

**Curso: Licenciatura em Física – Campus Jaraguá do Sul-Centro**

**Unidade Curricular: Pibid**

**Professor Orientador:**

**Professor Supervisor:**

## **PROJETO – SEQUÊNCIA DIDÁTICA DE ESPECTROSCOPIA**

### **1. Tema:**

Física Moderna e Contemporânea- Espectroscopia.

### **2. Justificativa:**

Ensinar Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio é importante por diversas razões. Em primeiro lugar, a física moderna é uma área de estudo fundamental da ciência que busca compreender as leis que governam o universo a nível microscópico, como o comportamento de partícula subatômica e a natureza da radiação eletromagnética.

Ao abordar esse tema no Pibid (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência), surge um bom desafio que envolve não apenas a elaboração de materiais para serem aplicados na sala de aula, mas também a exploração de conceitos relevantes que podem ser trabalhados de forma oportuna, podendo ser bem aproveitados para o desenvolvimento dos participantes como futuros docentes.

Além disso, como apontado por Neto, Oliveira, Siqueira (2019, p.68) comentam que “Os conhecimentos de FMC podem despertar a curiosidade científica dos alunos e os motivar para aprender Física, e desta forma, compreender fenômenos que ocorrem ao seu redor”. Como a teoria da relatividade de Einstein e a mecânica quântica. Essas teorias são profundas em áreas como tecnologia, medicina e energia, e compreendê-las é importante para desenvolver novas soluções para os problemas do mundo moderno.

Por fim, ensinar (FMC) no ensino médio também ajuda a preparar os alunos para estudos superiores em ciências, engenharia e outras áreas relacionadas. Ao

fornecer uma compreensão sólida dos princípios da física moderna, os alunos estão melhor preparados para lidar com conceitos complexos em disciplinas avançadas, entretanto ao considerar o ensino de (FMC), que trata de fenômenos que ocorrem em escalas quânticas, planetárias ou com velocidades comparáveis à velocidade da luz, torna-se quase impossível contextualizá-lo com o cotidiano do aluno (MOURA; VIANNA, 2019).

Tendo isso em vista, desenvolver uma experimentação de ensino sobre (FMC), pode enriquecer a construção do conhecimento científico, não só por seu caráter lúdico que é capaz de motivar os alunos, mas também por relacionar o que é estudado teoricamente com o que é realizado na prática. Além disso, a possibilidade de problematizar os resultados reais, comparando-os com o resultado idealizado, permite uma aprendizagem mais consistente e abrangente. (FRANÇA; LOPEZ, 2022).

Dessa forma, a experimentação em sala de aula tem potencial beneficiar enormemente o ensino da espectroscopia, o que pode enriquecer a construção do conhecimento científico dos alunos como comentado acima. Afinal, a espectroscopia é uma técnica que estuda a interação da luz com a matéria e é de fundamental importância para diversas áreas da ciência. Ao longo da história, a espectroscopia desempenhou um papel de destaque no desenvolvimento do conhecimento científico, permitindo avanços em áreas como a física e a química. (SANTANA; SANTOS, 2017).

E através da construção do espectroscópio por parte dos alunos, utilizando materiais recicláveis e baixo de custo, contribui no desenvolvimento das habilidades de experimentação dos mesmos, além de levar em consideração os poucos recursos que as escolas públicas dispõem para obter materiais mais avançados (SILVA; LEAL, 2016). Os estudantes também podem se envolver mais na hora dos experimentos, entendendo melhor os conceitos fundamentais da espectroscopia. Além disso, a possibilidade de problematizar e comparar os resultados obtidos pela observação do teste de chamas e lâmpadas, com a literatura, permite uma aprendizagem mais consistente, estimulando o pensamento crítico dos alunos.

### **3. Competências e habilidades:**

#### **A) Competências Gerais:**

1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.
2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e

criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.

## **B) Competências específicas:**

### COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 2

Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.

### COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 3

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

## **C) Objetos do conhecimento:**

- Estrutura da matéria e espectroscopia;
- Fenômenos e instrumentos ópticos.
- História e filosofia das ciências da natureza

## **D) Habilidades específicas:**

(EM13CNT201)-Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente;

(EM13CNT301)-Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais, para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

## **4. Objetivos:**

### **A) Objetivo Geral**

Tomar conhecimento do método da espectroscopia.

### **B) Objetivo Específico**

- Propiciar melhor entendimento sobre o trabalho científico;
- Desenvolver consciência sobre reutilização de materiais;
- Desenvolver autonomia de pesquisa;
- Abordar temas de FMC.

## 5. Conteúdos envolvidos:

- Natureza da luz;
- Ondulatória;
- Astronomia básica;
- História da ciência.

## 6. Estratégias:

### A) Recursos Quais materiais você utilizará para trabalhar esse tema?

1. Elaboração do espectroscópio;
  - a. Roteiro de construção do espectroscópio;
  - b. Materiais necessários são:
    - Caixa de pasta de dente vazia e limpa;
    - CD velho ou descartado;
    - Fita adesiva ou isolante;
    - Tesoura;
    - Régua
    - Lápis ou caneta;
2. Execução teste de chamas e luzes;
  - a. Roteiro para construção do espectroscópio;
  - b. Será necessário os seguintes recursos:
    - Fonte de combustão:
    - Materiais combustíveis:
    - Espaço:
    - Diferentes tipos de luz:
    - Equipamentos de proteção:
    - Material de registro dos alunos: Para registrar os resultados do teste e fazer anotações sobre cada material testado, é importante ter papel e caneta à mão.
3. Materiais para apresentação:
  - a. Slides

## **B) Técnicas**

- Experimentação *show*: demonstração de espectroscopia por emissão de chama. Tem como objetivo despertar o interesse dos alunos, de forma impactante, com meios atrativos. (TAHA, 2015).
- Experimentação investigativa/ilustrativa: construção de espectroscópio com materiais reutilizados (papelão e CD's/DVD'S) para observação do espectro de chamas.
- Momento expositivo auxiliado por slide.

## **7. Operacionalização da aula:**

### **A) Problematização**

Por que nem todas as luzes quando decompostas formam um “arco-iris”?

### **B) Historicização**

Isaac Newton constatou, em 1665 que a luz branca quando passava por um prisma formava um espectro com todas as cores visíveis (HEWITT, 2015)

William Hyde Wollaston (1766-1828) observou as linhas escuras no espectro do sol, constatando que não era um espectro contínuo perfeito. Joseph von Fraunhofer, um fabricante de vidro, classificou essas linhas em letras maiúsculas e minúsculas (574 linhas ele já havia catalogado)(HEWITT, 2015).

alemão Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899) inventou o bico de gás (bico de Bunsen), que facilitava pois produzia chama incolor, deixando mais evidente as cores produzidas por elementos que nele eram incinerados. Seu colega Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) propôs que a luz emitida pela queima das substâncias fosse observada através de um prisma, e assim perceberam que cada elemento forma um espectro diferente (HEWITT, 2015). Elaborou a lei que leva seu nome, Lei de Kirchhoff, que determina que objetos opacos quentes emitem espectro contínuo sem interrupções, que se passado por um gás apresenta falhas (linhas escuras), e gases quentes (incinerados), quando tem sua luz refratada, formam espectros de emissão, em que linhas coloridas aparecem sobre um fundo preto, a posição e números dessas linhas varia de acordo com a composição do gás (HEWITT, 2015).

Em 1868, o astrônomo inglês Sir Joseph Norman Lockyer (1836-1920) descobriu uma linha inexplicada no espectro do Sol, que foi identificada com um novo elemento químico, hélio, do grego helios, Sol (HEWITT, 2015). Independentemente, o astrônomo francês Pierre-Jules-César Janssen (1824-1907) também identificou essa linha no mesmo ano. Somente 27 anos mais tarde o elemento hélio foi descoberto na Terra, pelo químico inglês Sir William Ramsay (1852-1916) quando o espectro de um minério de urânio contendo hélio produziu uma linha na posição exata daquela encontrada por Lockyer no espectro do Sol (HEWITT, 2015).

