

# A Mecânica e a Óptica de Newton

André K. T. Assis

Instituto de Física - UNICAMP

[www.ifi.unicamp.br/~assis](http://www.ifi.unicamp.br/~assis)

Nascimento em 1642, Woolsthorpe, Inglaterra



Aos 19 anos entra na Universidade de Cambridge (1661).



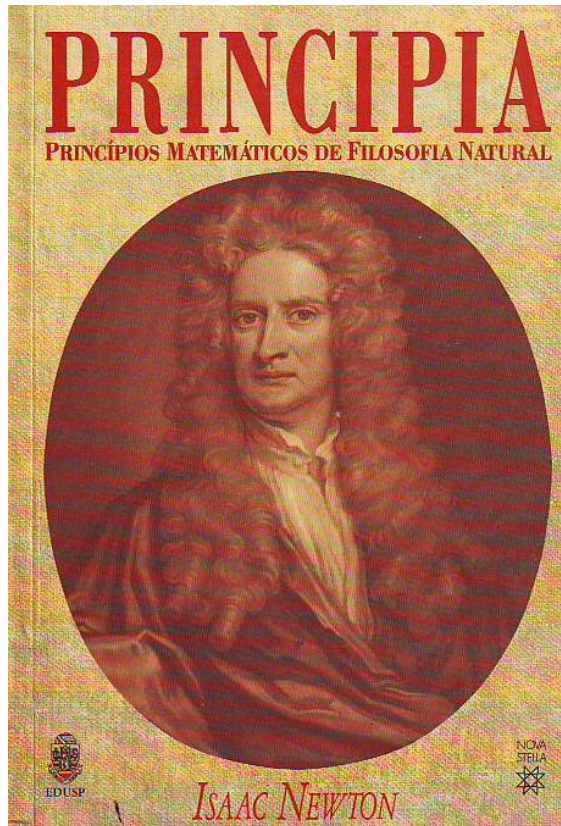
- 1664-66 anos milagrosos (séries infinitas e cálculo diferencial, ideia da gravitação indo da Terra à Lua, decomposição da luz branca e teoria das cores).
- Bacharel em 1665, doutorou-se em 1668 e professor titular em 1669.



- 1672 publica seus 2 primeiros artigos: decomposição da luz branca e telescópio refletor. É eleito membro da Royal Society.
- 1687 publica o *Principia*.
- 1689 ingressa no Parlamento britânico como deputado pela Universidade de Cambridge e em 1695 torna-se presidente da Casa da Moeda.
- 1703 a 1727: presidente da Royal Society.
- 1704 publica o *Óptica*.
- 1705 obtém o título de Cavaleiro (Sir).
- 1727 morre aos 85 anos.

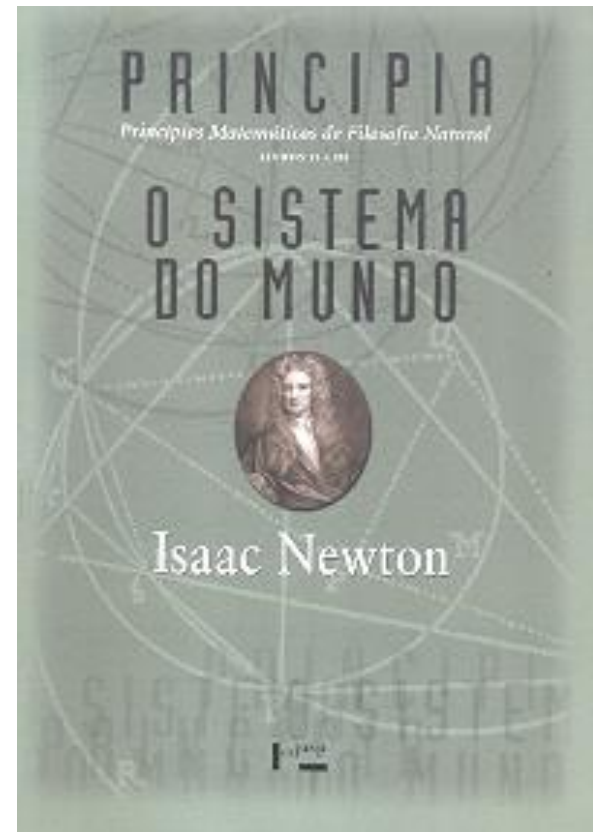


# 1687: publicação do Principia



Vol. 1: 1990

Edusp



Vols. 2 e 3: 2008

# Principia – 1687

- 8 Definições
- Escólio sobre espaço e tempo absolutos com a famosa experiência do balde
- 3 Axiomas ou Leis do Movimento
- 6 Corolários
- Parte I: O Movimento dos Corpos
- Parte II: O Movimento dos Corpos em Meios Resistivos
- Parte III: O Sistema do Mundo

# Definições

- 1 - “A quantidade de matéria é a medida da mesma, obtida conjuntamente a partir de sua densidade e volume.”

$$m = \rho V$$

- 2 – “A quantidade de movimento é a medida do mesmo, obtida conjuntamente a partir da velocidade e da quantidade de matéria.”

