

Instituto de Física USP

Física Moderna I Aula 11

Professora: Mazé Bechara

Aula 11 – Características dos Raios-X. O caráter corpuscular na produção dos raios-X.

1. Comentários (do professor) sobre a avaliação da disciplina.
2. Comentários dos alunos sobre a prova 1.
3. Difração: a compatibilidade entre o caráter ondulatório e o corpuscular.
4. Os raios-X: descoberta e características. O espectro da radiação eletromagnética.
5. O equipamento que cria raios X por incidência de elétrons, com energia cinética da ordem de KeV, sobre matéria pesada - características do espectro intensidade versus comprimento de onda ou frequência.

AVALIAÇÃO DA DISCIPLINA

- O objetivo deste questionário é obter subsídios para o ensino-aprendizado da disciplina, de forma **a possibilitar eventuais correções de rota ainda nesse semestre. Manifeste-se! Mais uma atividade para você protagonizar**

-
- **NÃO É PRECISO SE IDENTIFICAR – COLOQUE o questionário respondido DENTRO DO ENVELOPE que estará na mesa da sala na próxima aula OU NO MEU ESCANINHO (#21) no Ed. Oscar Sala**

• Mazé

23 alunos pegaram os questionários e apenas 10 responderam

-

1. **Você considera, em relação ao conteúdo apresentado, que aprendeu:**

menos que 20%

3 entre 20 e 40%

6 entre 40 e 70% **comentário do professor: POUCO**

1 Mais do que 70%

Veja no final correlação do quanto aprendeu com o quanto leu os textos.

2. **Indique, em ordem de prioridade, os fatores que atrapalharam assimilar uma percentagem maior do conteúdo apresentado: estão tabeladas as quatro primeiras respostas prioritárias de cada aluno.**

falta de clareza na exposição

4 falta de pré-requisitos em conhecimentos de Física

5 falta de pré-requisitos em conhecimentos de Matemática

apresentação desinteressante

8 conteúdo denso e/ou difícil

2 ritmo acelerado

conteúdo desinteressante

3 outros. **falta de tempo ou empenho**

3. As questões propostas nos guias;

1 não fizeram diferença para o aprendizado

2 facilitaram o aprendizado

2 muito

pouco

1 regular

4 não os fiz porque **falta de tempo/organização.. .**

4. O tec contribuiu para o aprendizado

5 muito

pouco

1 regular

4 não o fiz porque **falta de tempo(03, falta de organização(1)**

5. As questões dos tecs até aqui propostos estão:

4 acima do nível das aulas

abaixo do nível das aulas

5 no nível das aulas

6. Você leu os textos de livros propostos

- 2 em mais de 80% dos temas
- 5 entre 40 e 80% dos temas
- 2 em menos do que 40% dos temas
- 1 não leu os textos

Veja no final correlação do quanto aprendeu com o quanto leu os textos.

7. Você não leu os textos sugeridos para os temas:

- porque são inúteis para o aprendizado
- porque não são compreensíveis para você
- porque são chatos
- 4 porque você não tem tempo **(os que leram menos do que 70%)**
- 2 outro **porque o texto fica muito complicado (1), desorganização(1)**

8. Você considera até aqui o seu envolvimento na disciplina:

- 2 na medida certa
- 5 pequeno
- 2 alto

9. A disciplina tem um enfoque:

1 demasiadamente formal

demasiadamente qualitativo

9 balanceado entre formalismo e ideias conceituais

10. A atitude da professora na sala de aula:

2 inibe a participação dos alunos

7 favorece a participação dos alunos

1 nem inibe e nem favorece a participação dos alunos

11. As sessões de monitoria da disciplina são

8 uteis ao aprendizado

inúteis ao aprendizado

Comentários **02 não foram nas sessões, 1 (que foi) destacou a atuação da Ligia**