Entre 1885 e 1927 várias mulheres (cerca de 80) foram empregadas em Harvard para estudar fotografias de estrelas. Foram descobertas por elas várias nebulosas e galáxias, e métodos de determinação de grandes distâncias.

Em sua tese de doutorado, Cecilia Payne-Gaposchkin, em 1925, defendeu a ideia de que as estrelas são compostas de hélio e hidrogênio. A ideia foi ridicularizada, pois acreditava-se que as estrelas possuem composição similar à da Terra. Anos mais tarde (1929) a mesma conclusão foi encontrada por seu orientador, que havia aconselhado ela a omitir a descoberta. Ele publicou seu trabalho apenas com uma breve citação à ela, e recebeu os méritos<sup>1</sup>.

## **C) Apresentação do conteúdo**

### **PRIMEIRA AULA (45min)**

**1º MOMENTO (5min):** Apresentação dos alunos, e da proposta.

**2º MOMENTO (40min):** construção de espectroscópio com materiais reutilizados, abordagem oral dos *conceitos* de decomposição da luz, colimação e refração; os alunos utilizarão o roteiro de construção que será apresentado em slides.

### **SEGUNDA AULA (45min)**

**1º MOMENTO (5min):** preparação dos materiais para a experimentação.

**2º MOMENTO (15min):** exposição para os alunos da queima de sais, produzindo chamas coloridas, os sais utilizados são o cloreto de lítio (LiCl), cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>) e sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>), será usado metanol como base.

---

<sup>1</sup> Cecilia Payne e as computadoras de Harvard: As mulheres que desvendaram o segredo das estrelas.

**3º MOMENTO (15min):** observação do espectro das chamas geradas, anotando as cores e disposição das mesmas; de acordo com indicações presentes no roteiro de experimentação que será disposto.

**4º MOMENTO (10min):** observação dos espectros de lâmpadas de sódio e mercúrio, anotando as cores e disposição das mesmas; de acordo com indicações presentes no roteiro de experimentação que será disposto.

#### **Conceitos envolvidos:**

**Refração:** quando os raios de luz atravessam de um meio a outro eles desviam, devido às diferentes velocidades da luz para cada meio (HEWITT, 2015).

**Colimação:** induzir as ondas de luz a ficarem dispostas de forma organizada, na mesma direção

**Difração:** características das ondas de contornar objetos, como a luz que passa por uma fenda (HEWITT, 2015).

**Espectroscopia:** área de estudo dedicada à análise de diagramas da amplitude da radiação eletromagnética, sendo que cada cor do diagrama corresponde a um comprimento de onda. Pela presença de faixas coloridas (ou ausência delas) pode-se determinar quais os comprimentos de ondas presentes na radiação em questão (HEWITT, 2015).

**Fóton:** partícula de luz, conceito utilizado no estudo quantizado da mesma; a luz apresenta uma dualidade em sua natureza, dependendo da forma de concepção da mesma pode-se notar comportamento condizente à partículas e à ondas, o fóton entende-se como uma partícula de luz em contextos que assim o consideram (HEWITT, 2015).

**Espectro:** aparição; “gráfico, registro fotográfico ou visual de uma distribuição de quantidades observáveis ou propriedades dispostas segundo sua magnitude”<sup>2</sup>

#### **TERCEIRA AULA (45min)**

**1º MOMENTO (10min):** levantamento de hipóteses e questionamentos dos estudantes que foram postos no roteiro de experimentação.

---

<sup>2</sup> Significado retirado do Dicionário Oxford Online. Disponível em: <https://languages.oup.com/google-dictionary-pt/>

**2° MOMENTO (25min):** exposição do conteúdo com auxílio de slides. Breve histórico da espectroscopia apontando cientistas da área e suas contribuições.

**3° MOMENTO (10min):** relacionar modelo atômico de Bohr com teoria da espectroscopia.

### **Conceitos envolvidos:**

**Refração:** quando os raios de luz atravessam de um meio a outro eles desviam, devido às diferentes velocidades da luz para cada meio (HEWITT, 2015).

