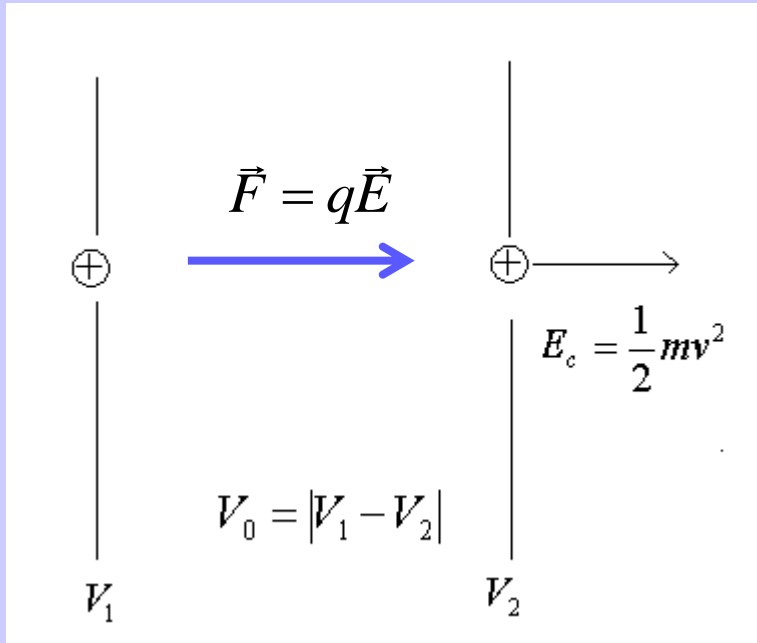


Aceleración lineal de partículas entre dos diferencias de potencial



Se aceleran partículas inicialmente en reposo entre un potencial V_1 y V_2 con $V_0 = |V_1 - V_2|$

$$E = E_c + U = \frac{1}{2}mv^2 + qV$$

$$E_1 = 0 + qV_1 = E_c + qV_2 \Rightarrow E_c = q(V_1 - V_2) = |q||V_1 - V_2| \Rightarrow$$

$$E_c = |q|V_0$$

Para electrones, positrones, protones y antiprotones:

$$E_c = eV_0$$

Si, por ejemplo $V_0 = 2V \rightarrow E_c = 2eV$; $V_0 = 40kV \rightarrow E_c = 40keV$

LINAC: Aceleradores lineales Electron Beam Therapy/Proton therapy

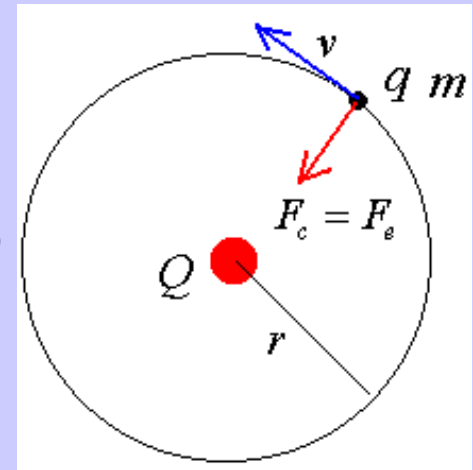


Los electrones tienen muy poca penetración pero destruyen cánceres de piel
Intraoperative electron therapy: para limpiar superficies tras cirugía de cáncer

Energía mecánica y electrostática en una orbita circular

- Fuerza centrípeta=Fuerza eléctrica :
 $qQ=-|qQ|$ (fuerza atractiva implica q y Q tienen diferente signo)

$$F_c = F_e \Rightarrow m \frac{v^2}{r} = |q|E = k_e \frac{|qQ|}{r^2} \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \frac{|qQ|}{r}$$



- Energía mecánica en un campo electrostático

$$E = E_c + U = \frac{1}{2}mv^2 + k_e \frac{qQ}{r} = \frac{1}{2} \frac{|qQ|}{r} - k_e \frac{|qQ|}{r} \Rightarrow$$

$$E = -\frac{1}{2} k_e \frac{|qQ|}{r}$$

- Si la carga central es un núcleo $Q=+Ze$ y q un electrón $|q|=e$

$$E = -\frac{1}{2} k_e \frac{Ze^2}{r}$$

- Si hay más electrones
 $Z \rightarrow Z_{ef}$ número atómico efectivo

$$E = -\frac{1}{2} k_e \frac{Z_{ef} e^2}{r}$$

Átomo de Bohr

- Modelo planetario: electrones en órbitas de radio r

Radios cuantizados: $r_n = n^2 \frac{a_0}{Z_{ef}}$ radio de Bohr $a_0 = 0.54 \text{ \AA}$, $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$

