

PHẢN XẠ TOÀN PHẦN CỦA NƠTRON PHÂN CỰC
TRÊN MẶT TINH THỂ PHÂN CỰC
KHI CÓ NHIỀU XẠ BỀ MẶT

Nguyễn Đình Dũng
Khoa Vật lý, ĐHTH Hà Nội

Trong bài báo [1] chúng tôi đã tính toán được tiết diện tán xạ hạt nhân hiệu dụng của các nơtron trên tinh thể phân cực trong điều kiện có nhiều xạ bề mặt.

Trong bài báo này chúng tôi vẫn giữ nguyên tất cả các ký hiệu ở bài báo [1] và nghiên cứu bài toán tán xạ trong điều kiện phản xạ toàn phần của nơtron trên bề mặt tinh thể phân cực khi có nhiều xạ bề mặt. Trong trường hợp này các thừa số $e^{iK_{1(2)\pm}z}$ có thể viết chuyển thành như sau:

$$e^{iK_{1(2)\pm}z} = e^{iK_{0\pm}n_{1(2)\pm}z} \rightarrow e^{-K_{0\pm}\beta_{1(2)\pm}z} \quad (1)$$

ở đó $\beta_{1(2)\pm} = \text{Im}n_{1(2)\pm} > 0$ phần ảo của hệ số khúc xạ của các nơtron khi có phản xạ toàn phần.

$$\begin{aligned} \beta_{1\pm} &= \text{Im} \left\{ 1 - \frac{u_{00\pm} + u_{11\pm} + K_{0\parallel}^2 \alpha}{2K_0^2 \sin^2 \theta} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{K_0^2 \sin^2 \theta} \left[(u_{00\pm} - u_{11\pm} - K_{0\parallel}^2 \alpha)^2 + 4u_{01\pm}u_{10\pm} \right]^{1/2} \right\}^{1/2} > 0 \\ \beta_{2\pm} &= \text{Im} \left\{ 1 - \frac{u_{00\pm} + u_{11\pm} + K_{0\parallel}^2 \alpha}{2K_0^2 \sin^2 \theta} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{2K_0^2 \sin^2 \theta} \left[(u_{00\pm} - u_{11\pm} - K_{0\parallel}^2 \alpha)^2 + 4u_{01\pm}u_{10\pm} \right]^{1/2} \right\}^{1/2} > 0 \end{aligned}$$

Như vậy các góc tới hạn của phản xạ toàn phần được xác định bởi các biểu thức sau [2]:

$$\begin{aligned} \theta_{c1\pm} &\approx \left\{ \frac{1}{2K_0^2} \left[u_{00\pm} + u_{11\pm} + K_{0\parallel}^2 \alpha - \left[(u_{00\pm} - u_{11\pm} - K_{0\parallel}^2 \alpha)^2 + 4u_{01\pm}u_{10\pm} \right]^{1/2} \right] \right\}^{1/2} \\ \theta_{c2\pm} &\approx \left\{ \frac{1}{2K_0^2} \left[u_{00\pm} + u_{11\pm} + K_{0\parallel}^2 \alpha + \left[(u_{00\pm} - u_{11\pm} - K_{0\parallel}^2 \alpha)^2 + 4u_{01\pm}u_{10\pm} \right]^{1/2} \right] \right\}^{1/2} \end{aligned}$$

Dựa vào công thức (1) và kết quả của bài báo [1] chúng ta sẽ thu được tiết diện tán xạ hạt nhân hiệu dụng trong điều kiện phản xạ toàn phần của các nơtron trên bề mặt tinh thể phân cực khi có nhiều xạ bề mặt.

$$\frac{d^2\sigma_{\pm}}{d\Omega dE_K} = \frac{m^2}{(2\pi)^3 \hbar^5} \frac{K}{K_0} \int_{-\infty}^{+\infty} dt e^{i(E_K - E_{K_0})t} \sum_{\ell'} \left[2A_{\pm}^* A_{\ell'} G_{1\ell\pm}^* G_{1\ell'\pm} \pm P_{0Z} 2\text{Re}(A_{\pm}^* A_{\ell'} G_{1\ell\pm}^* G_{1\ell'\pm}) + 2B_{\pm}^* B_{\ell'} G_{1\ell\pm}^* G_{1\ell'\pm} \langle (J_{\ell x}(0) - \langle J_{\ell x}(0) \rangle) (J_{\ell' x}(t) - \langle J_{\ell' x}(t) \rangle) \rangle \right] \quad (2)$$

ở đó

$$G_{1\ell\pm} = \frac{1}{2} e^{-i\vec{Q}_{\parallel} \cdot \vec{R}_{\ell\parallel}} \left[\varphi_{\pm}(\vec{K}_1) e^{-\text{Im}(K_{x\pm} + K_{1x\pm})R_{\ell x}} + \varphi_{\pm}(\vec{K}_2) e^{-\text{Im}(K_{x\pm} + K_{2x\pm})R_{\ell x}} + \varphi_{\pm}(\vec{K}_1 + 2\pi\vec{\tau}) e^{i2\pi\vec{\tau}_{\parallel} \cdot \vec{R}_{\ell\parallel}} e^{-\text{Im}(K_{x\pm} + K_{1x\pm})R_{\ell x}} + \varphi_{\pm}(\vec{K}_2 + 2\pi\vec{\tau}) e^{i2\pi\vec{\tau}_{\parallel} \cdot \vec{R}_{\ell\parallel}} e^{-\text{Im}(K_{x\pm} + K_{2x\pm})R_{\ell x}} \right]$$

Các chỉ số \pm tương ứng với các trường hợp các định hướng song song và phản song song của spin của neutron và vectơ từ trường hiệu dụng.