**Difração:** características das ondas de contornar objetos, como a luz que passa por uma fenda (HEWITT, 2015).

**Espectroscopia:** área de estudo dedicada à análise de diagramas da amplitude da radiação eletromagnética, sendo que cada cor do diagrama corresponde a um comprimento de onda. Pela presença de faixas coloridas (ou ausência delas) pode-se determinar quais os comprimentos de ondas presentes na radiação em questão (HEWITT, 2015).

**Fóton:** partícula de luz, conceito utilizado no estudo quantizado da mesma; a luz apresenta uma dualidade em sua natureza, dependendo da forma de concepção da mesma pode-se notar comportamento condizente à partículas e à ondas, o fóton entende-se como uma partícula de luz em contextos que assim o consideram (HEWITT, 2015).

**Espectro:** aparição; “gráfico, registro fotográfico ou visual de uma distribuição de quantidades observáveis ou propriedades dispostas segundo sua magnitude”<sup>3</sup>.

### **QUARTA AULA (45min)**

**1° MOMENTO (10min):** breve revisão das atividades realizadas na aula anterior auxiliada por slides.

**2° MOMENTO (35min):** Aplicação da atividade diagnóstica.

---

<sup>3</sup> Significado retirado do Dicionário Oxford Online. Disponível em: <https://languages.oup.com/google-dictionary-pt/>

## Conceitos envolvidos:

**Machismo:** ideologia de superioridade masculina e inferiorização da figura feminina.

**Refração:** quando os raios de luz atravessam de um meio a outro eles desviam, devido às diferentes velocidades da luz para cada meio (HEWITT, 2015).

**Difração:** características das ondas de contornar objetos, como a luz que passa por uma fenda (HEWITT, 2015).

**Espectroscopia:** área de estudo dedicada à análise de diagramas da amplitude da radiação eletromagnética, sendo que cada cor do diagrama corresponde a um comprimento de onda. Pela presença de faixas coloridas (ou ausência delas) pode-se determinar quais os comprimentos de ondas presentes na radiação em questão (HEWITT, 2015).

**Fóton:** partícula de luz, conceito utilizado no estudo quantizado da mesma; a luz apresenta uma dualidade em sua natureza, dependendo da forma de concepção da mesma pode-se notar comportamento condizente à partículas e à ondas, o fóton entende-se como uma partícula de luz em contextos que assim o consideram (HEWITT, 2015).

**Espectro:** aparição; “gráfico, registro fotográfico ou visual de uma distribuição de quantidades observáveis ou propriedades dispostas segundo sua magnitude”<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Significado retirado do Dicionário Oxford Online. Disponível em: <https://languages.oup.com/google-dictionary-pt/>

## Anexos



E.E.B. Elisa Claudio de Aguiar

Data: / /

### ROTEIRO DE CONSTRUÇÃO DE EQUIPAMENTO

Nesta aula você aprenderá a construir um espectroscópio com material reutilizado.

O espectroscópio é um equipamento óptico de decomposição da luz, através dele podemos observar as cores que compõem a luz observada. O fenômeno que ocorre dentro do equipamento é o mesmo que ocorre ao se formar um arco-íris no céu. Para entender melhor, vamos construir o espectroscópio e utilizá-lo.

#### MATERIAIS NECESSÁRIOS

- Caixa de pasta de dente (ou semelhante) / papel cartão;
- tesoura;
- fita isolante;
- CD.