$$\vec{p} = m\vec{v}$$



# “Axiomas ou Leis do Movimento

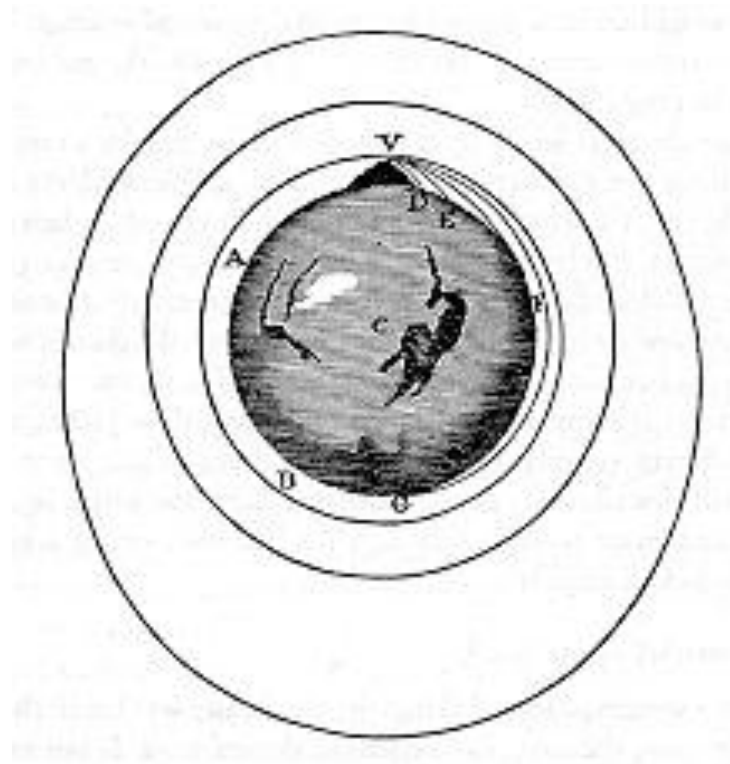
- Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma linha reta, a menos que seja forçado a mudar esse estado por forças impressas sobre ele.
- A mudança de movimento é proporcional a força motora impressa e é produzida na direção da linha reta na qual essa força é impressa.
- A toda ação há sempre oposta uma reação igual, ou, as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas a partes opostas.”

## O Sistema do Mundo – Escólio Geral

- “A gravidade (...) atua (...) de acordo com a quantidade de matéria sólida que os corpos possuem e propaga sua virtude para todos os lados até distâncias imensas, sempre decaindo como o inverso do quadrado das distâncias.”

$$\vec{F} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r}$$

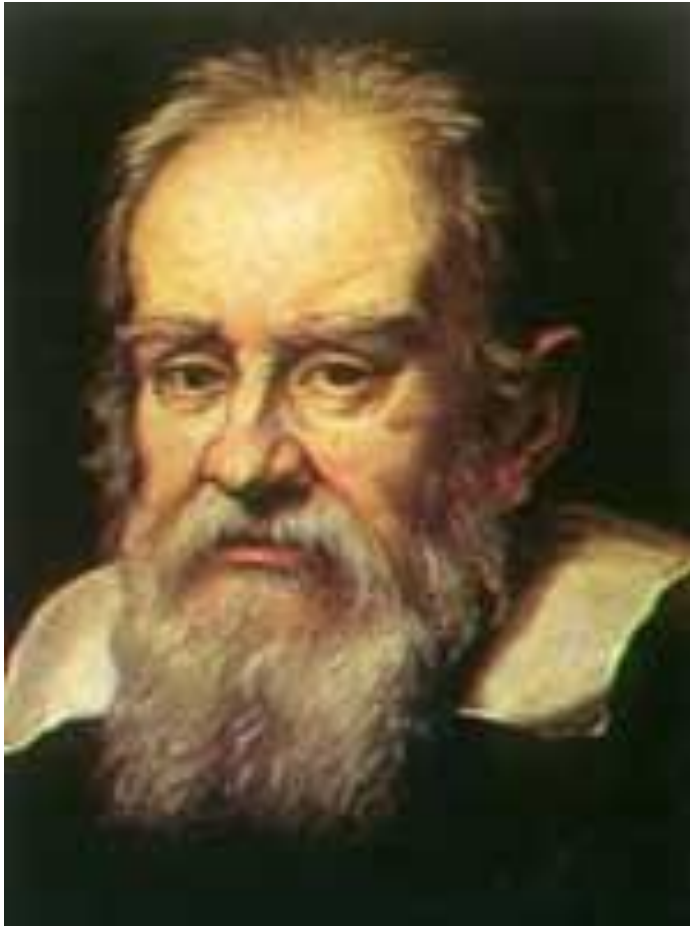
# Sistema do Mundo:



# Óptica no Séc. XVII

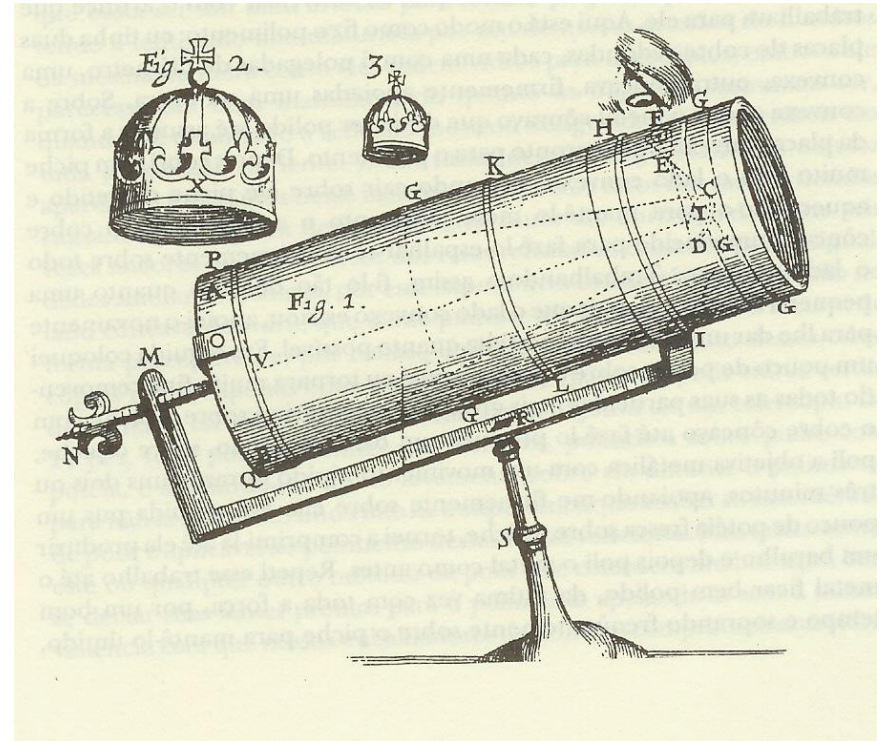
- 1604 Kepler: Intensidade da luz =  $1/r^2$
- 1611 Dióptrica de Kepler: teoria do funcionamento das lentes e dos telescópios refratores.

