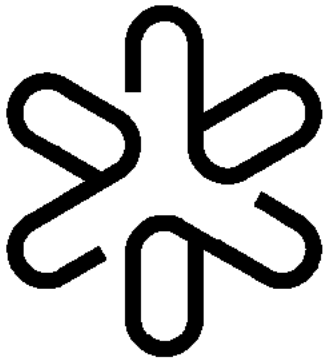


Universidade de São Paulo
Instituto de Física

Física Aplicada
Aula 10

Profa. Márcia de Almeida Rizzutto

Edifício Oscar Sala – sala 220

rizzutto@if.usp.br

Página do curso:
https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=67084

1° Semestre de 2019 **2 maio de 2019**

Física Clássica x Moderna

Evidências experimentais que sugeriram a divisibilidade do átomo - existência de uma subestrutura (no entanto só compreendido no século XX)

1857 – Tubos de raios catódicos. Descargas elétricas em gases produzidos entre eletrodos metálicos

1887 – Hertz descobre o efeito fotoelétrico

1895 – W. Röntgen Descoberta dos raios X

1897 – Thomson descobriu o elétron Madame Curie medidas quantitativas - descobre o Tório (Th) - Radioatividade

1899 – Rutherford caracteriza dois tipos de partículas alfa (α) e beta (β).

1900 – Villard encontrou uma terceira componente (radiação γ) - poder de penetração muito maior

1900 – Planck explica a distribuição espectral da radiação emitida pelo corpo negro

1902 – Pierre e Madame Curie mostraram que os raios β são elétrons

1905 – Einsten e Teoria da Relatividade

1908 – Rutherford mostra que a radiação α é equivalente ao elemento He.

1909 – Medidas de Carga Elétrica do Elétron – R. A. Millikan

1910 – Experiência de espalhamento de Rutherford

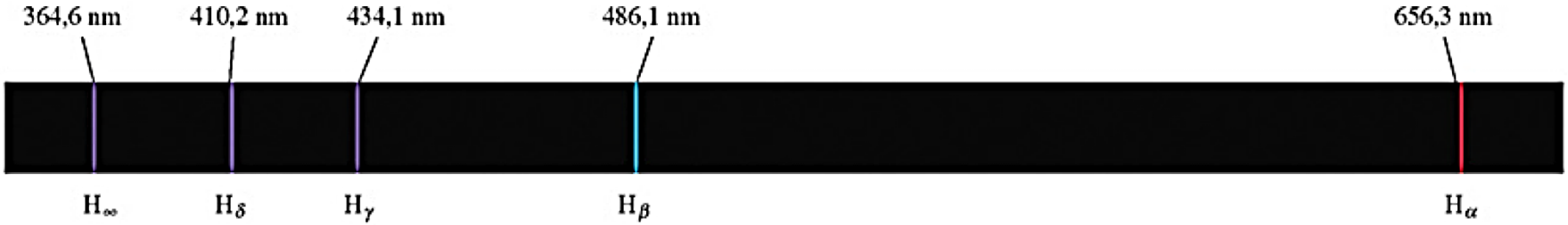
1913 – Modelo atômico de Bohr

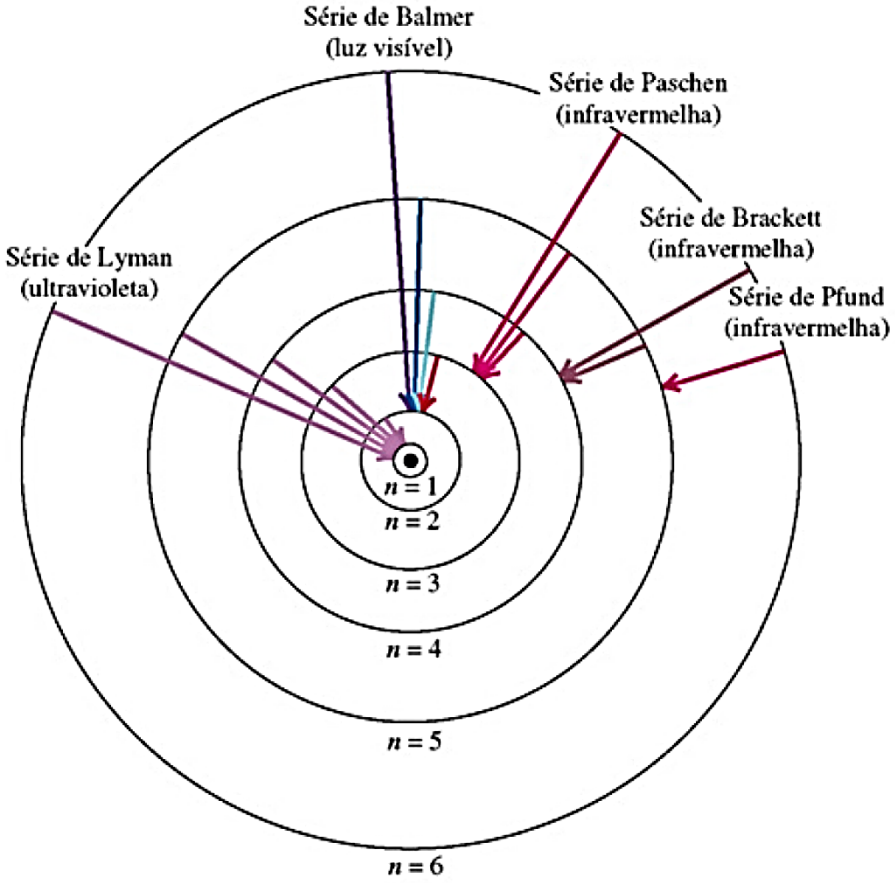
1923 – Explicação do espalhamento Compton

