

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КІЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені Ігоря СІКОРСЬКОГО»  
Навчально-науковий фізико-технічний інститут  
Кафедра математичних методів захисту інформації**

**ДКР  
Варіант №3**

**Роботу виконав:  
Юрчук Олексій, ФІ-52МН**

27 листопада 2025 р.  
м. Київ

# Завдання № 1

## Умова:

- Перевірити, що набір публічних параметрів  $(N, p, q, d) = (7, 3, 41, 2)$  крипtosистеми NTRUCrypt є коректним;
- Використовуючи публічний ключ:

$$pk = 18x^6 + 6x^5 - 11x^4 + 3x^3 - 15x^2 - 2x - 2 = h(x)$$

зшифрувати повідомлення  $m = -x^5 - x^4 - x^2 - x + 1$ .

## Розв'язання:

Спершу перевіrimо, що набір параметрів є коректним. Це робиться дуже просто. Треба усього лиш перевірити, що виконується наступна рівність:  $q > (6d + 1)p$ . У нас задано:

- $N = 7$ ;
- $p = 3$ ;
- $q = 41$ ;
- $d = 2$ .

Маємо:  $41 > (6 \cdot 2 + 1) \cdot 3 = 39$ . Справді,  $41 > 39$ , то ж система NTRUCrypt є коректною.

Далі займемося зашифруванням повідомлення. Для цього нам необхідно спершу обчислити центральне підняття  $m$ . В нашому випадку саме повідомлення  $m = -x^5 - x^4 - x^2 - x + 1$  і буде центральним підняттям, оскільки коефіцієнти вже лежать у напівінтервалі  $(-41/2, 41/2]$ , тобто в проміжку  $(-20, 20]$ .

Наступним нашим кроком є обрання випадкового многочлена  $\mathbf{r}$  з множини тернарних многочленів  $\mathcal{T}(d, d)$ . В нас це  $\mathcal{T}(2, 2)$  – де перша двійка вказує на кількість коефіцієнтів 1, а друга відповідно коефіцієнтів  $-1$ .

Нехай це буде многочлен  $\mathbf{r} = x^6 - x^5 + x - 1$ . Щоб отримати шифротекст  $\mathbf{e}(x)$  необхідно обчислити:

$$\mathbf{e}(x) = p \cdot \mathbf{r}(x) \star \mathbf{h}(x) + \mathbf{m}(x)$$

Зробимо покроково. Спершу обчислимо добуток a.k.a. згортковий многочлен:

$$\mathbf{r}(x) \star \mathbf{h}(x) = (x^6 - x^5 + x - 1) \star (18x^6 + 6x^5 - 11x^4 + 3x^3 - 15x^2 - 2x - 2)$$

Для цього необхідно обчислити результуючі коефіцієнти. Скористаємось формулою:

$$c_k = \sum_{i+j \equiv k \pmod{N}} a_i \cdot b_j, \quad 0 \leq k \leq N-1$$

Для нашої задачі  $N = 7$ , тому формула матиме вигляд:

$$c_k = \sum_{i+j \equiv k \pmod{7}} a_i \cdot b_j, \quad 0 \leq k \leq 6$$

Обчислимо коефіцієнти  $c_0, \dots, c_6$ , маючи

$$\begin{aligned} a_0 &= -1, a_1 = 1, a_2 = 0, a_3 = 0, a_4 = 0, a_5 = -1, a_6 = 1 \\ b_0 &= -2, b_1 = -2, b_2 = -15, b_3 = 3, b_4 = -11, b_5 = 6, b_6 = 18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_0 &= \sum_{i+j \equiv 0 \pmod{7}} a_i \cdot b_j = a_0 \cdot b_0 + a_1 \cdot b_6 + a_2 \cdot b_5 + a_3 \cdot b_4 + a_4 \cdot b_3 + a_5 \cdot b_2 + a_6 \cdot b_1 = \\ &= a_0 \cdot b_0 + a_1 \cdot b_6 + a_5 \cdot b_2 + a_6 \cdot b_1 = (-1) \cdot (-2) + 1 \cdot 18 + (-1) \cdot (-15) + 1 \cdot (-2) = \\ &= 33 \pmod{41} \\ c_1 &= \sum_{i+j \equiv 1 \pmod{7}} a_i \cdot b_j = a_0 \cdot b_1 + a_1 \cdot b_0 + a_2 \cdot b_6 + a_3 \cdot b_5 + a_4 \cdot b_4 + a_5 \cdot b_3 + a_6 \cdot b_2 = \\ &= a_0 \cdot b_1 + a_1 \cdot b_0 + a_5 \cdot b_3 + a_6 \cdot b_2 = (-1) \cdot (-2) + 1 \cdot (-2) + (-1) \cdot 3 + 1 \cdot (-15) = -18 = \\ &= 23 \pmod{41} \\ c_2 &= \sum_{i+j \equiv 2 \pmod{7}} a_i \cdot b_j = a_0 \cdot b_2 + a_1 \cdot b_1 + a_2 \cdot b_0 + a_3 \cdot b_6 + a_4 \cdot b_5 + a_5 \cdot b_4 + a_6 \cdot b_3 = \\ &= a_0 \cdot b_2 + a_1 \cdot b_1 + a_5 \cdot b_4 + a_6 \cdot b_3 = (-1) \cdot (-15) + 1 \cdot (-2) + (-1) \cdot (-11) + 1 \cdot 3 = \\ &= 27 \pmod{41} \\ c_3 &= \sum_{i+j \equiv 3 \pmod{7}} a_i \cdot b_j = a_0 \cdot b_3 + a_1 \cdot b_2 + a_2 \cdot b_1 + a_3 \cdot b_0 + a_4 \cdot b_6 + a_5 \cdot b_5 + a_6 \cdot b_4 = \\ &= a_0 \cdot b_3 + a_1 \cdot b_2 + a_5 \cdot b_5 + a_6 \cdot b_4 = (-1) \cdot 3 + 1 \cdot (-15) + (-1) \cdot 6 + 1 \cdot (-11) = -35 = \\ &= 6 \pmod{41} \\ c_4 &= \sum_{i+j \equiv 4 \pmod{7}} a_i \cdot b_j = a_0 \cdot b_4 + a_1 \cdot b_3 + a_2 \cdot b_2 + a_3 \cdot b_1 + a_4 \cdot b_0 + a_5 \cdot b_6 + a_6 \cdot b_5 = \\ &= a_0 \cdot b_4 + a_1 \cdot b_3 + a_5 \cdot b_6 + a_6 \cdot b_5 = (-1) \cdot (-11) + 1 \cdot 3 + (-1) \cdot 18 + 1 \cdot 6 = \\ &= 2 \pmod{41} \\ c_5 &= \sum_{i+j \equiv 5 \pmod{7}} a_i \cdot b_j = a_0 \cdot b_5 + a_1 \cdot b_4 + a_2 \cdot b_3 + a_3 \cdot b_2 + a_4 \cdot b_1 + a_5 \cdot b_0 + a_6 \cdot b_6 = \\ &= a_0 \cdot b_5 + a_1 \cdot b_4 + a_5 \cdot b_0 + a_6 \cdot b_6 = (-1) \cdot 6 + 1 \cdot (-11) + (-1) \cdot (-2) + 1 \cdot 18 = \\ &= 3 \pmod{41} \\ c_6 &= \sum_{i+j \equiv 6 \pmod{7}} a_i \cdot b_j = a_0 \cdot b_6 + a_1 \cdot b_5 + a_2 \cdot b_4 + a_3 \cdot b_3 + a_4 \cdot b_2 + a_5 \cdot b_1 + a_6 \cdot b_0 = \\ &= a_0 \cdot b_6 + a_1 \cdot b_5 + a_5 \cdot b_1 + a_6 \cdot b_0 = (-1) \cdot 18 + 1 \cdot 6 + (-1) \cdot (-2) + 1 \cdot (-2) = -12 = \\ &= 29 \pmod{41} \end{aligned}$$

Отже маємо:

$$c(x) = \mathbf{r}(x) \star \mathbf{h}(x) = 29x^6 + 3x^5 + 2x^4 + 6x^3 + 27x^2 + 23x + 33$$

Далі помножимо на  $p$ :

$$\begin{aligned} p \cdot c(x) &= 3 \cdot (29x^6 + 3x^5 + 2x^4 + 6x^3 + 27x^2 + 23x + 33) = \\ &= 5x^6 + 9x^5 + 6x^4 + 18x^3 + 40x^2 + 28x + 17 \pmod{41} \end{aligned}$$

Далі додамо  $\mathbf{m}(x)$  і отримаємо зашифроване повідомлення:

$$\begin{aligned} p \cdot c(x) + \mathbf{m}(x) &= 5x^6 + 9x^5 + 6x^4 + 18x^3 + 40x^2 + 28x + 17 - x^5 - x^4 - x^2 - x + 1 = \\ &= 5x^6 + 8x^5 + 5x^4 + 18x^3 + 39x^2 + 27x + 18 \pmod{41} \end{aligned}$$

Отриманий криптотекст має вигляд:

$$\mathbf{e}(x) = p \cdot \mathbf{r}(x) \star \mathbf{h}(x) + \mathbf{m}(x) = 5x^6 + 8x^5 + 5x^4 + 18x^3 + 39x^2 + 27x + 18$$

## Завдання № 2

### Умова:

Еліптична крива  $E$  над полем  $\mathbb{F}_{631}$  задана рівнянням:

$$y^2 = x^3 + 30x + 34$$

1. Перевірити, що точки  $P = (36, 571)$  та  $Q = (420, 48)$  належать ЕК;
2. Перевірити, що обидві точки мають порядок 5 і породжують підгрупу точок експоненти 5
3. Обчислити значення спарювання Вейля  $w_5(P, Q)$  та перевірити, що отримане значення є коренем 5 степеня з 1.