Observatório Nacional

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

78ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência

Astronomia e Soberania: O Domínio do Espaço Como Motor do Desenvolvimento Nacional

Rogério Monteiro-Oliveira, Ph.D. (孟羅傑)
Pesquisador Adjunto
rmo@on.br | monteiro-oliveira.com

Da Revolução Científica à Era Espacial: a História da Astronomia
Parte II

Niterói, 29 de julho de 2026

Aula 02

Quando o Universo virou matemática e o espaço virou fronteira estratégica

Hoje

- O Universo Matemático e a Gravidade
- O Nascimento da Astrofísica
- O Espaço como Fronteira Estratégica
- A Era dos Satélites e a Soberania Hoje

Recapitulando

- Terminamos a Aula 1 com Galileu e o telescópio, provando que a Terra se move.
- Mas restava uma grande pergunta que Galileu e Copérnico não responderam: *Por que* os planetas se movem dessa forma? O que os mantém no céu?
- O início da busca por um “motor” invisível para o Cosmos.

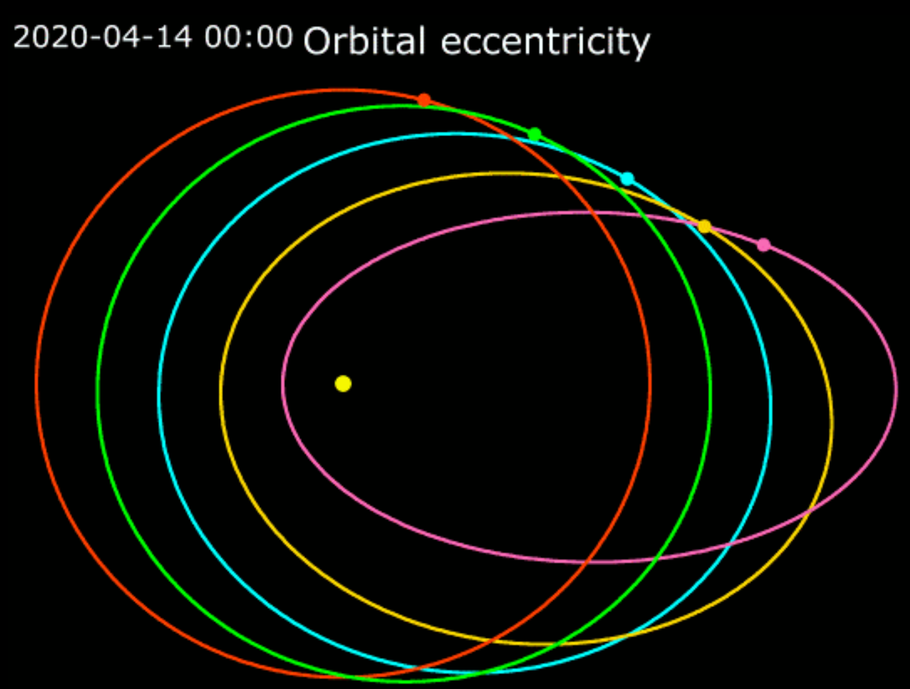
O Universo Matemático e a Gravidade

O Universo de Dados de Tycho Brahe

https://www.worldhistory.org/image/18024/tycho--his-mural-quadrant/

- Antes de explicar o porquê, precisávamos de dados perfeitos sobre o como.
- Tycho Brahe (final do Séc. XVI) foi o último grande astrônomo antes do telescópio.
- Ele construiu o melhor observatório a olho nu da história. Registrou a posição de estrelas e planetas (especialmente Marte) por décadas com precisão inédita.

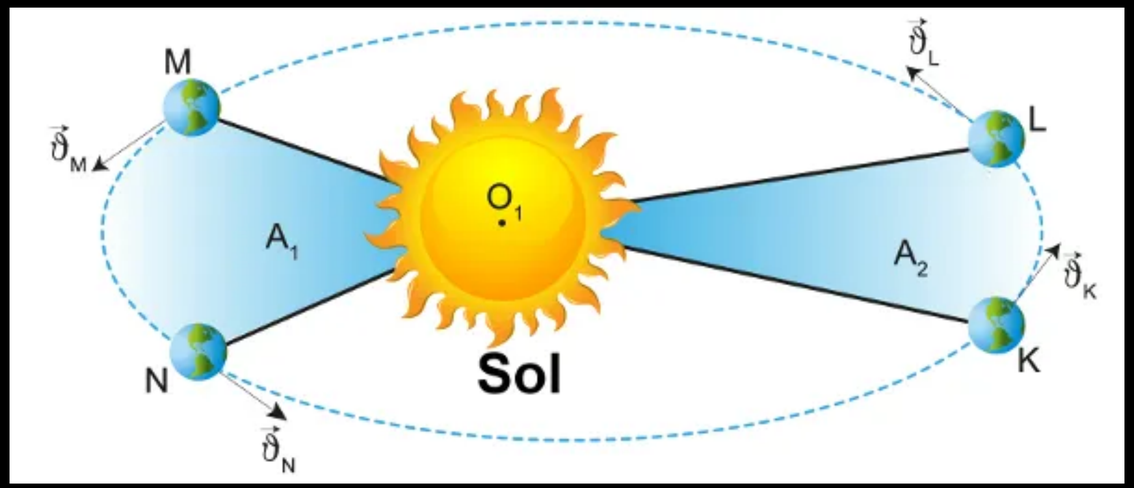
Johannes Kepler (A Ordem no Caos)



https://en.wikipedia.org/wiki/Elliptic_orbit#/media/File:Animation_of_Orbital_eccentricity.gif

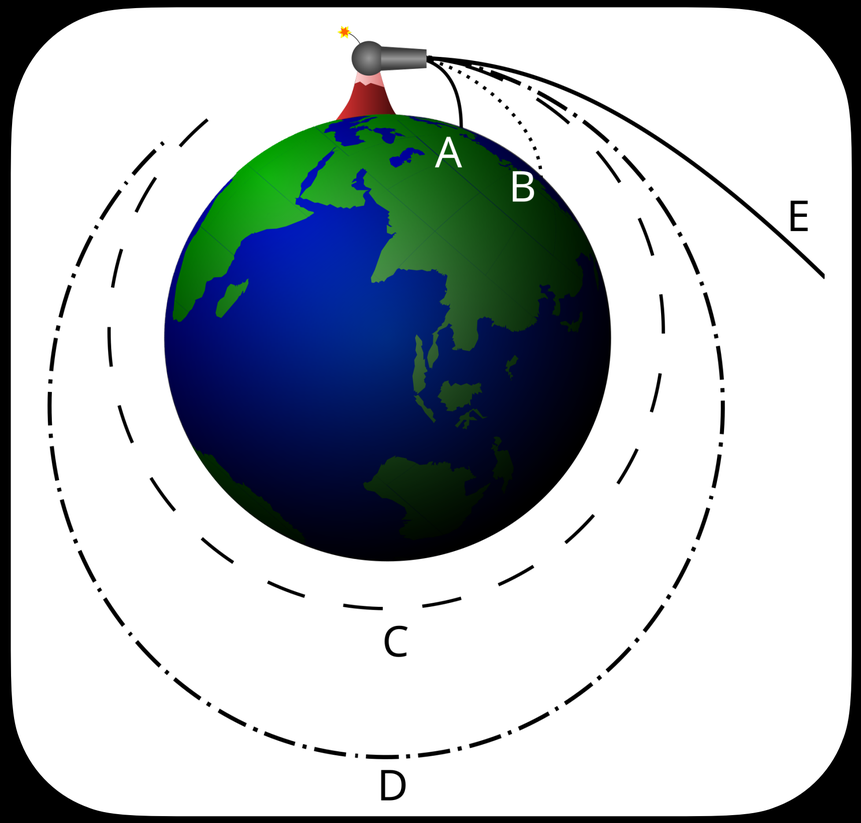
- Kepler (assistente de Brahe) herda os dados de Marte após a morte do mestre (1601).
- Ele tenta encaixar os dados em órbitas perfeitamente circulares (o dogma estético que persistia desde a Grécia antiga). Os dados não encaixavam.
- A coragem de quebrar a “perfeição” do círculo: Kepler descobre que as órbitas são elipses.

As Leis de Kepler



- A 1ª Lei (Órbitas Elípticas).
- A 2ª Lei (Velocidade variável): Os planetas aceleram quando chegam perto do Sol (periélio) e “freiam” quando se afastam. A
- 3ª Lei (Lei dos Períodos): O quadrado do período orbital de um planeta é diretamente proporcional ao cubo do semieixo maior de sua órbita: $\frac{T^2}{a^3} = k$
- A matemática finalmente conseguia prever o futuro do céu com exatidão absoluta. A astronomia vira uma ciência exata.

Isaac Newton



https://pt.wikipedia.org/wiki/Bala_de_canh%C3%A3o_de_Newton#/media/Ficheiro:Newton_Cannon.svg

- 1687: Principia Mathematica.
- “A famosa maçã”: A gravidade não é algo que só puxa as coisas para o chão da Terra.
- A mesma força invisível que faz uma maçã cair é a força que “puxa” a Lua, impedindo que ela fuja para o espaço.
- A física da Terra e a física do Céu são, pela primeira vez na história humana, a mesma coisa.

O Nascimento da Astrofísica

O Telescópio Cresce (Séculos XVIII e XIX)

Leviatã de Parsonstown (1,83 m)

https://en.wikipedia.org/wiki/Leviathan_of_Parsonstown#/media/File:Lossy-page1-6940px-Lord_Rosse's_Great_Reflecting_Telescope,_at_Parsonstown,_Ireland_RMG_F8661_(cropped).jpg

- A física newtoniana permitiu entender as leis da óptica, melhorando os espelhos.
- A astronomia passa a catalogar o invisível: William Herschel descobre Urano (1781) - o primeiro planeta descoberto desde a antiguidade.
- A construção de telescópios espelhos cada vez maiores, patrocinados por governos e mecenas ricos.

