



**UNICAMP**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE FÍSICA GLEB WATAGHIN  
**RELATORIO FINAL**

F 609 – Tópicos de Ensino de Física I



# ESPECTRO DO ATOMO DE SÓDIO POR ELETRICIDADE

Guilherme de Souza Tavares de Moraes, RA: 146293

Orientador: Prof. Dr. Pedro Antônio Muniz Vazquez, [vazquez@igf.unicamp.br](mailto:vazquez@igf.unicamp.br)

Coordenador: Prof. Dr. José Joaquim Lunazzi

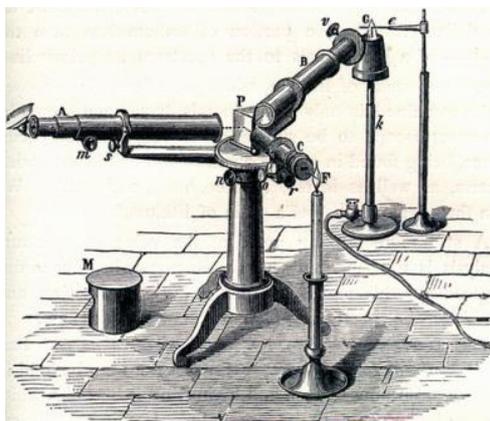
Campinas, 2018

## Introdução

Antes mesmo da formulação da mecânica quântica, já era conhecido à característica dos átomos de possuírem um espectro de emissão, que possuía comprimentos de onda característicos que eram usados para fazer identificação qualitativa de materiais. Na verdade pode-se dizer que a espectroscopia começou com os experimentos de óptica de Isaac Newton de decomposição da luz branca por um prisma, descrevendo de forma adequada o fenômeno.

Em 1752 Thomas Melvill em uma palestra descreveu o que foi visto como o primeiro teste de chama, onde ele colocava diferentes sais em uma chama e com o auxílio de um prisma observou que havia uma linha amarela sempre no mesmo lugar, que foi atribuída ao sódio que estava presente como impureza em todos os sais estudados<sup>[1]</sup>.

No entanto pode-se dizer que a atribuição sistemática de espectros de elementos químicos começou na década de 1860 com o trabalho do físico alemão Gustav Kirchhoff e do químico Robert Bunsen. Nos seus trabalhos eles começaram a estabelecer uma relação entre o padrão espectral observado com elementos químico, permitindo a espectroscopia ser uma técnica de análise<sup>[2]</sup>.



**Figura 1.** Espectroscópio de Kirchhoff e Bunsen<sup>[3]</sup>.

Essa técnica permitiu estudar o espectro solar, onde pode ver a existência ou inexistência de outras linhas correspondendo à ausência de alguns comprimentos de onda e pode-se atribuir a existência de certos elementos no Sol. No entanto só com o desenvolvimento da mecânica quântica e da teoria atômica que foi possível explicar de forma quantitativa os espectros atômicos.

Os espectros atômicos de linha tem sido utilizados em muitos livros didáticos para introduzir o modelo atômico de Bohr e o átomo de hidrogênio, e o experimento do picles elétrico apresentado nesse projeto pode ser utilizado para explicar conceitos simples por trás da emissão atômica tanto em um nível médio quanto em um nível superior.

## Objetivos

O projeto tem por objetivo desenvolver um experimento que é possível verificar a emissão do espectro de sódio, caracterizado pela luz amarela, através de um picles, servindo para explicar os princípios gerais por trás de uma emissão atômica.

## Materiais utilizados

- Placa de Petri.
- Picles em conserva.
- Varivolt.
- Fios metálicos.



**Figura 2.** Picles em conserva.



**Figura 3.** Varivolt.

## Montagem

Em uma placa de Petri é colocado um Picles em conserva que pode ser comprado em supermercados.

