

## THÔNG TIN VỀ LUẬN VĂN THẠC SĨ

1. Họ và tên học viên: Nguyễn Thị Thu Hoàn
2. Giới tính: Nữ
3. Ngày sinh: 03/12/1988
4. Nơi sinh: Hà Nội
5. Quyết định công nhận học viên số: 4375/QĐ-CTSV ngày 03 tháng 12 năm 2012
6. Các thay đổi trong quá trình đào tạo: Không
7. Tên đề tài luận văn:

**Tán xạ hạt nhân của các neutron phân cực và véc tơ phân cực của các neutron tán xạ trên bề mặt tinh thể phân cực trong điều kiện có phản xạ toàn phần.**

8. Chuyên ngành: Vật lý lý thuyết và vật lý toán
9. Mã số: 60440103
10. Cán bộ hướng dẫn khoa học: PGS.TS Nguyễn Đình Dũng – Trường ĐH Khoa học Tự nhiên
11. Tóm tắt các kết quả của luận văn:

Trong những năm gần đây, sự tán xạ của neutron chậm đã được sử dụng rộng rãi để nghiên cứu vật lý các chất đông đặc.

Các neutron chậm là một công cụ độc đáo trong việc nghiên cứu động học của các hạt nhân nguyên tử vật chất và các cấu trúc từ của chúng

Hiện nay, để nghiên cứu cấu trúc tinh thể, đặc biệt là cấu trúc từ của tinh thể phương pháp quang học neutron phân cực đã được sử dụng rộng rãi. Chúng ta dùng chùm neutron chậm phân cực bắn vào bia (năng lượng cỡ dưới 1 MeV và không đủ để tạo ra quá trình sinh, hủy các hạt).

Nhờ neutron có tính trung hòa điện, đồng thời momen lưỡng cực điện vô cùng nhỏ (gần bằng 0) nên neutron không tham gia tương tác điện dẫn đến độ xuyên sâu của chùm neutron vào tinh thể là rất lớn, và bức tranh giao thoa của sóng tán xạ sẽ cho ta thông tin về cấu trúc tinh thể và cấu trúc từ của bia. Điều đó giúp ta hiểu rõ hơn về sự tiến động spin của các neutron trong bia có các hạt nhân phân cực.

Các nghiên cứu và tính toán về tán xạ phi đàn hồi của các neutron phân cực trong tinh thể phân cực cho phép chúng ta nhận được các thông tin quan trọng về

tiết diện tán xạ của các neutron chậm trong tinh thể phân cực, hàm tương quan spin của các hạt nhân. Ngoài ra các vấn đề về nhiễu xạ bề mặt của các neutron trong tinh thể phân cực đặt trong trường ngoài biến thiên tuần hoàn và sự thay đổi phân cực của neutron trong tinh thể cũng đã được nghiên cứu.

Chúng ta đi tính toán và xem xét vectơ phân cực của neutron phân cực trên bề mặt tinh thể có các hạt nhân phân cực khi có phản xạ toàn phần.

$$\vec{P} = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} sp \left\{ \rho_{nuc} \rho_0 \left\langle \hat{T}_{k'k}^+ \vec{\sigma} \hat{T}_{k'k}^-(t) \right\rangle \right\} E^{\frac{i}{\hbar}(E_{k'} - E_k)t} dt}{\int_{-\infty}^{+\infty} sp \left\{ \rho_{nuc} \rho_0 \left\langle \hat{T}_{k'k}^+ \hat{T}_{k'k}^-(t) \right\rangle \right\} E^{\frac{i}{\hbar}(E_{k'} - E_k)t} dt}$$

