

Meccanica Quantistica

Marco Militello

Indice

1	Formule	2
1.1	Equazione Schrodinger per una particella libera 1D	
1.2	Equazione Schrodinger per un potenziale arbitrario $V(x)$	
1.2.1	1D	
1.2.2	3D	
1.3	Operatori	
1.3.1	Rappresentazione coordinate	
1.3.2	Rappresentazione momenti	
1.3.3	Applicazione operatori su stati	
1.4	Commutatore	
1.5	Stati stazionari	
1.6	Continuità della funzione d'onda e della derivata	
1.7	Soluzione equazione stati stazionari	
1.8	Particella in una scatola con potenziale infinito	
1.8.1	Energia	
1.8.2	Autofunzioni	
1.9	Evoluzione temporale	
1.10	Oscillatore armonico	
1.10.1	Hamiltoniana	
1.10.2	Energia	
2	Per esame	5
2.1	Traformata di Fourier	
2.2	Rappresentazione coordinate	
2.3	Rappresentazione coordinate	
2.4	Operatore hamiltoniana	
2.5	Valor medio	
2.6	Buche di potenziale	
2.7	Equazione Schrodinger	
2.8	Oscillatore armonico	
2.9	Formule trigonometriche	

Capitolo 1

Formule

1.1 Equazione Schrodinger per una particella libera 1D

$$i\hbar \frac{\delta \psi}{\delta t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\delta^2 \psi}{\delta x^2}$$

1.2 Equazione Schrodinger per un potenziale arbitrario $V(x)$

1.2.1 1D

$$i\hbar \frac{\delta \psi}{\delta t} = \left[-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\delta^2}{\delta x^2} + V(x) \right] \psi$$

1.2.2 3D

$$i\hbar \frac{\delta}{\delta t} \psi(t, \vec{x}) = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi(t, \vec{x}) + V(t, \vec{x}) \psi(t, \vec{x})$$

1.3 Operatori

- $\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + V(\hat{x})$ hamiltoniana
- $\hat{a} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\sqrt{\frac{m\omega}{\hbar}} \hat{x} + i \frac{1}{\sqrt{m\hbar\omega}} \hat{p} \right)$
- $\hat{a}^+ = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\sqrt{\frac{m\omega}{\hbar}} \hat{x} - i \frac{1}{\sqrt{m\hbar\omega}} \hat{p} \right)$ creatore
- $\hat{x} = \sqrt{\frac{\hbar}{2m\omega}} (\hat{a}^+ + \hat{a})$ distruttore
- $\hat{p} = i\sqrt{\frac{m\hbar\omega}{2}} (\hat{a}^+ - \hat{a})$
- $\hat{N} = (\hat{a}^+ \hat{a})$ operatore numero

1.3.1 Rappresentazione coordinate

- $\hat{p}_x = -i\hbar \frac{\delta}{\delta x}$
- $\hat{x} = x$
- $\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V(\vec{x})$

1.3.2 Rappresentazione momenti

- $\hat{p}_x = p$
- $\hat{x} = i\hbar \frac{\delta}{\delta p}$

1.3.3 Applicazione operatori su stati

- $a^+|n\rangle = \sqrt{n+1}|n+1\rangle$
- $a|n\rangle = \sqrt{n}|n-1\rangle$
- $\hat{x}|n\rangle = \sqrt{\frac{\hbar}{2m\omega}}(\sqrt{n+1}|n+1\rangle + \sqrt{n}|n-1\rangle)$
- $\hat{p}|n\rangle = \sqrt{\frac{m\hbar\omega}{2}}(\sqrt{n+1}|n+1\rangle - \sqrt{n}|n-1\rangle)$

1.4 Commutatore

- $[\hat{A}, \hat{B}] = \hat{A}\hat{B} - \hat{B}\hat{A}$
- $[\hat{x}, \hat{p}_x] = i\hbar$
- $[\hat{a}, \hat{a}^+] = 1$

1.5 Stati stazionari

$$\hat{H}\varphi = E\varphi$$

1.6 Continuità della funzione d'onda e della derivata

- $V \rightarrow \infty \Rightarrow \varphi = 0$
- Salto in $x = x_0 \Rightarrow \dot{\varphi} \in C^1$ (la funzione non ha salti)
- $V(x)$ ha delta in $x = x_0 \Rightarrow V = V_0\delta(x - x_0)$

$$\dot{\varphi}(x_0 + \varepsilon) - \dot{\varphi}(x_0 - \varepsilon) = \frac{2m}{\hbar} V_0 \varphi(x_0)$$

1.7 Soluzione equazione stati stazionari

1. Soluzione del tipo oscillatorio

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} + \alpha^2\psi = 0$$

Le soluzioni sono del tipo

$$c_1 \sin(\alpha x) + c_2 \cos(\alpha x)$$

2. Soluzioni del tipo esponenziali

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} - \alpha^2\psi = 0$$

Le soluzioni sono del tipo

$$c_1 e^{\alpha x} + c_2 e^{-\alpha x}$$

1.8 Particella in una scatola con potenziale infinito

1.8.1 Energia

$$E_n = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ma^2} n^2$$

1.8.2 Autofunzioni

$$\varphi_n = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right)$$

1.9 Evoluzione temporale

$$\psi(t, \vec{x}) = \sum c_n \varphi_n e^{-\frac{iE_n t}{\hbar}} + \int dk c(k) \varphi_k e^{-\frac{iE_k t}{\hbar}}$$

1.10 Oscillatore armonico

1.10.1 Hamiltoniana

$$H = \frac{p^2}{2m} + \frac{1}{2} m \omega^2 x^2$$

1.10.2 Energia

$$E_n = \hbar \omega \left(n + \frac{1}{2} \right)$$

Capitolo 2

Per esame

2.1 Traformata di Fourier

$$\hat{f}(k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int dx e^{-ikx} f(x) \quad k = \frac{p}{\hbar}$$

2.2 Rappresentazione coordinate

$$\hat{p}_x = -i\hbar \frac{\delta}{\delta x}$$
$$\hat{x} = x$$

2.3 Rappresentazione coordinate

$$\hat{p} = p$$
$$\hat{x} = i\hbar \frac{\delta}{\delta p}$$

2.4 Operatore hamiltoniana

$$\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + V(\hat{x})$$

2.5 Valor medio

$$\langle A \rangle = \int dx \psi^*(x) A \psi(x)$$
$$\langle A \rangle = \int dx \tilde{\psi}^*(x) A \tilde{\psi}(x)$$

2.6 Buche di potenziale

- Particella in una scatola con potenziale infinito

Energia

$$E_n = \frac{n^2 \pi^2 \hbar^2}{2a^2 m}$$

Autofunzioni

$$\varphi_n = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin\left(\frac{n\pi x}{a}\right)$$

2.7 Equazione Schrodinger

$$\ddot{\psi} + \frac{2m}{\hbar^2} [E - V(x)] \psi(x) = 0$$

2.8 Oscillatore armonico

$$\hat{x}|n\rangle = \sqrt{\frac{\hbar}{2m\omega}} (\sqrt{n+1}|n+1\rangle + \sqrt{n}|n-1\rangle)$$

2.9 Formule trigonometriche

$$\sin(2x) = 2 \sin x \cos x$$