IAG na sua casa

PRCEU USP

Apostila de Experimentos
Projeto Cecília

ESPECTROSCOPIA

NASA, ESA, the Hubble Heritage Team and the Westerlund 2 Science Team

Este material educacional foi adaptado do curso de difusão “Astrominas 2020” para o “Cecília em Casa”, abrangendo experimentos de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas de baixo custo.
Foi desenvolvido por:

Profª Drª Elysandra Figueredo Cypriano
Daniele Honorato
Ivanice Avolio Morgado
Júlia Mello de Oliveira
Lais Borbolato
Drª Larissa Takeda
Marina Izabela
Drª Patrícia Cruz Gamba
Vitória Bellecerie da Fonseca

Sumário

1 Mão na Massa! Espectroscopia 4
1.1 Introdução 4
1.2 Experimento 8
1.2.1 Procedimento 9
1.3 Questões para fixação 12
1.4 Material complementar 12
Referências 13

1 Mão na Massa! Espectroscopia

1.1 Introdução

Antes de tudo, vamos conhecer um pouco as definições de **espectro eletromagnético**.

Aqui, vamos tratar a luz como uma **onda**. Talvez vocês já tenham visto as propriedades básicas da Ondulatória em Física. Vamos, então, (re)ver algumas delas.

A figura a seguir mostra uma onda, representando a onda de luz. Ela tem um padrão que se repete, o que é chamado de **comprimento de onda (λ)**. Este parâmetro se repete dentro de um intervalo ou **período de tempo (T)** e tem uma relação com a **frequência (f)**. Tal relação é dada por $f = 1/T$, ou seja, a frequência consiste no número de repetições (oscilações) que a onda tem em um certo intervalo de tempo.

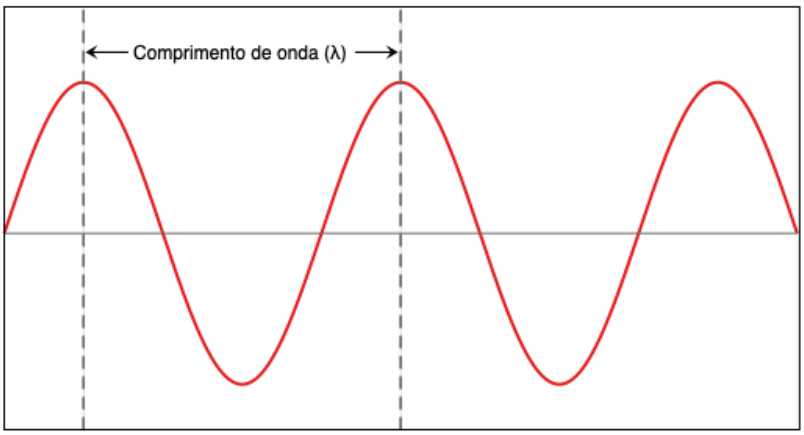

Figura 1 – Esquema de uma onda mostrando a medida de comprimento de onda (λ). Créditos da imagem: Produção Astrominas 2020.

Dessa forma, podemos classificar e entender melhor a luz, dividindo-a em intervalos de certo comprimento de onda ou frequência, formando o espectro eletromagnético (Figura 2).

Você já conhece uma faixa desse espectro eletromagnético sem saber que ela tem esse nome complicado: o **arco-íris**! Nele, há diferentes **cores**, que vão do violeta até o vermelho. As ondas da luz violeta possuem **comprimento de onda menor** do que as ondas de luz vermelha. As cores do arco-íris correspondem às cores que conseguimos ver com nossos olhos, e por isso chamamos essa faixa do espectro de **"luz visível"**.