Trong đó

$$\widehat{T}_{kk} = \sum_l \left[ A_l t_{ll} I + \mathbf{B}_l t_{ll} \vec{\sigma} \left( \vec{J}_l - \langle \vec{J} \rangle \right) + A_l t_{ll} \vec{\sigma}_z + \mathbf{B}_l t_{ll} \left( J_{lz} - \langle J_{lz} \rangle \right) I \right]$$

$$\vec{\varepsilon}_l = \vec{J}_l - \langle \vec{J} \rangle$$

$$\varepsilon_{lz} = J_{lz} - \langle J_{lz} \rangle$$

Và:

$$t_{ll} = t_{2l} = \int dr_{\parallel}^{-1} e^{i\vec{Q}_{\parallel} r_{\parallel}} \int_0^{\infty} dx' \frac{1}{2} B_+^{*'} B_+ e^{ik_x^{>'x}} e^{ik_x^{>}x} \delta(\vec{r}' - \vec{R}_l)$$

$$= \frac{1}{2} B_+^{*'} B_+ e^{-i\vec{Q}_{\parallel} R_{\parallel}} e^{-i(k_x^{<'}\beta + k_x^{<} \beta) R_x}$$

Như vậy sau những tính toán phức tạp chúng ta thu được các thành phần  $P_x, P_y, P_z$  của vectơ phân cực của các neutron tán xạ hạt nhân trên bề mặt tinh thể có các hạt nhân phân cực trong điều kiện có phản xạ toàn phần.

$$P_x = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} e^{\frac{i}{\hbar}(E_k - E_k)t} dt (X_1 + X_2)}{\int_{-\infty}^{+\infty} dt e^{\frac{i}{\hbar}(E_k - E_k)t} \sum_{ll'} \left[ 2A_l^* A_l t_{ll'}^* t_{ll'} + P_{oz} 2\text{Re}(A_l^* A_l t_{ll'}^* t_{ll'}) \right. \\ \left. + 2B_l^* B_l t_{ll'}^* t_{ll'} \langle (J_{lx}(0) - \langle J_{lx}(0) \rangle) (J_{lx}(t) - \langle J_{lx}(t) \rangle) \rangle \right]}$$

$$P_y = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} e^{\frac{i}{\hbar}(E_k - E_k)t} dt (X_3 + X_4)}{\int_{-\infty}^{+\infty} dt e^{\frac{i}{\hbar}(E_k - E_k)t} \sum_{ll'} \left[ 2A_l^* A_l t_{ll'}^* t_{ll'} + P_{oz} 2\text{Re}(A_l^* A_l t_{ll'}^* t_{ll'}) \right. \\ \left. + 2B_l^* B_l t_{ll'}^* t_{ll'} \langle (J_{lx}(0) - \langle J_{lx}(0) \rangle) (J_{lx}(t) - \langle J_{lx}(t) \rangle) \rangle \right]}$$

$$P_z = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} e^{\frac{i}{\hbar}(E_k - E_k)t} dt (X_5 + X_6)}{\int_{-\infty}^{+\infty} dt e^{\frac{i}{\hbar}(E_k - E_k)t} \sum_{ll'} \left[ 2A_l^* A_l t_{ll'}^* t_{ll'} + P_{oz} 2\text{Re}(A_l^* A_l t_{ll'}^* t_{ll'}) \right. \\ \left. + 2B_l^* B_l t_{ll'}^* t_{ll'} \langle (J_{lx}(0) - \langle J_{lx}(0) \rangle) (J_{lx}(t) - \langle J_{lx}(t) \rangle) \rangle \right]}$$

Đã trình bày tổng quan về lý thuyết tán xạ của neutron chậm trong tinh thể và đã nghiên cứu sự tiến động hạt nhân của spin của các neutron phân cực khi nó đi sâu vào môi trường phân cực và các phương pháp tính góc tiến động.

Đã khôi phục lại được các tính toán phức tạp và thu được tiết diện tán xạ hiệu dụng của các neutron trên tinh thể có các hạt nhân phân cực trong trường hợp có phản xạ toàn phần. Nghiên cứu tiết diện tán xạ trên cho phép chúng ta nghiên cứu động học của các hạt nhân trên bề mặt tinh thể.