O Limite do Conhecimento Visual

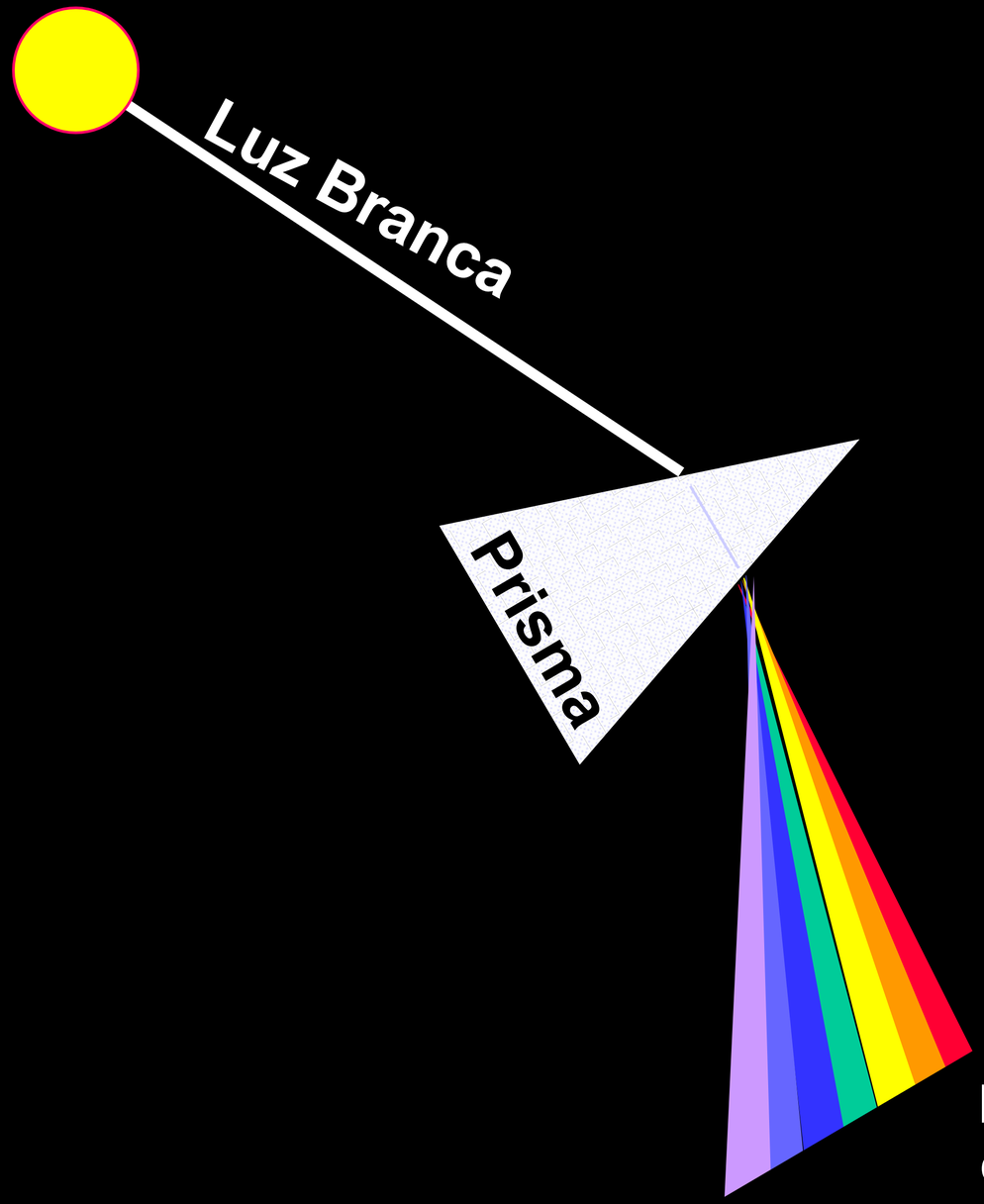
- O telescópio nos disse onde as estrelas estavam e como elas se moviam.
- Mas havia uma barreira aparentemente intransponível: Como saber de que material é feita uma estrela, se nunca poderemos viajar até lá para coletar uma amostra?
- A astronomia corria o risco de se tornar apenas uma catalogação de pontos brilhantes.