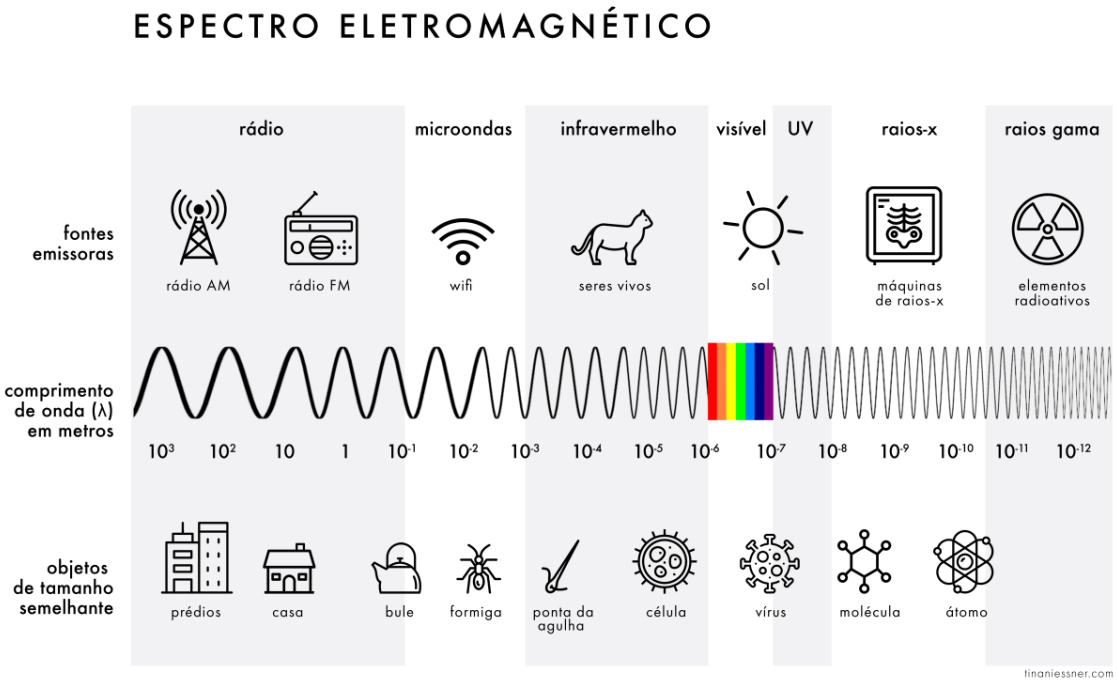

Figura 2 – Espectro eletromagnético da luz com os comprimentos de onda e suas fontes emissoras (lembrando que o Sol emite em todo o espectro, mas a maior contribuição é na faixa do visível). Os comprimentos de onda são comparados a tamanhos de objetos conhecidos. Créditos da imagem: Tina Niessner.

Você sabia?

Enxergamos apenas a luz visível, que é uma pequena faixa do espectro eletromagnético. Mas, por mais que isso pareça uma limitação, foi essencial para a nossa evolução. Por exemplo, a água e o ar são transparentes para nós, o que não aconteceria se enxergássemos em outros comprimentos de onda, já que a transparência e a opacidade também dependem do comprimento de onda.

Mas e o resto do espectro? Será que existem "cores", ou seja, ondas com outros comprimentos e frequências que não conseguimos ver? Existem sim, e você já deve ter ouvido falar em algumas delas sem saber que elas também são "luz"! São elas: **ondas de rádio, microondas, infravermelho, ultravioleta, raios-x e raios gama**. Volte lá na figura anterior (Figura 2) e reveja todas elas!

Note que o espectro de luz visível, que corresponde às cores do arco-íris, é uma faixa bem estreita e, por isso, mesmo que nossos olhos não possam ver, construímos instrumentos que conseguem "ver" outras faixas do espectro. Temos **telescópios** observando no visível, no infravermelho, em rádio... e cada um fornece informações diferentes do

mesmo objeto, por suas diferentes frequências. Por exemplo, as imagens abaixo são da Nebulosa de Caranguejo em diferentes faixas do espectro (rádio, infravermelho, visível, ultravioleta, raios-x e a composição de todas elas).

