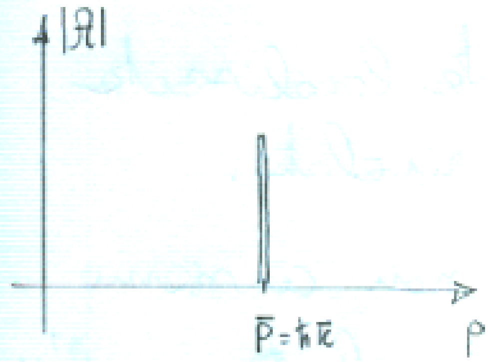
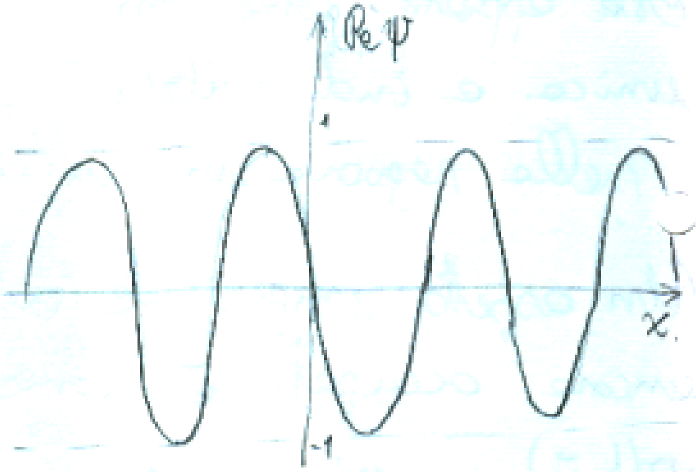
Se una particella ha energia E ed impulso $\bar{p}$ esattamente determinati, la sua funzione d'onda $\psi(t,\bar{x}) \sim e^{i(\bar{k}\cdot\bar{x}-\omega t)}$ avrebbe modulo uniforme in tutti i punti dello spazio. Questo vuol dire che la particella si può trovare in tutti i punti dello spazio con uguale probabilità, e quindi non è localizzata in alcuna regione di spazio.

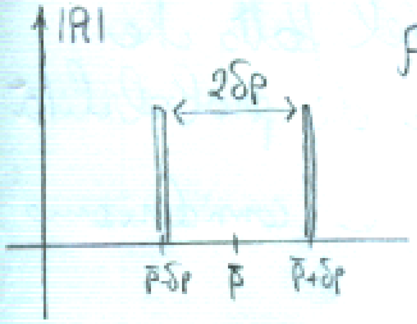




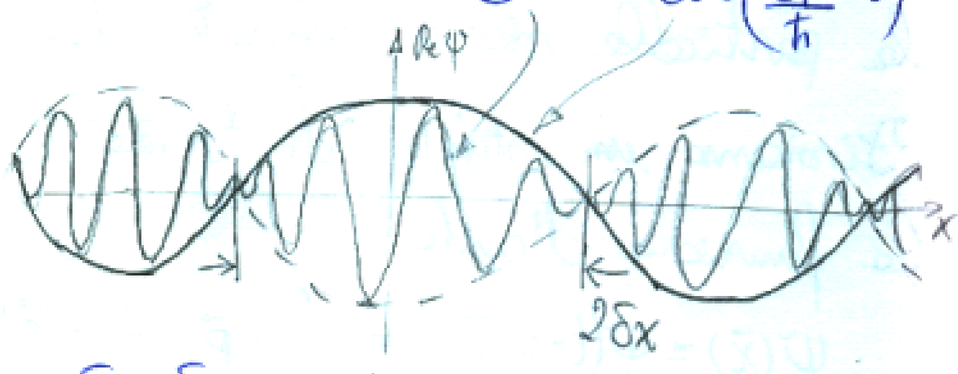
$A(p) = \delta(p-\bar{p})$

Sommando onde con diverso numero d'onda k, ossia con diverso impulso p, otteniamo un'onda modulata in ampiezza:

$$\psi(x) = \frac{1}{2}\left[e^{i\frac{\bar{p}-\delta p}{\hbar}x} + e^{i\frac{\bar{p}+\delta p}{\hbar}x}\right] = e^{i\frac{\bar{p}\cdot x}{\hbar}}\,\frac{e^{-\frac{i\delta p x}{\hbar}}+e^{\frac{i\delta p x}{\hbar}}}{2}$$



$$A = \frac{1}{2}\left[\delta(p-\bar{p}+\delta p)+\delta(p-\bar{p}-\delta p)\right] \qquad = e^{i\frac{\bar{p}\cdot x}{\hbar}}\cos\left(\frac{\delta p}{\hbar}x\right)$$



$$2\delta x = \pi\frac{\hbar}{\delta p} \qquad \delta x\cdot\delta p = \frac{\pi}{2}\hbar$$

Non è ancora un'onda localizzata, ma ci arriviamo.