Decomposição da Luz

Arco-íris

Prof. Roberto Boczko

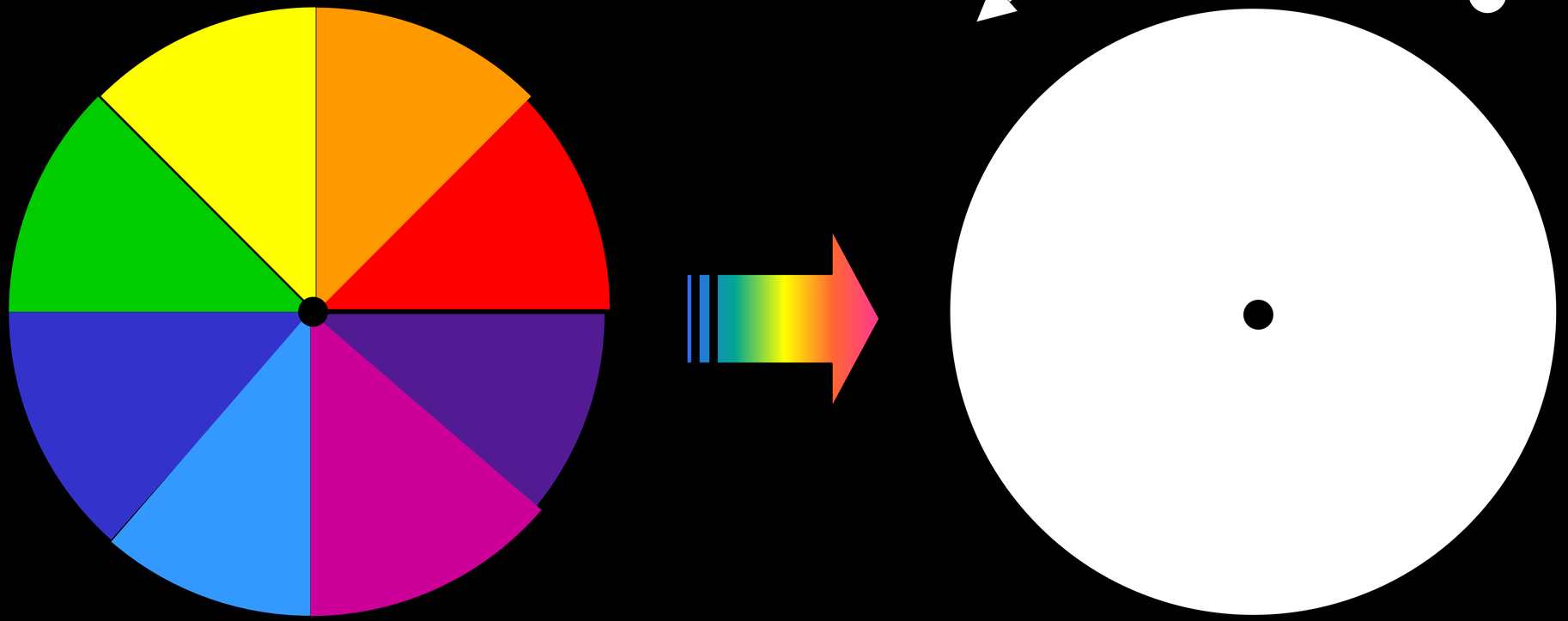
Decomposição da Luz



Espectro contínuo

Composição da luz

Rotação do disco colorido



Disco colorido

Resulta num disco branco

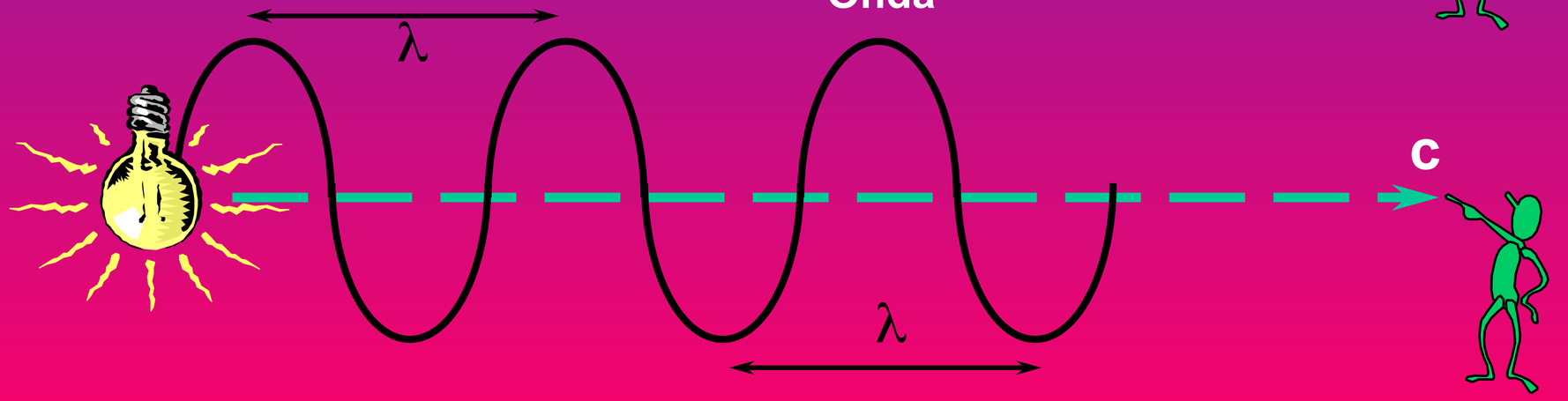
Prof. Roberto Boczko

Natureza da Luz

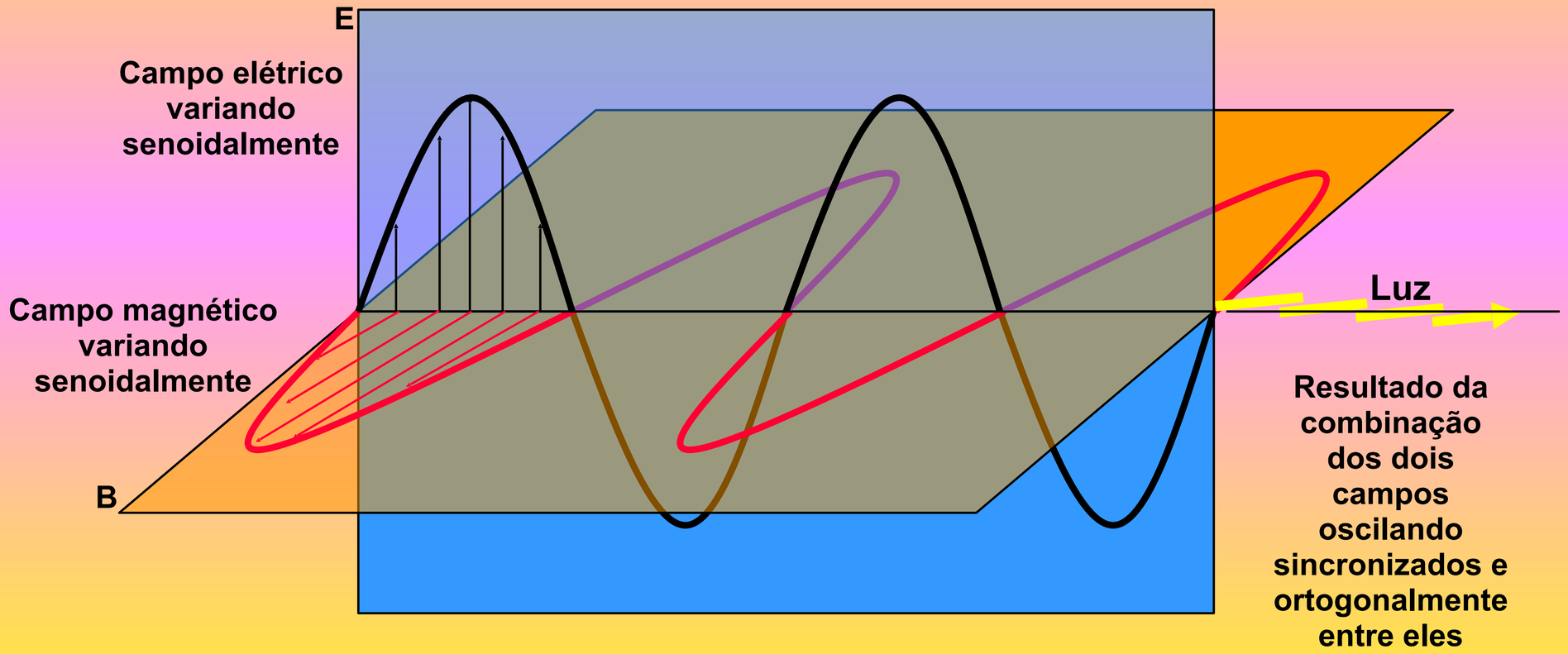
Fóton

Natureza corpuscular

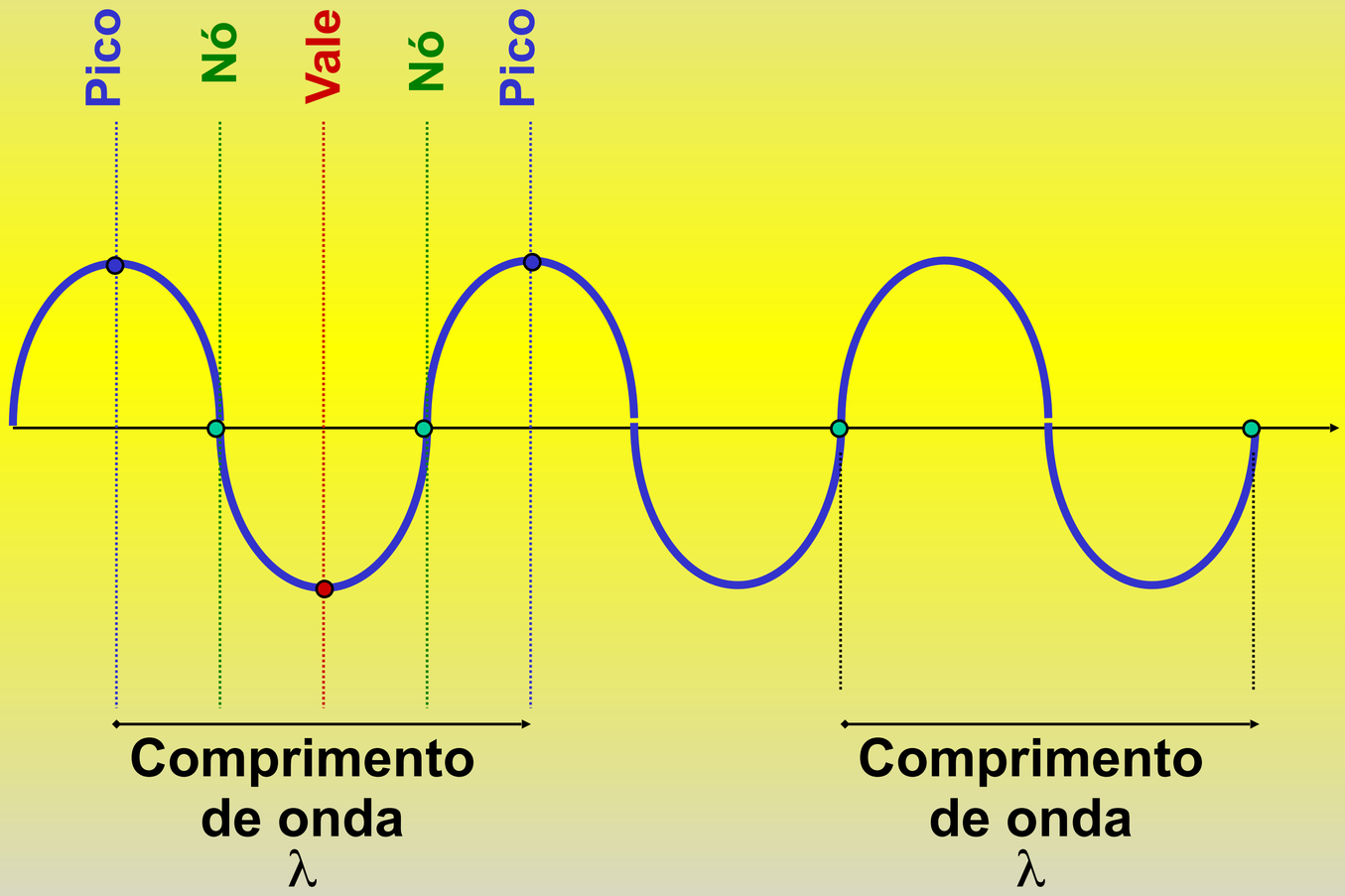
Natureza ondulatória



Onda eletromagnética



Onda


Pico
Nó
Vale
Nó
Pico
Comprimento de onda
λ
Comprimento de onda
λ

$$v \approx 300\ 000\ \text{km/s}$$

Espectro Vísivel

Prof. Roberto Boczko

A Magia da Espectroscopia

https://alfacrucis.org/artigos/uma-pequena-historia-da-espectroscopia/

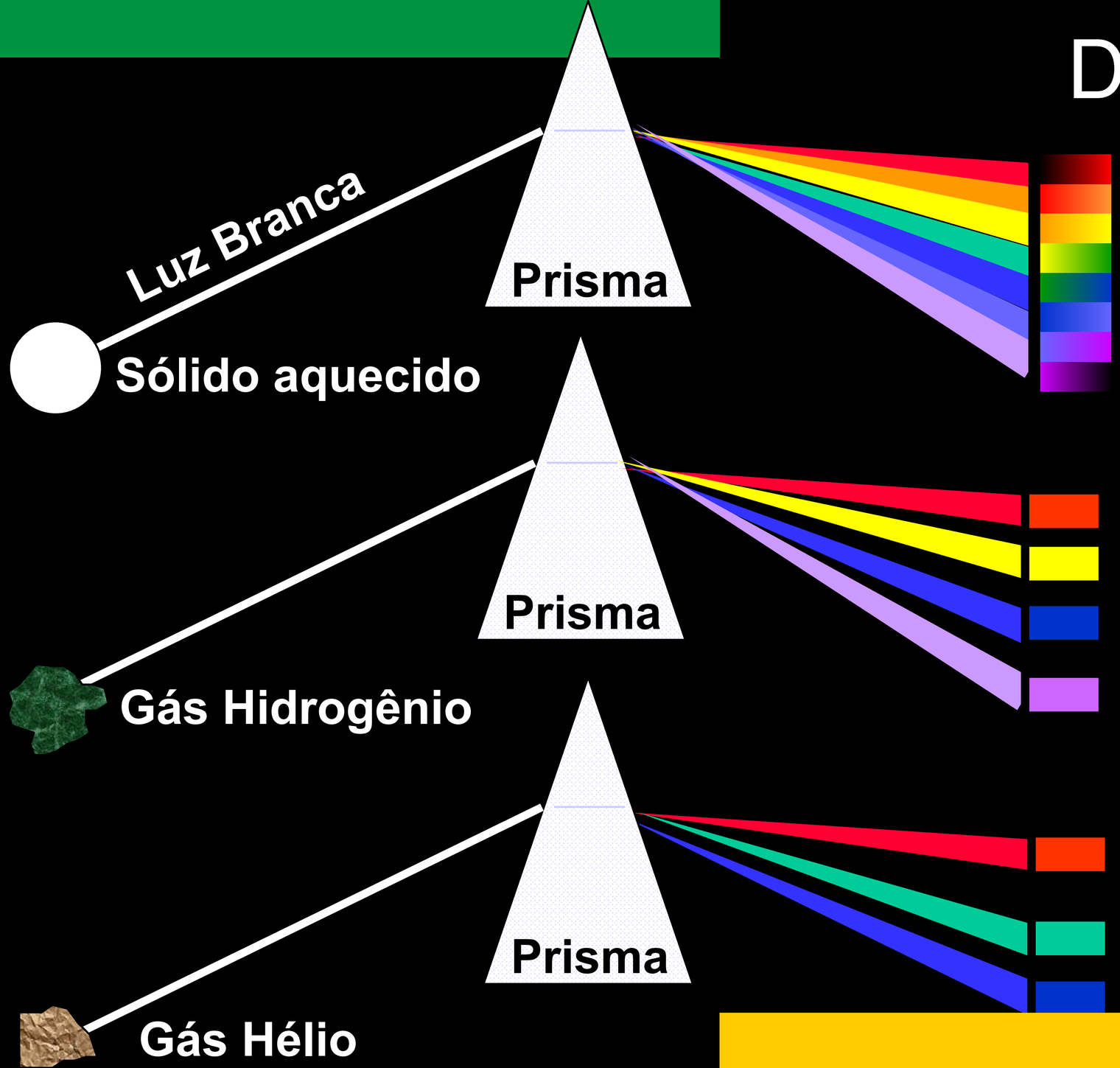
- A luz guarda segredos. O Sol, ao passar por um prisma (como Newton demonstrou), se divide no arco-íris.

- No início do século XIX, Joseph von Fraunhofer descobre linhas escuras (falhas) no arco-íris do Sol.