12. Os atendimentos individuais e de pequenos grupos da professora são

5 uteis

Inúteis

não procurei porque **não fiz atividades (2), horário ruim/falta de tempo (2).**

13. Até a disciplina pode ser classificada como

10 difícil mas que vale a pena

- difícil que não vale a pena
- fácil que vale a pena
- fácil mas não vale a pena
- dificuldade regular que vale a pena
- dificuldade regular que não vale a pena

14. Outros comentários e sugestões

Respostas nas questões dos guias (02)

Avaliações não tão profundas (01)

A professora responde de forma grosseira às perguntas inibindo outras perguntas (01)

Correlação das respostas às questões 1. o quanto aprendeu e questão 6. o quanto leu

Aprenderam - o mesmo % do que leram: 03

Aprenderam um nível abaixo dos % apresentados do que leram: 04

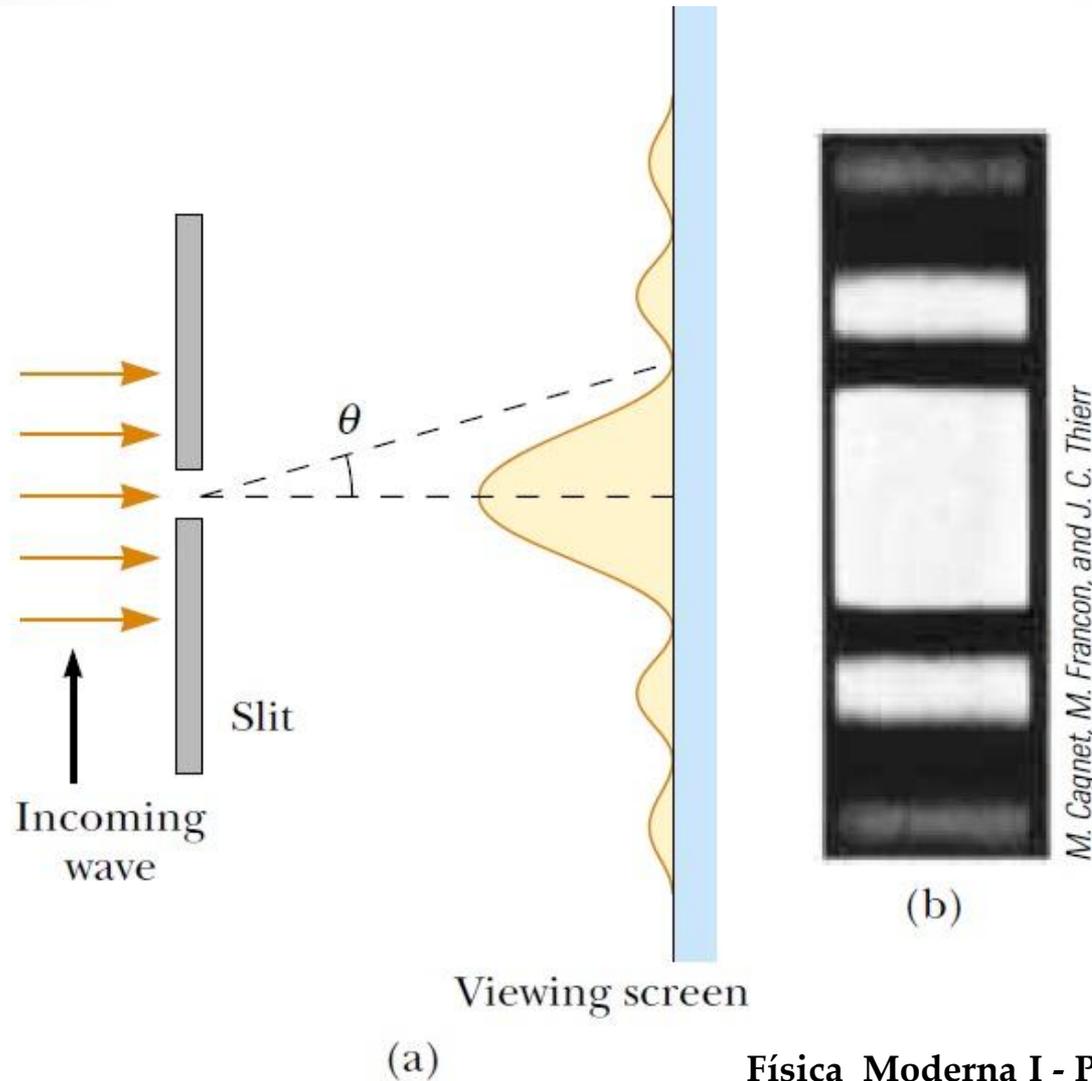
Aprenderam um nível acima dos % apresentados que leram: 03