- Energía cuantizada:

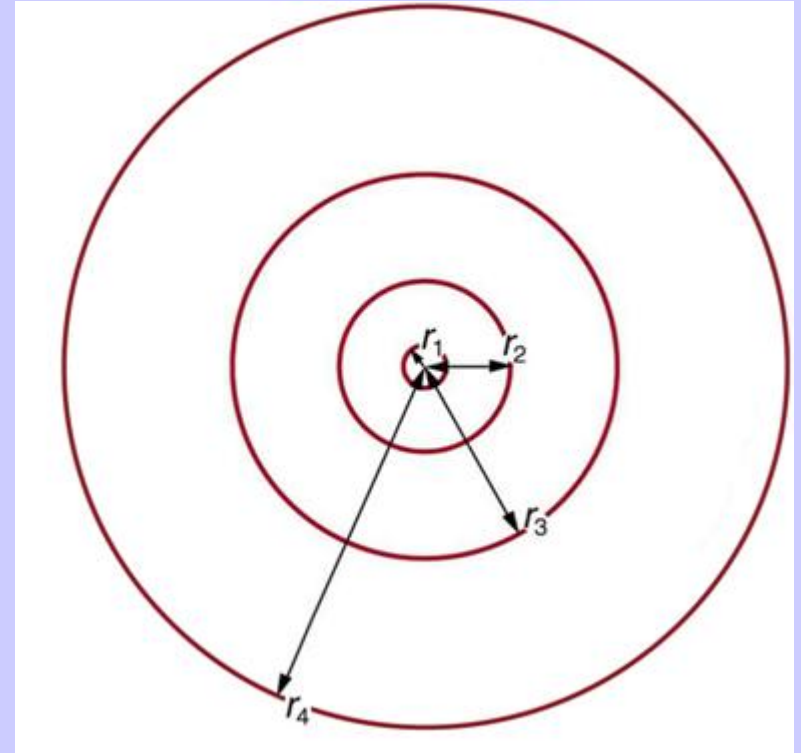
$$E = -\frac{1}{2} k_e \frac{Z_{ef} e^2}{n^2 \frac{a_0}{Z_{ef}}} = \frac{1}{2} k_e \frac{Z_{ef}^2 e^2}{n^2 a_0} \Rightarrow$$