- 1609 Galileu constrói o telescópio refrator

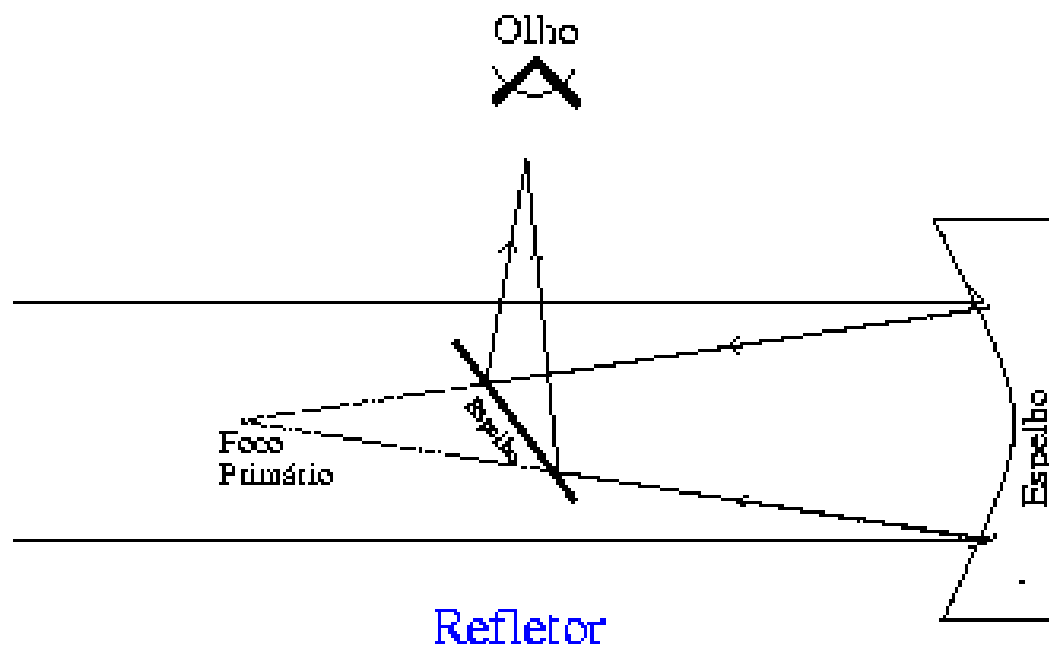
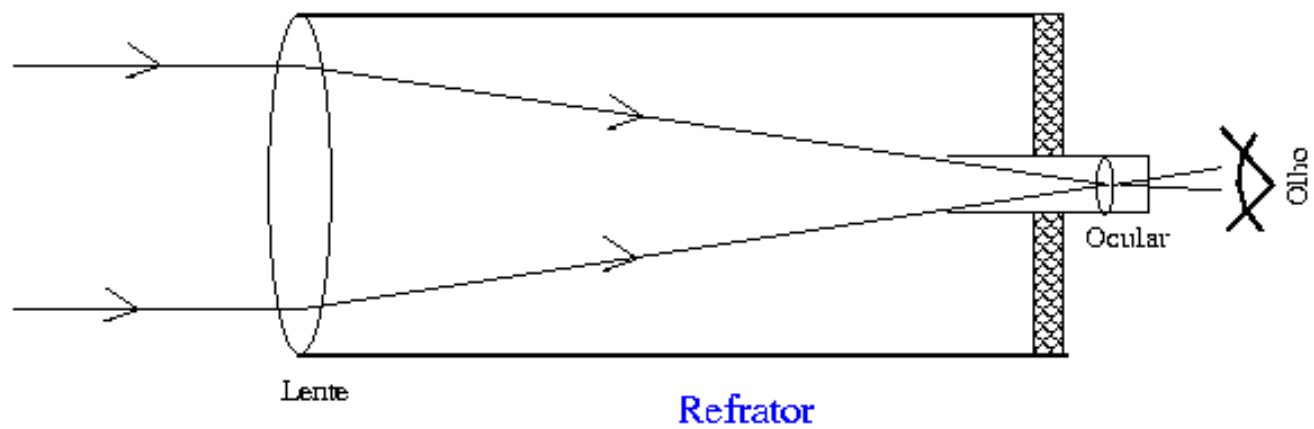


Em 1610 publicou **A Mensagem das Estrelas**.  
Telescópio aumentava umas 30 vezes.

Newton e o telescópio refletor:  
1668 invenção, 1671 Royal Soc., 1672 publica.  
Aumentava 35 vezes.







- 1621 Snell descobre a lei da refração:  
 $\text{sen } \theta_i / \text{sen } \theta_r = \text{constante}.$
- 1637 Descartes publica o livro Discurso sobre o Método, contendo a Geometria, os Meteoros e a Dióptrica (com a lei da refração).
- 1675 Roemer calcula a velocidade finita de propagação da luz a partir dos períodos dos satélites de Júpiter.

1704

1ª edição

**OPTICKS:**  
OR, A  
**TREATISE**  
OF THE  
REFLEXIONS, REFRACTIONS,  
INFLEXIONS and COLOURS  
OF  
**L I G H T.**  
ALSO  
Two TREATISES  
OF THE  
SPECIES and MAGNITUDE  
OF  
**Curvilinear Figures.**

LONDON,  
Printed for SAM. SMITH, and BENJ. WALFORD,  
Printers to the Royal Society, at the *Prims's Arms* in  
St. Paul's Church-yard. MDCCIV.



Edusp  
1996

# Óptica: Um Tratado das Reflexões, Refrações, Inflexões e Cores da Luz

- Livro I com 2 partes, decomposição da luz branca nas cores do espectro ao atravessar um prisma.
  - 1ª Parte: 8 definições, 8 axiomas, 6 teoremas, 2 problemas, 16 experiências.
  - 2ª Parte: 5 teoremas, 6 problemas, 17 experiências.

- Livro II: cores produzidas por corpos transparentes delgados e espessos (anéis de Newton).