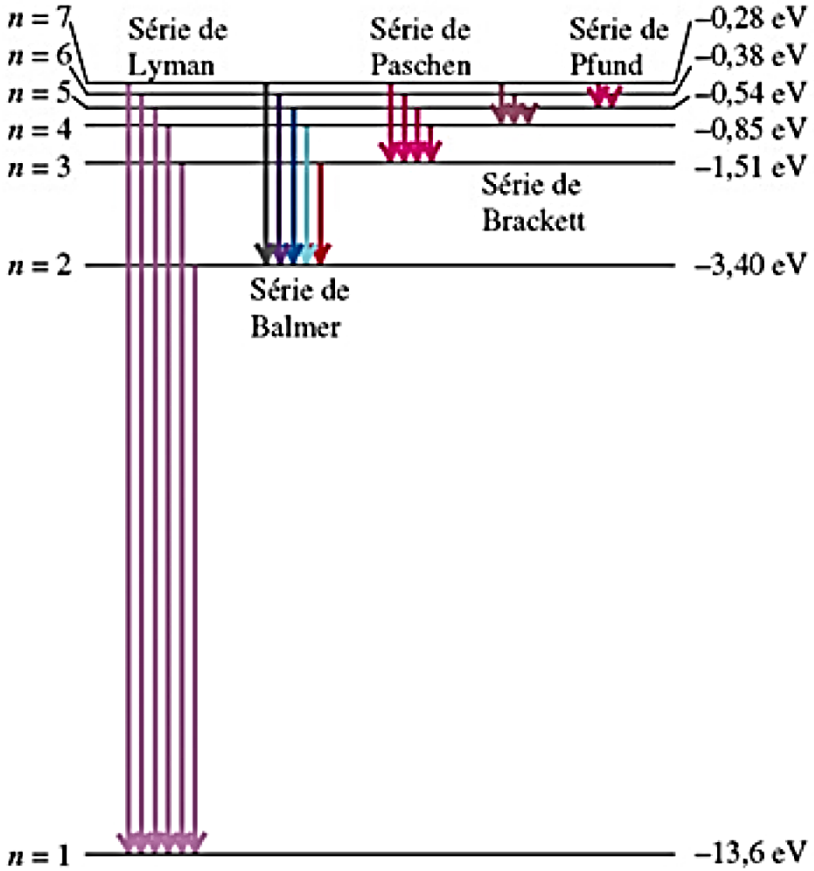
1924 – Ondas de De Broglie

1926 – Equação Schrödinger

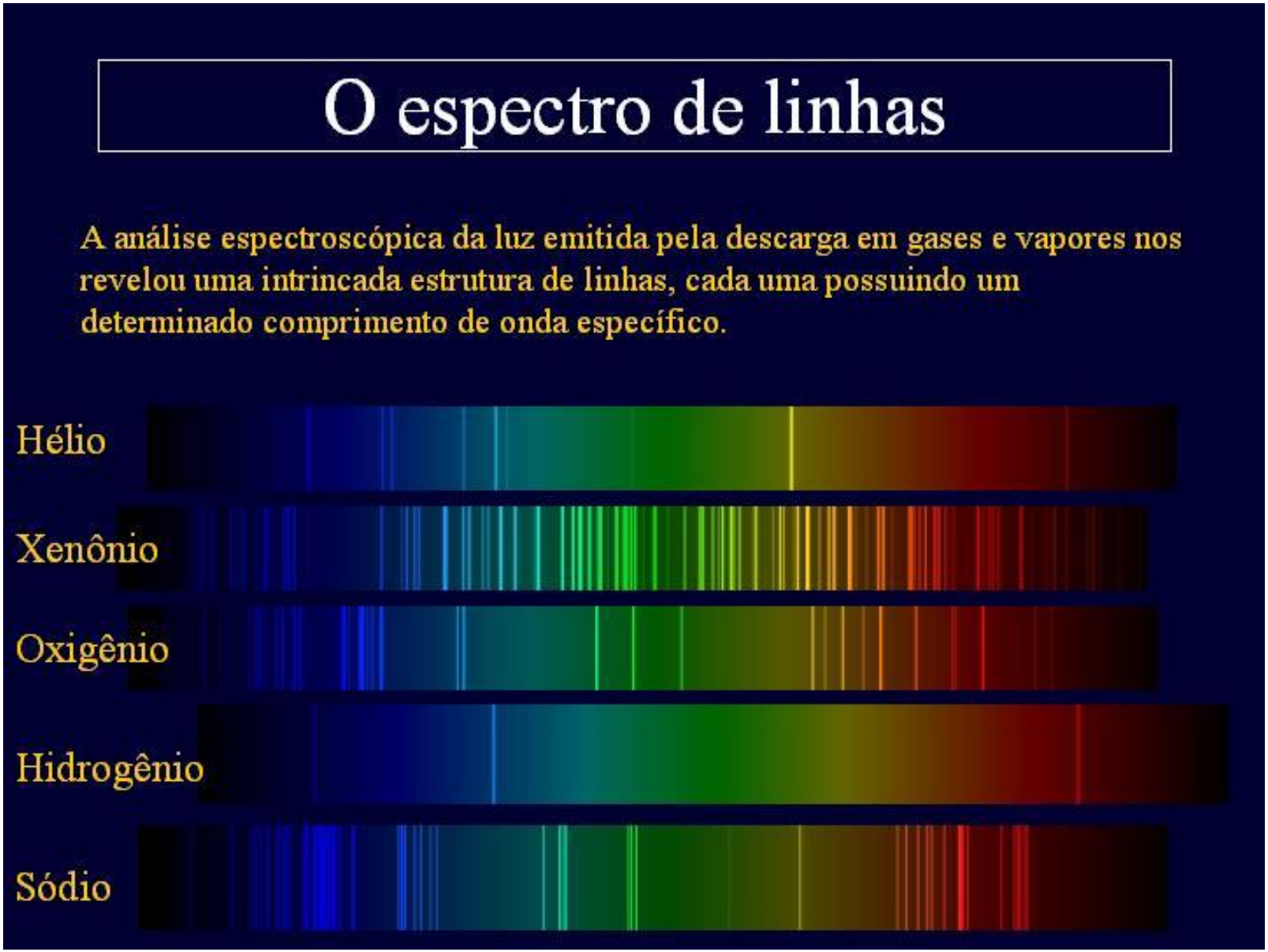
Átomo de Hidrogênio – Espectros de emissão







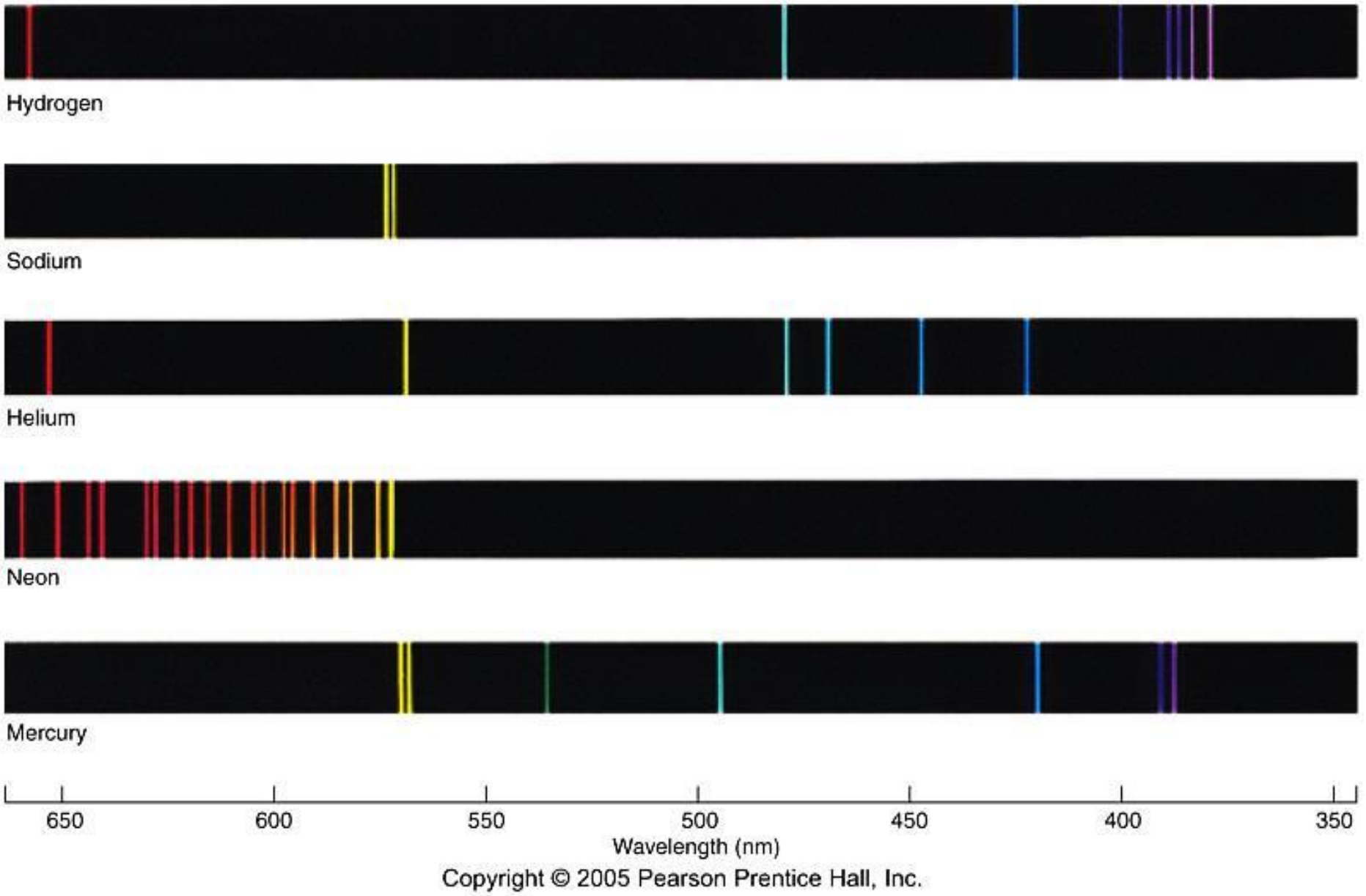
Espectro de emissão de alguns elementos químicos



