Curso

Não-Markovianidade: caracterização, quantificação e detecção

Aula 1

Estaremos tratando nesse curso da dinâmica de sistemas quânticos abertos. Tipicamente estamos descrevendo um cenário onde temos um sistema de interesse em contato com um ambiente.

Dependendo de como se dá a interação do sistema com o ambiente (interação fraca ou forte, de características do ambiente (estruturado, correlacionado, ou de correlações iniciais entre sistema e ambiente, essa dinâmica poderá ser descrita de diferentes formas.

Markovianidade vs. Não-Markoviano
(s/ efeitos de memória) (c/ efeitos de memória)

Markovianidade para um processo estocástico clássico

Para simplificar vamos tratar um processo estocástico discreto $\{X(t)\}$ onde a variável aleatória X assume valores x_n no tempo t_n.

O processo é definido Markoviano se as probabilidades condicionais satisfazem:

$$p(x_n|x_{n-1},\dots,x_0) = p(x_n|x_{n-1}) \quad \forall\ t_n \geq t_{n-1} \geq \dots \geq t_0$$

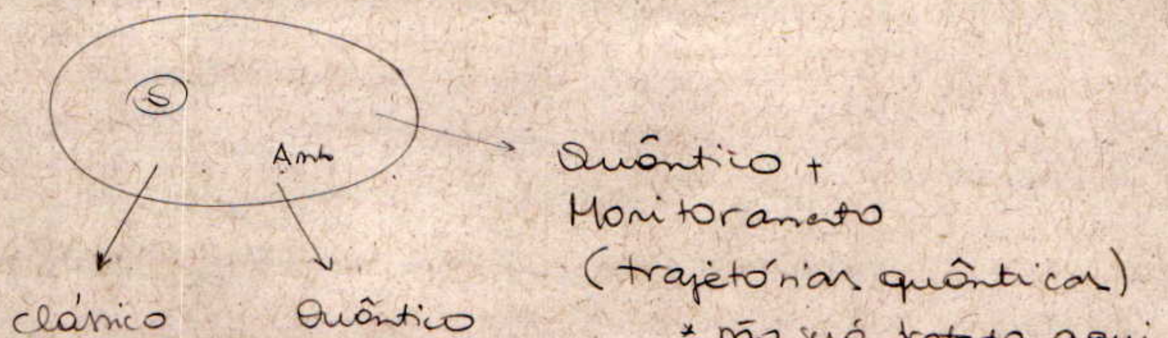
Se quisermos saber a probabilidade de X assumir o valor x_n no tempo t_n, basta então saber o que aconteceu com X no tempo t_{n-1}.

$$p(x_n) = \sum_{x_{n-1}} p(x_n | x_{n-1})\, p(x_{n-1})$$

Markoviana: evolução futura só depende do presente

Não-Markoviana: dependência com o passado

Dinâmica de Sistemas Quânticos Abertos



A princípio não assumimos nada sobre o ambiente. Apenas que sistema e ambiente são descritos por operadores que atuam em espaços de Hilbert diferentes:

- $\mathcal{H} = \mathcal{H}_S \otimes \mathcal{H}_{amb}$

- Hamiltoniano $H = H_S \otimes \mathbb{1}_{amb} + \mathbb{1}_S \otimes H_{amb} + H_{int}$

Objetivo principal: descrever a dinâmica do sistema sob a influência do ambiente

- <u>Por que estudar sistemas quânticos abertos?</u>

Estamos buscando construir <u>modelos físicos</u>.

- descrever e entender a transição entre "quântico e clássico"

- descrever, entender, controlar e possivelmente combater os efeitos danosos da inevitável interação com o ambiente para todas tecnologias quânticas

$\Rightarrow$ efeitos de DECOERÊNCIA

Ex.:

$$|0\rangle|E\rangle \xrightarrow{U(t)} |0\rangle|E_0(t)\rangle$$

$$|1\rangle|E\rangle \xrightarrow{U(t)} |1\rangle|E_1(t)\rangle$$

$$(\alpha_0|0\rangle + \alpha_1|1\rangle) \xrightarrow{U(t)} \alpha_0|0\rangle|E_0(t)\rangle + \alpha_1|1\rangle|E_1(t)\rangle$$

$$\rho_S(t) = Tr_{AMB}\left(\rho_{S+AMB}^{(t)}\right) = \begin{pmatrix} |\alpha_0|^2 & \alpha_0\alpha_1^* \langle E_1(t)|E_0(t)\rangle \\ \alpha_1\alpha_0^* \langle E_0(t)|E_1(t)\rangle & |\alpha_1|^2 \end{pmatrix}$$

$$\rho_S(0) = \begin{pmatrix} |\alpha_0|^2 & \alpha_0\alpha_1^* \\ \alpha_0^*\alpha_1 & |\alpha_1|^2 \end{pmatrix}$$

$$\rho_{Bell} = \begin{pmatrix} 1/2 & 0 & 0 & 1/2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1/2 & 0 & 0 & 1/2 \end{pmatrix} \longrightarrow \begin{pmatrix} 1/2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/2 \end{pmatrix}$$

$$\left(\frac{|00\rangle + |11\rangle}{\sqrt{2}}\right) \times h.c \qquad \frac{1}{2}\left(|00\rangle\langle 00| + |11\rangle\langle 11|\right)$$

• Como descrever a dinâmica de sistemas quânticos abertos?

Para um sistema quântico isolado: Eq. de Schrödinger

$$\rho(t) = U(t)\,\rho\,U^\dagger(t) \qquad U(t) = e^{-iHt/\hbar}$$

Para um sistema aberto:

$$\rho_S(t) = Tr_{amb}\left[U(t)\left(\rho_S \otimes \omega_{AMB}\right)U^\dagger(t)\right]$$

Stinespring

* estou assumindo aqui que inicialmente sistema e ambiente não estão correlacionados