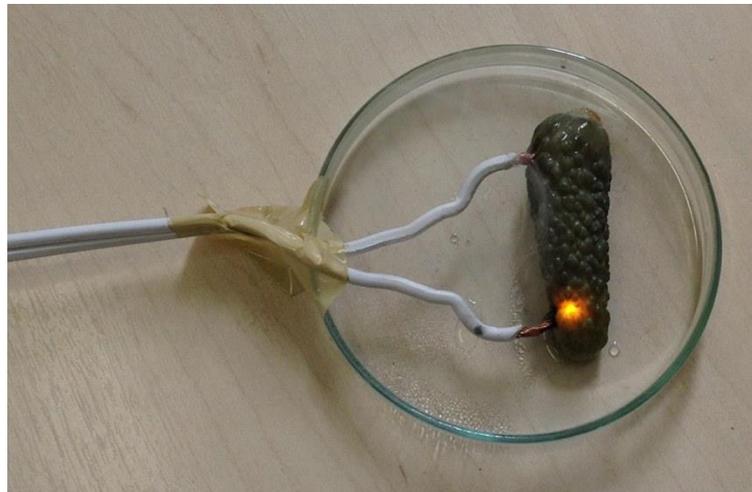
Dois fios metálicos, conectados ao Varivolt são colocados nas extremidades do Picles e ligado a tensão, iniciando em tensões baixa e aumentando gradativamente.

Observa-se que o Picles começa a emitir a luz amarela em uma das extremidades quando a tensão aplicada no Picles é aproximadamente 100V.

Nas figura abaixo é mostrado o Picles antes dos 100V, não emitindo luz alguma e após os 100V emitindo a luz amarela da linha D do sódio.



**Figura 4.** Picles sob uma tensão inferior a 100V aproximadamente.



**Figura 5.** Luz emitida pelo átomo de sódio em um Picles, após a aplicação de uma tensão superior a 100 V.

### Segurança no experimento

Este experimento pode causar ferimentos graves se as precauções não forem seguidas corretamente.

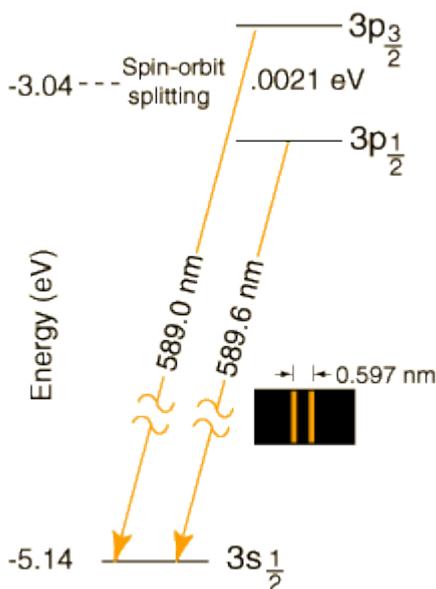
- Ao final do experimento os picles não devem ser consumidos, e os mesmos devem ser descartados adequadamente.
- A eletricidade pode causar ferimentos graves ou morte, portanto deve-se realizar o procedimento experimental sempre com a supervisão de algum responsável e deve ser realizado de forma atenciosa.
- O Varivolt não deve ser conectado à tomada elétrica durante a manipulação do picles.
- Óculos de segurança devem ser usados em todos os momentos.

## Discussão

A emissão de luz nesse experimento depende da luminescência induzida eletricamente de picles para produzir a emissão da linha D amarela do sódio.

Em 1817 investigando os espectros solares, Fraunhofer observou muitas linhas "escuras". Fraunhofer designou as linhas escuras mais intensas com letras, começando com a letra "A" na extremidade vermelha do espectro. Ele notou que a linha escura "D" no espectro solar correspondia em comprimentos de onda à luz amarela brilhante observada no espectro de uma lâmpada. Logo após essa descoberta, essas linhas escuras no espectro solar ficaram conhecidas como linhas de Fraunhofer. Kirchhoff em 1859 investigando espectros de chama de sais metálicos, concluiu que a linha "D" era devida ao sódio na atmosfera do Sol. Assim, a emissão amarela do sódio perto de 589 nm tem sido chamada historicamente pela nomenclatura de Fraunhofer como a linha D do sódio.

Sabe-se agora que a intensa emissão amarela de sódio é, na verdade, um par de linhas espaçadas muito próximas em 589.0 nm e 589.6 nm, comumente chamadas de duplete da linha D. Estas linhas surgem devido a transições dos estados excitados  $3p\ ^2P_{1/2}$  (589.6 nm) e  $3p\ ^2P_{3/2}$  (589.0 nm) do sódio para o estado fundamental,  $3s\ ^2S_{1/2}$ .