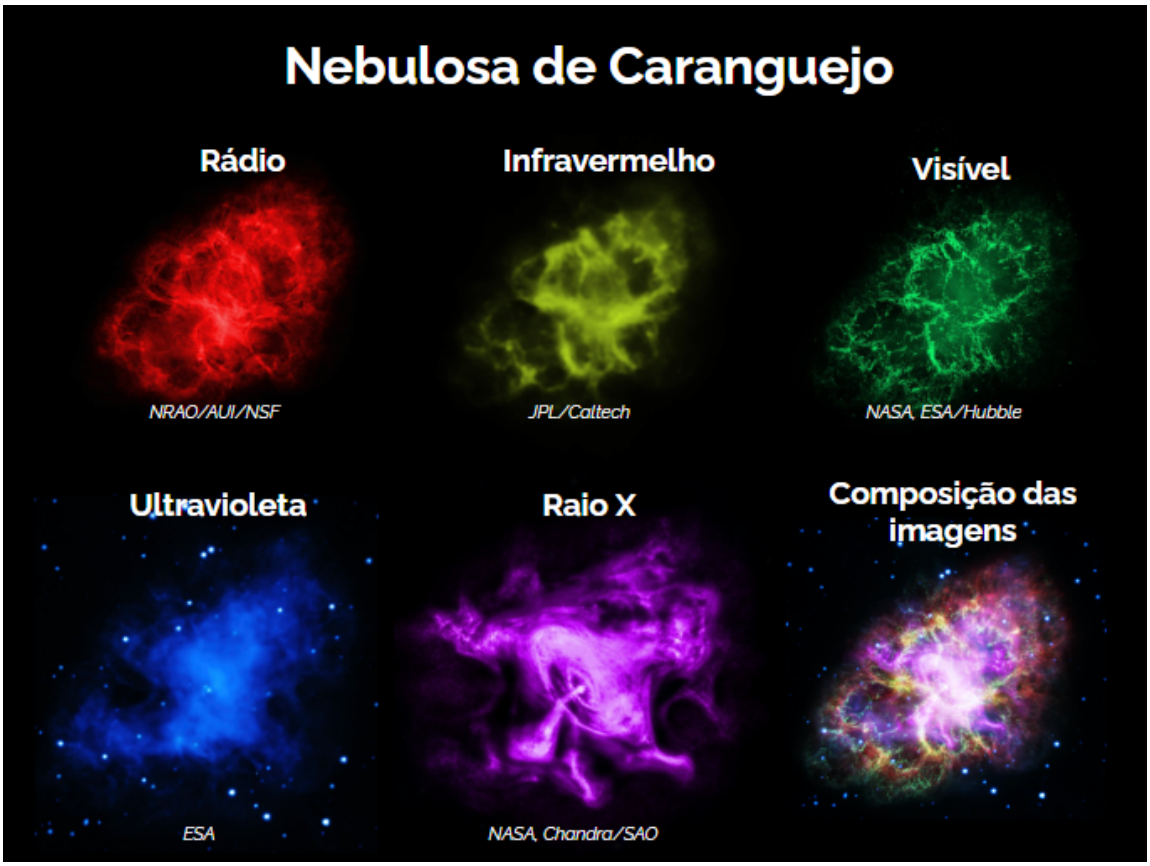

Figura 3 – Nebulosa de Caranguejo observada em diferentes comprimentos de onda: rádio, infravermelho, visível, ultravioleta, raio X e a composição delas. Imagem adaptada. Créditos da imagem: NASA.

O objetivo da espectroscopia é estudar **a luz que chega até nós** em várias fatias de frequências e, para isso, precisamos separá-la. Um dos fenômenos que ajuda nessa tarefa é a **refração**. Na figura abaixo, um prisma decompõe a luz visível em diversas cores. Cada cor representa uma faixa de um intervalo de frequências no espectro eletromagnético dentro do intervalo do visível, ou seja, apenas dentro daquela faixa que enxergamos.

Hoje sabemos que diferentes fontes de luz produzem diferentes tipos de espectros, dependendo da opacidade e da temperatura do corpo que está emitindo essa luz. Os diferentes tipos de espectro podem ser explicados através do que conhecemos como **leis de Kirchhoff** (Figura 4), resumidas na páginas seguinte.