$$E_n = -Z_{ef}^2 \frac{E_0}{n^2}$$

$E_0 = 13.56 \text{ eV}$: Energía de Bohr

$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

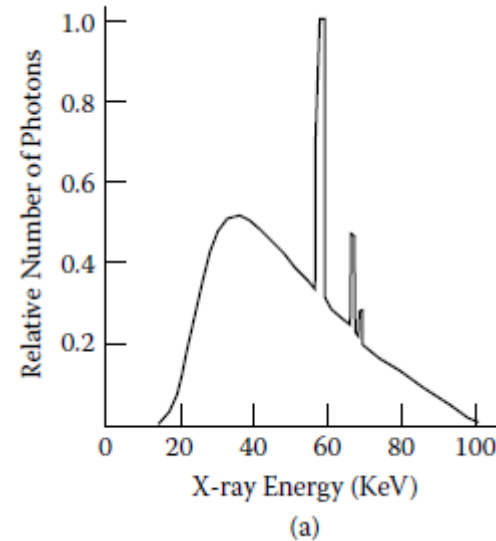
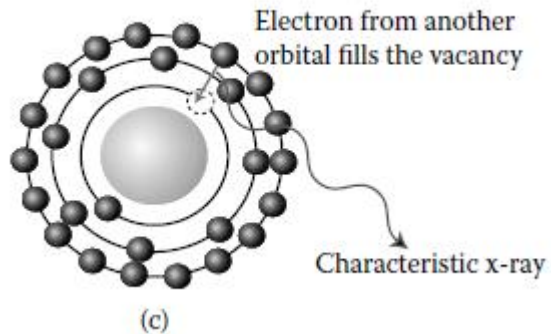
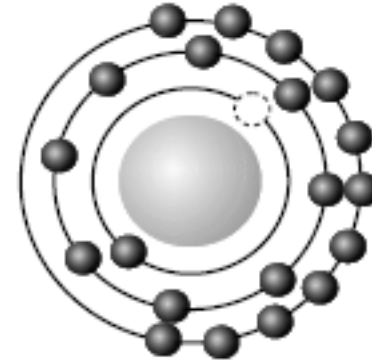
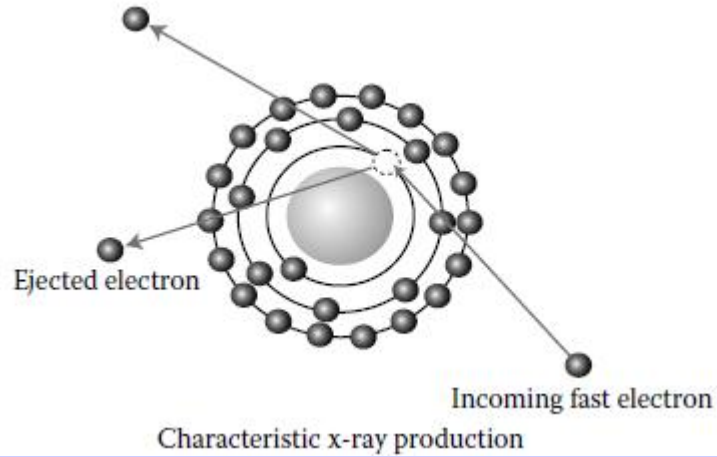
- $n=1$, capa K, 2 electrones
- $n=2$, capa L, 8 electrones
- $n=3$, capa M, 8 electrones....



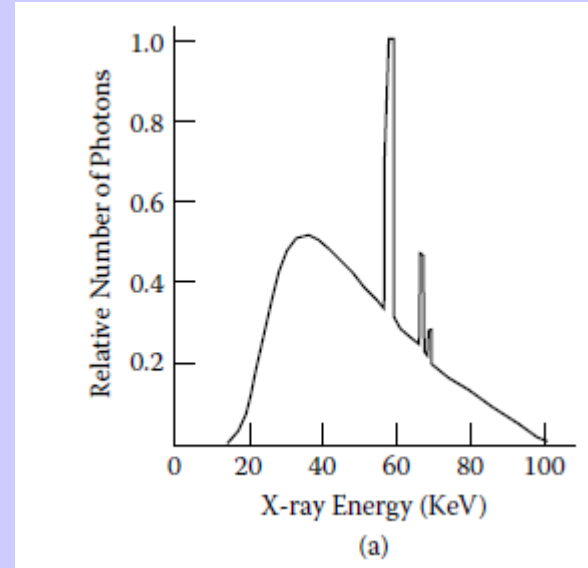
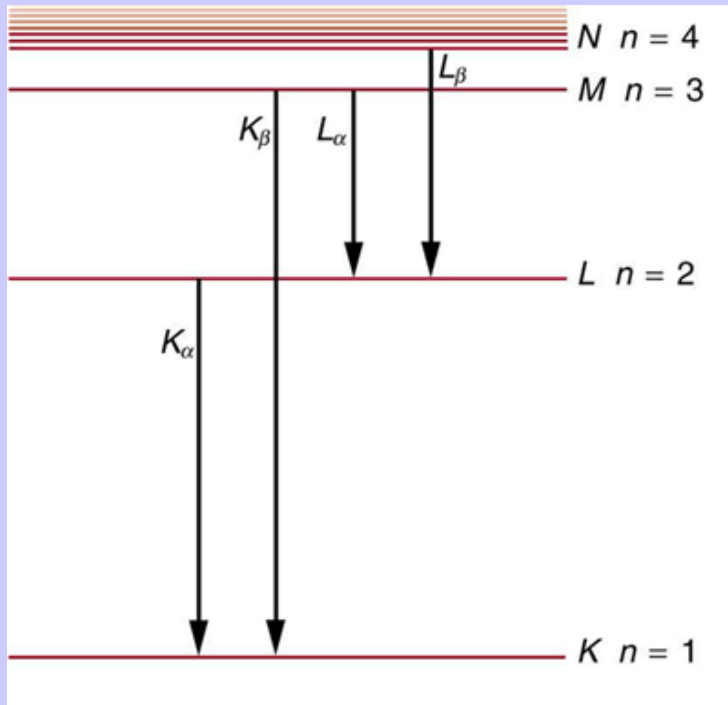
Rayos X: espectro característico