Vì khoảng cách giữa các hạt nhân rất nhỏ cho nên một cách gần đúng chúng ta có thể coi sự phân bố của các hạt nhân là liên tục. Nếu ta giả thiết không có sự tương quan của các spin của các hạt nhân khác nhau và thay tổng trong biểu thức (2) bởi tích phân theo toàn bộ tinh thể, ta sẽ nhận được:

$$\frac{d^2\sigma_{\pm}}{d\Omega dE_K} = \frac{m^2}{(2\pi)^3 \hbar^5} \frac{K}{K_0} \int_{-\infty}^{+\infty} dt e^{i(E_K - E_{K_0})t} \left[2|A|^2 \pm 2P_{0Z}|S|^2 + 2|B|^2 \langle (J_x(0) - \langle J_x(0) \rangle) (J_x(t) - \langle J_x(t) \rangle) \rangle \right] D_{\pm}(\theta) \quad (3)$$

ở đó

$$D_{\pm}(\theta) = \frac{S}{4} \left\{ \frac{|\varphi_{\pm}(\vec{K}_1)|^2 + |\varphi_{\pm}(\vec{K}_1 + 2\pi\vec{\tau})|^2}{2\text{Im}(K_{x\pm} + K_{1x\pm})} + \frac{|\varphi_{\pm}(\vec{K}_2)|^2 + |\varphi_{\pm}(\vec{K}_2 + 2\pi\vec{\tau})|^2}{2\text{Im}(K_{x\pm} + K_{2x\pm})} + \frac{2\text{Re}[\varphi_{\pm}^*(\vec{K}_1 + 2\pi\vec{\tau})\varphi_{\pm}(\vec{K}_2 + 2\pi\vec{\tau})]}{2\text{Im}K_{x\pm} + \text{Im}(K_{1x\pm} + K_{2x\pm})} + \frac{2\text{Re}[\varphi_{\pm}^*(\vec{K}_1)\varphi_{\pm}(\vec{K}_2)]}{2\text{Im}K_{x\pm} + \text{Im}(K_{1x\pm} + K_{2x\pm})} \right\}$$

S - diện tích bề mặt tinh thể.

θ - góc tới của neutron tiến đến bề mặt của tinh thể.

Tích phân theo biểu thức (3) theo $d\Omega$ chúng ta sẽ nhận được:

$$\frac{d\sigma_{\pm}}{dE_K} = \frac{m^2 4\pi}{(2\pi)^3 \hbar^5} \frac{K}{K_0} \int_{-\infty}^{+\infty} dt e^{i(E_K - E_{K_0})t} \left[2|A|^2 \pm 2P_{0Z}|A|^2 + 2|B|^2 \langle (J_x(0) - \langle J_x(0) \rangle) (J_x(t) - \langle J_x(t) \rangle) \rangle \right] D_{\pm}(\theta) \quad (4)$$

Từ (4) chúng ta thấy rằng tiết diện vi phân trong trường hợp này chứa một thông tin quan trọng - hàm tương quan thời gian của spin của hạt nhân bề mặt:

$$\langle (J_x(0) - \langle J_x(0) \rangle)(J_x(t) - \langle J_x(t) \rangle) \rangle$$

Từ các kết quả đã nhận được chúng ta đi đến kết luận là nghiên cứu phản xạ toàn phần của neutron phân cực trên mặt tinh thể phân cực khi có nhiễu xạ bề mặt cho phép ta nhận được những thông tin quan trọng về động học của các spin của các hạt nhân bề mặt của tinh thể. Điều này cho phép chúng ta nghiên cứu được một cách kỹ càng cấu trúc bề mặt của tinh thể.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Đình Dũng. Tán xạ không đàn hồi của các neutron trên tinh thể phân cực trong điều kiện có nhiễu xạ bề mặt. Tạp chí Khoa học Đại học Tổng hợp Hà Nội No 1, 1993.
2. Барышевский В. Г., Письма в "ЖЭТФ", 1976 № 2, с. 112.

TOTAL REFLECTION OF POLARIZED NEUTRON BY SURFACE OF POLARIZED CRYSTAL IN THE PRESENCE OF SURFACE DIFFRACTION

Nguyen Dinh Dung
Faculty of Physics, Hanoi University

In this article, the total reflection of polarized neutron by surface of polarized crystal in the presence of surface diffraction is studied and discussed.