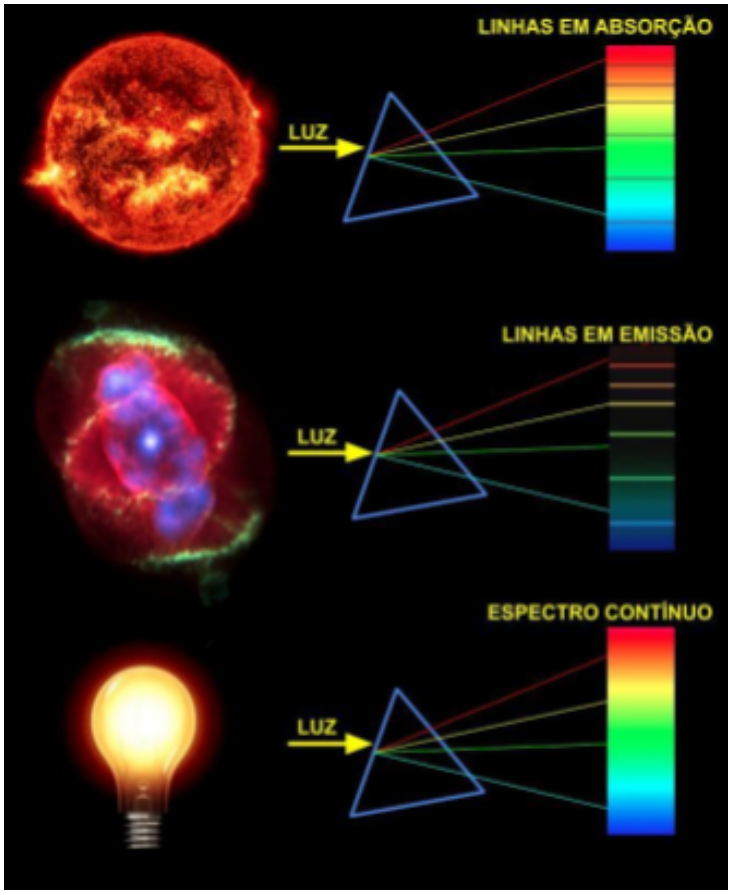

Figura 4 – Exemplos de corpos que emitem diferentes tipos de espectro segundo as Leis de Kirchhoff: o Sol (e as demais estrelas) possuem espectros de absorção; nebulosas possuem espectros de emissão; lâmpadas incandescentes possuem espectros contínuos (sem linhas). Créditos da imagem: Produção Astrominas 2020.

- Um corpo **opaco e quente** emite um espectro **contínuo**, como é o caso da lâmpada incandescente.
- Um gás **transparente e quente** produz um espectro de **linhas brilhantes de emissão**, como é o caso de nebulosas. A quantidade e a posição destas linhas dependem dos elementos químicos que compõem o gás.
- Um gás **transparente e frio**, na frente de um corpo opaco e quente, causa a presença de **linhas escuras de absorção**, como é o caso das atmosferas de estrelas, que são mais frias do que a superfície delas. A quantidade e a posição destas linhas dependem dos elementos químicos que compõem o gás.

Mas o que são essas linhas? A partir da **Física Quântica**, é explicado que elas estão relacionadas com os elementos químicos componentes da fonte de luz. Isso porque **cada elemento químico tem um espectro de linhas único, como se fosse sua**

impressão digital. Veja a Figura 5 e repare em como o conjunto de linhas espectrais é diferente para cada elemento químico.

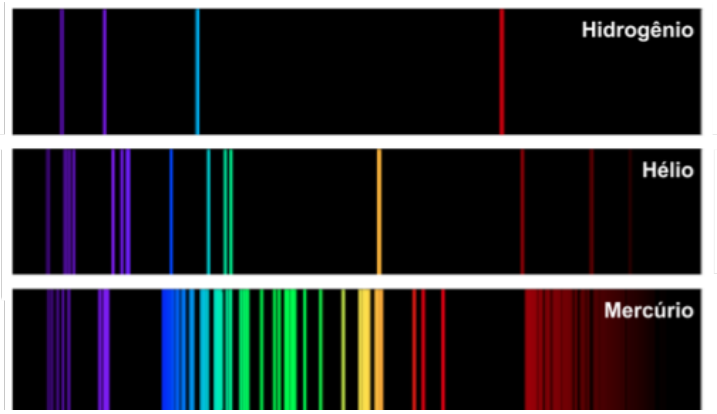

Figura 5 – Espectros característicos dos elementos químicos Hidrogênio, Hélio e Mercúrio. Veja que nenhum deles é igual, já que o espectro é uma "assinatura digital", única de cada elemento. Créditos da imagem: Produção Astrominas 2020, com uso da ferramenta Wolfram Alpha [1].