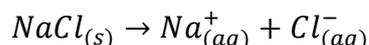


**Figura 3.** Transições energéticas responsáveis pelo duplete D amarelo do sódio<sup>[4]</sup>.

O picles em conserva nada mais é que o pepino imenso em uma solução de cloreto de sódio, chamada de salmoura, que impede o crescimento microbiano por mais tempo. Utilizar o picles em conserva é melhor que utilizar um pepino imenso em uma solução de cloreto de sódio, porque o picles em conserva possui uma

concentração maior de cloreto de sódio em seu interior e tem uma distribuição mais homogênea adquirida com o tempo de conserva.

A solução de cloreto de sódio, é formada pela dissolução de NaCl em água, formando os íons sódio e cloreto, que estão presentes ao longo do pickles, e pode ser representado por



Embora esteja presente os íons  $Na_{(aq)}^{+}$  em solução, é o átomo  $Na^0$  o responsável pela linha D amarela. Em base de dados espectroscópicos é possível encontrar que as linhas de transições do íon sódio ocorrem em 300.15, 372.08, 3092.73, e 3285.60 Å caindo na região do ultravioleta e portanto não são visíveis a olho nu<sup>[5]</sup>. As linhas de transições atômicas do átomo de sódio que caem na região do visível são justamente o dubleto D amarelo<sup>[6]</sup>.

O pickles se comporta como um diodo emissor de luz (LED), logo é necessário uma tensão mínima para que ele comece a emitir luz, que no caso do LED de pickles é em aproximadamente 100V. Observa-se também que a emissão é em apenas uma das extremidades, e uma possível explicação é que a primeira corrente que passa pelo pickles concentra os ions  $Na_{(aq)}^{+}$  em uma extremidade e os íons  $Cl_{(aq)}^{-}$  na outra, e como a luminescência é criada pela excitação do átomo de sódio, apenas na extremidade onde o  $Na_{(aq)}^{+}$  se acumula irá brilhar, e essa extremidade é impossível de ser prevista. Vale lembrar que essa explicação é válida assumindo que os ions  $Na_{(aq)}^{+}$  e  $Cl_{(aq)}^{-}$  estejam distribuídos uniformemente ao longo de todo o pickles, no entanto sabe-se que há regiões com maior concentração de um íon em relação ao outro e será a região com maior concentração de  $Na_{(aq)}^{+}$  que será a iluminada.

Assim, a passagem de corrente elétrica reduz os íons  $Na_{(aq)}^{+}$  da região mais concentrada a átomos  $Na^0$  e quando a tensão mínima para que ocorra a transição é atingida o elétron é excitado e ao decair emite a luz amarela.

Tentou-se no projeto obter o espectro do átomo de sódio para que possa mostrar que a luz emitida é formada pela banda D, utilizando CDs como rede de difração<sup>[7]</sup>. O CD convencional que é feito em um processo de prensagem, e possui duas camadas, uma de laqueamento que existe para a proteção dos dados gravados no CD e o policarbonato que consiste em uma camada plástica onde estão situados os sulcos difratores. Para separar as camadas cortou-se a borda do CD onde as duas camadas estavam aderidas, conseguindo separar o policarbonato que havia uma camada azul de fitohalocianino que deixava ele um pouco azulado.

Ao iluminar o CD (camada de policarbonato) com uma pequena fonte de tamanho pequeno se observa a formação de uma linha radial com o espectro de luz visível, conseqüente do espalhamento por difração. O ângulo que essa linha faz

depende da posição do observador. Esperaria que a luz emitida pelo picles formasse o espectro do átomo de sódio no CD, inclusive o Prof. Lunazzi, coordenador do projeto, viu o espectro branco com forte intensidade no amarelo, no momento de mais intensidade, e somente amarelo ao perder brilho. No entanto não foi possível fazer tal registro fotográfico.

