

# РАСЧЁТНОЕ ЗАДАНИЕ № 1 ПО ДИСЦИПЛИНЕ «СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ»

## Резерфордовское обратное рассеяние

Ионы с энергией 2,5 МэВ бомбардируют поверхность плёнки толщиной  $t$ , напылённой на подложку и сверху покрытой тонким слоем металла.

### I. Выполнить:

1. Постройте кривые зависимости сечения торможения от энергии иона для каждого из элементов плёнки и подложки, а также для материала самой плёнки и подложки на одном графике в диапазоне энергий от 0,5 до 3 МэВ.

2. Постройте спектр обратного рассеяния, укажите особенности спектра (начало, конец, высоту и ширину).

Примечание: оценка «отлично» выставляется при полном правильном расчёте спектра с учётом зависимости сечения торможения от энергии, при использовании упрощённой формулы сечения торможения только с учётом энергии входной и выходной максимальная оценка составляет «хорошо».

### II. Исходные данные для задания:

№	ФИО студента	Подложка	Плёнка	Толщина плёнки $t$ , нм	Металл	Ион
1	Асташкин С.В.	SiO <sub>2</sub>	SnO <sub>2</sub>	200	Zn	<sup>1</sup> H <sup>+</sup>
2	Блохин Н.А.	Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PbS	250	Pt	<sup>1</sup> H <sup>+</sup>
3	Бондарев Р.А.	SiO <sub>2</sub>	PbSe	300	W	<sup>1</sup> H <sup>+</sup>
4	Зубарев В.Р.	Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	In <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	350	Ni	<sup>4</sup> He <sup>+</sup>
5	Княжев Ф.Р.	GaAs	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	200	In	<sup>4</sup> He <sup>+</sup>
6	Крымская А.А.	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	PbS	150	Au	<sup>1</sup> H <sup>+</sup>
7	Мамаев А.В.	GaAs	PbSe	200	V	<sup>1</sup> H <sup>+</sup>
8	Маринин Н.С.	Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	VO <sub>2</sub>	250	In	<sup>4</sup> He <sup>+</sup>
9	Острецов М.Д.	ZnO	SiO <sub>2</sub>	100	Zn	<sup>4</sup> He <sup>+</sup>
10	Сибилёв А.Е.	SiO <sub>2</sub>	SnO <sub>2</sub>	150	Pt	<sup>1</sup> H <sup>+</sup>
11	Сукоркин А.В.	GaAs	SiO <sub>2</sub>	200	W	<sup>4</sup> He <sup>+</sup>
12	Чурилин Д.А.	Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	250	Ni	<sup>4</sup> He <sup>+</sup>
13	Шутов М.Е.	SiO <sub>2</sub>	PbS	300	In	<sup>1</sup> H <sup>+</sup>
14	Щетинина Е.В.	Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PbSe	350	Au	<sup>1</sup> H <sup>+</sup>

Ток пучка ионов равен 10 мкА, длительность бомбардировки – 30 сек.

Угол рассеяния составляет 170°. Площадь приёмного окна детектора составляет 0,1 см<sup>2</sup>, расстояние от мишени до детектора – 5 см. Разрешение детектора принять равным 20 кэВ. Энергия нулевого канала – 0,1 МэВ, ширина канала – 5 кэВ.

### III. Срок выполнения расчётного задания – 8 неделя.

IV. *Дополнительные сведения:* домашнее задание выполняется на компьютере в машинописной форме. Необходимо предоставить схему эксперимента с указанием расстояния от плёнки до детектора, площади приёмного окна детектора, структуры исследуемого объекта. Отчёт по заданию выполняется в одном из текстовых процессоров типа Microsoft Word, LibreOffice, OpenOffice и тому подобное и предоставляется в виде PDF-файла на почту преподавателя через ОСЭП.

## Пример выполнения расчёта (плёнка $\text{Si}_3\text{N}_4$ с Au на $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ).

### 1. Сечение торможения

$$\varepsilon = k_c^2 \cdot \frac{2\pi Z_1^2 e^4}{E} \cdot Z_2 \cdot \frac{M_1}{m_0} \cdot \ln \frac{4m_0 E}{M_1 I},$$

где  $k_c = 9 \cdot 10^9$  м/Ф,  $m_0 = 0,00055$  а.е.м.,  $I = 10Z_2$ ,  $Z_1 = 2$ ,  $Z_2 = 14 - 7 - 79$ ,  $M_1 = 4$  а.е.м.,  $M_2 = 28 - 14 - 197$  а.е.м.

Сечение торможения на плёнке  $\text{Si}_3\text{N}_4$  по правилу Брэгга

$$\varepsilon(\text{Si}_3\text{N}_4) = 3\varepsilon(\text{Si}) + 4\varepsilon(\text{N})$$

Таблица 1

### Кинематический фактор для элементов (рассеяние ионов $^4\text{He}^+$ под углом $170^\circ$ )

Атомный номер	Элемент	Масса, а.е.м.	Кинематический фактор
7	N	14	
8	O	16	
13	Al	26	
14	Si	28	
31	Ga		
32	Ge		
33	As		
	Zn		
	Cu		
	Se		
	V		
	Pb		
	S		
	Se		
	In		
	Pt		
	W		
79	Au	197	
	Mo		
	Ni		