O Código de Barras do Universo

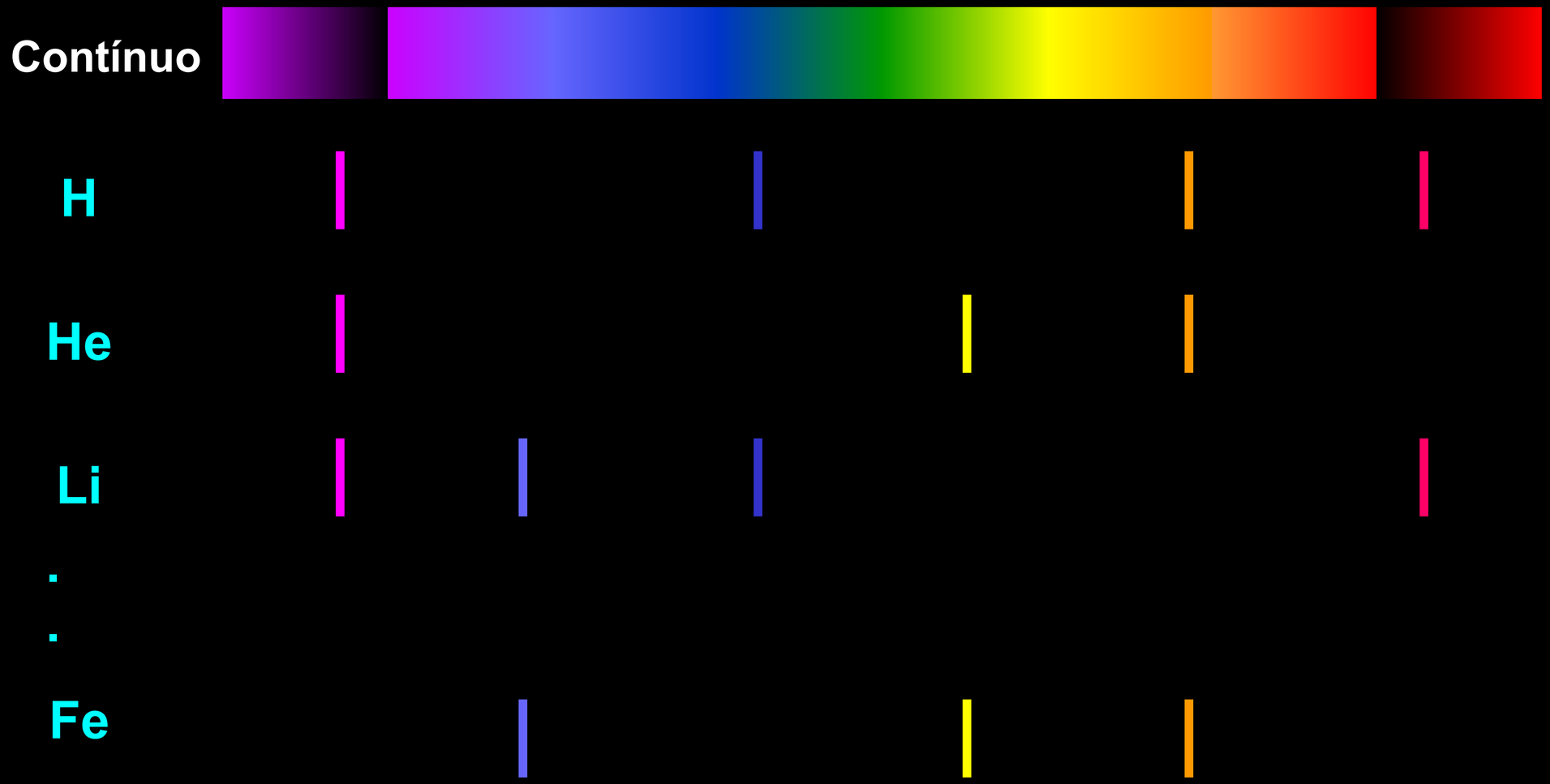
- Cada elemento químico (hidrogênio, ferro, cálcio) quando aquecido ou iluminado, absorve ou emite luz em cores muito específicas.
- As linhas pretas no arco-íris são a assinatura digital ou o código de barras dos elementos presentes no Sol e nas estrelas.
- Nascia a Astrofísica: Agora podíamos saber a composição química e a temperatura das estrelas sem sair da Terra.