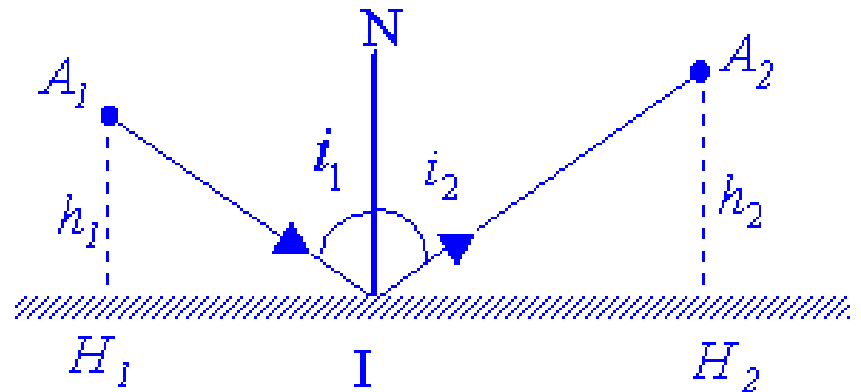
- Livro III:

11 Observações sobre  
inflexão (difração) da luz

31 Questões

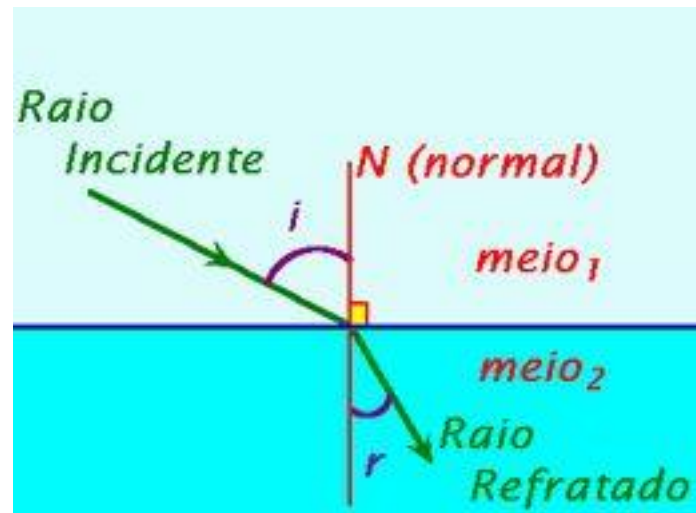
# Axiomas do Óptica

- I: “Os ângulos de reflexão e refração estão no mesmo plano que o ângulo de incidência.”
- II: “O ângulo de reflexão é igual ao ângulo de incidência.”



Euclides, 300 a. C.

Axioma V: “O seno de incidência está para o seno de refração em uma certa razão precisa ou muito aproximada.”



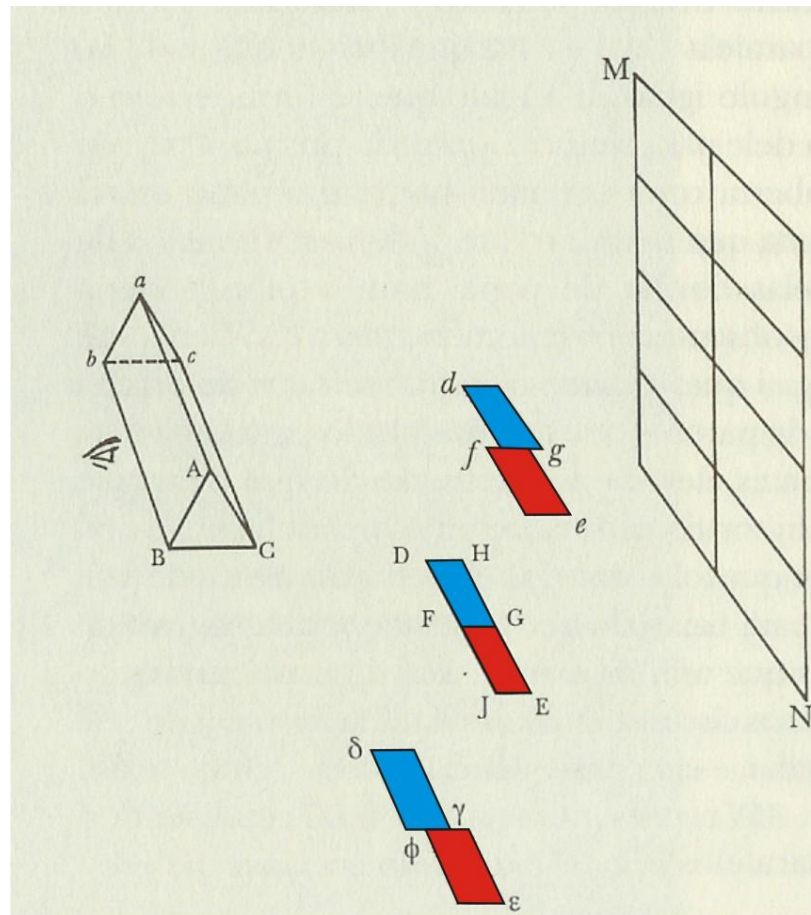
$$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \text{constante}$$