**Obs:** os materiais devem ser de preferência reutilizados.

#### COMO FAZER

1. Remova a camada frontal do CD com uma fita.



2. Corte o CD da lateral para o centro, como uma fatia de pizza bem fina.



3. Divida a "fatia" em duas partes .



4. Agora para construir o corpo do equipamento, remova da caixa os prolongamentos trapezoidais (indicado em vermelho)



5. Prenda os prolongamentos restantes com fita da seguinte forma, deixando uma fenda para entrada de luz.



6. Na outra extremidade da caixa, remova todos os prolongamentos e prenda duas tiras de fita, entre elas prenda o pedaço de CD já cortado



7. Prenda as pontas soltas das tiras no equipamento



8. Cubra os espaços remanescentes com fita





E.E.B. Elisa Claudio de Aguiar

Data: / /

Nome:

## ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

### MATERIAIS NECESSÁRIOS

- Sais: cloreto de lítio (LiCl), cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>), sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>)
- Metanol;
- Algodão;
- Pinça;
- Fósforo;
- Superfície cerâmica;
- Luva;
- Lâmpadas de mercúrio (Hg) e de vapor de sódio (Na)
- Espectroscópio

### OBSERVAÇÃO DA QUEIMA DE SAIS

1. Descreva o experimento, citando o que ocorre na queima de cada um dos sais.

---

---

---

---

---

---

---

---

2. Dê uma breve explicação do que ocorreu, com suas próprias palavras. (a explicação não precisa ser cientificamente correta, o que importa é a sua concepção)

---

---

---

---

---

---

---

---

### **OBSERVAÇÃO DO ESPECTRO DE CHAMA**

3. O que você viu através do espectroscópio? descreva o que você observou na queima de cada um dos sais.

---

---

---

---

---

---

---

---

4. Explique o que ocorreu utilizando seus conhecimentos sobre química e física.

---

---

---

---

---

---

---

---

### **OBSERVAÇÃO DO ESPECTRO DE LÂMPADAS**

1. O que você viu através do espectroscópio? Descreva o que você observou para cada lâmpada.

---

---

---

---

---

---

---

---

2. Explique o que ocorreu utilizando seus conhecimentos sobre química e física.

---

---

---

---

---

---

---

---







# ESPECTROSCOPIA



Por Nikollas Castagna e Willian Rafael de Almeida

## ESPECTRO

FÍSICA

1.

gráfico, registro fotográfico ou visual de uma distribuição de quantidades observáveis ou propriedades dispostas segundo sua magnitude.

2.

suposta aparição de um defunto, incorpórea, mas com sua aparência; fantasma.

latim *spectrum*, / 'aparência, visão, fantasma etc.'

# O experimento

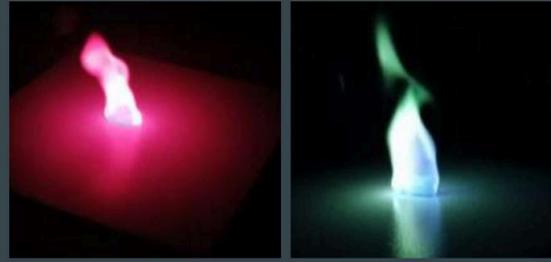
## Materiais

Disponíveis em casa!

- CD;
  - caixa pequena/ papel cartão;
  - tesoura;
  - fita adesiva;
  - saís;
  - metanol;
  - algodão;
  - fósforo;
  - pinça;
  - superfície resistente à altas temperatura;
  - becker.
-

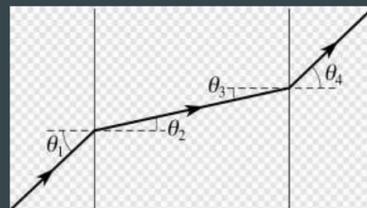
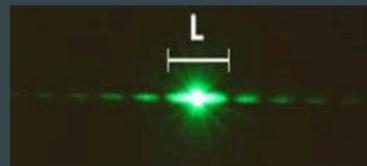
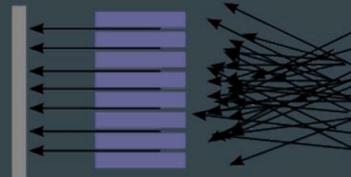
## Procedimento

1. Dissolução do sal em metanol;
1. Absorção da solução com chumaço de algodão;
1. Queima do algodão sobre superfície resistente a altas temperaturas;



## Conceitos

1. Colimação: organização das ondas/raios de luz, no mesmo sentido;
1. Difração: características das ondas de contornar objetos com tamanhos próximo ao comprimento de onda da luz;
1. Refração: quando os raios de luz atravessam de um meio a outro eles desviam, devido às diferentes velocidades da luz para cada meio.



