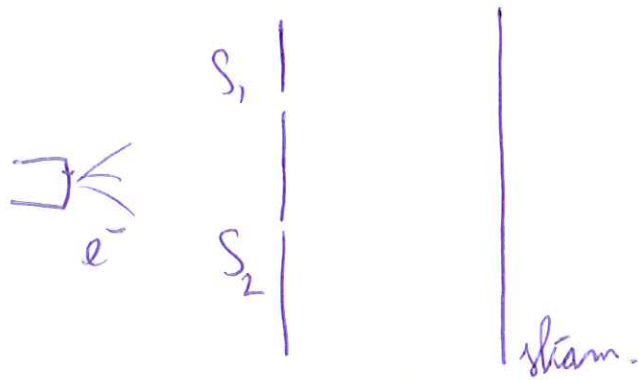


Dubbelspaltexperiment (elektroner):



Om vi vet (kan veta) vilken väg elektronerna tog, då har vi ingen interferens.

Om vi inte vet (inte kan veta) det, då har vi interferens!

Allmänna princip: 1) Sannolikhet av en händelse:

$$P = |\phi|^2, \text{ med } \phi \text{ sannolikhetsamplituden}$$

2) Om en händelse kan inträffa på två olika sätt, som vi inte kan skilja åt, då måste

amplituderna adderas: $\phi = \phi_1 + \phi_2$, och

$$P = |\phi_1 + \phi_2|^2 \rightarrow \text{interferens.}$$

3) Om vi kan skilja händelserna, då adderas sannolikheterna
 $P = P_1 + P_2 = |\phi_1|^2 + |\phi_2|^2$: ingen interferens

Obestämdhets princip:

Y dubbelspaltsexp.: vi kan inte göra ett experiment, så att vi vet vilken väg e^- tar, och ha interferens samtidigt.

Mycket allmänare princip.

Obestämdhets relation för position x och rörelsemängd i x -led p_x : $p_x = m v_x$

$$\Delta x \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2} \quad \hbar = \frac{h}{2\pi}$$

Δx : osäkerhet i partikelns position i x -led

Δp_x : " " " rörelsemängd i x -led.

Man kan inte bestämma x och p_x exakt samtidigt!

Om Δx är liten, är Δp_x stor, och vice versa.

Vi har också $\Delta y \Delta p_y \geq \frac{\hbar}{2}$ och $\Delta z \Delta p_z \geq \frac{\hbar}{2}$,

men man kan bestämma x och p_y exakt samtidigt:
i princip

$$\Delta x \Delta p_y \geq 0 \quad (\text{osv.})$$

Våg naturen av partiklarna ligger bakom:

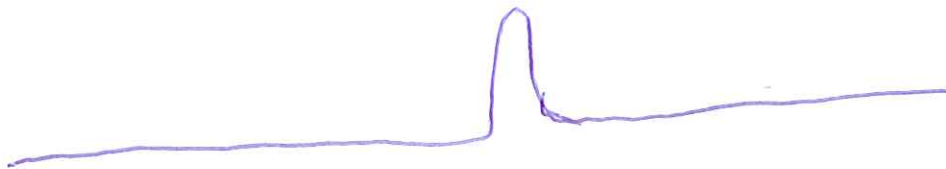
relation mellan p och λ : $p = \hbar k = \hbar / \lambda$ $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

Egenskap hos vågor: λ är inte välbestämd för ett litet våg paket.

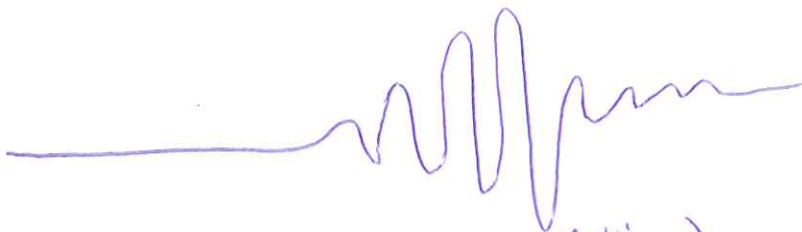
Våg:



λ bestämd
läget obestämd



λ obestämd
läget bestämd



λ , läget något bestämd.