Snell 1621

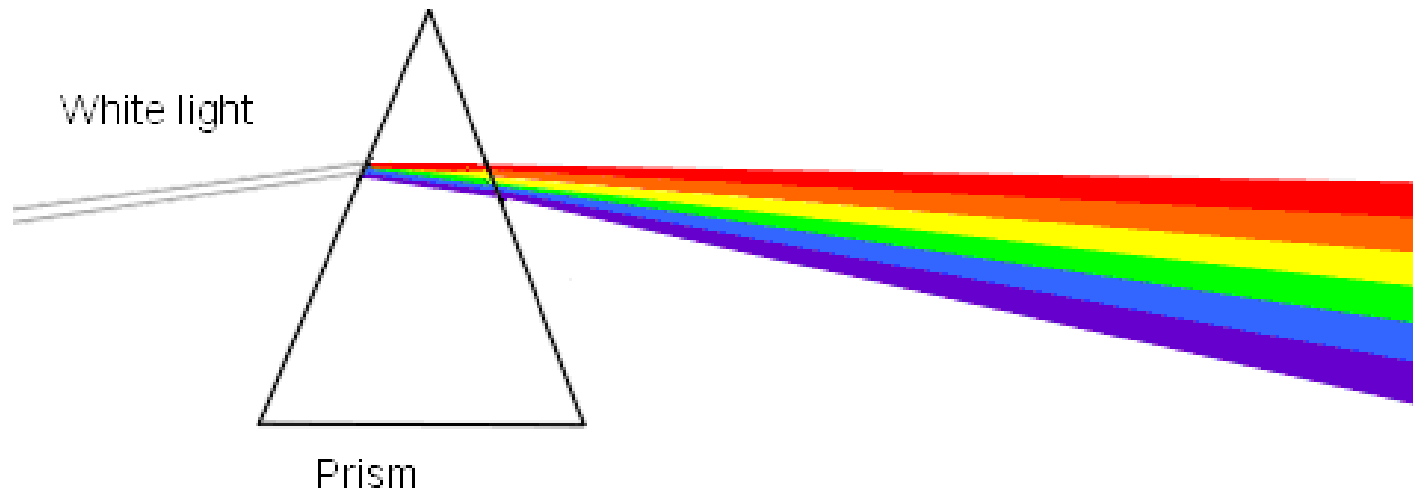
Descartes 1637

Teorema 1: “As luzes que diferem em cor diferem também em graus de refringência.”

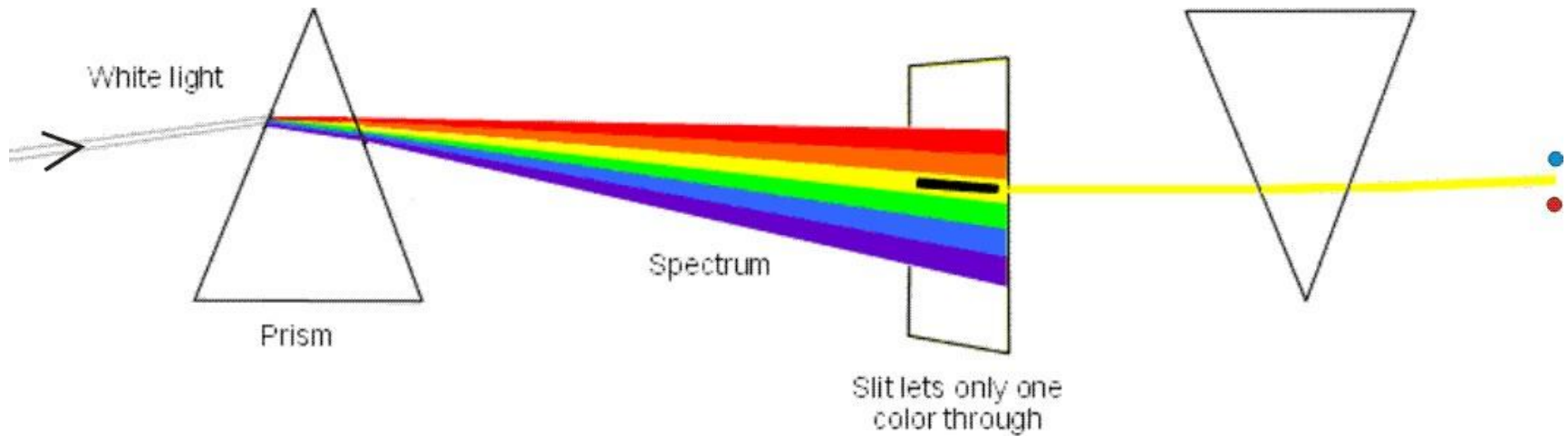
- “Demonstração por experiências:”



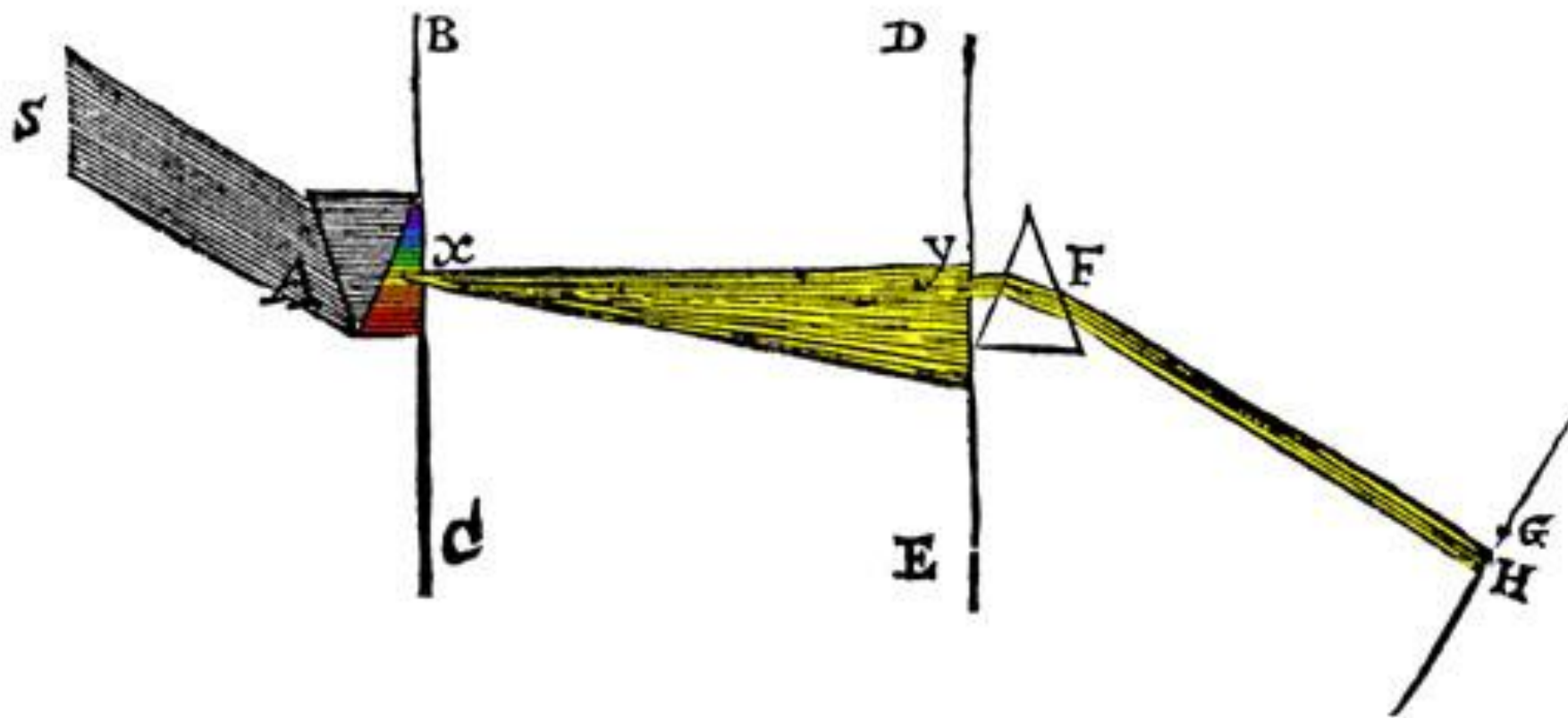
Teorema 2: “A luz do sol consiste em raios que se refratam diferentemente.”

