

$$8.38 (17a) \quad \Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

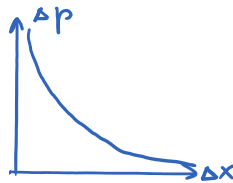
Je genauer man den Ort eines Objekts misst, desto ungenauer / unbestimmter ist sein Impuls und umgekehrt.

Das Produkt der beiden Unbestimmtheiten kann nie kleiner als  $\frac{h}{4\pi}$  sein.

$$\beta, \quad \Delta x \cdot \Delta p = \frac{h}{4\pi} = \text{konstant}$$

$\Delta x$  und  $\Delta p$  sind *invers* / *umgekehrt* proportional zueinander

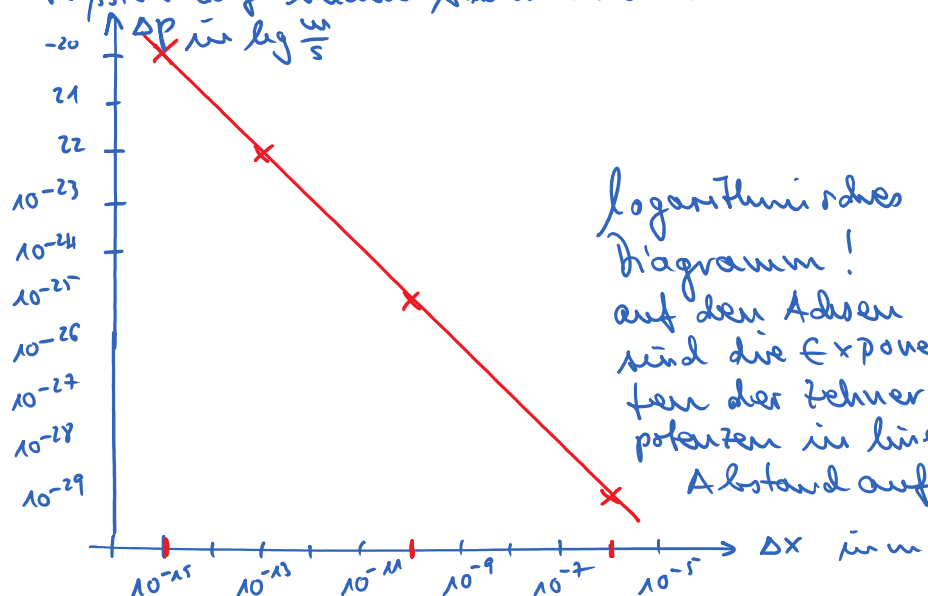
⇒ Hyperbel



sinnvolle Werte für  $\Delta x$  bzw.  $\Delta p$ :

	$\Delta x$	$\Delta p$
Atomdickmesser	$10^{-10} \text{ m}$	$5 \cdot 10^{-25} \text{ kg } \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Kern-durchmesser	$10^{-15} \text{ m}$	$5 \cdot 10^{-20} \text{ kg } \frac{\text{m}}{\text{s}}$
$1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$		$5 \cdot 10^{-29} \text{ kg } \frac{\text{m}}{\text{s}}$

linearer Maßstab ist hier nicht möglich, man muss einen logarithmischen Maßstab auf beiden Achsen verwenden:



$$c) m = 500 \text{ g} ; \Delta v = 1 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi} \Rightarrow \Delta x \geq \frac{h}{4\pi \Delta p}$$

$$\Delta x \geq \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{4\pi \cdot 0,5 \text{ kg} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$\Delta x \geq 5,3 \cdot 10^{-32} \text{ m}$$

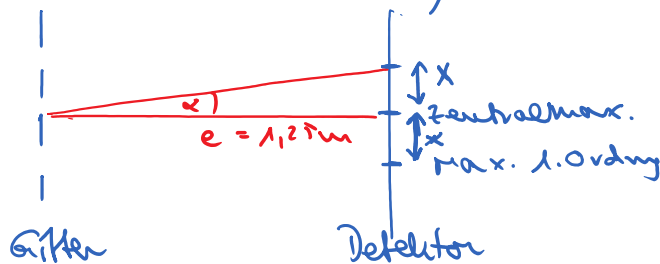
$\Delta x$  liegt außerhalb unterhalb jeder Messmöglichkeit, da  $\Delta x$  um 17 Zehnerpotenzen kleiner als der Kerndurchmesser von Atomen ist.