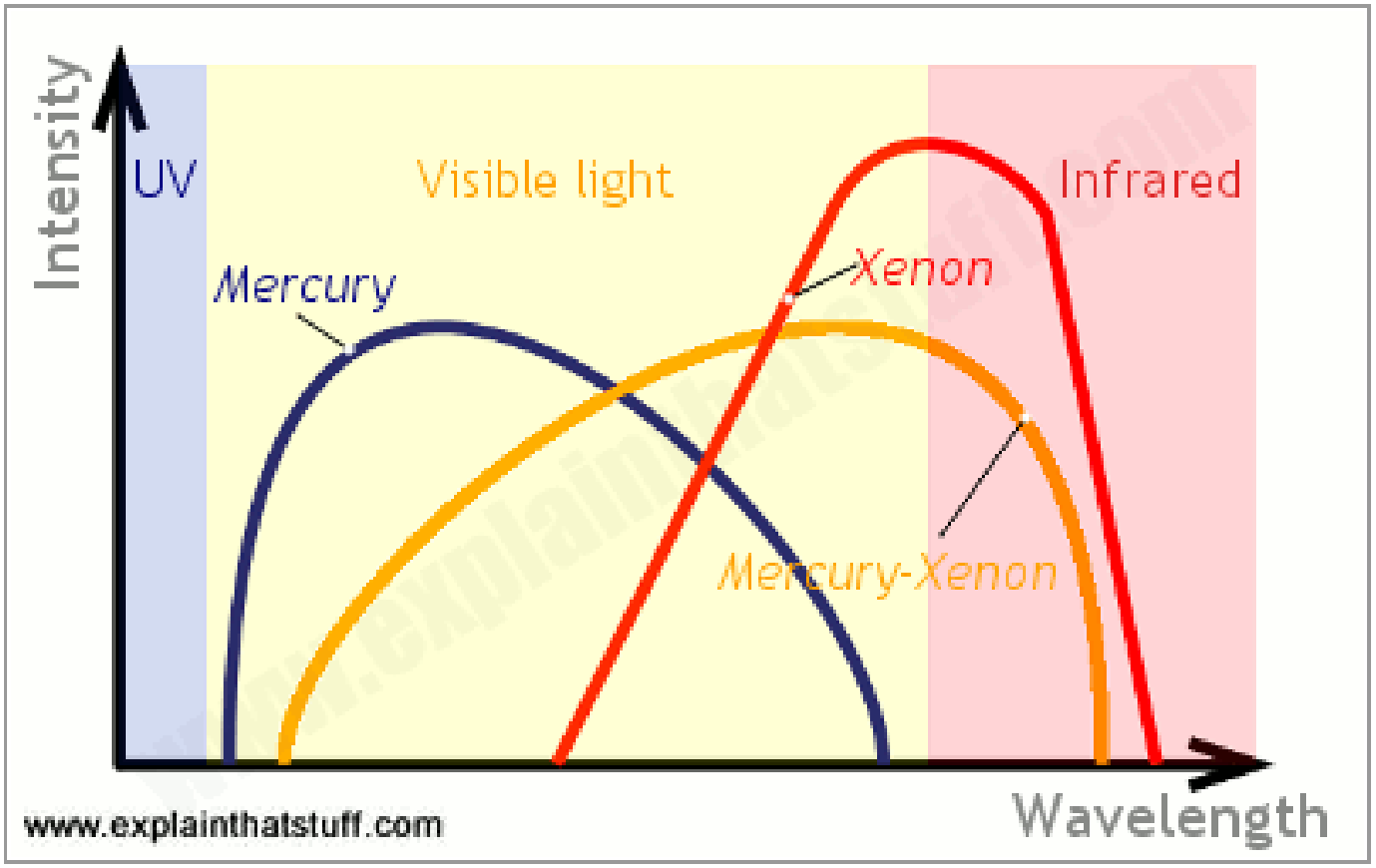
http://www.labdid.if.usp.br

http://physics.uoregon.edu/~jimbrau/astr122/notes/chapter3_4.html

Espectro de emissão de alguns elementos químicos



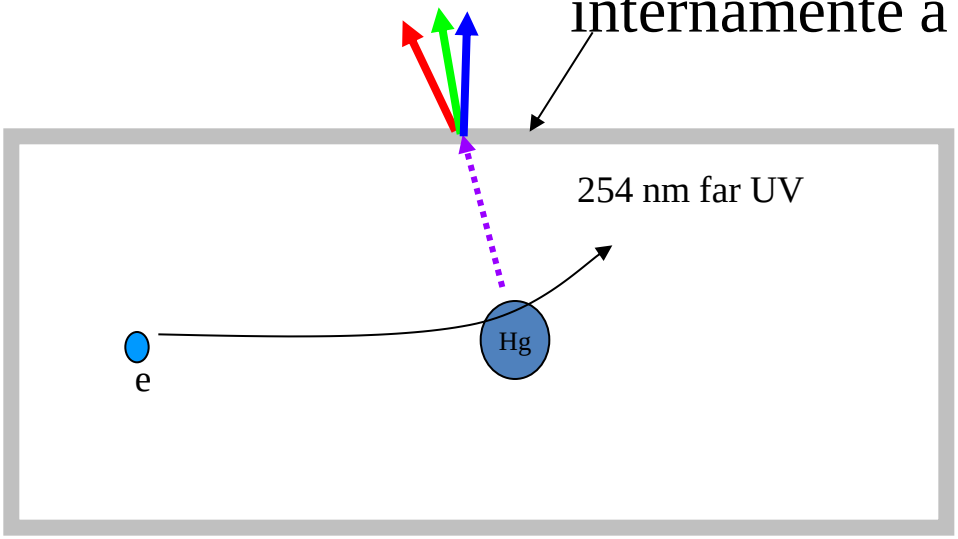
Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