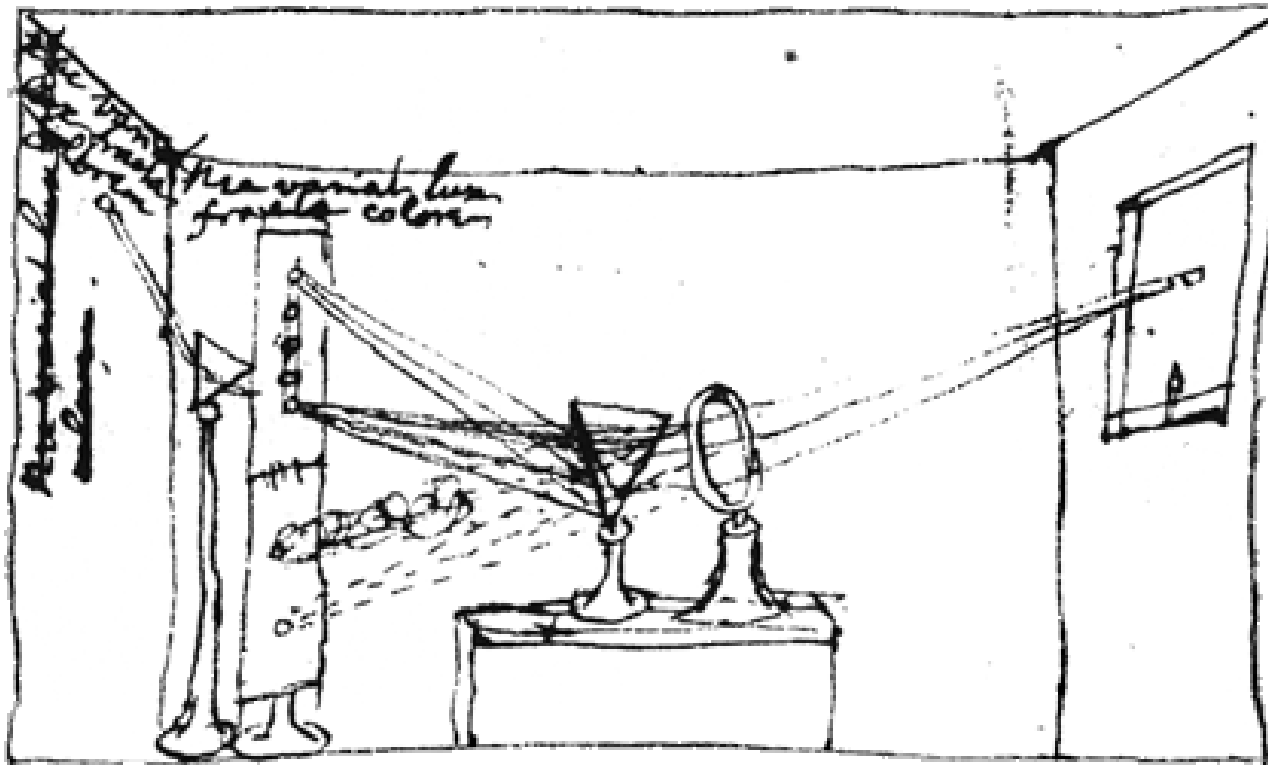


# Experiência crucial



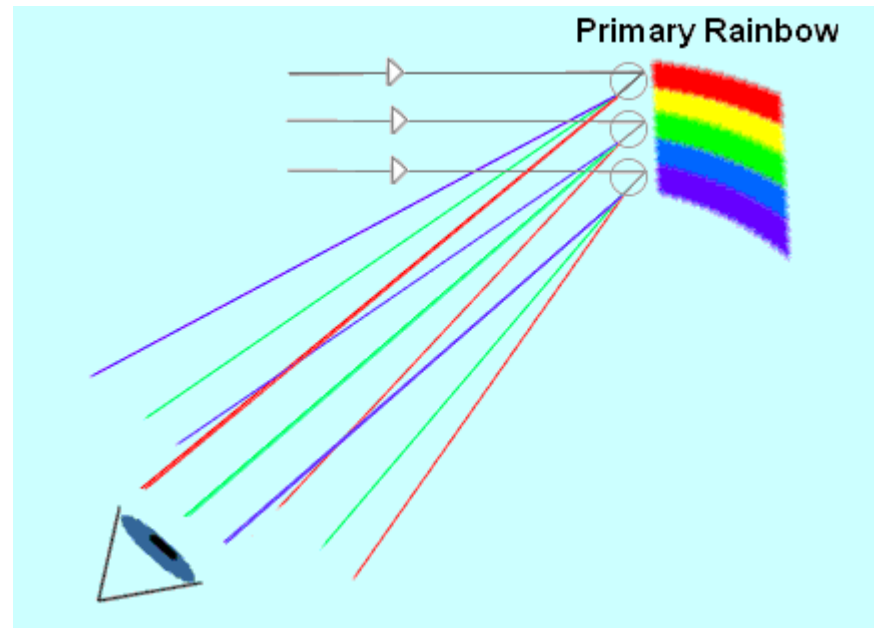
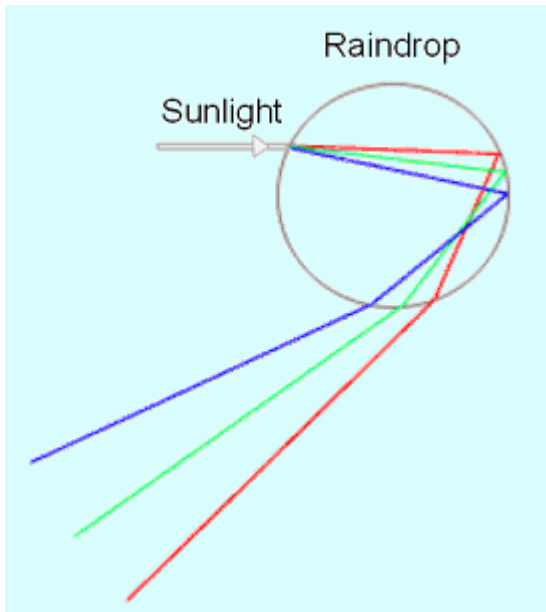