- Átomo de Bohr: niveles de energía y número de electrones en cada nivel
- Fotón: la luz interacciona con la materia como partículas de energía $E_f=hf$, llamadas fotones (Einstein: efecto fotoeléctrico)
 $h = 6.63 \times 10^{-34} = 4.14 \cdot 10^{-15} \text{eV}$. Constante de Planck
 f : frecuencia de la radiación electromagnética.
 λ : longitud de onda; $\lambda f=c$; $c=3 \cdot 10^8 \text{m/s}$ velocidad de la luz.
- Un electrón en un átomo puede absorber o emitir un fotón al cambiar de nivel: $E_f=E_1-E_2$
- Se lanzan electrones libres que arrancan un electrón de una capa interna dejando un estado libre “un hueco”.
- Otro electrón de una capa externa cae a la capa interna
- Emitiendo un fotón $E_f=hf=E_1-E_2$ de frecuencia característica

Rayos X: espectro característico



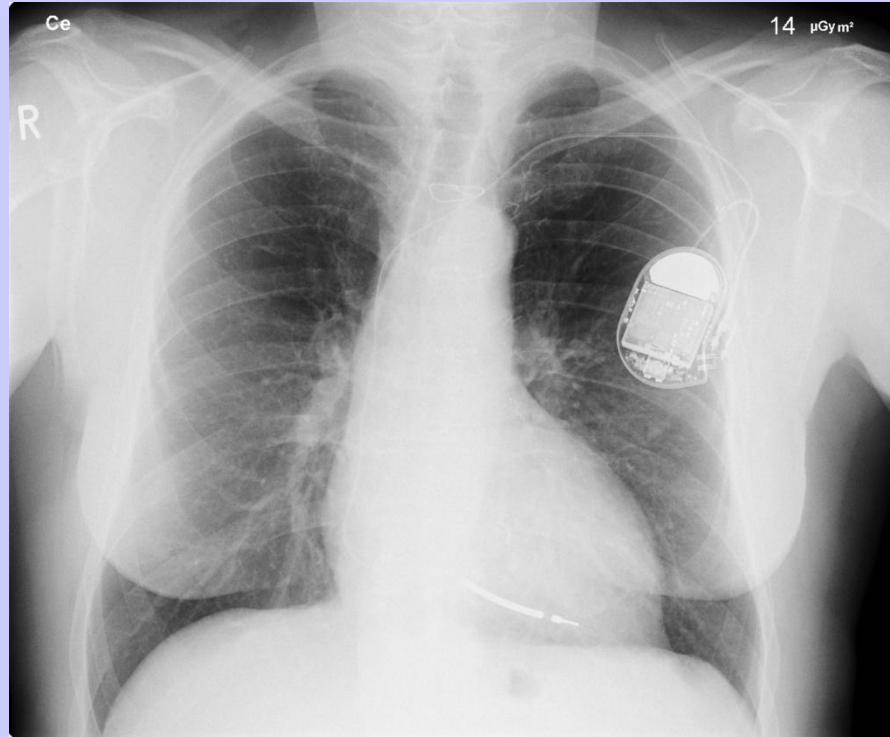
Rayos X: espectro característico y de frenado



El espectro continuo se llama de frenado y se produce al emitirse fotones cuando los electrones se frenan al acercarse al átomo. Su valor máximo es $E=hf=eV_0$ siendo V_0 el potencial acelerador