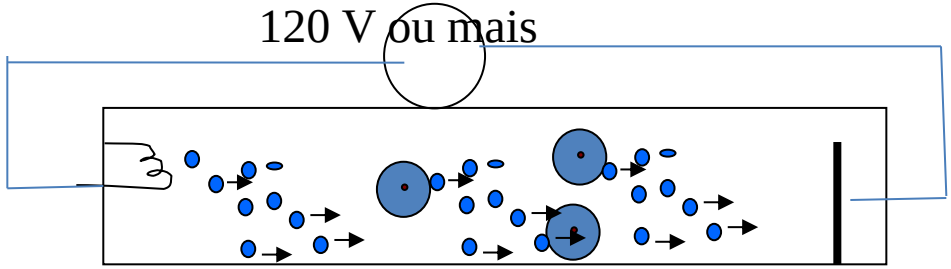

Intensity
UV
Visible light
Infrared
Mercury
Xenon
Mercury-Xenon
Wavelength
www.explainthatstuff.com

Aplicações: emissão de luz

Lâmpada Fluorescente: converte luz UV em luz visível mediante a existência de uma camada de fósforo. Fósforo bloqueia toda a radiação UV

Camada de fósforo reveste internamente a lâmpada





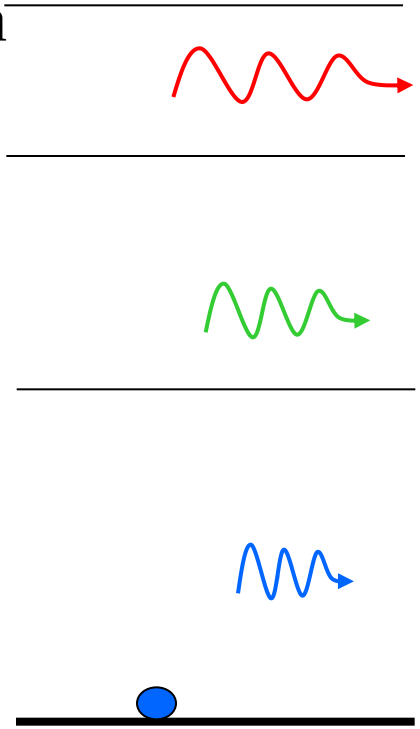
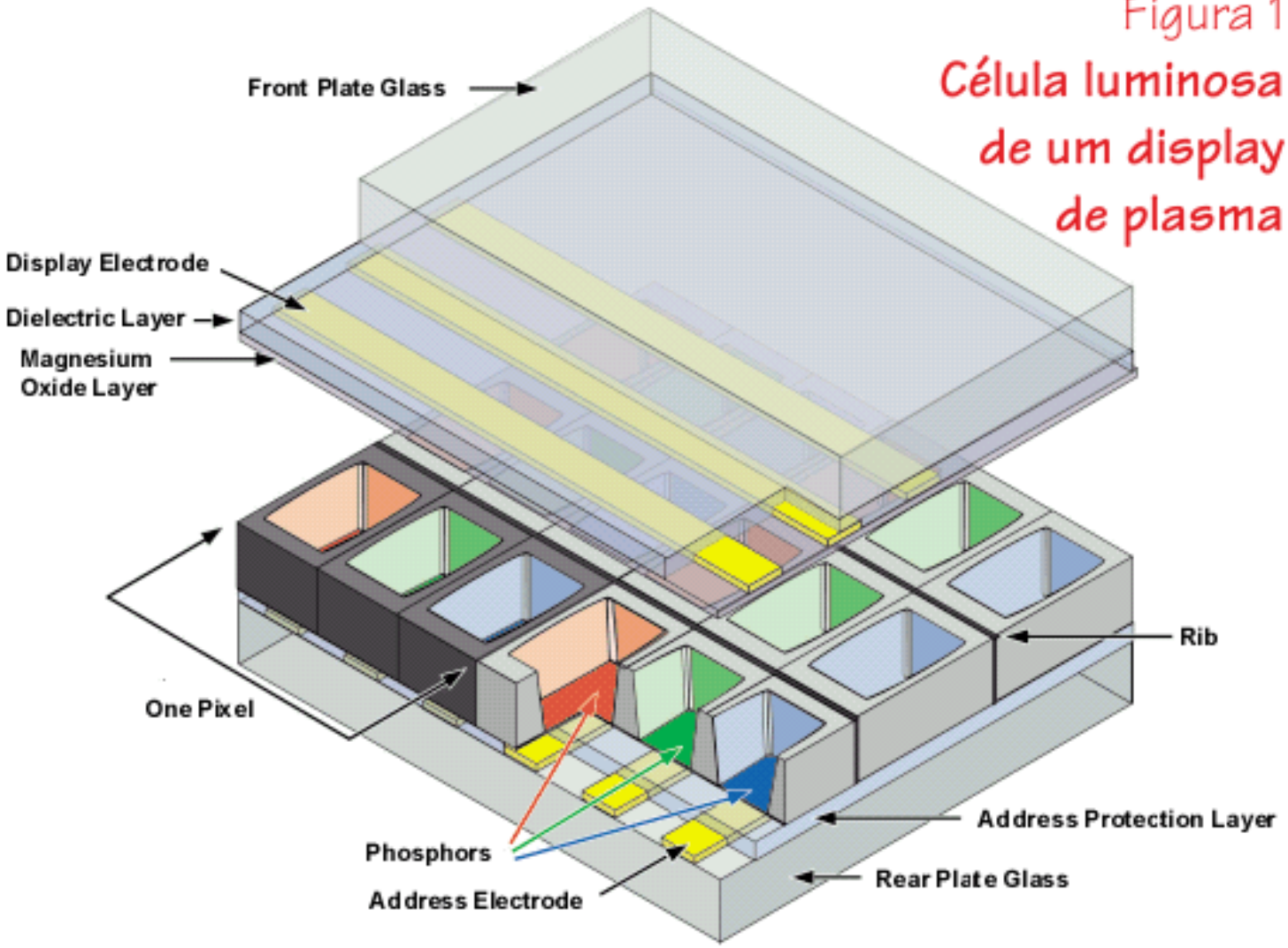


Diagrama de energia em uma molécula de fósforo

Aplicações: TV de Plasma

Figura 1
Célula luminosa de um display de plasma



Na tecnologia de plasma a tela plana é composta de centenas de milhares de células individuais de pixel, que permitem que os pulsos elétricos (decorrentes de eletrodos) possam excitar gases naturais raros, geralmente Xenon e/ou neon, fazendo-os brilhar e produzir luz. Esta luz acende-se equilibrando os fósforos Vermelho, Verde ou Azul contido em cada célula para exibir a sequência de cor adequada a partir da luz