Đã tính được vectơ phân cực của các neutron tán xạ hạt nhân trên bề mặt tinh thể có các hạt nhân phân cực trong điều kiện có phản xạ toàn phần. Vectơ phân cực này chứa thông tin quan trọng về các hàm tương quan của spin của các hạt nhân nằm trên bề mặt tinh thể. Trong trường hợp tinh thể không phân cực những kết quả của chúng tôi quy về được kết quả đã được công bố của Giáo sư **Барышевский**.

12. Khả năng ứng dụng trong thực tiễn: (nếu có)
13. Những hướng nghiên cứu tiếp theo: (nếu có)
14. Các công trình đã công bố có liên quan đến luận văn:

*(liệt kê các công trình theo thứ tự thời gian nếu có)*

*Ngày 03 tháng 11 năm 2014*

**Học viên**

Nguyễn Thị Thu Hoàn

## **INFORMATION ON MASTER'S THESIS**

1. Full name: Nguyen Thi Thu Hoàn
2. Sex: Female
3. Date of birth: 03/12/1988
4. Place of birth: Ha Noi
5. Admission decision number: 4375/QĐ-CTSV, dated 03/12/2012
6. Changes in academic process:
7. Official thesis title: Nuclear scattering of polarized neutrons and polarization vector of scattered neutrons from ferrous crystal surfaces in the totally reflected conditions
8. Major: Theoretical physics and computational physics
9. Code: 60440103
10. Supervisors:

Assoc. Prof. Dr. Nguyen Dinh Dung, Ha Noi University of Science - Vietnam National University, Hanoi

11. Summary of the findings of the thesis:

In the recent years, the scattering of slow neutrons has been widely used for the physical research of concentrated agents.

Slow neutrons are an unique tool in the kinetics research of material atomic nucleus and their structure

At present, to research the crystal structure, especially it is magnet structure of the crystal, optical method of polarized neutrons has been widely used. We use beam of slow neutrons then shoot to the target (energy below 1 MeV and it is not enough to create granular generation and destruction process).

Thanks to neutrons with electro- neutrality while dipole moment is extremely small (approximately 0), neutrons do not participate in electromagnetic interaction, as a result, penetration depth of beam of neutrons to the crystal is very big and interference picture of the scattered wave shall give us information on the crystal structure and magnet structure of the target. This helps us know well precession of spins of neutrons in the target with polarized nuclear.

Researches and calculations of inelastic scattering of polarized neutrons in the polarized crystals which allows us receiving important information about the scattering cross section of the slow neutrons in the polarized crystals, spin correlation function of nuclear. Moreover, matters regarding surface diffraction of the neutrons in the polarized crystals in the environment out of periodic variation and change to the polarization of the neutrons in the crystals have been researched. Calculated the polarization vector of scattered neutrons from ferrous crystal surfaces in the totally reflected conditions.

$$\vec{P} = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} sp \left\{ \rho_{nuc} \rho_0 \left\langle \hat{T}_{k'k}^+ \vec{\sigma} \hat{T}_{k'k} (t) \right\rangle \right\} E^{\frac{i}{\hbar}(E_{k'} - E_k)t} dt}{\int_{-\infty}^{+\infty} sp \left\{ \rho_{nuc} \rho_0 \left\langle \hat{T}_{k'k}^+ \hat{T}_{k'k} (t) \right\rangle \right\} E^{\frac{i}{\hbar}(E_{k'} - E_k)t} dt}$$