1.2 Experimento

Para observarmos diversos espectros, vamos construir um prisma caseiro! Para isso, vamos utilizar um CD para separar a luz visível. Para a construção do nosso espectrógrafo vamos precisar de:

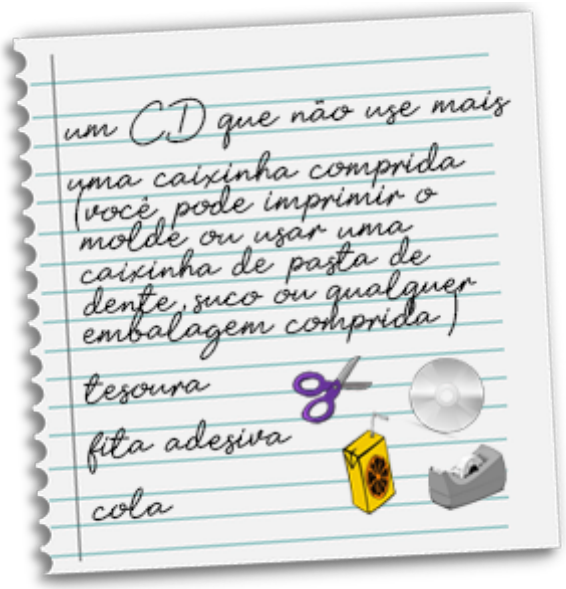

Figura 6 – Materiais necessários para a construção do Espectrógrafo. Créditos da imagem: Produção Astrominas 2020.

*O molde estará disponível no final da apostila.

1.2.1 Procedimento

> **ATENÇÃO**
> **Nunca** aponte seu espectrógrafo diretamente para o Sol ou para lasers! Isto pode danificar para sempre sua visão!

O que vamos fazer hoje é montar um espectrógrafo caseiro, como o da Figura 7, para analisar a luz de diferentes fontes luminosas. Para montar nosso espectrógrafo, vamos seguir os seguintes passos:

Figura 7 – Foto de meninas usando espectrógrafos caseiros para analisar a luz. Créditos da imagem: Arquivo do Projeto Cecília.

1. Se você imprimiu o molde, corte-o e cole apenas nos locais indicados por linhas diagonais (hachuras), até formar a caixinha. Mas cuidado! Tem uma parte da caixa que **não** deve ser colada, pois é por onde a luz irá passar, então, ela deve ficar um pouquinho aberta, formando uma fenda. Essa parte está indicada no molde. Caso você esteja reutilizando uma caixinha pronta, pule este passo.
2. Agora, você deve retirar a parte reflexiva do CD (o lado que você coloca para cima no rádio). A maneira mais fácil de fazer isso é usando uma fita adesiva, "colando e descolando", até a camada metálica sair e o CD ficar transparente. Depois você irá cortar esse CD (**peça ajuda dos responsáveis pois isso pode ser perigoso!**) em um pedaço de poucos centímetros, do tamanho de um lado da caixinha. Com o molde, você já vai ter um espaço para colar esse pedaço de CD. Se estiver usando uma caixinha de pasta de dente, você pode recortar uma das extremidades (a "abinha") e colar seu pedaço de CD com fita adesiva. Veja a figura 8 com alguns exemplos do pedaço de CD colado em diferentes caixinhas.

Figura 8 – Fotos de exemplos de caixinhas com a fenda para a luz entrar em uma ponta e o CD na outra. Créditos da imagem: Arquivo Astrominas 2020.