www.revistapnp.com.br

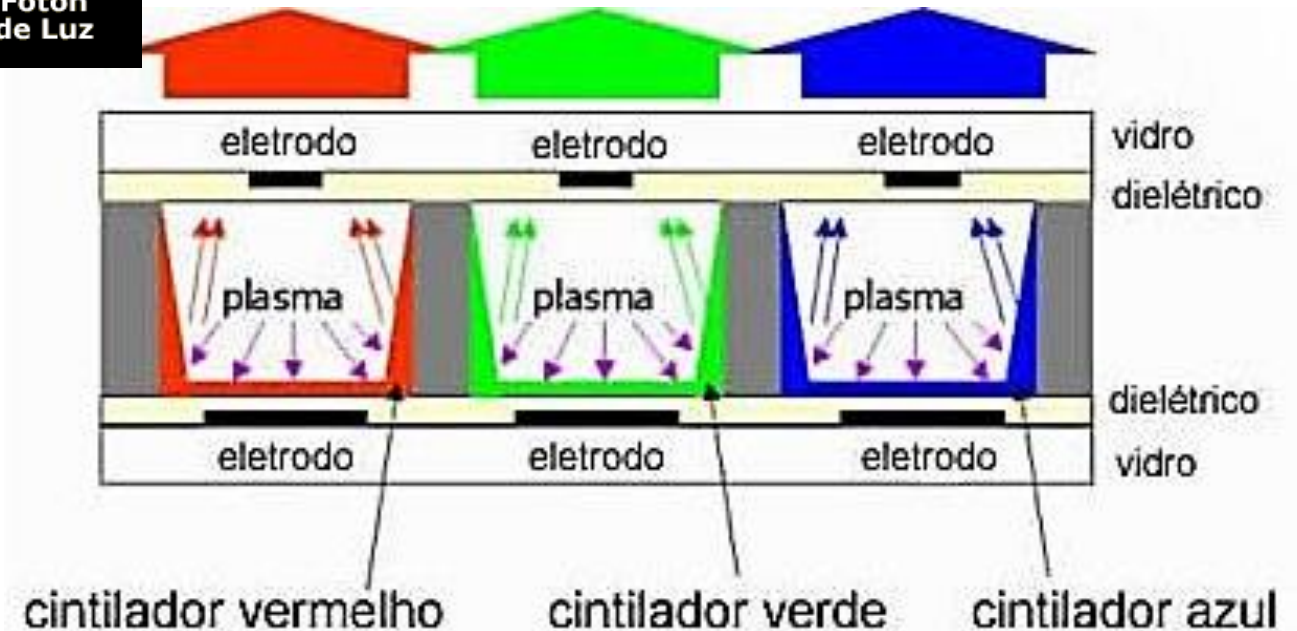
Aplicações: TV de Plasma

2 Cada pixel é formado por três subpixels, também chamados de células. Cada célula é preenchida com fósforo e pigmentos

3 Preenchido com gases nobres como xenônio e neônio, cada subpixel fica em invólucros lacrados a vácuo entre placas de vidro

Cada célula pixel é essencialmente uma lâmpada fluorescente microscópica individual,

4 Ao serem incitados pela corrente elétrica do processador de imagens da TV, esses gases produzem luz ultravioleta que, em contato com uma camada do elemento fósforo, tornam-se visíveis ao olho humano



Aplicações: emissão de Luz

Aplicações: emissão de Luz Minerais

PRODUÇÃO DA LUMINESCÊNCIA

A luminescência nos minerais é **fraca** e geralmente só pode ser observada em **ambiente escuro.**

A PRODUÇÃO DA LUMINESCÊNCIA É O RESULTADO DA:

ABSORÇÃO DE ENERGIA PELOS ÍONS

+

E A SUA LIBERAÇÃO NA FORMA DE LUZ

Em outras palavras:

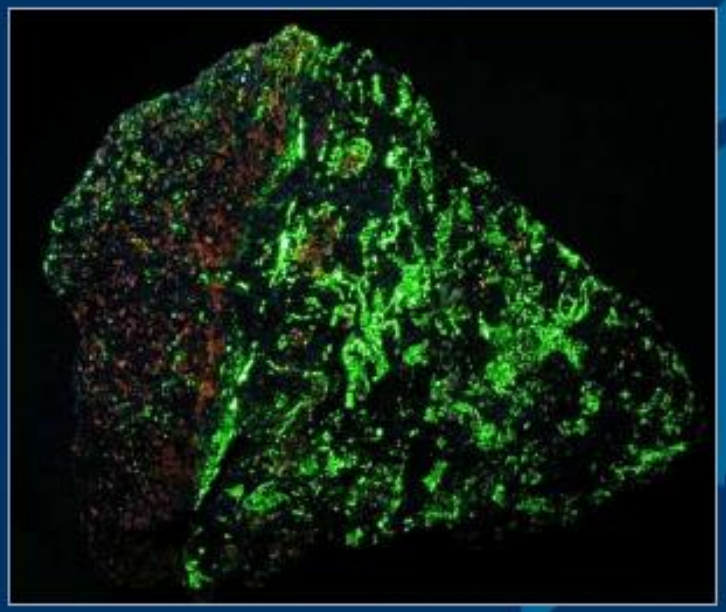
O mineral absorve uma forma de energia e reemite-a como luz visível

Aplicações: emissão de Luz Minerais

PRODUÇÃO DA LUMINESCÊNCIA

ÍONS ATIVADORES

Willemita (Zn_2SiO_4) ⇨ íon ativador Mn^{2+} ⇨ substitui o Zn^{2+}



Isto explica o fato de que a willemita de Franklin, New Jersey (EUA), apresenta fluorescência.

As willemitas de outras localidades que não apresentam Manganês, não mostram este fenômeno.

Aplicações: emissão de Luz Minerais

PROCESSOS DE GERAÇÃO E TIPOS DE LUMINESCÊNCIA

2. AQUECIMENTO ⇨ TERMOLUMINESCÊNCIA

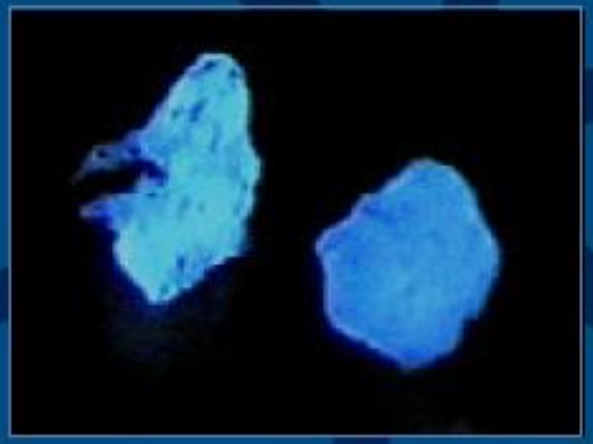
Exemplos: topázio, diamante, fluorita (variedade clorofana) recebeu esta denominação por causa da luz verde emitida.

Outros minerais como fosforita, calcita, etc, requerem temperaturas superiores a 100ºC.

Antes Aquecimento

Fluorita (variedade clorofana)

Após aquecimento



⇨ cor esverdeada/azul

Aplicações: emissão de Luz Minerais

PROCESSOS DE GERAÇÃO E TIPOS DE LUMINESCÊNCIA

3. IRRADIAÇÃO POR LUZ ULTRAVIOLETA, RAIOS CATÓDICOS, X, ɣ,

⇨ FOTOLUMINESCÊNCIA (FLUORESCÊNCIA E FOSFORESCÊNCIA)

FLUORESCÊNCIA:

Os elétrons, excitados pela radiação curta invisível, são levados para níveis de energia mais alta e quando voltam para o seu estado inicial (fundamental), emitem luz visível do mesmo comprimento de onda, causando a **fluorescência**.

FOSFORESCÊNCIA:

Quando há um retardo do tempo entre a excitação dos elétrons a um nível de energia mais elevado e o seu retorno ao estado fundamental ocorre à **fosforescência.**

A razão para o atraso é porque uma determinada quantidade dos elétrons é impedida de retornar rapidamente a seus estados mais baixos de energia, pelo menos tão rapidamente como foram energizados inicialmente pela luz UV.