Difração – onda e partículas

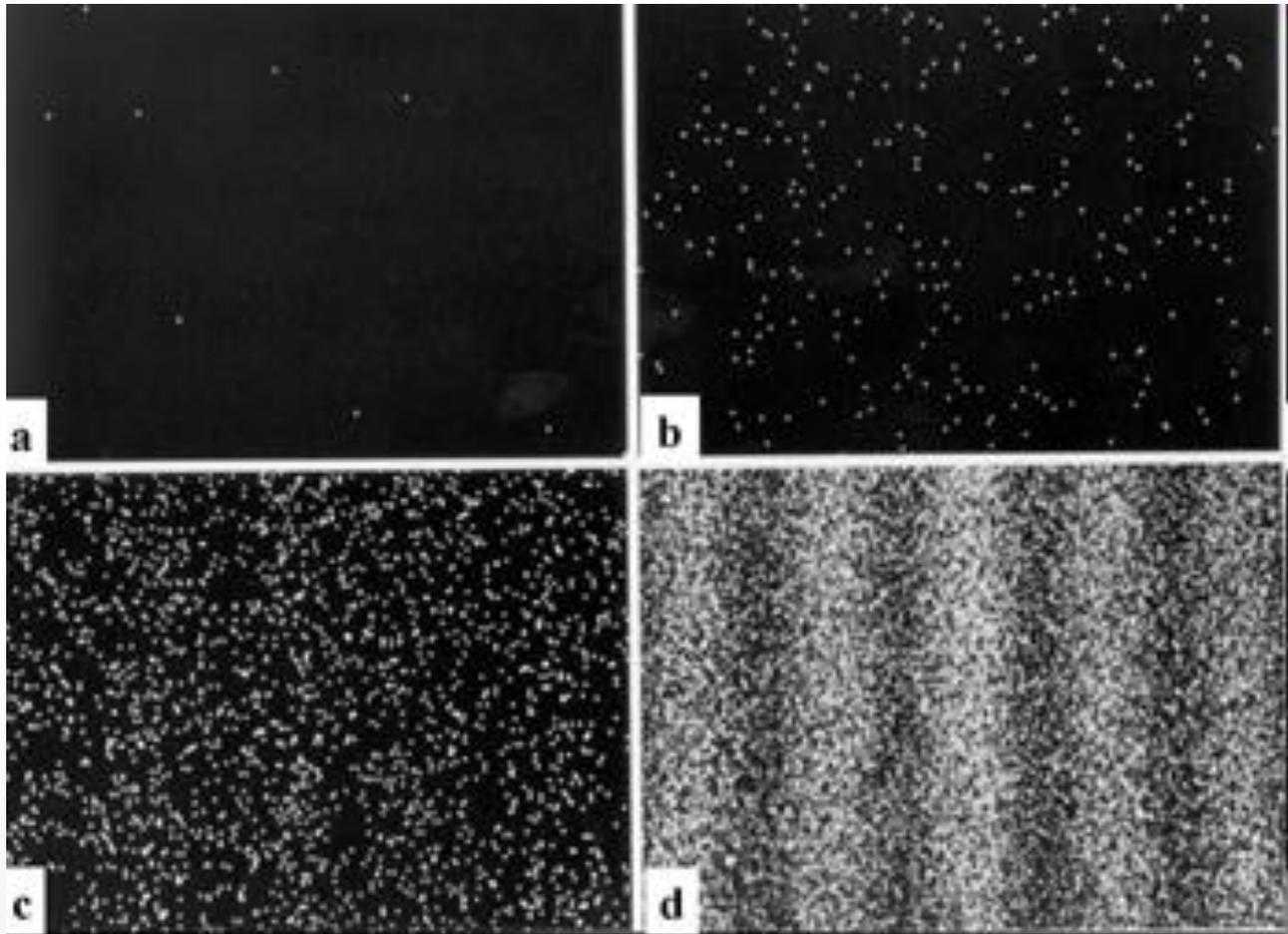
Aplicação

- a) A luz monocromática de um feixe que passa por **uma fenda de largura da ordem do comprimento de seu onda** faz um padrão de claros e escuros conhecido como **padrão de difração**. Desenhe o padrão de difração de uma fenda em um