

## Principio de Incertidumbre

1

- ✓ En 1927, Heisenberg y Bohr demostraron que en la unión de las descripciones ondulatoria y corpuscular de la materia y la radiación, es esencial el concepto de probabilidad.
- ✓ Las leyes de la física clásica son deterministas y el análisis estadístico en física clásica es una simple herramienta que se usa cuando se estudia sistemas de muchas partículas.
- ✓ En física clásica, dados el vector posición  $\vec{r}_0$  y el vector momento lineal  $\vec{p}_0$  en  $t=0$ , se puede obtener  $\vec{r} = \vec{r}(t)$  y  $\vec{p} = \vec{p}(t)$  si se conoce la fuerza  $\vec{F}$ . (Determinismo clásico).
- ✓ En el proceso de hacer observaciones (medir), el observador interactúa con el objeto observado pero en la mayoría de los casos, la observación no altera el estado del sistema medido. (Sistema macroscópico, mundo clásico, mundo de las cosas que ordinariamente observamos)
- ✓ El físico "clásico" supuso, de modo natural, que para sistemas microscópicos, el  $\vec{r}$  y  $\vec{p}$  de un ente como el electrón podían determinarse tal como se hacía en la física clásica.

- ✓ Antes de la relatividad, los físicos "clásicos" hablaban de la simultaneidad de dos eventos sin saber como se podía determinar dicha simultaneidad. Einstein probó que la simultaneidad es un concepto relativo.
- ✓ Al igual que en el caso relativista, en el caso cuántico hay que preguntarse como se mide realmente la posición y el momento lineal de una partícula.
- ✓ ¿Es posible determinar la posición y el momento lineal en el mismo instante?

La respuesta que da la teoría cuántica es:

Si se puede, pero no con mayor precisión que la permitida por el Principio de Incertidumbre de Heisenberg. (Principio de Indeterminación).

- ✓ Existen varias formas de escribir el Principio de incertidumbre. La primera que vamos a estudiar afirma que en un experimento no se puede determinar simultáneamente el valor exacto de una componente del momento lineal



de una partícula, por ejemplo la componente  $x$  ( $p_x$ ), y el valor exacto de la componente  $x$  del vector posición de la partícula ( $x$ ):

$$\Delta p_x \Delta x \geq \frac{\hbar}{2}.$$

- ✓ La incertidumbre anterior quiere decir que el momento lineal  $p_x$  se conoce con una incertidumbre  $\Delta p_x$  y al mismo tiempo la coordenada  $x$  se conoce con una incertidumbre  $\Delta x$ , y ambas incertidumbres están vinculadas de la forma que indica la incertidumbre. ( $\hbar = h/2\pi$ ).
- ✓ Es muy importante mencionar que las incertidumbres  $\Delta p_x$  y  $\Delta x$  no se deben a incapacidades instrumentales. Aún con instrumentos ideales, nunca se puede superar  $\Delta p_x \Delta x \geq \hbar/2$ .
- ✓ Otra cosa importante es que el Principio se refiere al producto de las incertidumbres, de modo que mientras más se modifique un experimento para mejorar la medición de una de las variables, por ejemplo  $p_x$ , más se deteriora la medición de la otra variable ( $x$ ).

✓ Otra forma de escribir el Principio de incertidumbre que se analizará en más detalle luego es

$$\Delta E \Delta t \geq \hbar/2$$

donde  $\Delta E$  es la incertidumbre en el conocimiento de la energía  $E$  del estado de un sistema y  $\Delta t$  es el intervalo de tiempo relacionado a cuán rápido puede cambiar el estado del sistema.