Figura 9 – Fotos das caixinhas feitas com o molde, com caixa de pasta de dente e caixinha de suco! Créditos da imagem: Arquivo Astrominas.

3. Caso você não esteja usando o molde, vai precisar fazer uma fenda para a luz entrar na caixinha. Do lado oposto ao lado com o pedaço de CD colado, faça um orifício bem pequeno! É só uma frestinha que pode ser recortada. Veja novamente a figura 8, do lado esquerdo, com alguns exemplos.

4. Com isso, seu espectrógrafo está pronto (figura 9)! Você pode enfeitar, pintar e decorar como quiser! E, claro, 📷 tire uma foto!

5. Veja através do CD e aponte a outra extremidade para uma lâmpada da sua casa. Você verá um espectro de luz! Se não conseguir num primeiro momento, ajuste a direção do seu espectrógrafo até conseguir. (Dica! Não olhe diretamente para a frestinha por

onde entra a luz. Tente olhar para baixo ou para cima na caixinha). Dependendo do tipo da lâmpada, incandescente ou fluorescente, você verá espectros diferentes! Você consegue 📷 tirar uma foto do espectro de sua lâmpada se colocar a lente da sua câmera sobre o CD!

6. Agora, tente identificar qual dos diferentes tipos de espectros correspondem aos que você observou: emissão, absorção ou contínuo. Tente procurar fontes de luz com espectros diferentes. Observe tudo, **menos o Sol e lasers**, pois eles podem **danificar para sempre** a sua visão!

Em 1925, a cientista **Cecilia Payne** (1900-1979), depois de analisar centenas de linhas espectrais (as linhas de absorção dos espectros), inclusive as do Sol, concluiu que apesar de serem compostas por diversos elementos químicos, as estrelas são essencialmente compostas de Hidrogênio e Hélio.
A tese de doutorado em astrofísica de Cecilia, que contém esta descoberta, é considerada uma das mais brilhantes e bem escritas da história da Astronomia [2].
O nome do nosso projeto é Cecília em homenagem à esta cientista que contrariou muitas pessoas para realizar suas pesquisas [3].

Figura 10 – Foto de Cecilia Payne. Créditos da imagem: Arquivo Instituto Smithsonian, Acc. 90 – 105 - Science Service, Records, 1920s-1970s.

1.3 Questões para fixação

1. Você conseguiria explicar como se forma o arco-íris?
2. Qual(is) espectro(s) das leis de Kirchhoff corresponde(m) ao que você viu?
3. Procure outros exemplos em que a espectroscopia também é utilizada.

1.4 Material complementar

Simuladores (página em inglês) [4]:
`http://astro.unl.edu/classaction/light.html`

Espectroscopia da tabela periódica [5]:
`https://www.tabelaperiodica.org/tabela-periodica-com-espectros-de-emissao-atomica-dos-elementos/`

Referências

[1] W. A. LLC, "Wolfram — alpha." https://www.wolframalpha.com/, 2018. (acesso em 05/05/2020).

[2] D. H. Devorkin, "Extraordinary claims require extraordinary evidence: C.H. Payne H.N. Russell and standards of evidence in early quantitative spectroscopy," *Journal of Astronomical History and Heritage*, vol. 13, no. 2, pp. 139–144, 2010.

[3] S. S. e N. deGrasse Tyson, "Cecilia payne and the composition of the stars." https://www.amnh.org/learn-teach/curriculum-collections/cosmic-horizons-book/cecilia-payne-profile. (acesso em 05/05/2020).

[4] U. de Nebraska-Lincoln, "Interactive classroom materials for teaching astronomy." http://astro.unl.edu/classaction/light.html. (acesso em 05/05/2020).

[5] L. R. B. H. e equipe, "Tabela periódica com espectros de emissão atômica dos elementos." https://www.tabelaperiodica.org/tabela-periodica-com-espectros-de-emissao-atomica-dos-elementos/. (acesso em 05/05/2020).

Não cole aqui!

Projeto Cecília

Espectrógrafo caseiro produzido por mim
para a observação do espectro da luz!

Projeto Cecília