“A luz não muda de cor quando é refratada.”

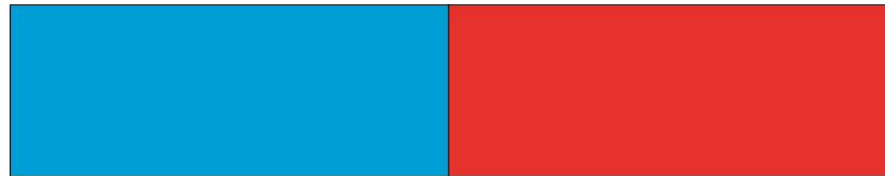
# Arco-íris



Proposição 10: “Explicar as cores permanentes dos corpos naturais a partir das propriedades descobertas da luz.”

- “Essas cores decorrem do fato de certos corpos naturais refletirem certas espécies de raios mais abundantemente do que o restante.”

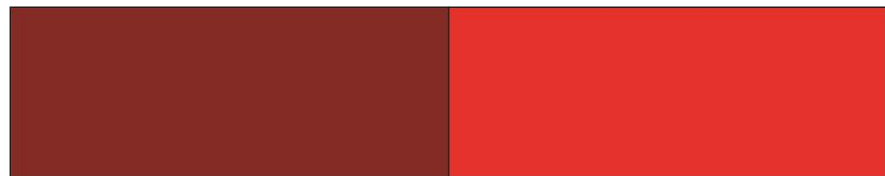
Na luz branca



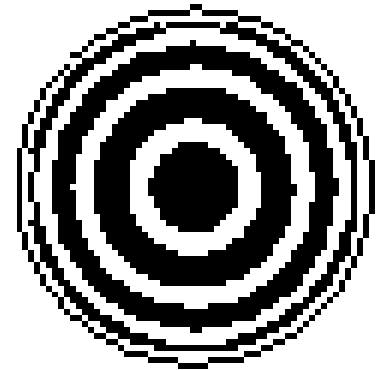
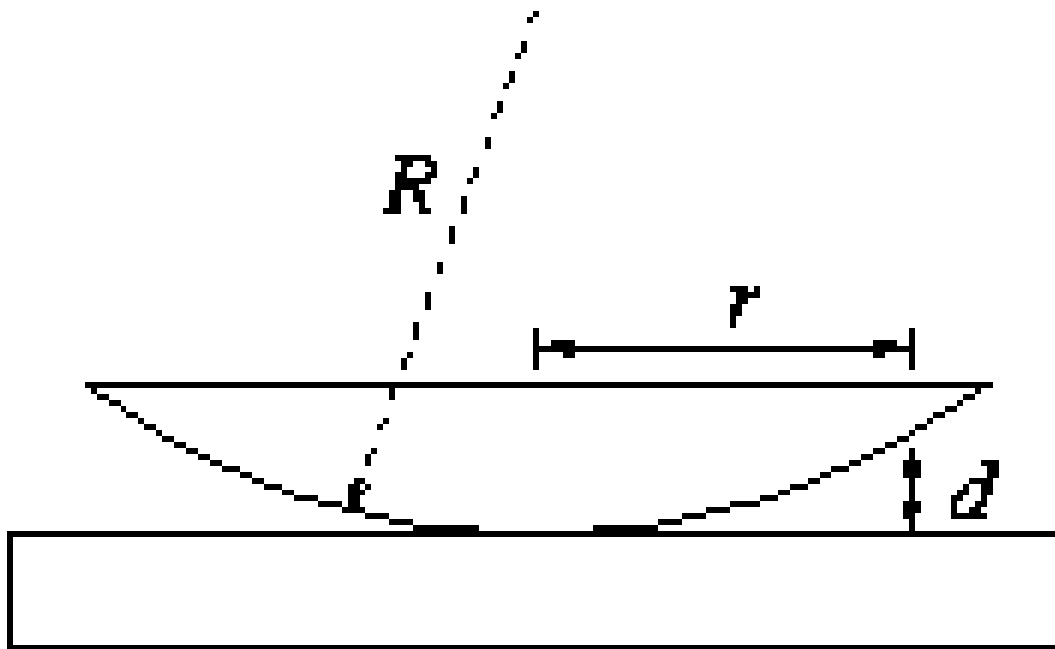
Na luz azul



Na luz vermelha



# Livro II: Anéis de Newton



Prop. 18: “Se os raios que produzem uma cor entre o amarelo e o laranja passam perpendicularmente de qualquer meio para o ar, os intervalos de seus estados de fácil reflexão são 1/89.000 de 1 polegada. E do mesmo comprimento são os intervalos de seus estados de fácil transmissão.”

