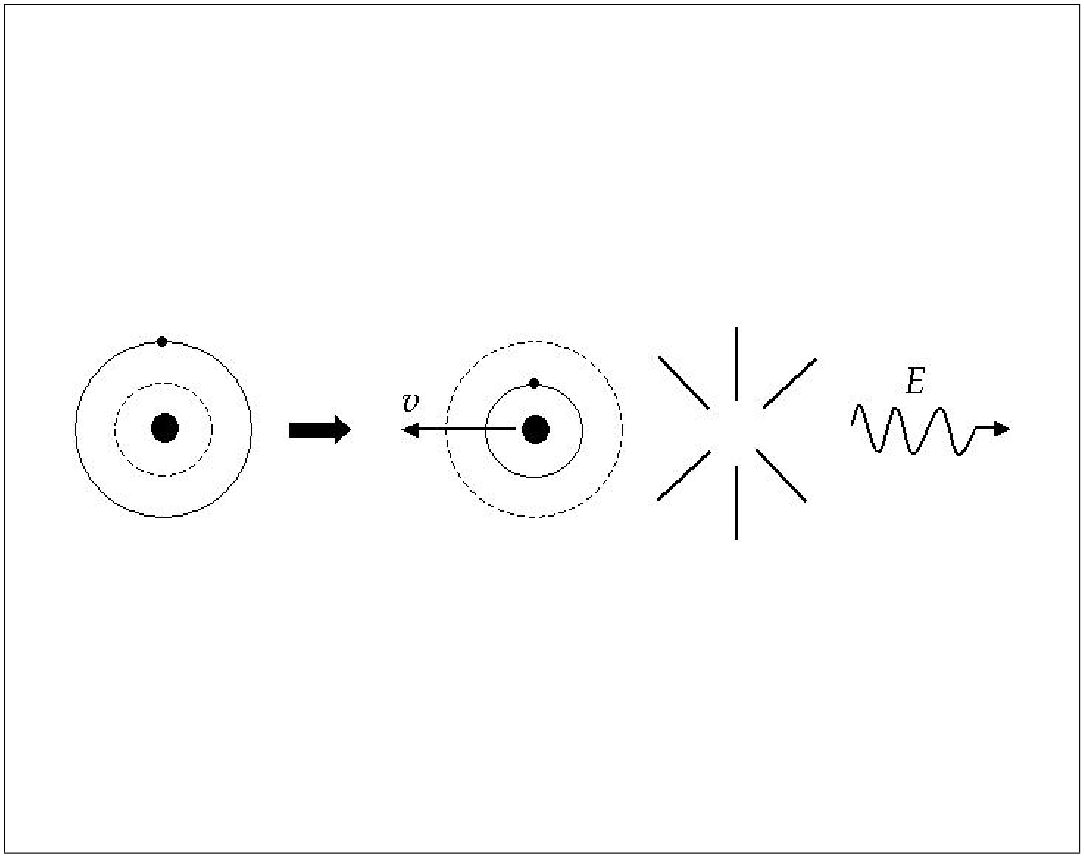
Retroceso del átomo

Calcular la velocidad de retroceso de un átomo de hidrógeno, inicialmente en reposo, que sufre una transición entre los estados $n = 5$ y $n = 1$.

Solución



Datos:

$$M = 1,673 \cdot 10^{-27}\, kg$$

$$E_l = 13,607\, eV$$

$$e = 1,602 \cdot 10^{-19}\, C$$

$$c = 2,998 \cdot 10^{8}\, \frac{m}{s}$$

La energía disponible para el proceso la obtenemos de la fórmula de Bohr

$$E_n = -\frac{E_l}{n^2} \Rightarrow \Delta E = E_5 - E_1 = E_l \left(1 - \frac{1}{5^2}\right) = 13,063, eV$$

Esta energía es la que se convierte en energía cinética del átomo y del fotón emitido en la transición, por lo que se ha de cumplir

$$\Delta E = \frac{p^2}{2M} + E$$

con p el momento del átomo y E la energía del fotón. Además, también ha de cumplirse la conservación de la cantidad de movimiento, por lo que este momento del átomo ha de ser igual que el del fotón, esto es

$$p = \frac{E}{c}$$

Eliminando E entre estas dos ecuaciones, se tiene

$$\Delta E = \frac{p^2}{2M} + pc$$

De esta ecuación despejamos p y elegimos la raiz positiva, con lo que obtenemos

$$p = \sqrt{M\left(2\Delta E + Mc^2\right)} - Mc$$

y de aquí se saca la velocidad dividiendo por la masa

$$v = \frac{p}{M} = \sqrt{\frac{2\Delta E}{M} + c^2} - c = 4,172\,\frac{m}{s} \simeq 15\,\frac{km}{h}$$

con lo que se ve que el efecto del retroceso es tan pequeño, que en la mayoría de las transiciones atómica se desprecia y se supone que toda la energía se la lleva el fotón.