Aplicações: emissão de Luz Minerais

3. IRRADIAÇÃO POR LUZ ULTRAVIOLETA: FLUORESCÊNCIA

FLUORESCÊNCIA CALCITA ($CaCO_3$):

- fluorescência: vermelha, rosa, amarela, etc.
- íon ativador: **Mn** ou **impurezas orgânicas.**

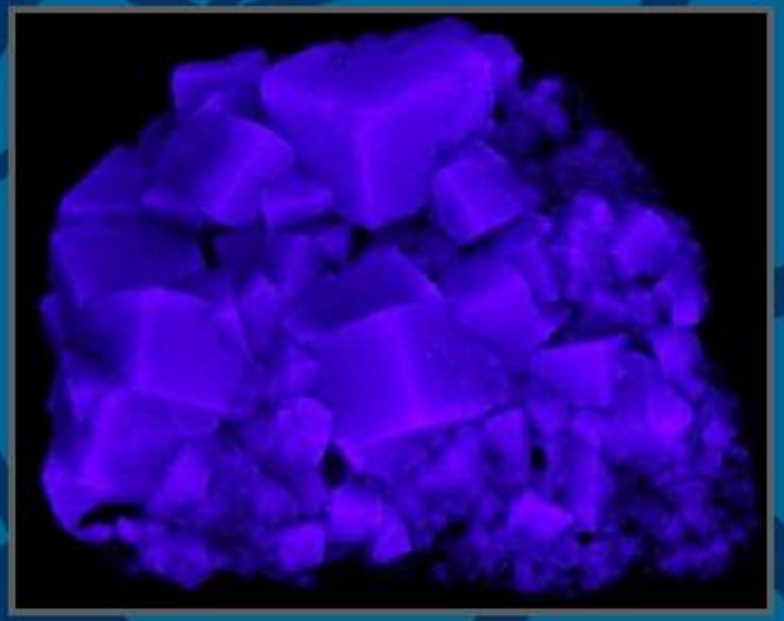
Aplicações: emissão de Luz Minerais

Processos de Geração e Tipos de Luminescência

3. IRRADIAÇÃO POR LUZ ULTRAVIOLETA: FLUORESCÊNCIA

FLUORESCÊNCIA FLUORITA (CaF_2):

- ⇨ fluorescência: azul.
- ⇨ íon ativador: Ca substituído por terras raras.



Aplicações: emissão de Luz Minerais

3. IRRADIAÇÃO POR LUZ ULTRAVIOLETA: FOSFORESCÊNCIA

FOSFORESCÊNCIA:

É a emissão de luz durante e após a irradiação, isto é quando interrompida a ação da fonte de luz, o mineral continua luminescente por algum tempo (alguns segundos).

Exs: diamante, scheelita, calcita, autunita, etc.

FOSFORESCÊNCIA CALCITA:

Ao natural

Sob luz ultravioleta-UV

Após cessar a fonte-UV

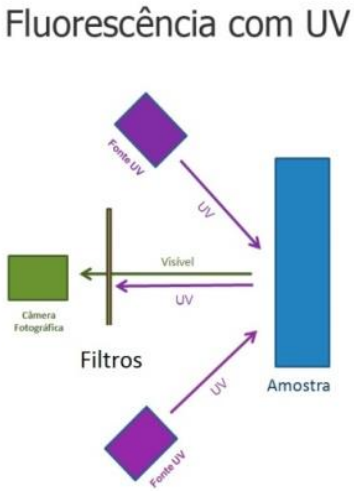
Ver imagens diversas de fluorescência de UV dos minerais

Aplicações:

FLUORESCÊCNIA

LUZ UV → Fluorescência dos materias

Propriedade importante para o processo de análise de obras de arte

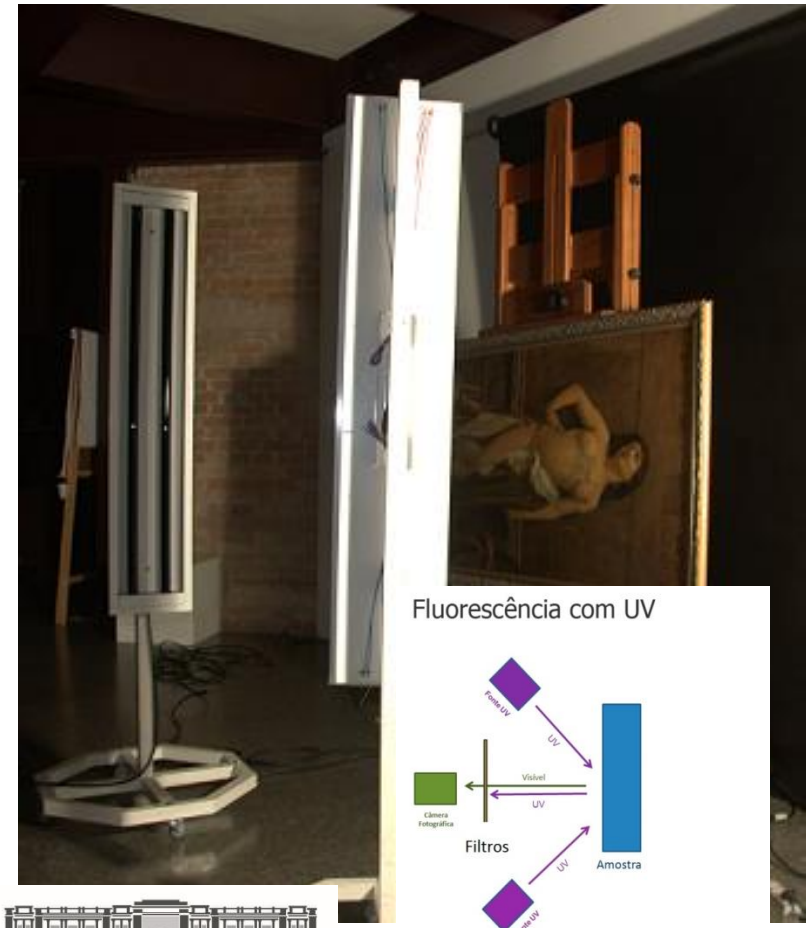


Fotografia visível da Fluorescência de ultravioleta

TÉCNICAS ANALÍTICAS – IMAGEAMENTO

Equipamentos

Fotografia visível da Fluorescência de ultravioleta



A iluminação UV ↓

causa processo de Fluorescência em alguns materiais.

