



# PRODUÇÃO DE RAIOS X

---

ALUNA: CLÉLIA SCALON DE MEDEIROS

PROF. : PIETER WESTERA

DISCIPLINA: MECÂNICA QUÂNTICA



# PRODUÇÃO DE RAIOS X

---

## Descoberta dos Raios X

Os raios X foram descobertos acidentalmente por Roentgen, em novembro de 1895, como decorrência de seus estudos sobre fluorescência de materiais.

Observou que, quando os raios catódicos atingiam um ânodo metálico, havia a emissão de uma radiação invisível capaz de impressionar películas fotográficas e tornar certos minerais fluorescentes. Conta-se que ele fez sua mão ser atravessada pelo feixe de radiação, e viu seus ossos projetados na tela. Desconhecendo sua natureza, chamou-a de Raios X.

# PRODUÇÃO DE RAIOS X

---

Wilhelm Conrad Röntgen e a 1ª radiografia da História.



# PRODUÇÃO DE RAIOS X

---

Outros pesquisadores estiveram na presença dos Raios X, porém não deram a devida atenção ao fenômeno que se apresentava a eles.

O cientista que mais se aproximou da descoberta dos Raios X foi Phillip von Lenard, porém ele não foi capaz de distinguir os raios catódicos (alvo de seu estudo) dos Raios X.

Roentgen não descreve em detalhes o equipamento utilizado na produção dos Raios X, porém especula-se que seja composto de uma bateria de corrente contínua, uma bobina de indução, um tubo de vácuo e uma bobina de vácuo.

# PRODUÇÃO DE RAIOS X

---

## Produção de Raios X

“A presente teoria depende essencialmente da suposição de que cada elétron que participa do processo espalha um quantum completo (fóton). Isso envolve também a hipótese de que os quanta de radiação vem de direções definidas e são espalhados em direções definidas. O apoio experimental da teoria indica de forma bastante convincente que um quantum de radiação carrega consigo tanto momento quanto energia.” Compton (livro Física Quântica – Eisberg e Resnick, pág. 66)

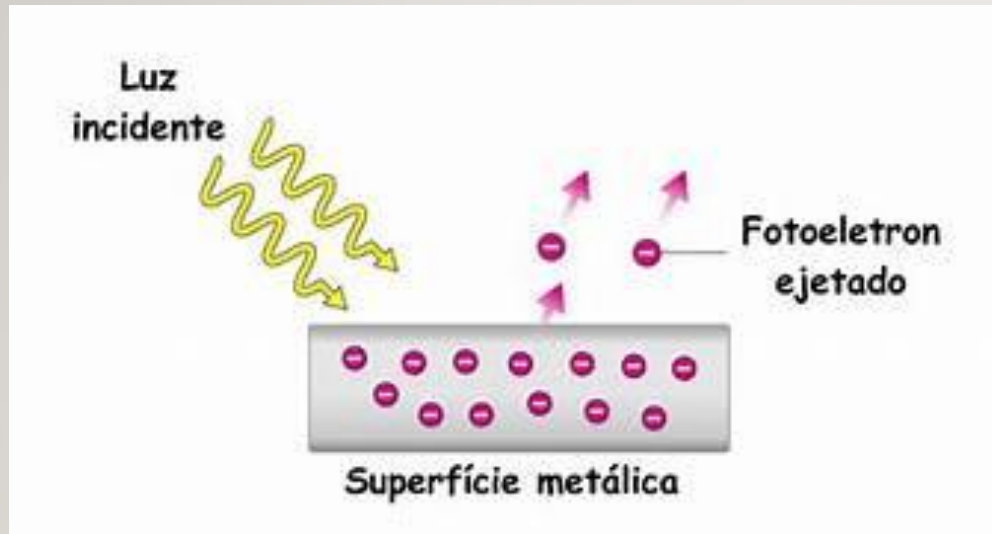
# PRODUÇÃO DE RAIOS X

---

Os raios X são produzidos quando um feixe de elétrons de alta energia são freados ao colidir com um alvo. A desaceleração dos elétrons causa a emissão de um espectro contínuo de radiação eletromagnética.

Este processo pode ser encarado como um fenômeno contrário ao efeito fotoelétrico, recebendo o nome de *processo de bremsstrahlung* (do alemão *brems* – frenagem e *strahlung* – radiação).

# PRODUÇÃO DE RAIOS X



[http://penta3.ufrgs.br/fisica/energia/Energia\\_solar/efeito\\_fotoeltrico.html](http://penta3.ufrgs.br/fisica/energia/Energia_solar/efeito_fotoeltrico.html) <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-sao-os-raios-x.htm>

# PRODUÇÃO DE RAIOS X

---

Considerando-se que um elétron colida com o núcleo de um átomo, sendo a energia cinética inicial do elétron igual a  $E_c$ , a energia perdida na desaceleração se apresentará na forma de radiação eletromagnética. Após a colisão o elétron apresentará energia cinética final igual a  $E_{c'}$ , e a diferença entre sua energia cinética, antes e depois da colisão, será dada por:

$$h\nu = E_c - E_{c'}$$

# PRODUÇÃO DE RAIOS-X

---

Sendo  $\nu$  a frequência de propagação de onda, e sabendo-se que  $\nu = \frac{c}{\lambda}$ , pode-se escrever :

$$\frac{hc}{\lambda} = E_c - E_{c'}$$

Que corresponde à energia da radiação eletromagnética emitida.