anteparo bem distante da fenda. (Este caso tem-se a figura chamada de ***difração de Fraunhofer***.) **Justifique.**
- b) Como seria a figura formada considerando a proposta de visão fotônica de Einstein? **Justifique.**

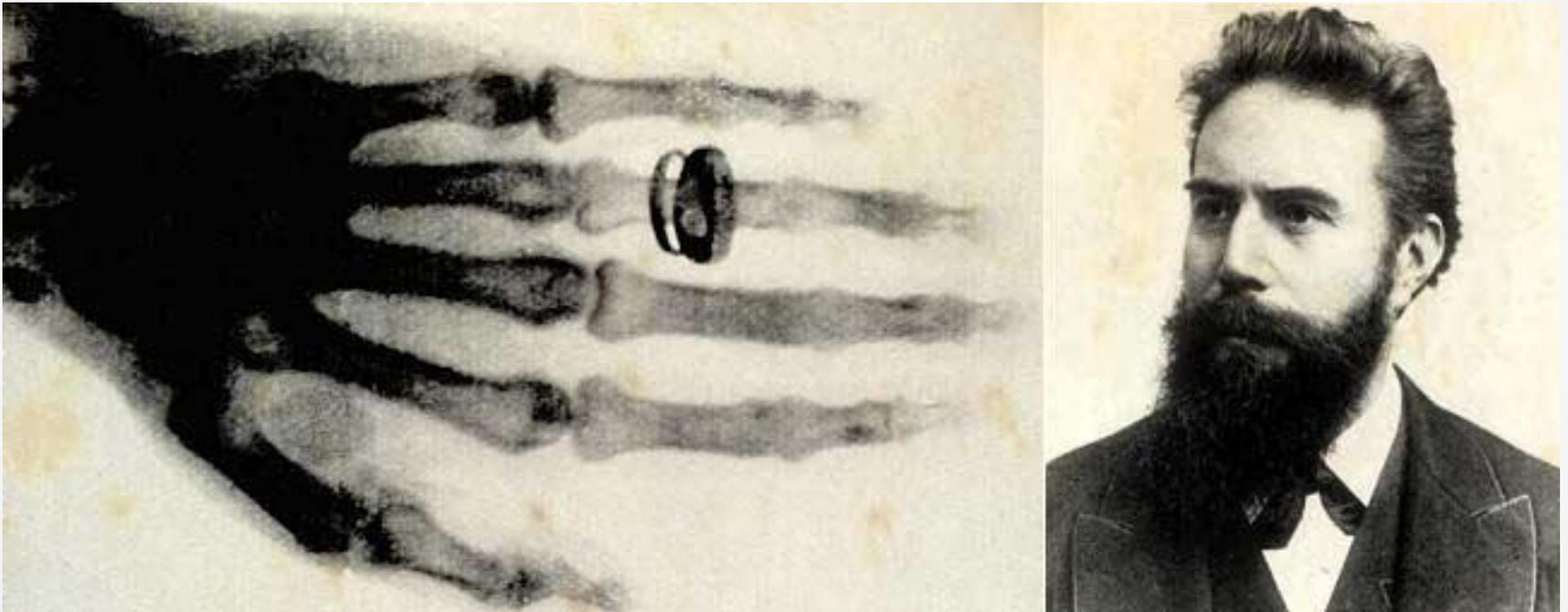
Difração de Fraunhofer: anteparo longe da fenda