O bolsista Juan F. Serighelli ajudou na tentativa de fotografar o espectro, montando o experimento e colocando uma câmera fotográfica para filma a luz que aparece no picles, mas encontraram-se algumas dificuldades, como achar o posicionamento exato do CD para que possa ser visto o espectro pois o posicionamento depende do observador e a posição em que o espectro era visto por quem variava o ângulo do CD não era a mesma em que era visto pela câmera. O fato da extremidade em que aparecerá a emissão amarela ser aleatória, não foi possível fixar o CD para obter a imagem, e o picles tem um tempo médio de emissão de 1 minuto que impedia ao achar a posição de utilizar o mesmo picles por ter consumido todo o sódio responsável pela emissão.

A imagem abaixo representa o espectro fotografado que era visto no CD, mas não é possível ver a forte intensidade no amarelo, e como havia outras fontes de luz na sala não pode-se atribuir tal espectro a luz emitida pelo sódio pois o mesmo também aparecia mesmo quando o picles não estava emitindo luz. Tentou-se realizar o experimento no escuro total e foi observado o mesmo que o professor Lunazzi mas não foi possível fazer o registro pois a câmara não conseguia focar já que o ambiente estava todo escuro.



**Figura 4.** Espectros observado no CD durante a emissão da luz amarela pelo picles.

Vale destacar também que o espectro observado é dependente da pressão. Abaixo temos as imagens obtidas de um espectro de uma lâmpada de sódio de

baixa pressão e de uma lâmpada de sódio de alta pressão. No espectro de baixa pressão (Figura 5), a banda intensa de cor laranja (à esquerda) é a emissão da linha D do sódio atômico, a qual corresponde a cerca de 90% da luz visível emitida por este tipo de lâmpada. No espectro de alta pressão, a banda alaranjada (à esquerda) corresponde à linha D da emissão do sódio; a linha azul-turquesa é também emitida pelo sódio, sendo neste caso bem mais intensa do que a emissão nas lâmpadas de baixa pressão. Essa característica de mudança do espectro dependendo da pressão é algo pouco citado, e foi destacado pelo Prof. Lunazzi com excelência, e justificando a observação do espectro branco com forte intensidade no amarelo, no momento de mais intensidade de emissão do picles.



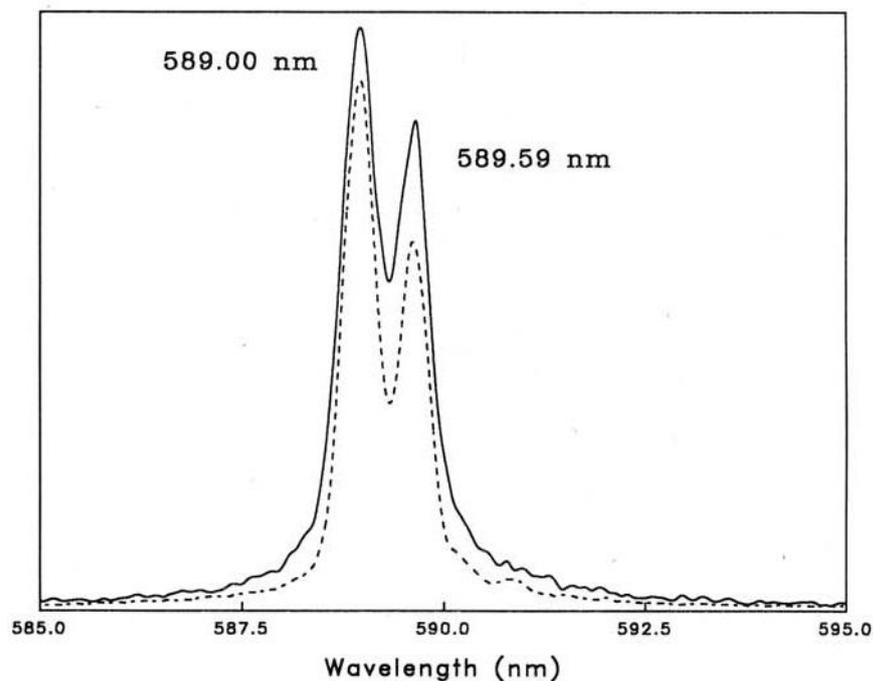
**Figura 5.** Espectro da luz emitida por uma lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão.