Os pigmentos oxidam ao longo dos anos, → intervenções recentes, ficam evidenciados devido a não oxidação

As diferentes colorações devido a fluorescência ↓

Podem auxiliar na caracterização de certos materiais e pigmentos

ajuda a identificar as área de intervenção, repinte, alterações, etc, na pintura

PINACOTECA do Estado de São Paulo

Imagem: P.H. O.V. Campos

Pinacoteca do Estado de São Paulo
Colaborador: Laboratório de Conservação e Restauro
Valéria Mendonça

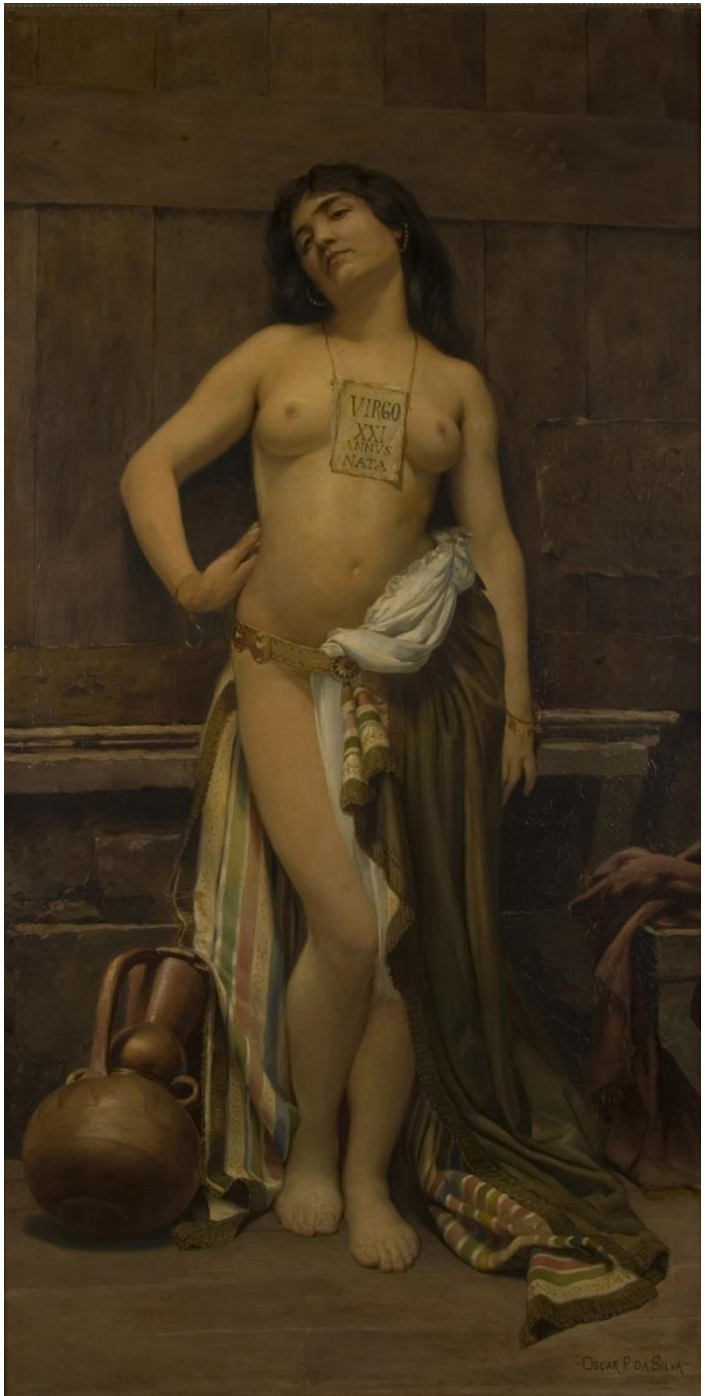
USP

Fluorescência de Ultravioleta na região do visível

E. Kajiya Fluorescência com radiação visível de ultravioleta: retoque no rosto da menina, é nítido o fenômeno de luminescência