A imagem no anteparo longe, após um feixe de luz monocromática de baixíssima intensidade atravessar uma fenda (centro dos retângulos) - compatível com o caráter dual tempo de exposição crescente de a a d



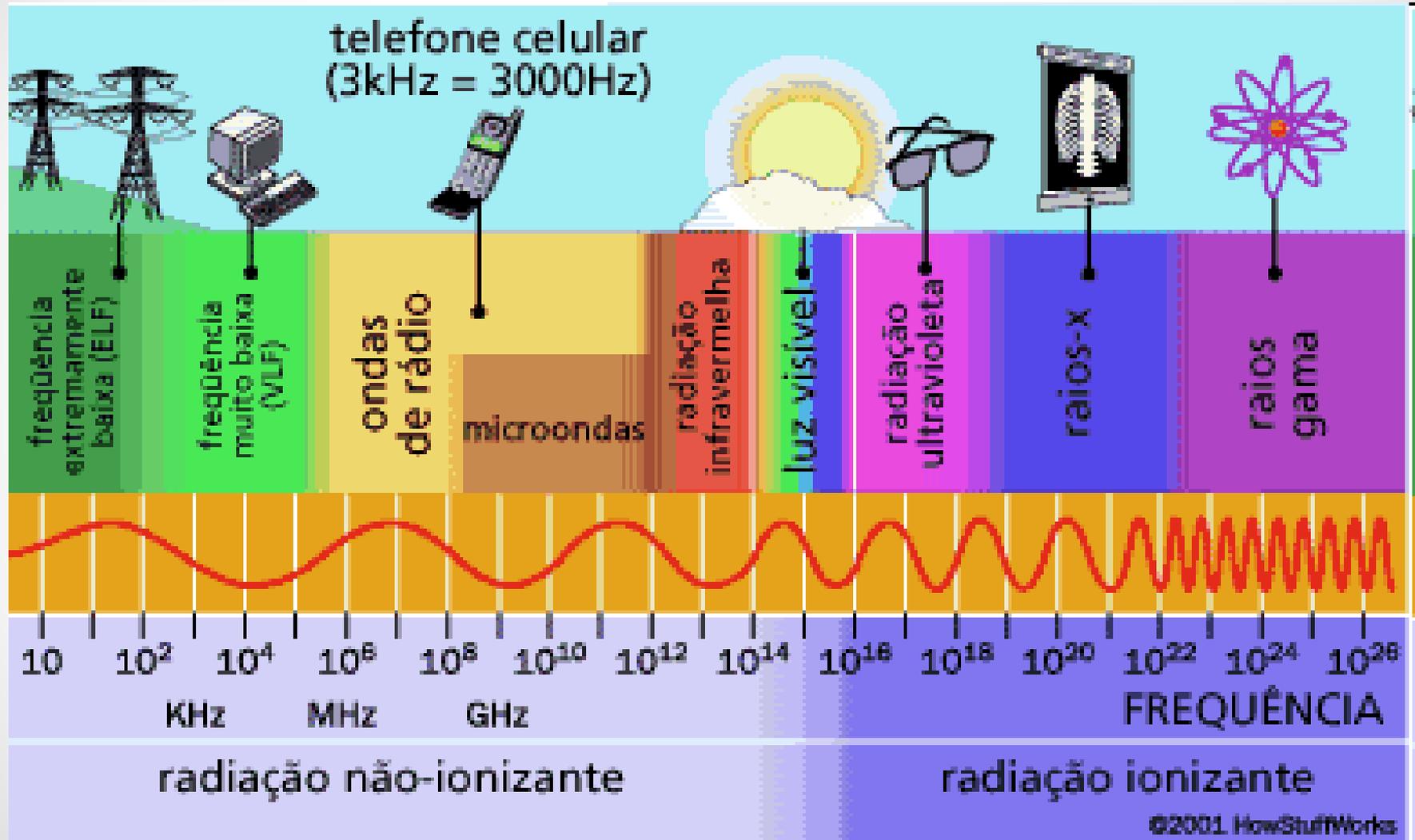
Wilhelm Conrad Röntgen (1845 — 1923)
físico alemão - **1º Prêmio Nobel de Física (1901)**



A primeira radiografia de Wilhelm Röntgen referente a mão de sua esposa (?). (Há controvérsias: autores dizem que seria a mão de um biólogo colaborador.)