Decomposição da Luz

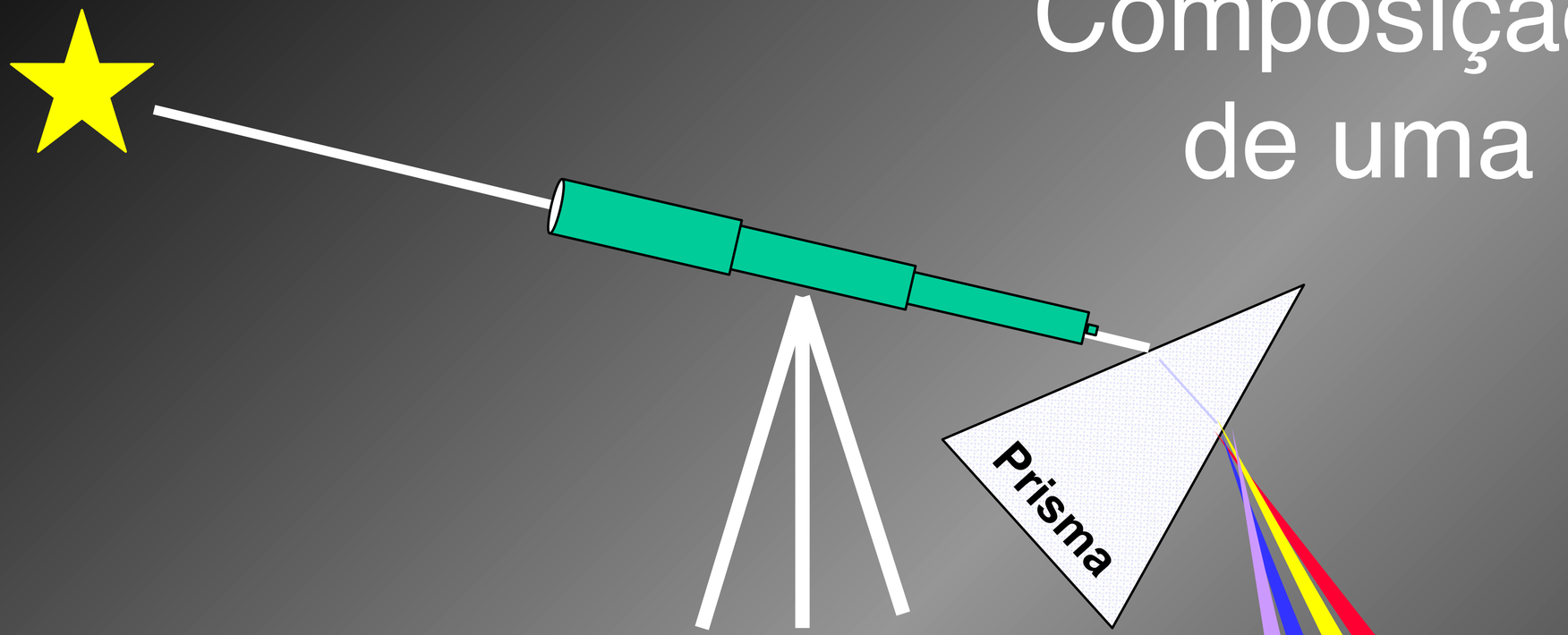


Prof. Roberto Boczko

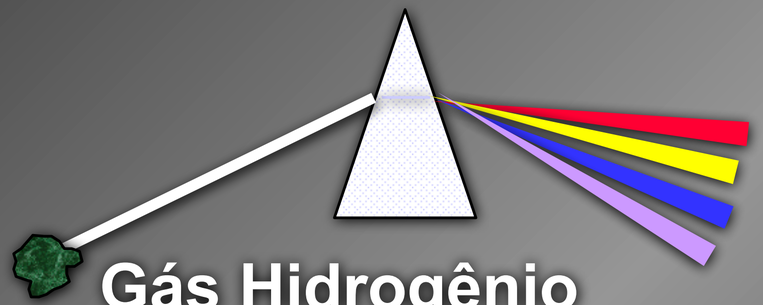
Catálogo de espectros



Composição Química de uma Estrela



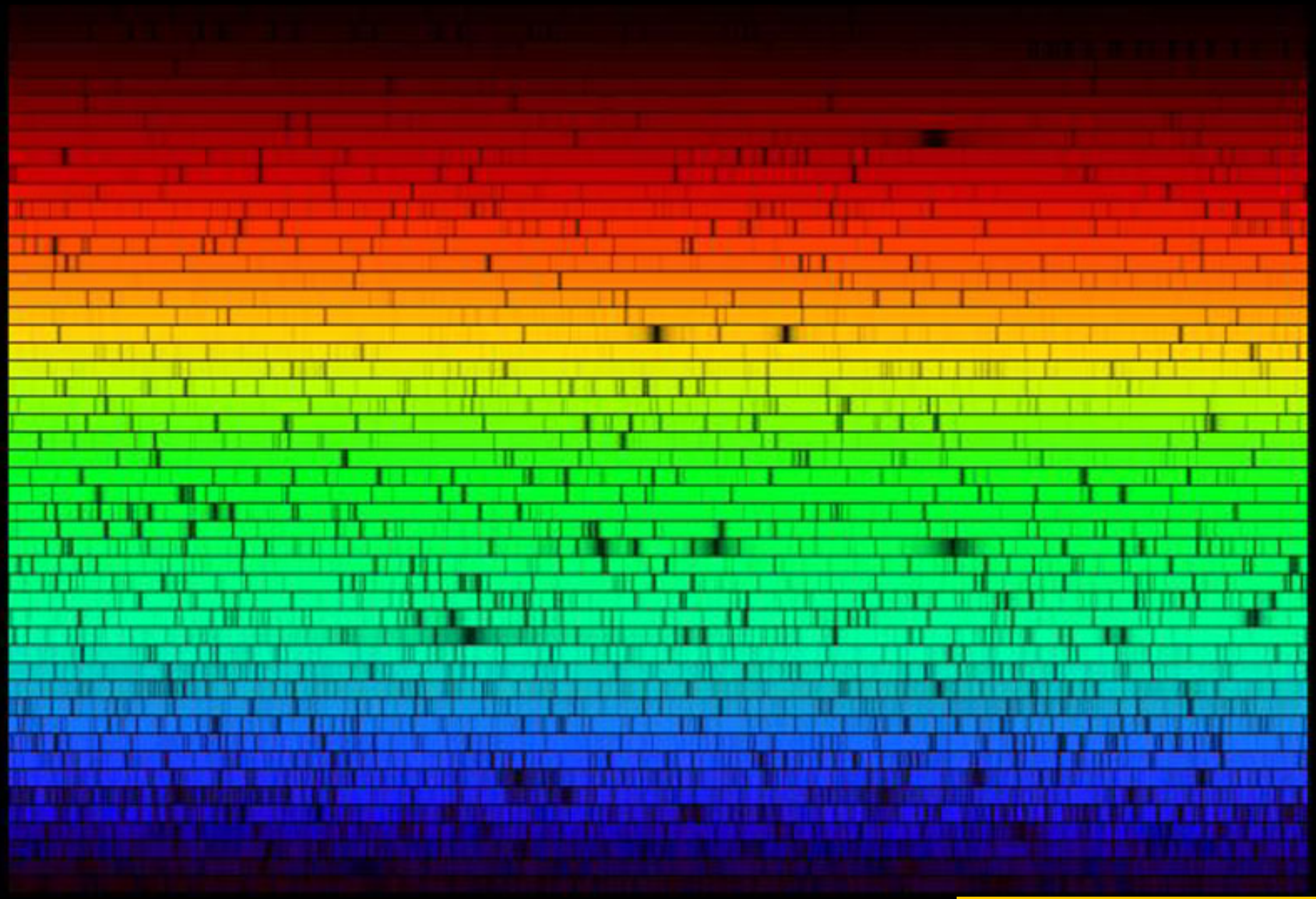
No Laboratório

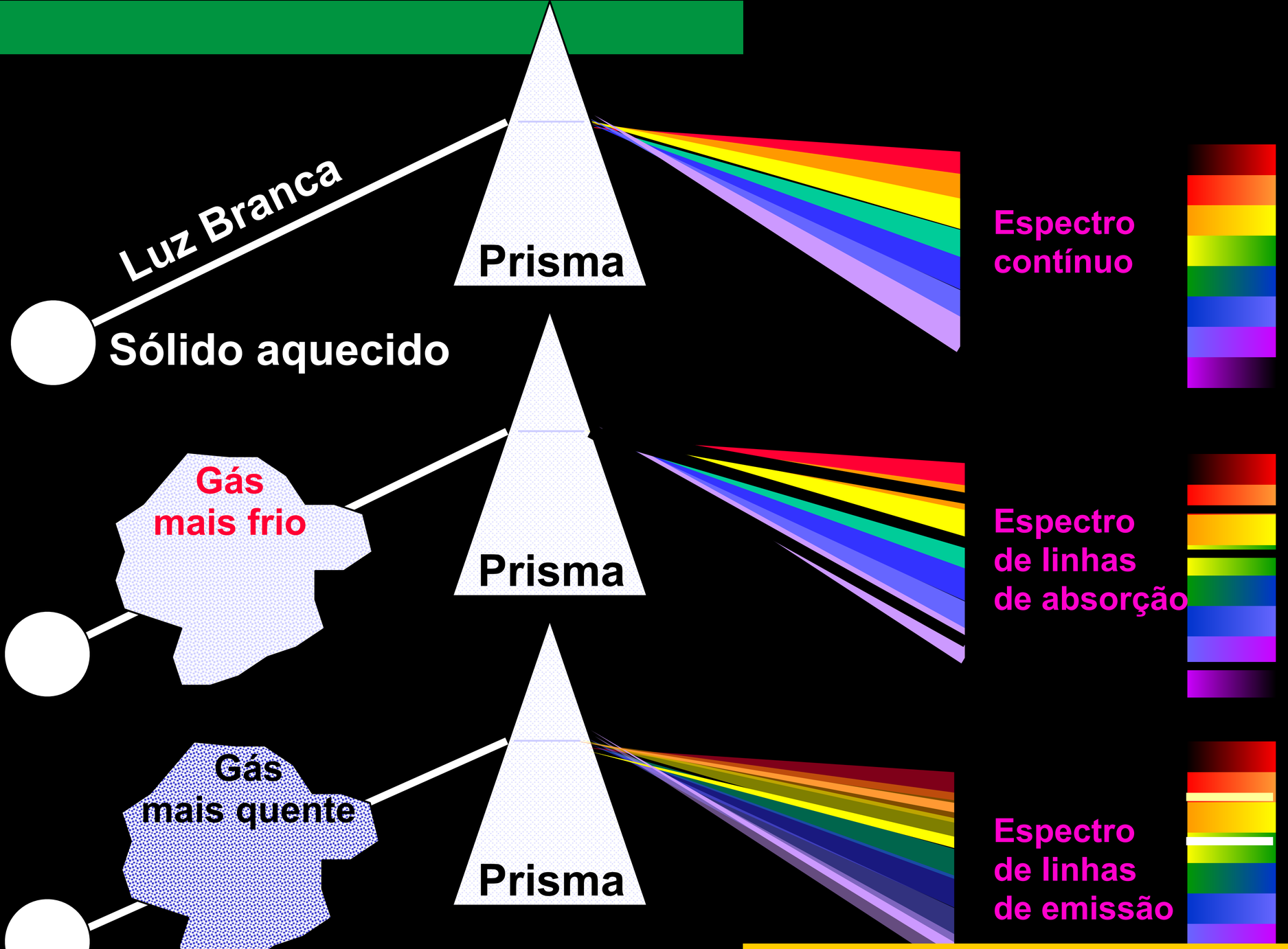


Gás Hidrogênio

Hidrogênio!

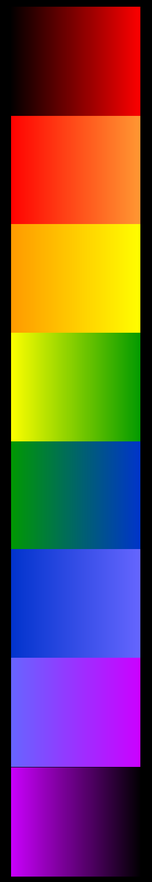
Espectro solar empilhado



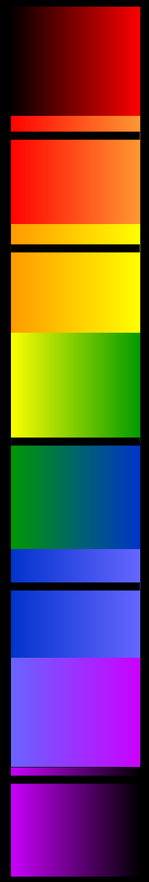

Luz Branca
Sólido aquecido
Prisma
Espectro
contínuo
Gás
mais frio
Prisma
Espectro
de linhas
de absorção
Gás
mais quente
Prisma
Espectro
de linhas
de emissão