Criação da Vovó: Oscar Pereira da Silva, 1901

Pinacoteca do Estado de São Paulo

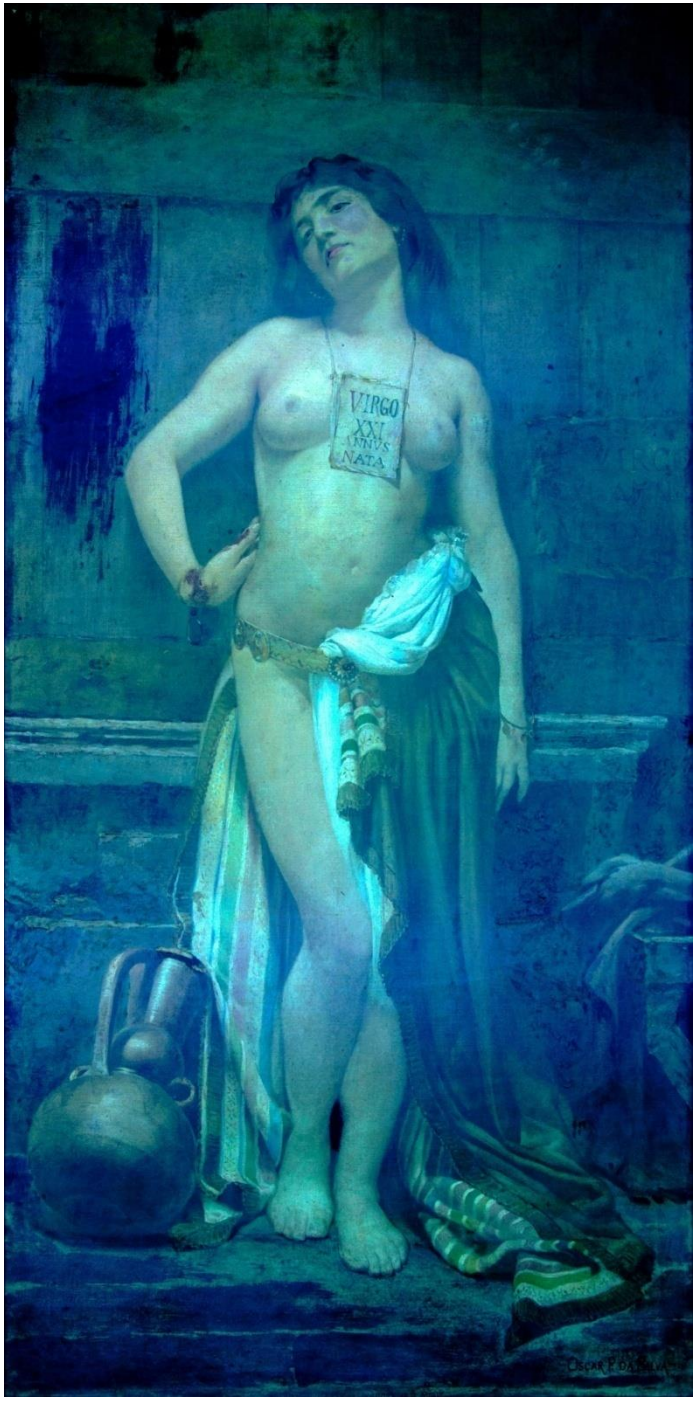


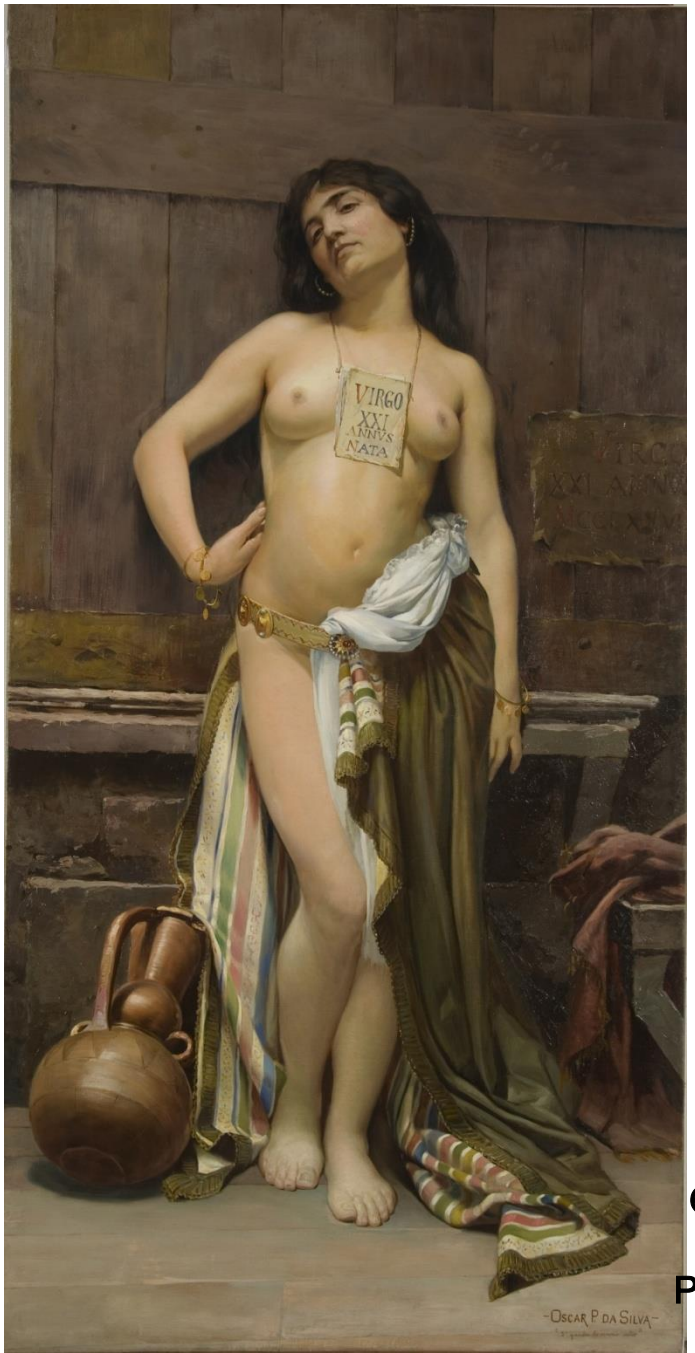
Antes do Restauro

Fotografia com Luz Visível e Fluorescência de Ultravioleta.

Oscar Pereira da Silva,

Pinacoteca do Estado de São Paulo





Após o Restauro

Detalhe com UV, observa-se retoques e a fluorescência dos pigmentos e das

área retocadas.

Oscar Pereira da Silva,

Pinacoteca do Estado de São Paulo

Fluorescência do Ultravioleta

(a) Fotografia com luz visível antes do restauro

(b) Fotografia com radiação UV da obra após restauro

Obra: “São Lucas escrevendo o evangelho”
Autor: Desconhecido

Pinacoteca do Estado de São Paulo

E. Kajiya

USP

Estátua Romana

Luz Visível

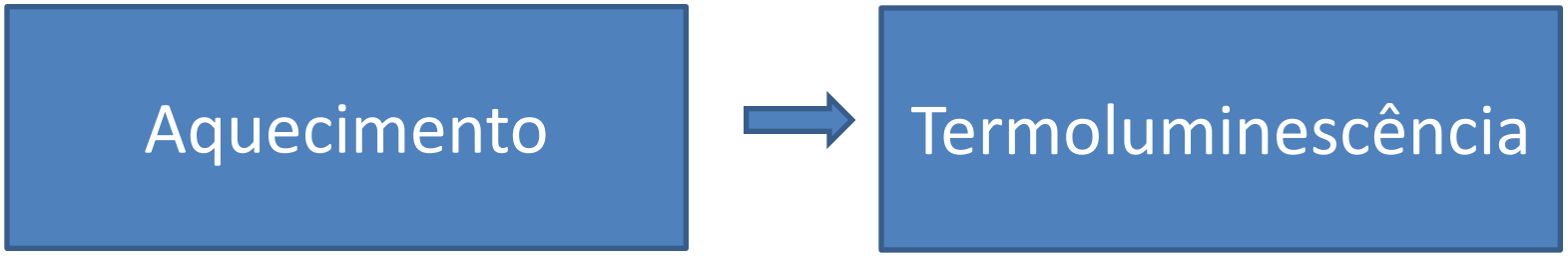
Ultravioleta

Jean-Claude Dran, Centre de recherche et de restauration des Musées, 2001

Estátua Romana

Jean-Claude Dran, Centre de recherche et de restauration des Musées, 2001

Produção da LUMINESCÊNCIA



Propriedade importante para o processo de datação

Os elétrons livres produzidos pela ionização circulam pela estrutura do mineral, até serem capturados por defeitos (ou armadilhas) existentes na rede cristalina e, então, podem permanecer aprisionados por centenas, milhares e até milhões de anos.

Quando se aquece um mineral termoluminescente a luz visível inicial geralmente:

- Surge – temperatura entre 50º e 100º C
- Cessa – normalmente a temperaturas superiores a 475º C

Aplicações: Termoluminescência

- Quando o mineral é aquecido ou exposto à luz solar, os elétrons retidos absorvem energia suficiente para escaparem das armadilhas e retornarem aos átomos aos quais estavam ligados. Este processo de reorganização é acompanhado por emissão de luz denominada de **termoluminescência**.

- A intensidade da luz emitida, ou o número de fótons produzido, pode ser medida sendo proporcional ao número de elétrons aprisionado que, por sua vez, é proporcional à dose total de radiação ionizante recebida pelo mineral.

Aplicações: Datação por Termoluminescência

- O sinal TL de um mineral é destruído quando aquecido a altas temperaturas (acima de 300° C), exposto à luz solar ou ainda quando ocorre a sua recristalização. De modo que, após terem sido cozidos na confecção de utensílios cerâmicos, por exemplo, os minerais constituintes ficam isentos de sinal TL e inicia-se um processo de irradiação natural, com retenção de dose proporcional ao tempo de permanência no subsolo. A idade TL é calculada a partir da dose total (Dt) ou paleodose e a dose anual (Da) pela relação:

$$TL = D_t / D_a$$

- Assim, a intensidade da termoluminescência fornece o tempo transcorrido desde que ela foi aquecida pela última vez. Com isso, pode-se datar objetos de até 1 milhão de anos, com precisão de até 10%.

Aplicações: Datação por Termoluminescência

- Esse método foi introduzido no Brasil no final da década de 60 por Shigueo Watanabe, aqui no Instituto de Física da USP.
- Sua equipe fez um estudo sobre fragmentos de vasos e urnas funerárias encontradas no interior do estado de São Paulo em 1968 em conjunto com a arqueóloga Luciana Pallestini, objetivo era o estudo do cenário da ocupação humana na bacia do Rio Paranapanema (São Paulo e Paraná), em nível físico, biológico e sócio-econômico.
- Objetos arqueológicos salvos da inundação da usina hidrelétrica de Xingó, em Sergipe (estudado pelo grupo Universidade Federal de Sergipe (UFS)). Objetos: peças cerâmicas e esqueletos inteiros, encontrados em cemitérios - começaram a ser coletados em 1990 e foram datados inicialmente por C14, na França. A partir de 1994, começaram a ser feitas as datações por termoluminescência (UFS).