## Formação de hipóteses

**Por que o fogo fica colorido?**

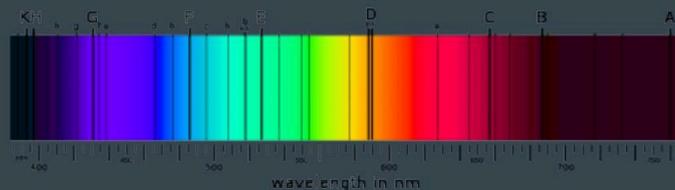
## História da espectroscopia

- Isaac Newton (1643-1727) em 1665 constatou que a luz solar se decompunha em várias cores se passada por dentro de um prisma;
- Mais tarde William Hyde Wollaston (1766-1828) observou o mesmo espectro, mas de forma ampliada, e percebeu que haviam algumas linhas pretas entre as cores.



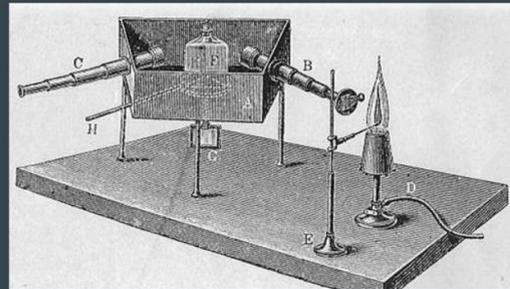
## História da espectroscopia

- O vidraceiro Joseph Von Fraunhofer (1789-1826) classificou e catalogou as faixas pretas que conseguiu observar no espectro do sol (574). Utilizava esse conhecimento para determinar a qualidade das peças de vidro que produzia



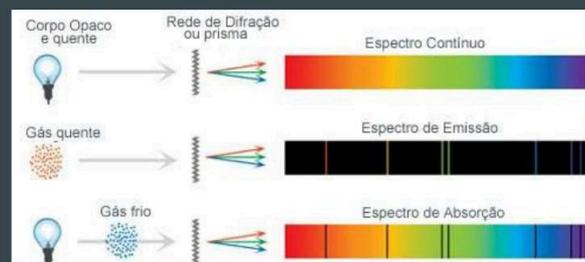
## História da espectroscopia

- Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899) desenvolveu um equipamento capaz de realizar queima de gás de maneira controlada;
- Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) e Bunsen, utilizando da invenção de Bunsen obtiveram novas constatações sobre os espectros de luz visível



## História da espectroscopia

- Quando a luz de um corpo luminoso é decomposta, forma um espectro contínuo;
- A luz de um gás excitado decomposta apresenta um espectro de emissão, ou seja, apenas algumas linhas coloridas, que correspondem aos comprimentos de onda emitidos pelo gás em questão;
- Um espectro de absorção é formado quando uma luz proveniente de um corpo luminoso atravessa um gás frio, e alguns comprimentos de onda são “absorvidos” pelo gás



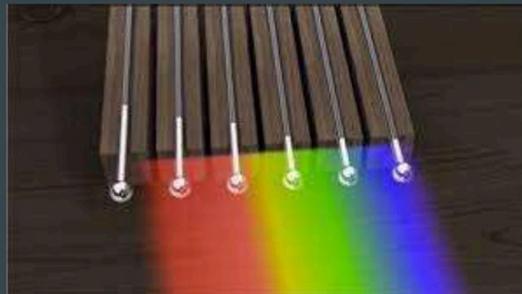
## História da espectroscopia

- Em 1868 Joseph Norman Lockyer (1836-1920) e Pierre-Jules-César Janssen (1824-1907) notaram um elemento desconhecido na atmosfera do sol pelo seu espectro. Esse elemento foi batizado de Hélio;
- 27 anos depois o mesmo elemento foi notado na terra