Tipos de espectros segundo as Leis de Kirchhoff dos Corpos Negros

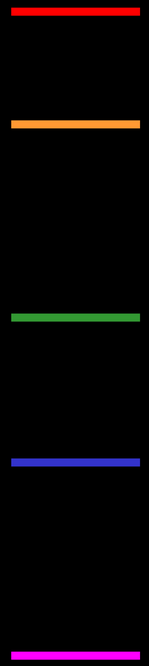
Espectro contínuo



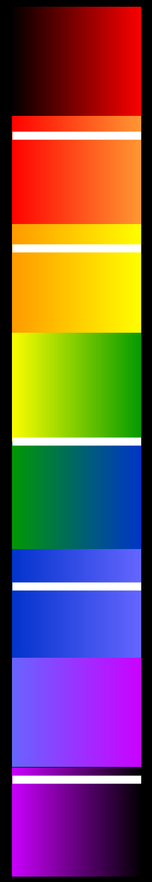
Espectro de linhas de absorção



Espectro de linhas de emissão

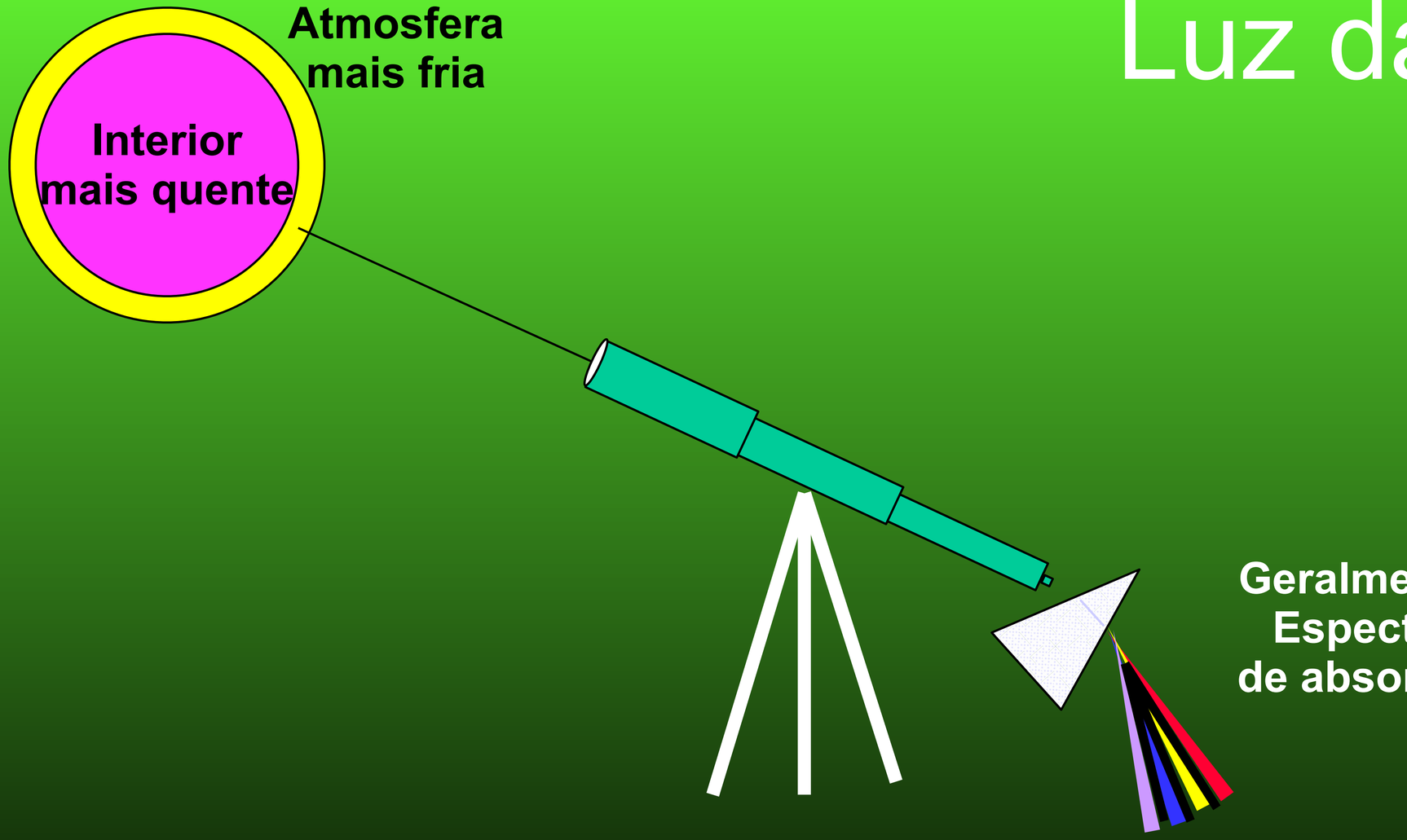


Espectro de linhas de emissão sobrepostas ao contínuo



Prof. Roberto Boczko

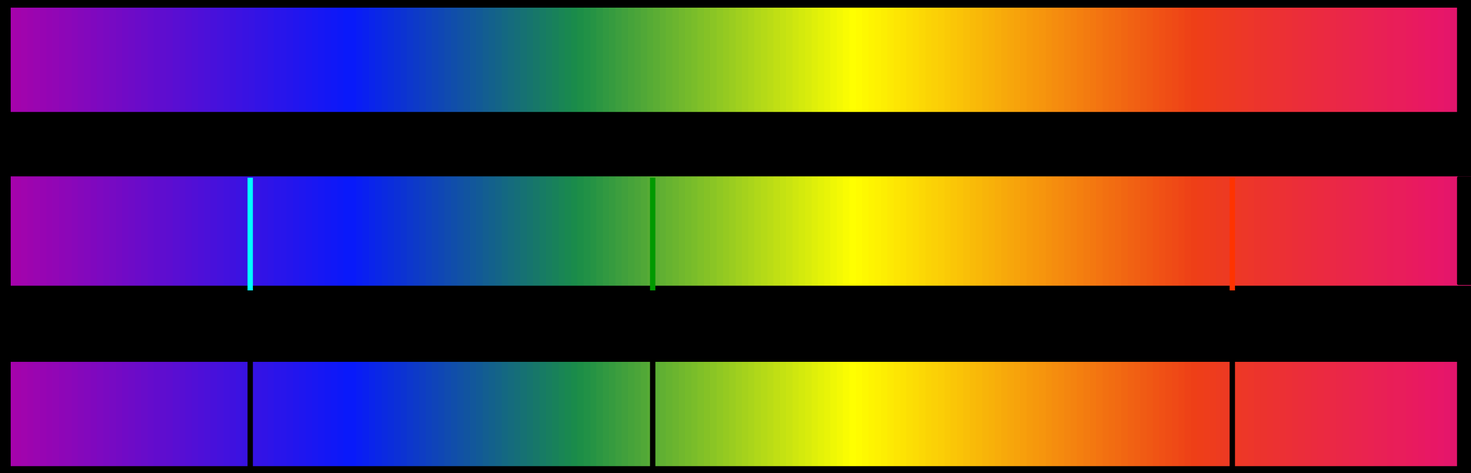
Luz das Estrelas



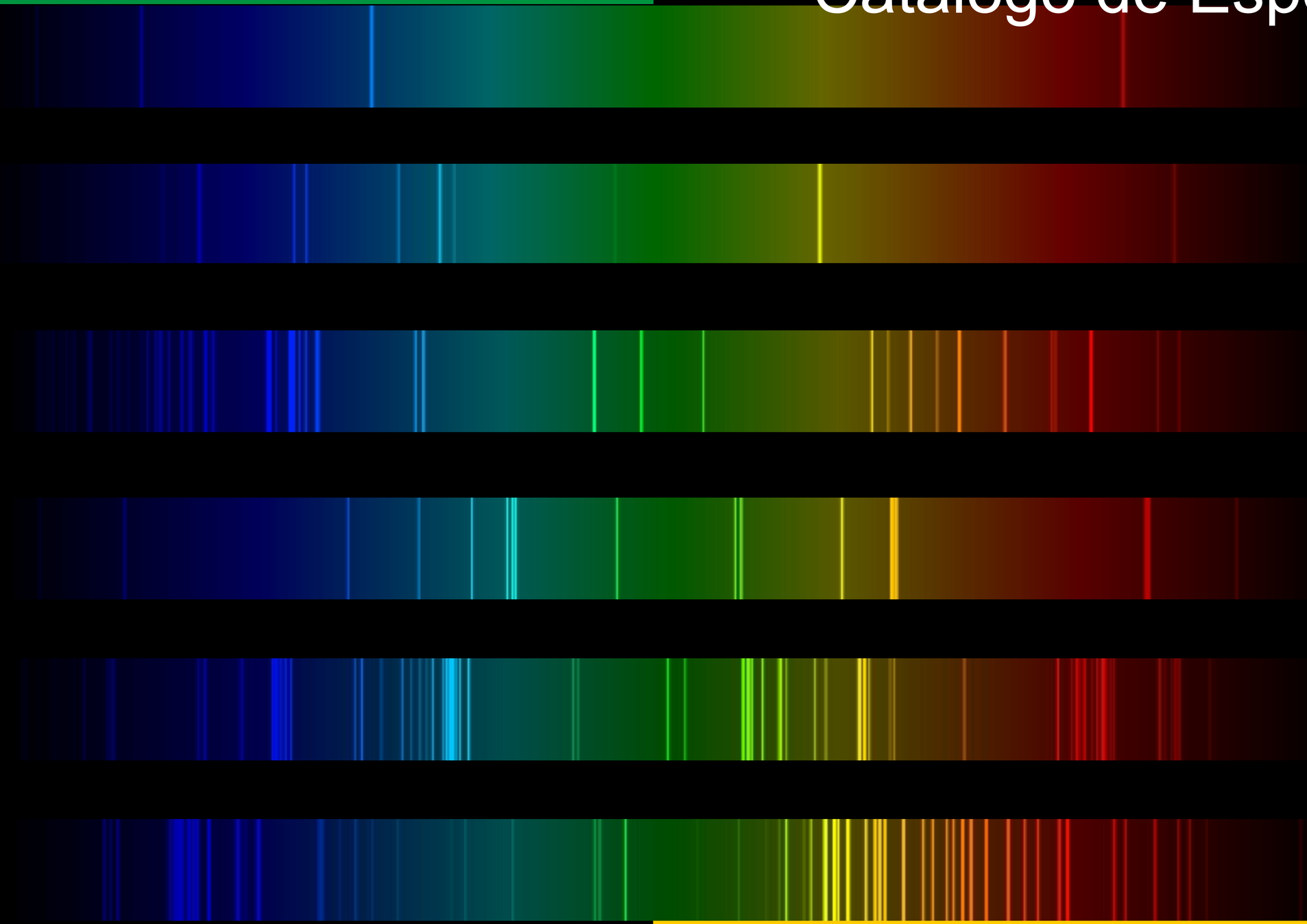
Geralmente:
Espectro
de absorção

Prof. Roberto Boczko

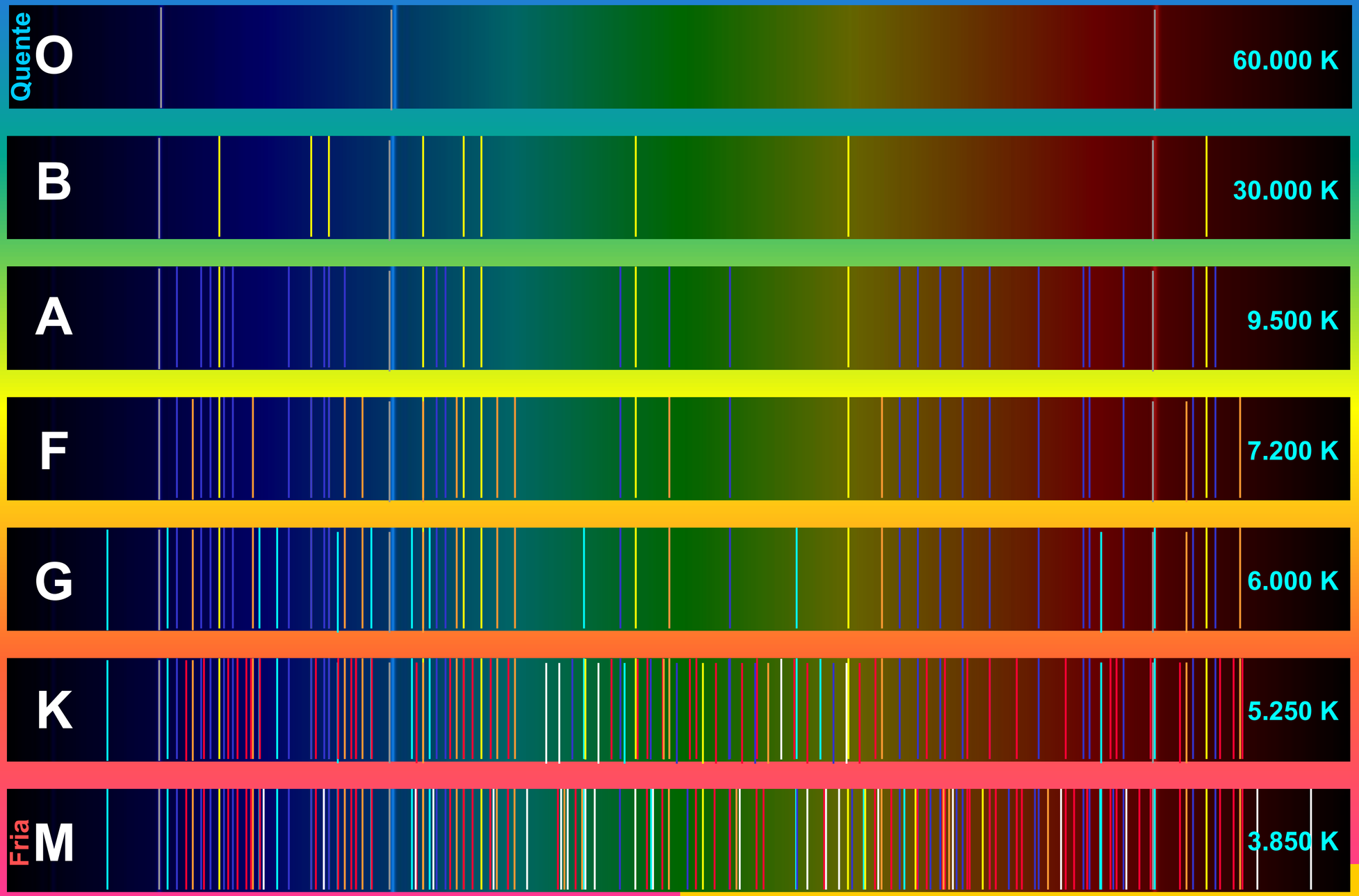
Espectros de estrelas



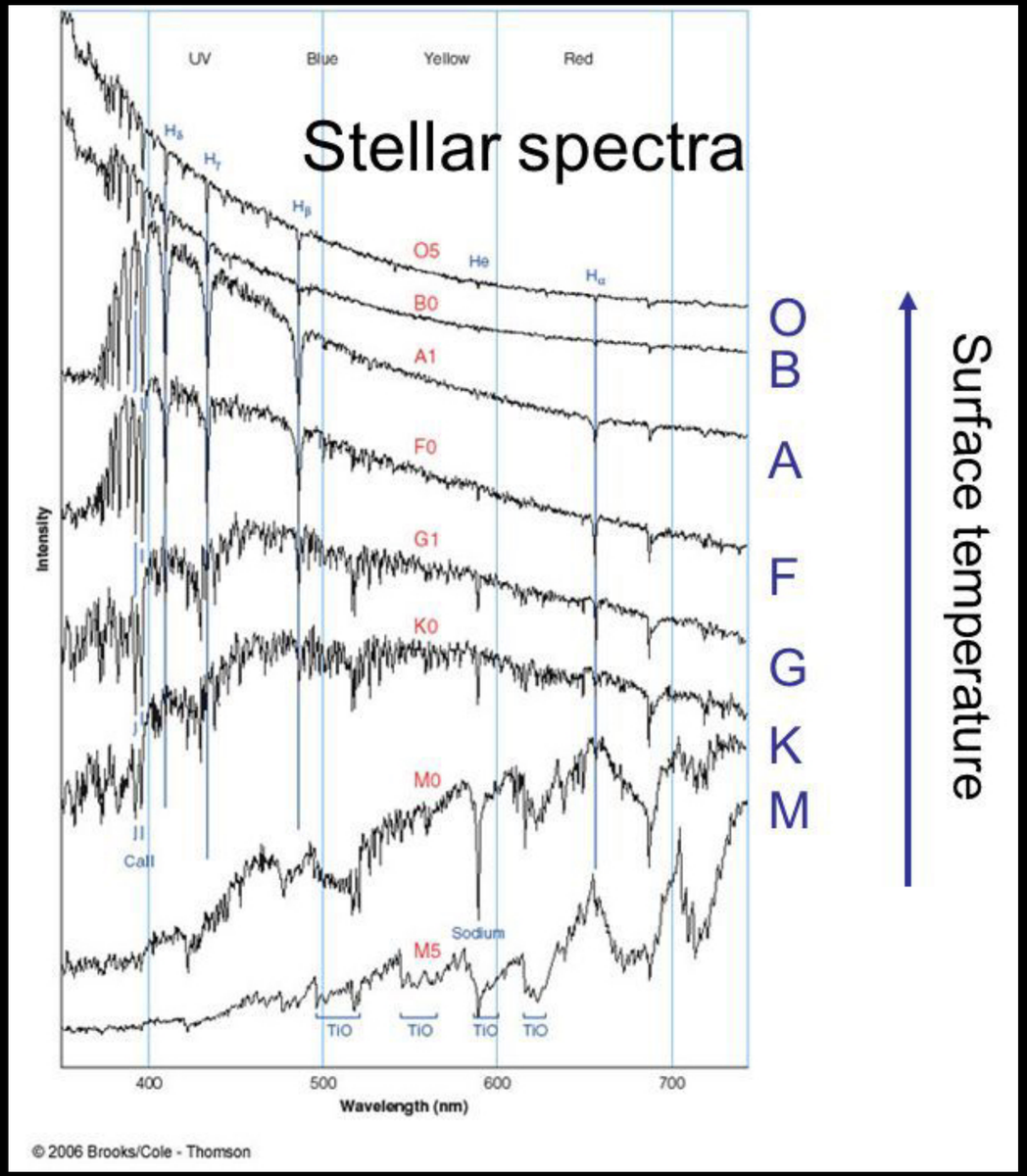
Catálogo de Espectros



Classificação Espectral de Estrelas



Prof. Roberto Boczko



https://cosmosatyourdoorstep.com/2017/10/23/types-of-stars/

O Nascimento da Fotografia

- Fim do século XIX: O astrônomo deixa de ser um desenhista na ocular do telescópio.
- A aplicação das chapas fotográficas de longa exposição na astronomia.
- A fotografia acumula luz ao longo de horas, revelando nebulosas, galáxias e detalhes fracos que o olho humano nu jamais conseguiria ver, por mais tempo que olhasse.

https://laaventuradelaciencia.blogspot.com/2016/10/

https://esahubble.org/images/heic0506a/

HST/ACS

O Espaço como Fronteira Estratégica

A Mudança de Escala (Século XX)

https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Hubble-no-telescopio-Hooker-no-Observatorio-do-Monte-Wilson-California_fig1_319412105

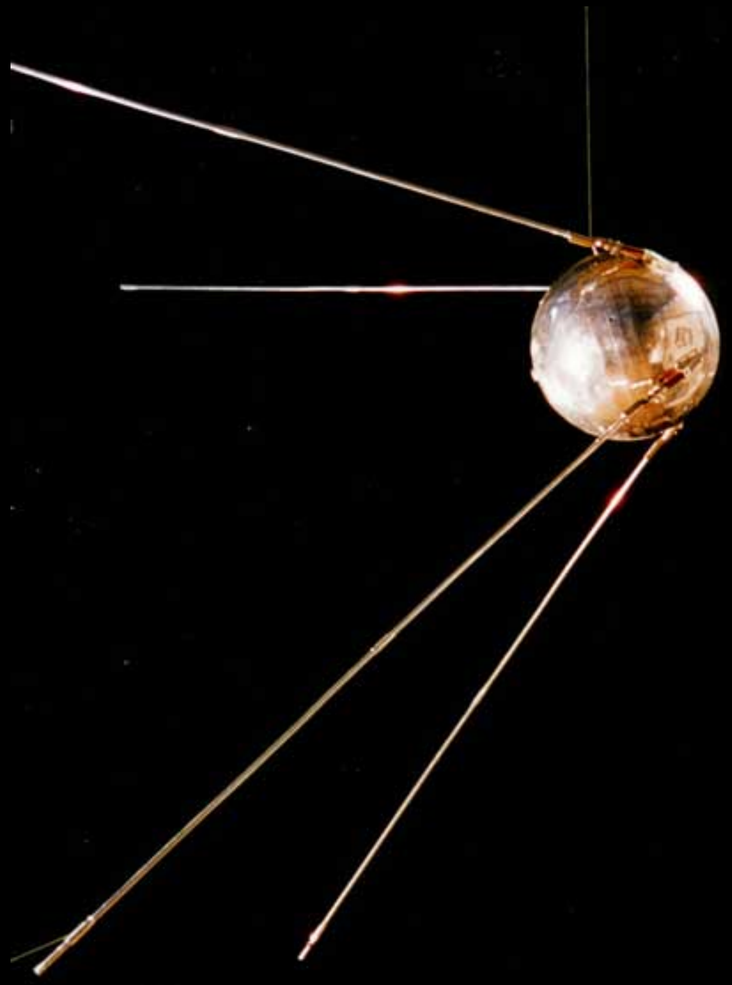
- A Astronomia deixa de ser feita em observatórios privados. Torna-se ciência de grande escala).