S. 38/16 a)

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v} \quad \text{hier nicht verwendbar, weil die Masse } m \text{ aus } \lambda \text{ berechnet werden soll!}$$

Aus dem Beugungsbild kann die Wellenlänge bestimmt werden.

1. Maximum bei  $x = 30 \mu\text{m}$



$$\tan \alpha = \frac{x}{e}$$

Bedingung für 1. Maximum:

$$b \cdot \sin \alpha = k \cdot \lambda, \quad k=1$$

$$\tan \alpha \approx \sin \alpha$$

$$\Rightarrow \frac{x}{e} = \frac{k \cdot \lambda}{b} \Rightarrow \lambda = \frac{b \cdot x}{k \cdot e}$$

$$\dots = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1 = \frac{100 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot 30 \cdot 10^{-6} \text{ m}}{1 \cdot 1,27 \text{ m}}$$

$$\text{mit } h=1 \rightarrow \lambda = \frac{100 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot 30 \cdot 10^{-6} \text{ m}}{1,25 \text{ m}}$$

$$\lambda = 2,4 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

de Broglie:  $\lambda = \frac{h}{mv} \Rightarrow m = \frac{h}{\lambda \cdot v}$

$$m = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{2,4 \cdot 10^{-12} \text{ m} \cdot 200 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$m = 1,4 \cdot 10^{-24} \text{ kg}$$

Masse von 60 Kohlenstoffatomen:

$$M = 60 \cdot 12 \cdot 1 \text{ u}$$

$$\begin{aligned} & (\text{u} = \text{atomare Masseneinheit} \\ & = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}) \end{aligned}$$

$$= 60 \cdot 12 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$= 1,2 \cdot 10^{-24} \text{ kg}$$

Erklärung der Abweichung

- Es können bei den Fullerenen auch andere Kohlenstoffisotope auftreten
- Die Geschwindigkeit der Fullerene streut relativ stark  
 $\Rightarrow$  Berechnung von  $\lambda$  und  $m$  ist ungenau
- Ablesen des Maximums ungenau  
 $\Rightarrow \lambda$  wird ungenau.

b,

Maxima beim Doppelspalt/Gitter, wenn

$$b \cdot \sin \alpha = k \cdot \lambda, \quad b = \text{Spaltabstand} \quad (1)$$

Minima beim Einfadenspalt, wenn

$$B \cdot \sin \alpha = k \cdot \lambda, \quad B = \text{Spaltbreite} \quad (2)$$

hier:  $b = 100 \text{ nm}$ ,  $B = 50 \text{ nm}$

Für das Maximum 2. Ordnung gilt also nach Gleichung (1):  $\sin \alpha = \frac{2 \cdot \lambda}{b}$ ,

für das 1. Minimum des Einfadenspalt nach Gleichung (2):  $\sin \alpha = \frac{1 \cdot \lambda}{B}$

Da  $b = \frac{1}{2} B \Rightarrow$  Maximum 2. Ordnung des Gitters fällt mit dem Minimum 1. Ordnung des Einfadenspalt zusammen.

- c)
- Das Interferenzmuster des Einfadenspalt überdeckt das Beugungsbild des Gitters
  - Durch die „breite“ Geschwindigkeitsverteilung der Fullereine sind viele verschiedene Wellenlängen an der Entstehung des Interferenzbildes beteiligt.

Dadurch sind die Maxima nicht scharf begrenzt, sondern in der Breite „verschmiert“ (ähnlich dem Beugungsbild von Licht an einem Gitter, wenn Licht verschiedener Wellenlängen verwendet wird).