Radiação eletromagnética e suas frequências no universo natural e cultural



Principais características dos Raios-X

1. Não são desviados por fortes campos magnéticos, fato que indicava serem radiação eletromagnética ao invés de matéria.
2. Marcam, de forma fluorescente, alguns materiais.
3. Atravessam materiais opacos à luz, mas são bloqueados por relativamente finas espessuras de materiais metálicos, especialmente o chumbo. (**Peça o aventalzinho de chumbo ao tirar radiografia no dentista , e proteja a sua glândula tiroide! E quando tirar radiografia do tórax, proteja sua região genital com aventalzinho de chumbo.**)
4. No corpo humano penetram facilmente pelo tecido e nervos, mas são opacos para os ossos, o que levou à conclusão que devem ser absorvidos pelo cálcio. ***O que se observa nas chapas de raios X (radiografia) é a "sombra" dos ossos (cheios de cálcio).***

Produção de Raios-X - *Informações Históricas*

5. Em **1895 Wilhelm C. Röntgen** estudava a fluorescência de certas substâncias com um **Tubo de Raios Catódicos**, quando observou **emissão de algo** que deu o nome de **Raios-X. Dois meses depois** de sua descoberta, o equipamento estava sendo usado na Medicina para se obter ***radiografia dos ossos.***
6. Só em **1913, W. H. Bragg (pai) e W. L. Bragg (filho)** mostram que os Raios-X sofrem difração por cristais – e a convicção de que se trata de radiação eletromagnética se estabelece, pelo caráter ondulatório dos Raios X (**difração de Bragg**), com comprimento de onda da ordem de Angstroms. (***Condizente com a natureza ondulatória da luz – raio X são ondas eletromagnéticas de frequências muito maiores que a da luz!***)

http://www-outreach.phy.cam.ac.uk/camphy/xraydiffraction/xraydiffraction_index.htm

Produção de Raios-X - *Informações Históricas*

- 7. Em 1913-1914 Moseley** estudou o **espectros de linha (estrutura fina) emitidos por muitos elementos**, e a regra do comprimento de onda deles. Este assunto será atratado em mais detalhes em Física Moderna II. Moseley *morreu aos 27 anos em 1917 na 1ª guerra mundial onde lutou como voluntário, mesmo desaconselhado por seus mestres universitários!*
- 8. Em 1923, Compton** (*que esteve no Brasil em 1941*) mostra que raios-X têm também **caráter corpuscular** quando descreve o espalhamento **de Raios-X** pela matéria (**efeito Compton**). E ganha o prêmio Nobel de Física em 1927. (Einstein ganhou o prêmio Nobel em 1921).

O caráter corpuscular da radiação eletromagnética, como proposto por Einstein, é necessário para descrever esses fenômenos.

Produção de Raios-X

Os Raios-X podem ser produzidos pela incidência de elétrons com energia cinética da ordem de keV sobre diferentes materiais, principalmente os pesados (grandes massas atômicas).

Os tubos modernos usados em aplicações atualmente foram desenvolvidos pelo americano Willian David Coolidge – tem filamentos em geral de tungstênio, e o anodo (material de colisão) é muito comumente de cobre, molibdênio ou tungstênio.