- O telescópio Hooker (100 polegadas) e a descoberta de Edwin Hubble (1924): O universo está em expansão, e a Via Láctea não é a única galáxia.
- Projetos tão caros começam a precisar de financiamento maciço dos Estados.

O Contexto da Guerra Fria

https://pt.wikipedia.org/wiki/V-2#/media/Ficheiro:Fus%C3%A9e_V2.jpg

- A tecnologia de foguetes evoluiu rapidamente (e tragicamente) com os mísseis balísticos V2 alemães.
- Pós-1945: Estados Unidos vs. União Soviética. A Guerra Fria não seria travada com bombas diretas, mas com “demonstração de superioridade tecnológica”.
- Quem domina o espaço, tem a capacidade de lançar uma ogiva nuclear em qualquer lugar do globo.

O Choque do Sputnik (1957)



https://pt.wikipedia.org/wiki/Sputnik-1

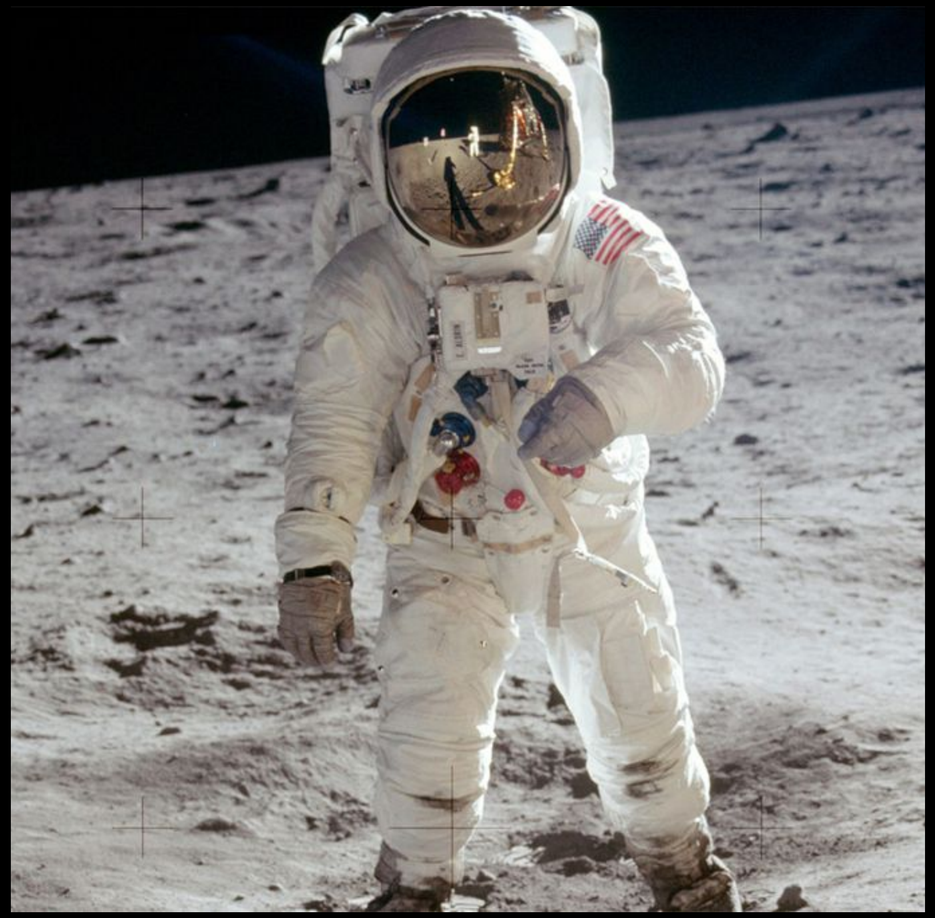
- 4 de Outubro de 1957: A União Soviética lança o Sputnik 1, o primeiro satélite artificial da história.
- O “bip-bip” transmitido via rádio causou pânico nos EUA. Era a prova de que os soviéticos haviam vencido a primeira etapa da corrida.
- A astronomia e a física espacial tornam-se prioridade de segurança nacional.

A Resposta e o Desafio Lunar

https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:John_F._Kennedy_speaks_at_Rice_University.jpg

- A criação da NASA (1958) e o pesado investimento em educação científica (STEM) no ocidente.
- Yuri Gagarin (URSS) é o primeiro homem no espaço (1961).
- O Discurso de John F. Kennedy (1962): "Nós escolhemos ir à Lua nesta década (...) não porque seja fácil, mas porque é difícil".
- A soberania nacional americana dependia de uma vitória simbólica irrefutável.

