morte em 1727.

# Never at rest!

- ▶ Newton, no auge de sua carreira, foi presidente da Royal Society de 1703 até sua morte em 1727.
- ▶ Foi condecorado Cavaleiro pela Rainha Anne em 1705.

# Never at rest!

- ▶ Newton, no auge de sua carreira, foi presidente da Royal Society de 1703, até sua morte, em 1727.
- ▶ Foi condecorado Cavaleiro pela Rainha Anne em 1705.
- ▶ Serviu na casa da Moeda Real (Royal Mint) de 1696, até sua morte, em 1727.

# Never at rest!

- ▶ Newton, no auge de sua carreira, foi presidente da Royal Society de 1703, até sua morte, em 1727.
- ▶ Foi condecorado Cavaleiro pela Rainha Anne em 1705.
- ▶ Serviu na casa da Moeda Real (Royal Mint) de 1696, até sua morte, em 1727.
- ▶ Serviu como membro do Parlamento, representando a Universidade de Cambridge, de 1689 a 1690 e entre 1701 e 1702.

# Never at rest!

- ▶ Nos últimos anos de sua vida, seus escritos se dedicaram à Teologia e à Alquimia.

# Never at rest!

- ▶ Nos últimos anos de sua vida, seus escritos se dedicaram à Teologia e à Alquimia.
- ▶ Uma coleção de manuscritos de Newton sobre Alquimia foi adquirida em 1936 pelo economista inglês John Mainard Keynes (1883-1946).

# Never at rest!

► Keynes escreveu sobre Newton:

Newton was not the first of the age of reason. He was the last of the magicians, the last of the Babylonians and Sumerians, the last great mind which looked out on the visible and intellectual world with the same eyes as those who began to build our intellectual inheritance rather less than 10,000 years ago.