**Figura 6.** Espectro da luz emitida por uma lâmpada de vapor de sódio de alta pressão.

Procurou-se sempre tomar cuidado com a alta tensão utilizada e mesmo após inúmeras tentativas, embora em alguns momentos fosse possível observar o espectro, não foi possível fazer o registro fotográfico do mesmo. A utilização do CD para a observação do espectro do picles é inédito e um trabalho mais aprofundado pode ser feito para conseguir fazer tal registro e melhorar a técnica experimental.

Para completar o projeto foi feita uma revisão bibliográfica sobre a emissão da luz amarela pelo picles, e foi encontrado um artigo onde o autor obteve o espectro obtido pelo NaCl a partir de um teste de chama e o espectro emitido pelo picles, o espectro está reproduzido abaixo<sup>[8]</sup>, e o aparato experimental utilizado para obtenção do espectro é semelhante ao utilizado nesse experimento. A partir do espectro é possível confirmar que a luz emitida pelo picles é o duplete D do átomo de sódio.



**Figura 7.** Espectros de emissão do sódio na faixa 585-695 nm. A linha tracejada devido a um teste de chama com NaCl. A linha sólida é devido à emissão de sódio de um picles<sup>[8]</sup>.

### Conclusões

Embora um tubo de descarga de hidrogênio produza um espectro de emissão atômica simples, o experimento de passagem de uma corrente elétrica através de um picles produzindo a luz amarela característica da emissão do átomo de sódio, é muito mais acessível e mais dramático em uma demonstração de emissão atômica. Assim o experimento do “Espectro do Átomo de Sódio por Eletricidade” pode ser utilizado facilmente em demonstrações tanto em um nível médio quando no ensino superior e permite a exploração outros conceitos físicos e químicos como processos redox e LED.

### Agradecimento

Agradeço ao professor Lunazzi pelas discussões ao longo do desenvolvimento do projeto e por proporcionar a possibilidade de trabalhar com matérias de fácil acesso para obtenção de espectros. Agradeço também ao Juan F. Serighelli por ajudar na tentativa de fotografar o espectro do átomo de sódio no CD.

## Referencia

[1] <http://adsabs.harvard.edu/full/1914JRASC...8..231M>

Nesse link é apresentado o trabalho de Thomas Melvill descrevendo pela primeira vez o espectro de emissão do átomo de sódio.

[2] <http://www.ifsc.usp.br/~donoso/espectroscopia/Historia.pdf>

Nesse link tem-se uma apresentação do Prof. Dr. José Pedro Donoso do Instituto de Física de São Carlos contando a historia da espectroscopia.

[3] - <https://www.ucm.es/museo geo/espectroscopio-de-bunsen-y-kirchhoff>

Nesse link é mostrada fotos dos primeiros espectroscópios e um esquema dos mesmos.

[4] - <http://hydrogen.physik.uni-wuppertal.de/hyperphysics/hyperphysics/hbase/quantum/sodzee.html#c1>

Nesse link é possível encontrar o diagrama de transições energéticas responsáveis pelo dubleto D amarelo do sódio e uma explicação.

[5] - <https://physics.nist.gov/PhysRefData/Handbook/Tables/sodiumtable4.htm>

Nesse link encontra-se as linhas de transição do íon  $Na^+$ .

[6] - <https://physics.nist.gov/PhysRefData/Handbook/Tables/sodiumtable3.htm>

Nesse link encontra-se as linhas de transição do íon  $Na^0$ .

[7] -

[https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530\\_F590\\_F690\\_F809\\_F895/F809/F809\\_sem1\\_2002/995025Daniel-Lunazzi-FigueroaRF.pdf](https://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2002/995025Daniel-Lunazzi-FigueroaRF.pdf)

Relatório de F809 sob orientação do professor Lunazzi mostrando a possibilidade de obtenção de um espectro a partir do CD.

[8] - Jeffrey R. Appling, Fredrick J. Yonke, Richard A. Edgington, and Steve Jacobs, Sodium D line emission from pickles, *J. Chem. Educ.*, 1993, **70** (3), p 250.