O feixe de elétrons passa por sucessivas perdas de energia, conforme colide com os núcleos dos átomos que compõem o material. Assim sua energia cinética inicial sofre sucessivas reduções, resultando em uma energia cinética  $E_{c'} = 0$ . Com isso é possível determinar o menor comprimento de onda da emissão eletromagnética.

# PRODUÇÃO DE RAIOS X

---

Assim, fazendo  $E_{c'} = 0$ , tem-se:

$$\frac{hc}{\lambda} = E_c - E_{c'}$$

$$\frac{hc}{\lambda} = E_c - 0$$

$$\frac{hc}{\lambda} = E_c$$

E o comprimento de onda, passa a representar o valor de menor comprimento de onda emitido  $\lambda_{\min}$

# PRODUÇÃO DE RAIOS X

---

Lembrando que a energia pode ser escrita em termos do potencial elétrico ( $E_c = eV$ ), tem-se então:

$$eV = \frac{hc}{\lambda_{\min}}$$

Sendo o menor comprimento de onda da radiação emitida, equivalente a:

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eV}$$

Que representa a total conversão de energia em radiação de Raios X.

# PRODUÇÃO DE RAIOS X

---

Exemplo resolvido I (Eisberg-Resnick, pág. 69): Determine a constante de Planck  $h$  a partir do fato que o comprimento de onda mínimo produzido por elétrons de 40 keV é  $3,11 \cdot 10^{-11}$  m.

Dados do enunciado:

$$V = 40 \text{ keV} = 40 \cdot 10^3 \text{ eV} = 4 \cdot 10^4 \text{ V}$$

$$\lambda_{\text{min}} = 3,11 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

Utilizando-se a relação que permite determinar o comprimento de onda mínimo dos raios X, teremos:

# PRODUÇÃO DE RAIOS X

---

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eV}$$

Considerando  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s e  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C,

$$3,11 \cdot 10^{-11} \text{ m} = \frac{h \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 4 \cdot 10^4 \text{ V}}$$

$$h = \frac{3,11 \cdot 10^{-11} \text{ m} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 4 \cdot 10^4 \text{ V}}{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}$$

$$h = 6,635 \cdot 10^{-34} \frac{\text{m} \cdot \text{C} \cdot \text{V}}{\text{m/s}} = 6,64 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

# PRODUÇÃO DE RAIOS X

---

Exemplo 2 (Eisberg-Resnick, problema 21, pág. 83): a) Mostre que o comprimento de onda mínimo no espectro contínuo de raios X é dado por  $\lambda_{\min} = 12,4 \text{ \AA}/V$  onde  $V$  é a voltagem aplicada em quilovolts.

Dados:

$$\lambda_{\min} = 12,4 \text{ \AA}/V$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$h = 6,64 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$$

# PRODUÇÃO DE RAIOS X

---

Substituindo os valores em:

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eV}$$

$$\lambda_{\min} = \frac{6,64 \cdot 10^{-34} \text{ J.s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C.V}}$$

$$\lambda_{\min} = \frac{19,89 \cdot 10^{-34} \text{ J.s.m/s}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C.V}}$$

$$\lambda_{\min} = 12,43 \cdot 10^{-7} \frac{\text{m}}{\text{V}}$$

# PRODUÇÃO DE RAIOS X

---

Considerando-se que  $1 \text{ \AA} = 1 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ , a tensão deve ser dada em kV ( $10^3 \text{ V}$ ), e assim:

$$\lambda_{\min} = 12,43 \cdot 10^{-7} \frac{\text{m}}{10^3 \text{V}}$$

$$\lambda_{\min} = 12,43 \cdot 10^{-10} \frac{\text{m}}{\text{V}}$$

Ou seja

$$\lambda_{\min} = 12,43 \text{ \AA/V}$$

# PRODUÇÃO DE RAIOS X

---

b) Se a voltagem aplicada a um tubo de raios X é 186 kV, quanto vale  $\lambda_{\min}$ ?

Dados:

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$h = 6,64 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$V = 186 \text{ kV} = 186 \cdot 10^3 \text{ V}$$

# PRODUÇÃO DE RAIOS X

---

Substituindo os valores em:

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eV}$$

$$\lambda_{\min} = \frac{6,64 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 186 \cdot 10^3 \text{ V}}$$

$$\lambda_{\min} = 0,067 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

$$\lambda_{\min} = 0,067 \text{ \AA}$$

# PRODUÇÃO DE RAIOS X

---

Fontes de pesquisa

Física Quântica - Eisberg e Resnick

Notas de aula: Professor Carlos R.A. Lima [https://www.fisica.net/mecanica-quantica/03-propriedades\\_corpusculares\\_da\\_radiacao.pdf](https://www.fisica.net/mecanica-quantica/03-propriedades_corpusculares_da_radiacao.pdf)

Notas de aula: Professor Pieter Westera, disciplina Mecânica Quântica