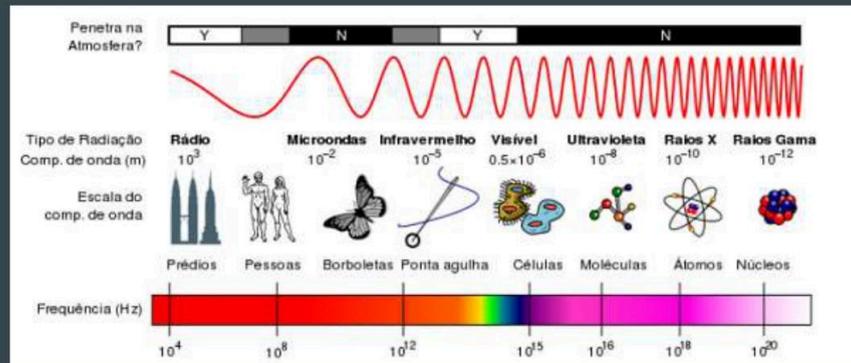
## História da espectroscopia

- as cores carregam diferentes níveis de energia, isso pode-se notar com um termômetro, como fez William Herschel, ainda em 1800



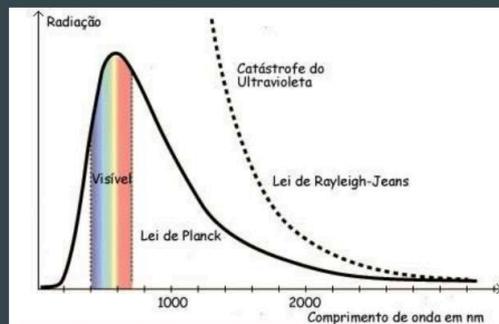
# História da espectroscopia

- Ondas eletromagnéticas



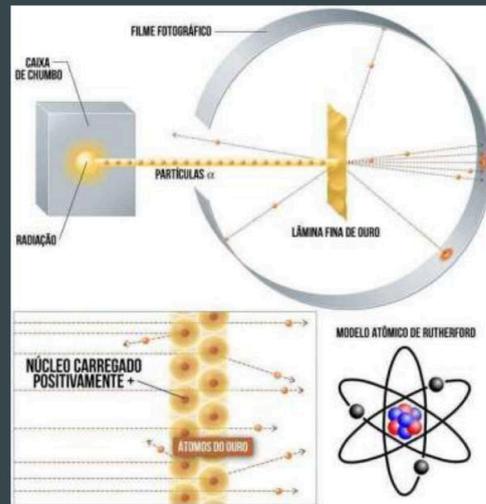
# História da espectroscopia

- O estudo da luz como onda eletromagnética apresentava alguns problemas, até que Max Planck (1858-1947) propôs que a energia era emitida em pequenos pacotes (quantum)



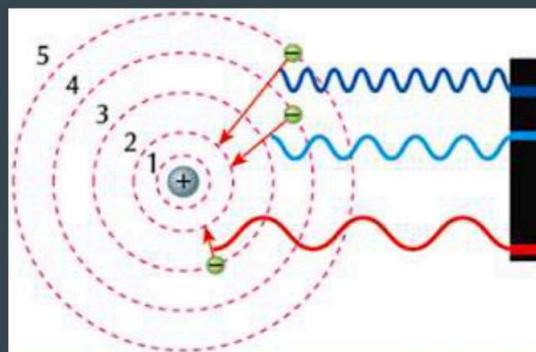
## História da espectroscopia

- Ernest Rutherford (1871-1937) conduziu um experimento para estudar a natureza física dos átomos, e notou que são compostos por grandes espaços vazios e um núcleo positivamente carregado
- Niels Bohr (1885-1962) apoiado nos conhecimentos de eletromagnetismo e natureza das partículas que já se tinha até então, e no experimento de Rutherford, aprofundou-se no estudo teórico do átomo