O Ápice da Corrida: Projeto Apollo (1969)

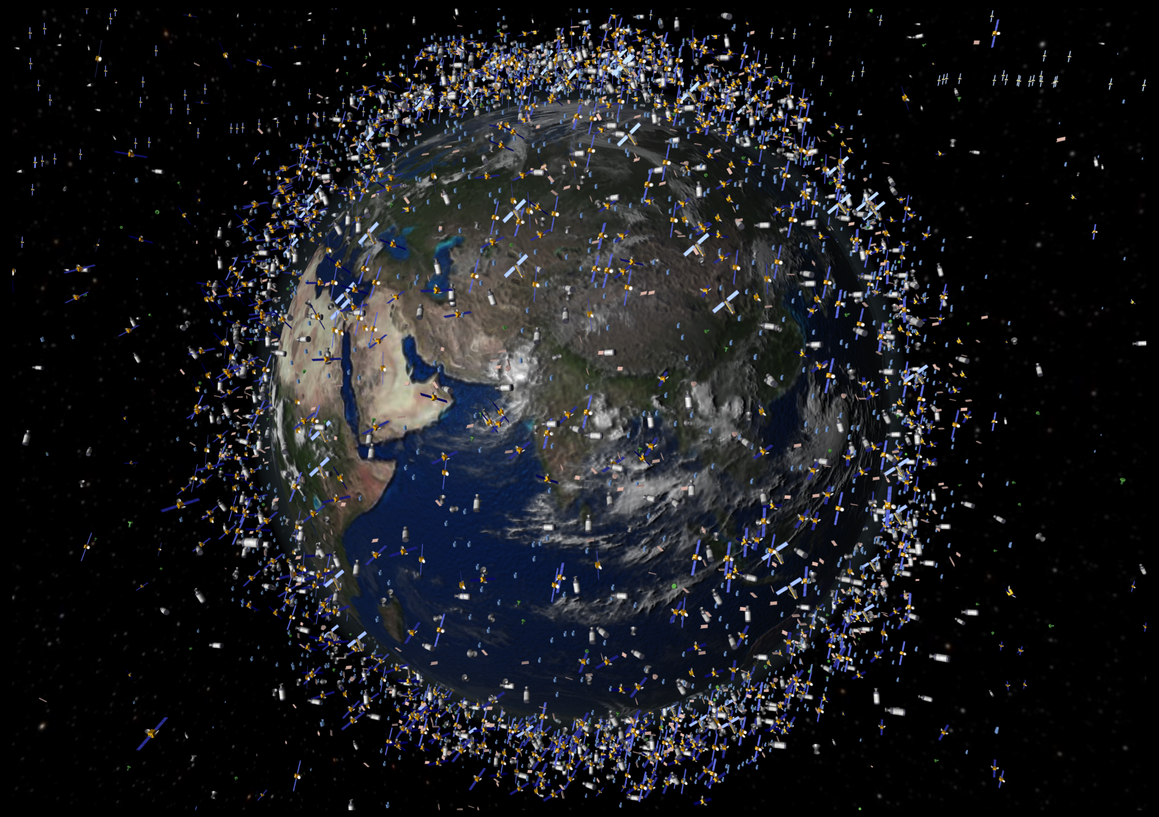


https://canaltech.com.br/espaco/imagem-da-lua-refletida-no-capacete-de-buzz-aldrin-e-analisada-veja-o-resultado-190531/

- 20 de Julho de 1969: Apollo 11. Neil Armstrong e Buzz Aldrin pisam na Lua.
- O custo: ~25 bilhões de dólares da época (um esforço civil e militar quase incalculável).
- A astronomia impulsionou avanços gigantescos em computação (o computador da Apollo), materiais leves, telemetria e comunicação de longo alcance.

A Era dos Satélites e a Soberania Hoje

O Fim da Corrida, o Início da Era Útil



Note: Artist's impression; size of debris exaggerated as compared to the Earth

https://www.pixalytics.com/wp-content/uploads/2014/04/Debris_objects_-_mostly_debris_-_in_low_Earth_orbit_LEO_-_view_over_the_equator.jpg

- Após a Guerra Fria, o espaço passou de campo de batalha simbólico para infraestrutura crítica.
- A exploração espacial provou que a órbita da Terra era o lugar mais rentável do Universo para os governos.
- O avanço dos foguetes comerciais e satélites.

Como a Astronomia está no seu Bolso (GPS)

https://www.hiclipart.com/free-transparent-background-png-clipart-okoox/download

- A dependência total da sociedade moderna do espaço.
- O Sistema GPS (Global Positioning System): Originado militarmente nos EUA, hoje guia frotas de caminhões, aplicativos de comida (iFood, Uber), aviões e colheitadeiras no agronegócio.
- Sem a Relatividade de Einstein (necessária para ajustar o relógio dos satélites), o GPS erraria quilômetros por dia.

Soberania, Comunicação e Clima

- Satélites de telecomunicação: internet em áreas remotas.
- Satélites de sensoriamento remoto e meteorologia: Previsão do tempo (impacto bilionário na agricultura e prevenção de desastres).
- No Brasil: O monitoramento das fronteiras, desmatamento (INPE) e soberania do território através do controle espacial. Quem não tem acesso ao espaço, é refém das informações (e dos preços) de outras nações.

satellitemap.space People Satellite News Visualizer Load Functions More

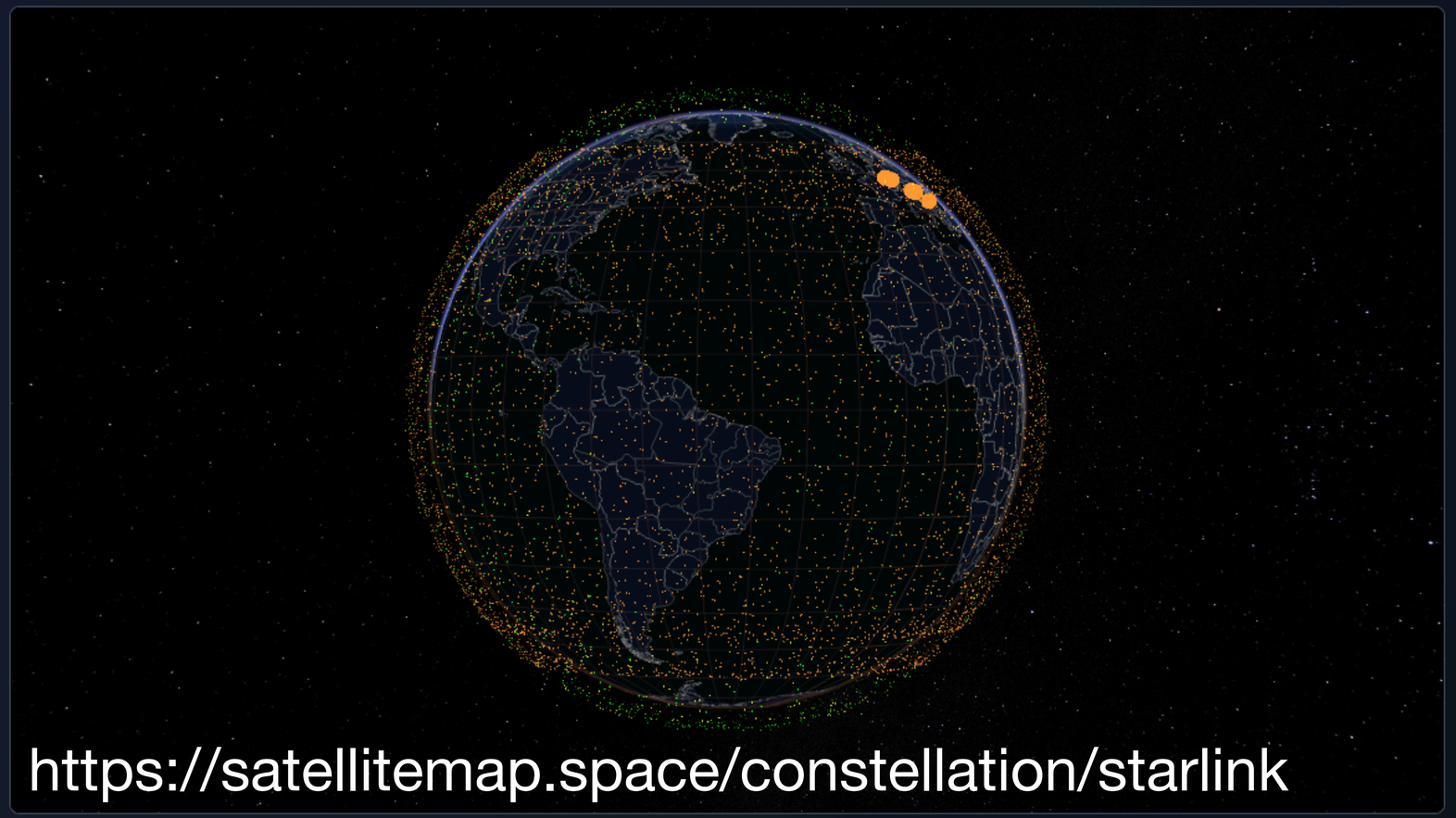
Find STARLINK

Operator: SpaceX • Internet • Country: US • deploying • spacex.com

Visualizer

There are currently **10875 active Starlink satellites** in orbit out of a planned constellation of 42,000. Operated by SpaceX. First launched May 24, 2019.

Current View



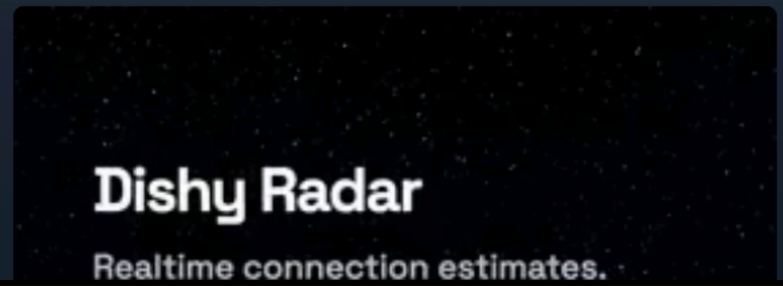
https://satellitemap.space/constellation/starlink

Current Status

First Launched	May 24, 2019
Planned Size	42,000
Total Launched	12548
Active Satellites	10875
Decayed	1673
Hardware Types	v2 mini, v2 mini d2c, v1.5
Last Launch	Jul 25, 2026

satellitemap.space on iOS

Real-time Starlink satellite alerts, pass predictions, and 3D tracking on your iPhone.



Conclusão da Aula 2

- A astronomia começou querendo entender porque os planetas se movem (Kepler/Newton), evoluiu para do que eles são feitos (espectroscopia) e culminou no domínio bélico e comercial da órbita terrestre.

- Próxima Aula: Como a engenharia levada ao limite máximo (Big Science) continua desenvolvendo tecnologia de ponta nos maiores consórcios astronômicos do século XXI.

monteiro-oliveira.com/talks