$$\lambda = 2 \times (1''/89.000) = 5,7 \times 10^{-7} \text{ m}$$



# Livro III: Difração da Luz

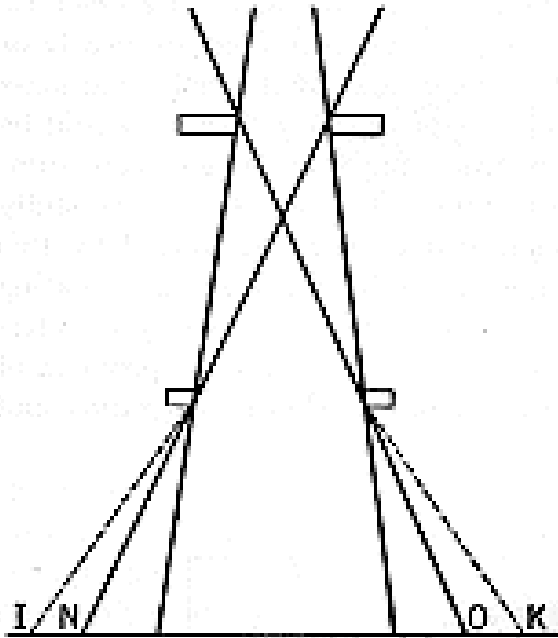
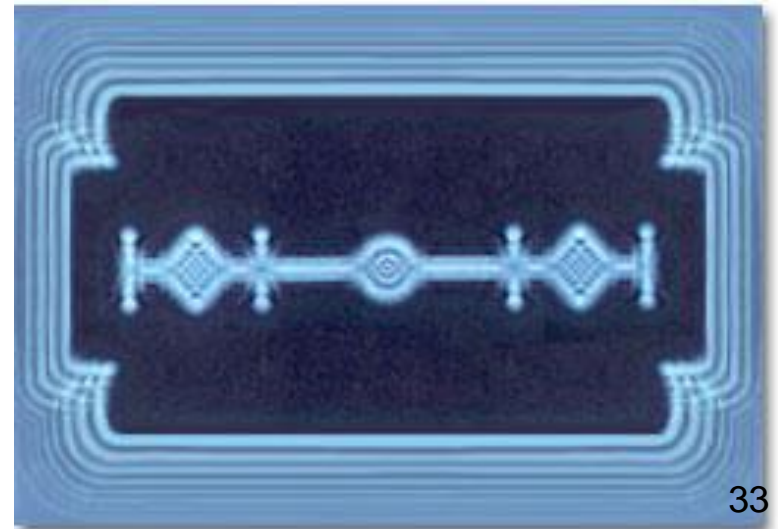
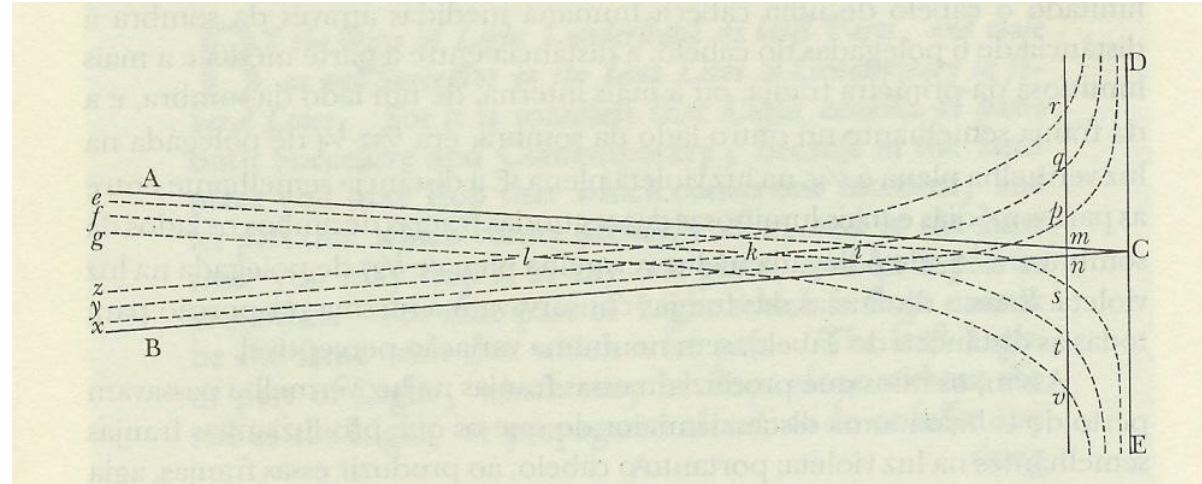


FIG. 315. GRIMALDI'S OBSERVATION OF DIFFRACTION



# Questões

- 1: “Os corpos não agem sobre a luz a distância e, por sua ação, não curvam os seus raios? E essa ação não é mais forte na distância menor?”

- 5: “Os corpos e a luz não agem mutuamente um sobre o outro, quer dizer, os corpos sobre a luz ao emití-la, refletí-la, refratá-la e inflectí-la, e a luz sobre os corpos ao aquecê-los e ao imprimir em suas partes um movimento vibratório no qual consiste o calor?”

- 29: “Os raios de luz não são corpos minúsculos emitidos pelas substâncias que brilham?”
- 30: “Não são os corpos pesados e a luz convertíveis um no outro, e não podem os corpos dever grande parte de sua atividade às partículas de luz que entram em sua composição?”

- 31: “Não têm as pequenas partículas dos corpos certos poderes, virtudes ou forças por meio das quais elas agem não apenas sobre os raios de luz, refletindo-os, refratando-os e inflectindo-os, mas também umas sobre as outras, produzindo grande parte dos fenômenos da natureza?”

## Criatividade em Newton: Analisar processos inversos

- Matemática: “Em novembro (de 1665) obtive o método direto das fluxões e em maio seguinte desvendi o método inverso das fluxões” (cálculo diferencial e integral).
- Análise e síntese: “A essência da filosofia parece consistir nisso – a partir dos fenômenos de movimento, investigar as forças da natureza e, então, dessas forças demonstrar os outros fenômenos.”
- “A partir da (terceira) lei de Kepler deduzi que as forças caem com o quadrado da distância.” (...) “Destas forças deduzo os movimentos dos planetas, dos cometas, da Lua e do mar.”

# Óptica:

“Prop. IV: Separar um do outro os raios heterogêneos da luz branca composta.”  
(...)

“Prop. V: A brancura da luz do Sol é composta de todas as cores primárias mescladas numa proporção devida. Prova por experiências (...)”

# Conclusão

- Estes 2 livros estão entre as maiores obras científicas de todos os tempos.
- Já estão traduzidos para o português.
- Devem ser lidos e indicados aos estudantes de todas as idades.

[www.ifi.unicamp.br/~assis](http://www.ifi.unicamp.br/~assis)