Osäkerhet i λ (eller # oscillationer) ger osäkerhet i k .

~~Om~~ Vi byr osäker om faktorer $2, \pi$ just nu:

Vanliga vågor: $\Delta x \Delta k \geq 2\pi$

Kvant fysik: $\Delta k_x = \Delta p_x / \hbar$, så $\Delta x \Delta p_x \geq \hbar$

Med ~~för~~ alla faktorer med: $\Delta x \Delta p_x \geq \hbar / 2$

Det finns en gräns hur välbestämd x och p_x kan vara.
Ger också en experimentell gräns.

OBS: Δx kan vara noll, men då är p_x helt obestämd!

* Δx och Δp_x för en partikel beror på vågfunktionen som beskriver partikeln.

* Vad betyder Δx ?

Om vi har ett system med given Δx , och om vi kan göra perfekta mätningar ^{av x}, då blir standardavvikelsen

~~av mätningarna~~ ~~en uppsättning~~ av mätningar på en mängd likadana system Δx .

Om $\psi(x,t)$ är ~~en~~ partikels vågfunktion, då är $|\psi(x,t)|^2$ sannolikhet att hitta partikeln vid x , om vi gör en mätning på tid t .

Exempel: $\psi(x,t) = A e^{i(kx - \omega t)}$ ~~en~~ partikeln har

bestämd energi och ~~en~~ rörelse mängd:

$$E = \hbar \omega, \quad p_x = \hbar k$$

Problem med $\Delta x \Delta p_x \geq \hbar/2$?

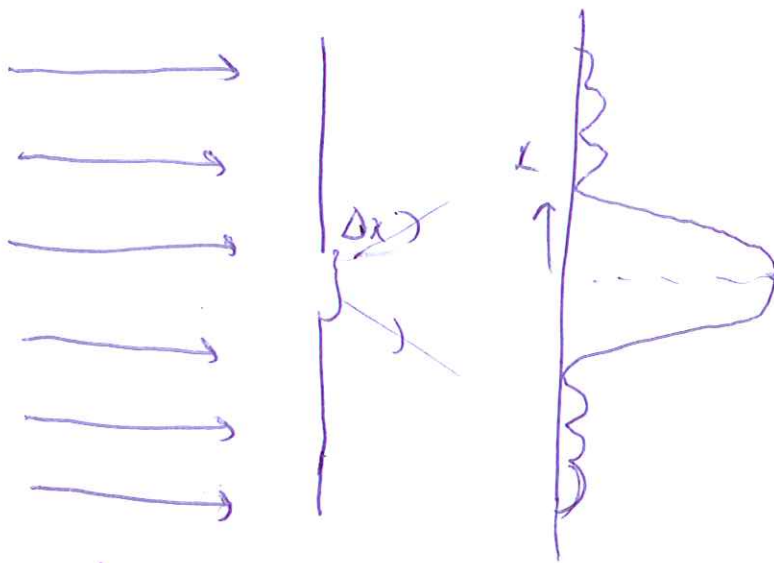
Nej, om vi tittar en partikeln är: $|\psi(x,t)|^2 =$

så sannolikhet att hitta partikeln är $|A e^{i(kx - \omega t)}|^2 = A^2$,

lika stor överallt! $\Rightarrow \Delta x = \infty$ ∇

Ex: diffraction med en spalt:

Vi ~~skickar~~ skickar en plan våg till spalten:



Före spalten: $p_x = 0$, men x obestämt!

Efter spalten: x ganska bra bestämd, men p.g.a. diffraction är p_x inte bestämd längre!

Ex: storlek av atomer.

Klassisk: atomer är ostabila! e^- i cirkelbanor runt kärnan. De borde slicka ut strålning, och förlorar energi, och hamnar på kärnan.