Equipamento de produção de raios-X

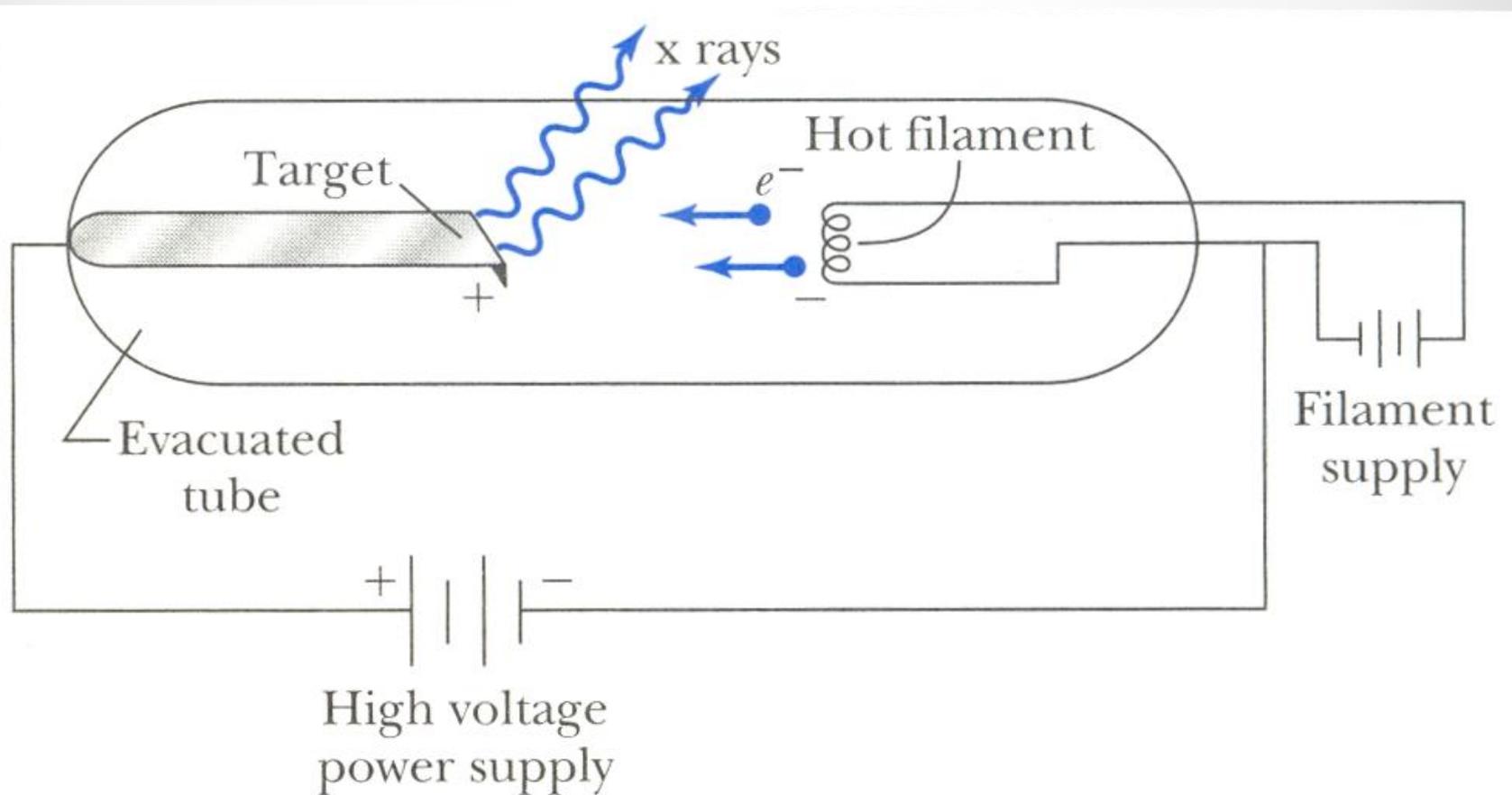
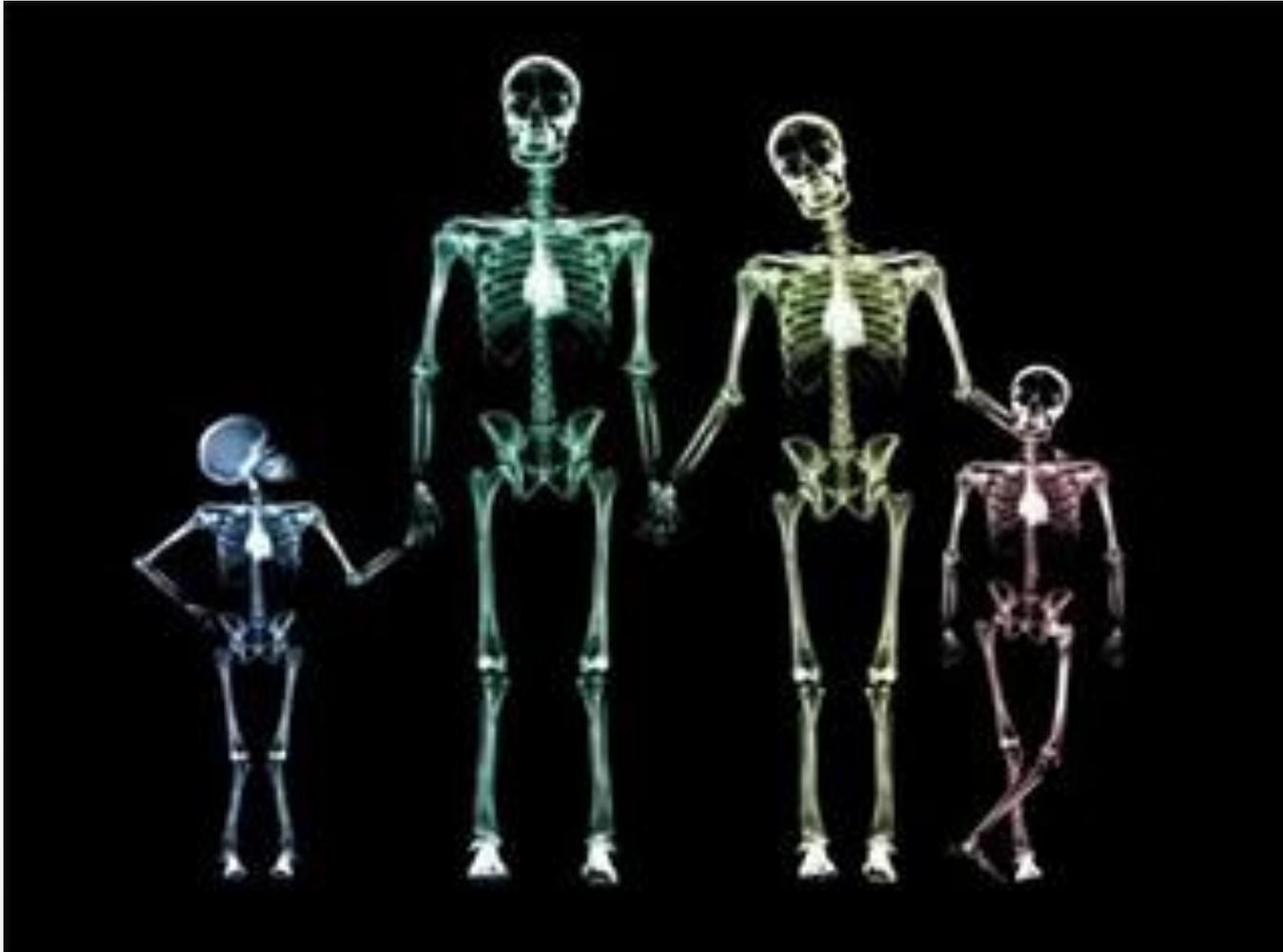


FIGURE 3.16 Schematic of x-ray tube where x rays are produced by the bremsstrahlung process of energetic electrons.

A técnica de raio-X – um exemplo “familiar”



Intensidade relativa dos raios-X produzidos em um tubo com voltagem aceleradora de 35kV. Note que o comprimento de onda mínimo é o mesmo para os três alvos. De C. T. Ulrey, *Physical Review* 11, 405(1918)