We have

$$\hat{T}_{k'k} = \sum_l \left[ A_l T_{1l} I + B_l T_{1l} \vec{\sigma} (\vec{J}_l - \langle \vec{J}_l \rangle) + A_l T_{2l} \sigma_z + B_l T_{2l} (J_{lz} - \langle J_{lz} \rangle) I \right]$$

$$\vec{\varepsilon}_l = \vec{J}_l - \langle \vec{J}_l \rangle$$

$$\varepsilon_{lz} = J_{lz} - \langle J_{lz} \rangle$$

And:

$$\begin{aligned} t_{1l} = t_{2l} &= \int d\vec{r}'_{\parallel} e^{i\vec{Q}_{\parallel} \vec{r}'_{\parallel}} \int_0^{\infty} dx' \frac{1}{2} B_+^* B_+ e^{ik'_+ x'} e^{ik''_+ x'} \delta(\vec{r}' - \vec{R}_l) \\ &= \frac{1}{2} B_+^* B_+ e^{-i\vec{Q}_{\parallel} \vec{R}_{l\parallel}} e^{-i(k'_x \beta + k''_x \beta) R_{lx}} \end{aligned}$$

Then, we can calculate components of polarization vectors in x, y, z direction.

$$P_x = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} e^{\frac{i}{\hbar}(E_k - E_k)t} dt (X_1 + X_2)}{\int_{-\infty}^{+\infty} dt e^{\frac{i}{\hbar}(E_k - E_k)t} \sum_{ll'} \left[ 2A_l^* A_l t_{ll'}^* t_{ll'} + P_{oz} 2\text{Re}(A_l^* A_l t_{ll'}^* t_{ll'}) \right. \\ \left. + 2B_l^* B_l t_{ll'}^* t_{ll'} \langle (J_{lx}(0) - \langle J_{lx}(0) \rangle) (J_{lx}(t) - \langle J_{lx}(t) \rangle) \rangle \right]}$$

$$P_y = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} e^{\frac{i}{\hbar}(E_k - E_k)t} dt (X_3 + X_4)}{\int_{-\infty}^{+\infty} dt e^{\frac{i}{\hbar}(E_k - E_k)t} \sum_{ll'} \left[ 2A_l^* A_l t_{ll'}^* t_{ll'} + P_{oz} 2\text{Re}(A_l^* A_l t_{ll'}^* t_{ll'}) \right. \\ \left. + 2B_l^* B_l t_{ll'}^* t_{ll'} \langle (J_{lx}(0) - \langle J_{lx}(0) \rangle) (J_{lx}(t) - \langle J_{lx}(t) \rangle) \rangle \right]}$$

$$P_z = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} e^{\frac{i}{\hbar}(E_k - E_k)t} dt (X_5 + X_6)}{\int_{-\infty}^{+\infty} dt e^{\frac{i}{\hbar}(E_k - E_k)t} \sum_{ll'} \left[ 2A_l^* A_l t_{ll'}^* t_{ll'} + P_{oz} 2\text{Re}(A_l^* A_l t_{ll'}^* t_{ll'}) \right. \\ \left. + 2B_l^* B_l t_{ll'}^* t_{ll'} \langle (J_{lx}(0) - \langle J_{lx}(0) \rangle) (J_{lx}(t) - \langle J_{lx}(t) \rangle) \rangle \right]}$$

Presented in general the scattering theory of slow neutrons in the crystal and researched the nuclear precession of spins of polarized neutrons when it deeply penetrates into the polarization environment and method of calculation of conic angle.

Restored the complicated calculations and gained effective scattering cross section of the neutrons on crystal with polarized nuclear in the totally reflected conditions. Researching on the scattering cross section allows us researching the nuclear on the crystal surface.

Calculated the polarization vector of scattered neutrons from ferrous crystal surfaces in the totally reflected conditions. This polarization vector contains important information on the correlation functions of spins of the nuclear on the crystal surface. In case of nonpolarized crystals, the results given by us are the same by Professor **Барышевский**.

12. Practical applicability, if any: *(If any)*

13. Further research directions: *(If any)*

14. Thesis-related publications: *(List works in chronologic order, if any)*

*3 November 2014*

Signature

***Nguyen Thi Thu Hoan***