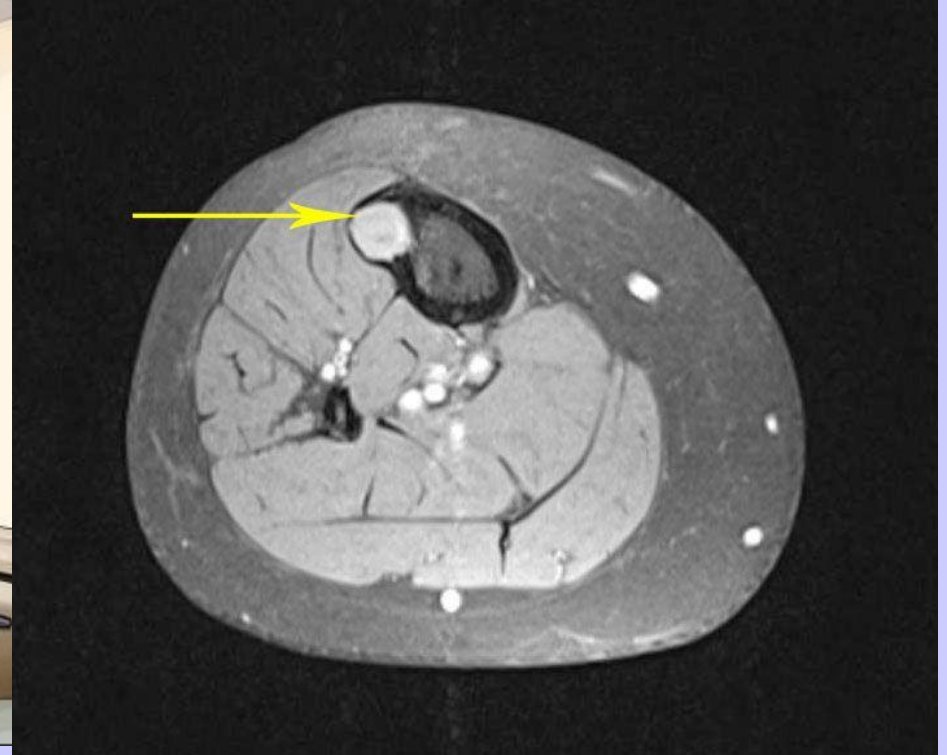
Imagen de rayos X

Los rayos X son absorbidos sobre todo por los huesos



Computerized Tomography: CT scan

Múltiples imágenes de rayos X permiten obtener una visión tridimensional



10. Para la toma de una radiografía convencional se requiere acelerar electrones con un voltaje de 30000 V y por el fenómeno de frenado se generan los R-X. (a) Determine la energía máxima de los fotones emitidos en la radiación de frenado, así como la frecuencia máxima y longitud de onda mínima. (b) Determine la frecuencia y longitud de onda de los R-X si solo el 20 % de la energía cinética de un electrón se transforma en energía de un fotón. Usar $h=4,14 \times 10^{-14}$ eV y $c=3 \times 10^8$ m/s. Respuesta:

$$(a) E_{f,max} = eV_0 = e 30000 \text{ V} \Rightarrow \boxed{E_{f,max} = 30 \text{ keV}};$$

$$f_{max} = E_f/h = 30000 \text{ eV}/4,14 \times 10^{-14} \text{ eVs} \Rightarrow \boxed{f_{max} = 7,25 \times 10^{-17} \text{ Hz}};$$

$$\lambda_{min} = c/f = 3 \times 10^8 \text{ m/s}/(7,25 \times 10^{-17} \text{ s}^{-1}) = 4,14 \times 10^{-10} \text{ m} \Rightarrow \boxed{\lambda_{min} = 4,14 \text{ \AA}}.$$

$$(b) E_f = (20/100)30000 \text{ V} \Rightarrow \boxed{E_f = 6000 \text{ eV}};$$

$$f = E_f/h = 6000 \text{ eV}/4,14 \times 10^{-14} \text{ eVs} \Rightarrow \boxed{f = 1,45 \times 10^{-17} \text{ Hz}};$$

$$\lambda = c/f = 3 \times 10^8 \text{ m/s}/(1,45 \times 10^{-18} \text{ s}^{-1}) = 2,07 \times 10^{-9} \text{ m} \Rightarrow \boxed{\lambda = 20,7 \text{ \AA}}.$$

Deducir la expresión de la Energía de un fotón de R-X de la raya K_α y K_β de un átomo en función de Z_{ef}

Respuesta:

$$E_\alpha = \frac{3}{4} Z_{ef}^2 E_0$$

$$E_\beta = \frac{8}{9} Z_{ef}^2 E_0$$

Si en el Mg ($Z=12$), para K_α , $\lambda=0.987\text{nm}$ obtener Z_{ef} .
¿A que carga q_{ap} corresponde el apantallamiento?

$$E_\alpha = hf = h \frac{c}{\lambda}$$

$$Z_{ef} = \sqrt{\frac{4 E_\alpha}{3 E_0}}$$

Respuesta: $Z_{ef}=11.3$, $q_{ap}=0.7e$