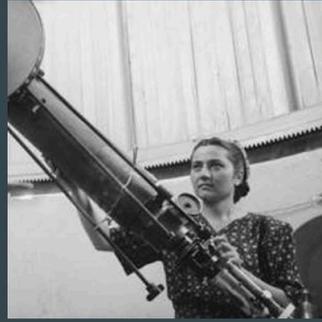
## História da espectroscopia

- Quando um átomo recebe energia seus elétrons passam para uma camada de maior energia, no momento em que retornam para sua camada de origem ele libera parte dessa energia em forma de radiação

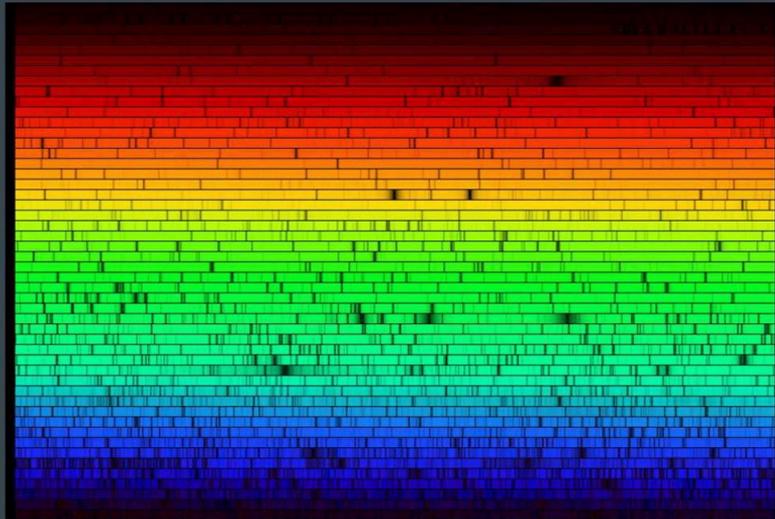


## História da espectroscopia

- Entre 1885 e 1927 as “computadoras de Harvard” observaram e catalogaram diversas nebulosas e estrelas, além de desenvolverem métodos de determinação de grandes distâncias;
- Cecilia Payne-Gaposchkin (1900-1979), em 1925 foi ridicularizada por defender a ideia de que o sol é composto por hélio e hidrogênio. Anos depois seu orientador recebeu méritos pelas mesma constatação



## espectro do sol



## Referências

<https://languages.oup.com/google-dictionary-pt/>

(significado no 1º slide)

### 7. Referências:

NETO, Jonas Guimarães Paulo; DE OLIVEIRA, Antônio Nunes; SIQUEIRA, Marcos Cirineu Aguiar. Ensino de Física moderna e contemporânea no Ensino Médio: o que pensam os envolvidos?. **ScientiaTec**, v. 6, n. 1, p. 65-89, 2019.

MOURA, Fábio Andrade de; VIANNA, Pedro Oliveira. O Ensino de Física Moderna baseado no filme Interestelar: Abordagem didática para a aprendizagem significativa. **Research, Society And Development**, v. 8, n. 3, p. 01-16, 2019

FRANÇA, Gustavo Henrique de; LOPEZ, Johnny Vilcarromero. Experimento de baixo custo para o ensino de física óptica: o caso da Lei de Malus. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 44, 2022

SANTANA, Fabio Bartolomeu; DOS SANTOS, Paulo José Sena. Espectroscopia e modelos atômicos: uma proposta para a discussão de conceitos de Física Moderna no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 555-589, 2017.

SILVA, José Carlos Xavier; LEAL, Carlos Eduardo dos Santos. Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, 2016.

TAHA, Marli Spat et al. Experimentação como ferramenta pedagógica para o ensino de ciências. **Experiências em ensino de ciências**, v. 11, n. 1, p. 138-154, 2016

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**; tradução: Trieste Freire Ricci ; revisão técnica: Maria Helena Gravina. – 12. ed. – Porto Alegre : Bookman, 2015.

Cecilia Payne e as Computadoras de Harvard: As mulheres que desvendaram o segredo das estrelas. **Torta de Maçã Primordial**, 2018. Disponível em: <https://www.blogs.unicamp.br/tortaprimordial>. Acesso em 19 de Abril de 2023.