

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

ĐỀ THI KẾT THÚC HỌC KỲ I
NĂM HỌC 2022-2023

MÔN THI: CƠ HỌC LƯỢNG TỬ
Mã môn học: PHY2306 Số tín chỉ: 04 Đề số: 1
Dành cho sinh viên lớp môn học (mã môn học): PHY2306
Thời gian làm bài: 120 phút (không kể thời gian phát đề)

Câu I (3,0 điểm):

1. (1,0 điểm): Tính: $\left(\frac{d^2}{dx^2} \cdot x\right)^2$

2. (1,0 điểm): Nêu định nghĩa toán tử tự liên hợp (tức là toán tử émit).

3. (1,0 điểm): Toán tử $\hat{x} \cdot \hat{L}_x$ có phải là toán tử tự liên hợp hay không? Lý do?

Câu II (2,0 điểm): Gọi hệ véc tơ riêng trực chuẩn của dao động tử điều hòa

một chiều với năng lượng $E_n = \hbar\omega \left(n + \frac{1}{2}\right)$ là ψ_n . Các toán tử \hat{a} và \hat{a}^+ được

định nghĩa như sau:

$$\hat{a} = \sqrt{\frac{m\omega}{2\hbar}} \hat{x} + \frac{i}{\sqrt{2m\omega}} \hat{p},$$

$$\hat{a}^+ = \sqrt{\frac{m\omega}{2\hbar}} \hat{x} - \frac{i}{\sqrt{2m\omega}} \hat{p}.$$

Cho biết: $\hat{a}\psi_n = \sqrt{n}\psi_{n-1}$, $\hat{a}^+\psi_n = \sqrt{n+1}\psi_{n+1}$. Hãy tính giá trị trung bình của x , x^2 , p_x ở trạng thái ψ_n .

Câu III (2,0 điểm): Đại lượng vật lý nào trong số: năng lượng E ; các hình chiếu xung lượng p_x , p_y , p_z ; các hình chiếu mô men xung lượng L_x , L_y , L_z là bảo toàn khi toán tử thế năng $\hat{U} = az$, với $a \in \mathbb{R}$ và $a \neq 0$?

Câu IV (3,0 điểm): Giải phương trình Schrödinger cho hạt chuyển động qua hàng rào thế năng có độ rộng vô hạn:

$$U(x) = \begin{cases} U_0 & \text{khi } x > 0 \\ 0 & \text{khi } x < 0 \end{cases} \text{ trong trường hợp năng lượng } E < U_0.$$

Cán bộ coi thi không giải thích gì thêm