Kvant mekanisk: x och p_x kan inte vara välbestämda, och kan bara 'vara' i vissa 'banor'.

Elektroner runt en kärna beskrivs av en vågfunktion $\psi(\vec{r}, t)$.

Hur utspridd är den? Vad är medelvärde av avståndet till kärnan?

Vi ser a som parameter, och minimera energi!

(approximativt!)

$$\Delta x \sim a \quad \Delta p_x \sim \frac{\hbar}{a}$$

Energi för elektronen: $E_{\text{tot}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}}$
(väke atom)

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{p^2}{2m}$$

$$E_{\text{tot}} \approx \frac{\hbar^2}{2ma^2} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 a}$$

$$E_{\text{pot}} = \frac{(\Delta p)^2}{2m} = \frac{-e^2}{4\pi\epsilon_0 a} \approx -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 a}$$

När är E_{tot} minimal? $\frac{dE_{\text{tot}}}{da} = \frac{-2\hbar^2}{2ma^3} - (-1)\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 a^2} = 0$

$$\text{Så: } \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 a^2} = \frac{\hbar^2}{2ma^3} \Rightarrow a_0 = \frac{\hbar^2}{m_e e^2} \approx 5.29 \cdot 10^{-11} \text{ m.}$$

Storlek är verkligen $\sim 1 \text{ \AA}$!

Vad blir energi med $a = a_0$: $E_t = -\frac{m_e e^4}{2(4\pi\epsilon_0)^2 \hbar^2} \approx -13.6 \text{ eV}$

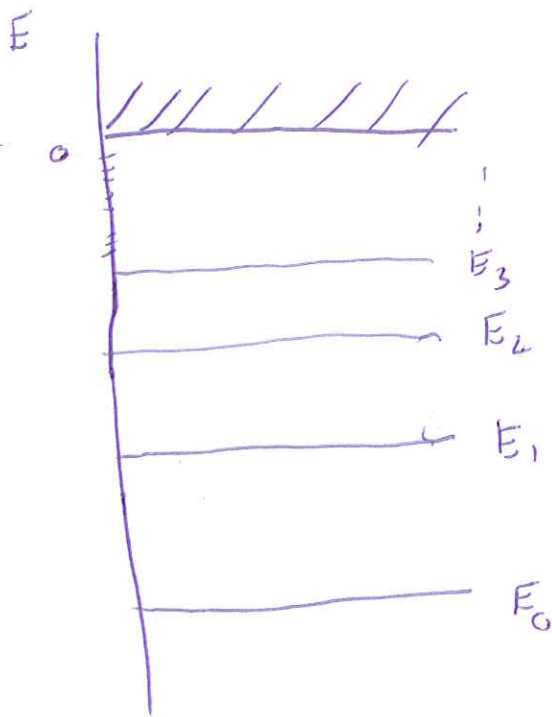
Det är precis energin för en väke atom!

E_t negativ: det kostar energi att 'få loss' e^- från kärnan!

Det kallas för ett bundet tillstånd.

Obestämthetsrelationen, och Pauli principen (två elektroner kan inte vara i samma tillstånd) gör att atomer är stabila!

Energinivåer för atomer:



$E_1, E_2, \text{ etc.}$ är exciterade tillstånd, med högre energi än grundtillståndet

Om en elektron är i exciterat tillstånd, kan den 'falla ner', och ~~slä~~ sända ut en foton.

Skillnad i energi tas av fotonen:

$$E_{\text{ex}} \quad \Delta E = E_b - E_a = E_3 - E_1 = E_{\text{foton}} = h\nu = h\nu$$

frekvensen blir: $\nu = \frac{\Delta E}{h}$

Det förklarar linje spektra hos atomer!

Hur får man energierna? Schrödingers ekvationer (ger också $\psi(\vec{r}, t)$).

Vad för diskreta nivåer!

Samma orsak som de diskreta stående vågor i

~~ett~~ orgelpiper:

