Схема Горнера и её применения

Пример учебной презентации

Е. А. Максименко

Южный федеральный университет

30 ноября 2007 г.

Схема Горнера
Вывод формул
Демонстрация работы
Оформление в виде таблицы

Применения
Вычисление значений многочлена
Разложение многочлена по степеням двучлена
Поиск целых корней многочлена

Вывод формул для схемы Горнера

Разделить с остатком многочлен $f(x)$ на двучлен $(x-c)$ значит найти такой многочлен $q(x)$ и такое число r, что

$$f(x) = (x-c)q(x) + r.$$

Вывод формул для схемы Горнера

Разделить с остатком многочлен $f(x)$ на двучлен $(x - c)$ значит найти такой многочлен $q(x)$ и такое число r, что

$$f(x) = (x - c)q(x) + r.$$

Запишем это равенство подробно:

Вывод формул для схемы Горнера

Разделить с остатком многочлен $f(x)$ на двучлен $(x-c)$ значит найти такой многочлен $q(x)$ и такое число r, что

$$f(x) = (x-c)q(x) + r.$$

Запишем это равенство подробно:

$$f_0x^n + f_1x^{n-1} + f_2x^{n-2} + \ldots + f_{n-1}x + f_n =$$

$$= (x - c)\left(q_0x^{n-1} + q_1x^{n-2} + q_2x^{n-3} + \ldots + q_{n-2}x + q_{n-1}\right) + r\,.$$

Приравняем коэффициенты при одинаковых степенях:

Вывод формул для схемы Горнера

Разделить с остатком многочлен $f(x)$ на двучлен $(x-c)$ значит найти такой многочлен $q(x)$ и такое число r, что

$$f(x) = (x-c)q(x) + r.$$

Запишем это равенство подробно:

$$f_0x^n + f_1x^{n-1} + f_2x^{n-2} + \ldots + f_{n-1}x + f_n =$$

$$= (x - c)\left(q_0x^{n-1} + q_1x^{n-2} + q_2x^{n-3} + \ldots + q_{n-2}x + q_{n-1}\right) + r.$$

Приравняем коэффициенты при одинаковых степенях:

$x^n:$

Вывод формул для схемы Горнера

Разделить с остатком многочлен $f(x)$ на двучлен $(x - c)$ значит найти такой многочлен $q(x)$ и такое число r, что

$$f(x) = (x - c)q(x) + r.$$

Запишем это равенство подробно:

$$f_0 x^n + f_1 x^{n-1} + f_2 x^{n-2} + \ldots + f_{n-1} x + f_n =$$

$$= (x - c)\left(q_0 x^{n-1} + q_1 x^{n-2} + q_2 x^{n-3} + \ldots + q_{n-2} x + q_{n-1}\right) + r.$$

Приравняем коэффициенты при одинаковых степенях:

$$x^n: \qquad f_0 = q_0$$

Вывод формул для схемы Горнера

Разделить с остатком многочлен $f(x)$ на двучлен $(x-c)$ значит найти такой многочлен $q(x)$ и такое число r, что

$$f(x) = (x-c)q(x) + r.$$

Запишем это равенство подробно:

$$f_0x^n + f_1x^{n-1} + f_2x^{n-2} + \ldots + f_{n-1}x + f_n =$$

$$= (x - c)\left(q_0x^{n-1} + q_1x^{n-2} + q_2x^{n-3} + \ldots + q_{n-2}x + q_{n-1}\right) + r.$$

Приравняем коэффициенты при одинаковых степенях:

$$\begin{array}{rl} x^n: & f_0 = q_0 \\ x^{n-1}: & \end{array}$$

Вывод формул для схемы Горнера

Разделить с остатком многочлен $f(x)$ на двучлен $(x - c)$ значит найти такой многочлен $q(x)$ и такое число r, что

$$f(x) = (x - c)q(x) + r.$$

Запишем это равенство подробно:

$$f_0x^n + f_1x^{n-1} + f_2x^{n-2} + \ldots + f_{n-1}x + f_n =$$

$$= (x - c)\left(q_0x^{n-1} + q_1x^{n-2} + q_2x^{n-3} + \ldots + q_{n-2}x + q_{n-1}\right) + r.$$

Приравняем коэффициенты при одинаковых степенях:

$$\begin{array}{rc} x^n: & f_0 = q_0 \\ x^{n-1}: & f_1 = q_1 - cq_0 \end{array}$$

Вывод формул для схемы Горнера

Разделить с остатком многочлен $f(x)$ на двучлен $(x-c)$ значит найти такой многочлен $q(x)$ и такое число r, что

$$f(x) = (x-c)q(x) + r.$$

Запишем это равенство подробно:

$$f_0x^n + f_1x^{n-1} + f_2x^{n-2} + \ldots + f_{n-1}x + f_n =$$

$$= (x - c)\left(q_0x^{n-1} + q_1x^{n-2} + q_2x^{n-3} + \ldots + q_{n-2}x + q_{n-1}\right) + r\,.$$

Приравняем коэффициенты при одинаковых степенях:

$$\begin{array}{rc} x^n: & f_0 = q_0 \\ x^{n-1}: & f_1 = q_1 - cq_0 \\ x^{n-2}: & \end{array}$$

Вывод формул для схемы Горнера

Разделить с остатком многочлен $f(x)$ на двучлен $(x - c)$ значит найти такой многочлен $q(x)$ и такое число r, что

$$f(x) = (x - c)q(x) + r.$$

Запишем это равенство подробно:

$$f_0x^n + f_1x^{n-1} + f_2x^{n-2} + \ldots + f_{n-1}x + f_n =$$

$$= (x - c)\,(q_0x^{n-1} + q_1x^{n-2} + q_2x^{n-3} + \ldots + q_{n-2}x + q_{n-1}) + r\,.$$

Приравняем коэффициенты при одинаковых степенях:

$$\begin{aligned}
x^n: &\qquad f_0 = q_0\\
x^{n-1}: &\qquad f_1 = q_1 - cq_0\\
x^{n-2}: &\qquad f_2 = q_2 - cq_1
\end{aligned}$$

Вывод формул для схемы Горнера

Разделить с остатком многочлен $f(x)$ на двучлен $(x-c)$ значит найти такой многочлен $q(x)$ и такое число r, что

$$f(x) = (x-c)q(x) + r.$$

Запишем это равенство подробно:

$$f_0x^n + f_1x^{n-1} + f_2x^{n-2} + \ldots + f_{n-1}x + f_n =$$

$$= (x - c)\left(q_0x^{n-1} + q_1x^{n-2} + q_2x^{n-3} + \ldots + q_{n-2}x + q_{n-1}\right) + r.$$

Приравняем коэффициенты при одинаковых степенях:

$$\begin{aligned}
x^n: &\quad f_0 = q_0 \\
x^{n-1}: &\quad f_1 = q_1 - cq_0 \\
x^{n-2}: &\quad f_2 = q_2 - cq_1 \\
&\quad \ldots
\end{aligned}$$

Вывод формул для схемы Горнера

Разделить с остатком многочлен $f(x)$ на двучлен $(x-c)$ значит найти такой многочлен $q(x)$ и такое число r, что

$$f(x) = (x-c)q(x) + r.$$

Запишем это равенство подробно:

$$f_0x^n + f_1x^{n-1} + f_2x^{n-2} + \ldots + f_{n-1}x + f_n =$$

$$= (x - c)\left(q_0x^{n-1} + q_1x^{n-2} + q_2x^{n-3} + \ldots + q_{n-2}x + q_{n-1}\right) + r.$$

Приравняем коэффициенты при одинаковых степенях:

$$\begin{array}{rc}
x^n: & f_0 = q_0 \\
x^{n-1}: & f_1 = q_1 - cq_0 \\
x^{n-2}: & f_2 = q_2 - cq_1 \\
 & \ldots \\
x^1: &
\end{array}$$

Вывод формул для схемы Горнера

Разделить с остатком многочлен $f(x)$ на двучлен $(x-c)$ значит найти такой многочлен $q(x)$ и такое число r, что

$$f(x) = (x-c)q(x) + r.$$

Запишем это равенство подробно:

$$f_0x^n + f_1x^{n-1} + f_2x^{n-2} + \ldots + f_{n-1}x + f_n =$$

$$= (x - c)\left(q_0x^{n-1} + q_1x^{n-2} + q_2x^{n-3} + \ldots + q_{n-2}x + q_{n-1}\right) + r.$$

Приравняем коэффициенты при одинаковых степенях:

$$\begin{array}{rc}
x^n: & f_0 = q_0 \\
x^{n-1}: & f_1 = q_1 - cq_0 \\
x^{n-2}: & f_2 = q_2 - cq_1 \\
 & \ldots \\
x^1: & f_{n-1} = q_{n-1} - cq_{n-2}
\end{array}$$

Вывод формул для схемы Горнера

Разделить с остатком многочлен $f(x)$ на двучлен $(x - c)$ значит найти такой многочлен $q(x)$ и такое число r, что

$$f(x) = (x - c)q(x) + r.$$

Запишем это равенство подробно:

$$f_0x^n + f_1x^{n-1} + f_2x^{n-2} + \ldots + f_{n-1}x + f_n =$$

$$= (x - c)\left(q_0x^{n-1} + q_1x^{n-2} + q_2x^{n-3} + \ldots + q_{n-2}x + q_{n-1}\right) + r.$$

Приравняем коэффициенты при одинаковых степенях:

$$\begin{array}{rc}
x^n: & f_0 = q_0 \\
x^{n-1}: & f_1 = q_1 - cq_0 \\
x^{n-2}: & f_2 = q_2 - cq_1 \\
 & \ldots \\
x^1: & f_{n-1} = q_{n-1} - cq_{n-2} \\
x^0: &
\end{array}$$

Вывод формул для схемы Горнера

Разделить с остатком многочлен $f(x)$ на двучлен $(x-c)$ значит найти такой многочлен $q(x)$ и такое число r, что

$$f(x) = (x-c)q(x) + r.$$

Запишем это равенство подробно:

$$f_0x^n + f_1x^{n-1} + f_2x^{n-2} + \ldots + f_{n-1}x + f_n =$$

$$= (x - c)\left(q_0x^{n-1} + q_1x^{n-2} + q_2x^{n-3} + \ldots + q_{n-2}x + q_{n-1}\right) + r.$$

Приравняем коэффициенты при одинаковых степенях:

$$\begin{array}{rc}
x^n: & f_0 = q_0 \\
x^{n-1}: & f_1 = q_1 - cq_0 \\
x^{n-2}: & f_2 = q_2 - cq_1 \\
 & \ldots \\
x^1: & f_{n-1} = q_{n-1} - cq_{n-2} \\
x^0: & f_n = r - cq_{n-1}
\end{array}$$

Вывод формул для схемы Горнера

Разделить с остатком многочлен $f(x)$ на двучлен $(x - c)$ значит найти такой многочлен $q(x)$ и такое число r, что

$$f(x) = (x - c)q(x) + r.$$

Запишем это равенство подробно:

$$f_0x^n + f_1x^{n-1} + f_2x^{n-2} + \ldots + f_{n-1}x + f_n =$$

$$= (x - c)\left(q_0x^{n-1} + q_1x^{n-2} + q_2x^{n-3} + \ldots + q_{n-2}x + q_{n-1}\right) + r.$$

Приравняем коэффициенты при одинаковых степенях:

$$\begin{array}{rccc}
x^n: & f_0 = q_0 & \Longrightarrow & q_0 = f_0 \\
x^{n-1}: & f_1 = q_1 - cq_0 & \Longrightarrow & q_1 = cq_0 + f_1 \\
x^{n-2}: & f_2 = q_2 - cq_1 & \Longrightarrow & q_2 = cq_1 + f_2 \\
 & \ldots & & \\
x^1: & f_{n-1} = q_{n-1} - cq_{n-2} & \Longrightarrow & q_{n-1} = cq_{n-2} + f_{n-1} \\
x^0: & f_n = r - cq_{n-1} & \Longrightarrow & r = cq_{n-1} + f_n
\end{array}$$

Демонстрация работы схемы Горнера

С помощью схемы Горнера разделим с остатком многочлен $f(x) = x^3 - 5x^2 + 8$ на двучлен $x - 2$.

Демонстрация работы схемы Горнера

С помощью схемы Горнера разделим с остатком многочлен $f(x) = x^3 - 5x^2 + 8$ на двучлен $x - 2$.

	f_0	f_1	f_2	f_3
	1	-5	0	8
2				
c				

Записываем коэффициенты исходного многочлена f_0, f_1, f_2, f_3. Если делим на $(x - c)$, то во второй строке слева пишем c.

Демонстрация работы схемы Горнера

С помощью схемы Горнера разделим с остатком многочлен $f(x) = x^3 - 5x^2 + 8$ на двучлен $x - 2$.

		f_0	f_1	f_2	f_3
		1	-5	0	8
c	2				
		q_0	q_1	q_2	r

Готовим пустые клетки для остатка r
и коэффициентов неполного частного q_0, q_1, q_2.

Демонстрация работы схемы Горнера

С помощью схемы Горнера разделим с остатком многочлен $f(x) = x^3 - 5x^2 + 8$ на двучлен $x - 2$.

	f_0	f_1	f_2	f_3
	1	-5	0	8
2				
c	q_0	q_1	q_2	r

$$q_0 \quad := \quad f_0 \quad =$$

Демонстрация работы схемы Горнера

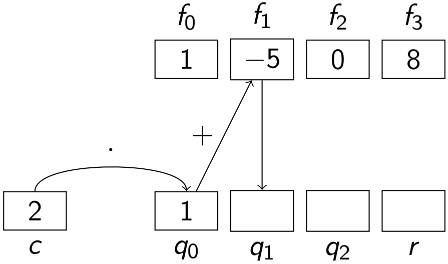
С помощью схемы Горнера разделим с остатком многочлен $f(x) = x^3 - 5x^2 + 8$ на двучлен $x - 2$.

	f_0	f_1	f_2	f_3
	1	-5	0	8
2	1			
c	q_0	q_1	q_2	r

$$q_0 \quad := \quad f_0 \quad = \quad 1$$

Демонстрация работы схемы Горнера

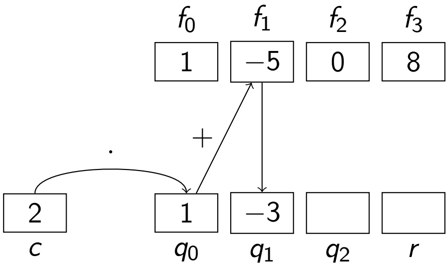
С помощью схемы Горнера разделим с остатком многочлен $f(x) = x^3 - 5x^2 + 8$ на двучлен $x - 2$.



$$q_1 \quad := \quad c \cdot q_0 + f_1 \quad = \quad 2 \cdot 1 - 5 \quad =$$

Демонстрация работы схемы Горнера

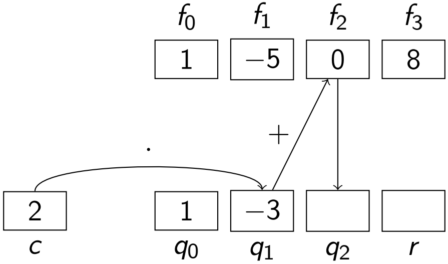
С помощью схемы Горнера разделим с остатком многочлен $f(x) = x^3 - 5x^2 + 8$ на двучлен $x - 2$.



$$q_1 \quad := \quad c \cdot q_0 + f_1 \quad = \quad 2 \cdot 1 - 5 \quad = \quad -3$$

Демонстрация работы схемы Горнера

С помощью схемы Горнера разделим с остатком многочлен $f(x) = x^3 - 5x^2 + 8$ на двучлен $x - 2$.



$$q_2 \quad := \quad c \cdot q_1 + f_2 \quad = \quad 2 \cdot (-3) + 0 \quad =$$

Демонстрация работы схемы Горнера

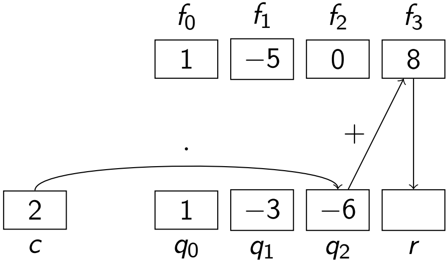
С помощью схемы Горнера разделим с остатком многочлен $f(x) = x^3 - 5x^2 + 8$ на двучлен $x - 2$.

		f_0	f_1	f_2	f_3
		1	-5	0	8
	$\cdot$			$+$	
2		1	-3	-6	
c		q_0	q_1	q_2	r

$$q_2 \quad := \quad c \cdot q_1 + f_2 \quad = \quad 2 \cdot (-3) + 0 \quad = \quad -6$$

Демонстрация работы схемы Горнера

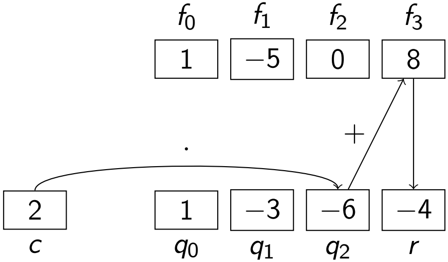
С помощью схемы Горнера разделим с остатком многочлен $f(x) = x^3 - 5x^2 + 8$ на двучлен $x - 2$.



$$r \quad := \quad c \cdot q_2 + f_3 \quad = \quad 2 \cdot (-6) + 8 \quad =$$

Демонстрация работы схемы Горнера

С помощью схемы Горнера разделим с остатком многочлен $f(x) = x^3 - 5x^2 + 8$ на двучлен $x - 2$.



$$r \quad := \quad c \cdot q_2 + f_3 \quad = \quad 2 \cdot (-6) + 8 \quad = \quad -4$$

Демонстрация работы схемы Горнера

С помощью схемы Горнера разделим с остатком многочлен $f(x) = x^3 - 5x^2 + 8$ на двучлен $x - 2$.

	f_0	f_1	f_2	f_3
	$\boxed{1}$	$\boxed{-5}$	$\boxed{0}$	$\boxed{8}$
$\boxed{2}$	$\boxed{1}$	$\boxed{-3}$	$\boxed{-6}$	$\boxed{-4}$
c	q_0	q_1	q_2	r

Ответ: $q(x) = x^2 - 3x - 6, \quad r = -4;$
$f(x) = (x - 2)(x^2 - 3x - 6) - 4.$

Оформление схемы Горнера в виде таблицы

Покажем, как оформить в виде таблицы деление с остатком многочлена $f(x) = 2x^4 - 7x^2 + 6x + 3$ на двучлен $x + 1$:

Оформление схемы Горнера в виде таблицы

Покажем, как оформить в виде таблицы деление с остатком многочлена $f(x) = 2x^4 - 7x^2 + 6x + 3$ на двучлен $x + 1$:

	2	0	-7	6	3
-1					

Рисуем таблицу из двух строк, переписываем в неё коэффициенты f и число c (делим на $x - c$).

Оформление схемы Горнера в виде таблицы

Покажем, как оформить в виде таблицы деление с остатком многочлена $f(x) = 2x^4 - 7x^2 + 6x + 3$ на двучлен $x + 1$:

	2	0	−7	6	3
−1					

Сносим старший коэффициент:

Оформление схемы Горнера в виде таблицы

Покажем, как оформить в виде таблицы деление с остатком многочлена $f(x) = 2x^4 - 7x^2 + 6x + 3$ на двучлен $x + 1$:

	2	0	-7	6	3
-1	2				

Сносим старший коэффициент: 2.

Оформление схемы Горнера в виде таблицы

Покажем, как оформить в виде таблицы деление с остатком многочлена $f(x) = 2x^4 - 7x^2 + 6x + 3$ на двучлен $x + 1$:

	2	0	-7	6	3
-1	2				

Считаем в уме: $(-1) \cdot 2 + 0 \quad =$

Оформление схемы Горнера в виде таблицы

Покажем, как оформить в виде таблицы деление с остатком многочлена $f(x) = 2x^4 - 7x^2 + 6x + 3$ на двучлен $x + 1$:

	2	0	-7	6	3
-1	2	-2			

Считаем в уме: $(-1) \cdot 2 + 0 \quad = \quad -2.$

Оформление схемы Горнера в виде таблицы

Покажем, как оформить в виде таблицы деление с остатком многочлена $f(x) = 2x^4 - 7x^2 + 6x + 3$ на двучлен $x + 1$:

	2	0	-7	6	3
-1	2	-2			

Считаем в уме: $(-1) \cdot (-2) + (-7) \quad =$

Оформление схемы Горнера в виде таблицы

Покажем, как оформить в виде таблицы деление с остатком многочлена $f(x) = 2x^4 - 7x^2 + 6x + 3$ на двучлен $x + 1$:

	2	0	-7	6	3
-1	2	-2	-5		

Считаем в уме: $(-1) \cdot (-2) + (-7) \quad = \quad -5.$

Оформление схемы Горнера в виде таблицы

Покажем, как оформить в виде таблицы деление с остатком многочлена $f(x) = 2x^4 - 7x^2 + 6x + 3$ на двучлен $x + 1$:

	2	0	-7	6	3
-1	2	-2	-5		

Считаем в уме: $(-1) \cdot (-5) + 6 \quad =$

Оформление схемы Горнера в виде таблицы

Покажем, как оформить в виде таблицы деление с остатком многочлена $f(x) = 2x^4 - 7x^2 + 6x + 3$ на двучлен $x + 1$:

	2	0	-7	6	3
-1	2	-2	-5	11	

Считаем в уме: $(-1) \cdot (-5) + 6 \quad = \quad 11.$

Оформление схемы Горнера в виде таблицы

Покажем, как оформить в виде таблицы деление с остатком многочлена $f(x) = 2x^4 - 7x^2 + 6x + 3$ на двучлен $x + 1$:

	2	0	-7	6	3
-1	2	-2	-5	11	

Считаем в уме: $(-1) \cdot 11 + 3 \quad =$

Оформление схемы Горнера в виде таблицы

Покажем, как оформить в виде таблицы деление с остатком многочлена $f(x) = 2x^4 - 7x^2 + 6x + 3$ на двучлен $x + 1$:

	2	0	-7	6	3
-1	2	-2	-5	11	-8

Считаем в уме: $(-1) \cdot 11 + 3 \quad = \quad -8.$

Оформление схемы Горнера в виде таблицы

Покажем, как оформить в виде таблицы деление с остатком многочлена $f(x) = 2x^4 - 7x^2 + 6x + 3$ на двучлен $x + 1$:

	2	0	-7	6	3
-1	2	-2	-5	11	-8

Ответ: $\quad q(x) = 2x^3 - 2x^2 - 5x + 11, \quad r = -8.$

Вычисление значений многочлена

Пусть многочлен $f(x)$ поделили с остатком на $(x - c)$:

$$f(x) = q(x) \cdot (x - c) + r.$$

Вычисление значений многочлена

Пусть многочлен $f(x)$ поделили с остатком на $(x - c)$:

$$f(x) = q(x) \cdot (x - c) + r.$$

Подставим в обе части равенства число c вместо x:

$$f(c) = \quad \text{(попробуйте сообразить!)}$$

Вычисление значений многочлена

Пусть многочлен $f(x)$ поделили с остатком на $(x-c)$:

$$f(x) = q(x) \cdot (x-c) + r.$$

Подставим в обе части равенства число c вместо x:

$$f(c) = r.$$

Вычисление значений многочлена

Пусть многочлен $f(x)$ поделили с остатком на $(x - c)$:

$$f(x) = q(x) \cdot (x - c) + r.$$

Подставим в обе части равенства число c вместо x:

$$f(c) = r.$$

Теорема Безу. Значение многочлена $f(x)$ в точке c равно остатку от деления $f(x)$ на $(x - c)$.

Вычисление значений многочлена

Пусть многочлен $f(x)$ поделили с остатком на $(x - c)$:

$$f(x) = q(x) \cdot (x - c) + r.$$

Подставим в обе части равенства число c вместо x:

$$f(c) = r.$$

Теорема Безу. Значение многочлена $f(x)$ в точке c равно остатку от деления $f(x)$ на $(x - c)$.

Найдём значение $f(x) = x^3 - 3x^2 + 7x - 5$ в точке 3:

$$\begin{array}{c|cccc} & 1 & -3 & 7 & -5 \\ \hline 3 & 1 & 0 & 7 & \boxed{16} \end{array}$$

Ответ: $f(3) = 16$.

Разложение многочлена по степеням двучлена

Используя схему Горнера, разложим многочлен
$f(x) = x^3 + 3x^2 - 2x + 4$ по степеням двучлена $(x + 2)$.

	1	3	-2	4

$x^3 + 3x^2 - 2x + 4$

Разложение многочлена по степеням двучлена

Используя схему Горнера, разложим многочлен $f(x) = x^3 + 3x^2 - 2x + 4$ по степеням двучлена $(x + 2)$.

$$
\begin{array}{r|rrrr}
 & 1 & 3 & -2 & 4 \\
-2 & 1 & 1 & -4 & \boxed{12}
\end{array}
$$

$$x^3 + 3x^2 - 2x + 4 = (x^2 + x - 4)(x + 2) + 12$$

Разложение многочлена по степеням двучлена

Используя схему Горнера, разложим многочлен $f(x) = x^3 + 3x^2 - 2x + 4$ по степеням двучлена $(x+2)$.

$$
\begin{array}{r|rrrr}
 & 1 & 3 & -2 & 4 \\
-2 & 1 & 1 & -4 & \boxed{12} \\
-2 & 1 & -1 & \boxed{-2} &
\end{array}
$$

$$
\begin{aligned}
x^3 + 3x^2 - 2x + 4 &= (x^2 + x - 4)(x+2) + 12 \\
&= ((x-1)(x+2) - 2)(x+2) + 12
\end{aligned}
$$

Разложение многочлена по степеням двучлена

Используя схему Горнера, разложим многочлен $f(x) = x^3 + 3x^2 - 2x + 4$ по степеням двучлена $(x + 2)$.

$$
\begin{array}{r|rrrr}
 & 1 & 3 & -2 & 4 \\
-2 & 1 & 1 & -4 & \boxed{12} \\
-2 & 1 & -1 & \boxed{-2} & \\
-2 & 1 & \boxed{-3} & &
\end{array}
$$

$$
\begin{aligned}
x^3 + 3x^2 - 2x + 4 &= (x^2 + x - 4)(x + 2) + 12 \\
&= ((x - 1)(x + 2) - 2)(x + 2) + 12 \\
&= (((1 \cdot (x + 2) - 3)(x + 2) - 2)(x + 2) + 12
\end{aligned}
$$

Разложение многочлена по степеням двучлена

Используя схему Горнера, разложим многочлен $f(x) = x^3 + 3x^2 - 2x + 4$ по степеням двучлена $(x + 2)$.

$$\begin{array}{r|rrrr}
 & 1 & 3 & -2 & 4 \\
-2 & 1 & 1 & -4 & \boxed{12} \\
-2 & 1 & -1 & \boxed{-2} & \\
-2 & 1 & \boxed{-3} & & \\
-2 & \boxed{1} & & &
\end{array}$$

$$\begin{aligned}
x^3 + 3x^2 - 2x + 4 &= (x^2 + x - 4)(x + 2) + 12 \\
&= ((x - 1)(x + 2) - 2)(x + 2) + 12 \\
&= (((1 \cdot (x + 2) - 3)(x + 2) - 2)(x + 2) + 12 \\
&= (x + 2)^3 - 3(x + 2)^2 - 2(x + 2) + 12.
\end{aligned}$$

Поиск целых корней многочлена

Используя схему Горнера, найдём целые корни многочлена

$$f(x) = x^4 - 2x^3 + 2x^2 - x - 6.$$

Целые корни многочлена с целыми коэффициентами нужно искать среди делителей свободного члена: $\pm1, \pm2, \pm3, \pm6$.

Поиск целых корней многочлена

Используя схему Горнера, найдём целые корни многочлена

$$f(x) = x^4 - 2x^3 + 2x^2 - x - 6.$$

Целые корни многочлена с целыми коэффициентами нужно искать среди делителей свободного члена: $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 6$.

$$\begin{array}{c|ccccc} & 1 & -2 & 2 & -1 & -6 \end{array}$$

Поиск целых корней многочлена

Используя схему Горнера, найдём целые корни многочлена

$$f(x) = x^4 - 2x^3 + 2x^2 - x - 6.$$

Целые корни многочлена с целыми коэффициентами нужно искать среди делителей свободного члена: $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 6$.

$$\begin{array}{c|ccccc}
 & 1 & -2 & 2 & -1 & -6 \\
1 & 1 & -1 & 1 & 0 & -6
\end{array}$$

Поиск целых корней многочлена

Используя схему Горнера, найдём целые корни многочлена

$$f(x) = x^4 - 2x^3 + 2x^2 - x - 6.$$

Целые корни многочлена с целыми коэффициентами нужно искать среди делителей свободного члена: $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 6$.

	1	−2	2	−1	−6
1	1	−1	1	0	−6

Поиск целых корней многочлена

Используя схему Горнера, найдём целые корни многочлена

$$f(x) = x^4 - 2x^3 + 2x^2 - x - 6.$$

Целые корни многочлена с целыми коэффициентами нужно искать среди делителей свободного члена: $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 6$.

	1	-2	2	-1	-6
1	1	-1	1	0	-6
-1	1	-3	5	-6	$\boxed{0}$

Поиск целых корней многочлена

Используя схему Горнера, найдём целые корни многочлена

$$f(x) = x^4 - 2x^3 + 2x^2 - x - 6.$$

Целые корни многочлена с целыми коэффициентами нужно искать среди делителей свободного члена: $\pm1, \pm2, \pm3, \pm6$.

		1	-2	2	-1	-6
	1	1	-1	1	0	-6
✓	-1	1	-3	5	-6	$\boxed{0}$

$$f(x) = (x+1)(x^3 - 3x^2 + 5x - 6)$$

Поиск целых корней многочлена

Используя схему Горнера, найдём целые корни многочлена

$$f(x) = x^4 - 2x^3 + 2x^2 - x - 6.$$

Целые корни многочлена с целыми коэффициентами нужно искать среди делителей свободного члена: $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 6$.

		1	−2	2	−1	−6
	1	1	−1	1	0	−6
✓	−1	1	−3	5	−6	$\boxed{0}$
	−1	1	−4	9	−15	

$$f(x) = (x+1)(x^3 - 3x^2 + 5x - 6)$$

Поиск целых корней многочлена

Используя схему Горнера, найдём целые корни многочлена

$$f(x) = x^4 - 2x^3 + 2x^2 - x - 6.$$

Целые корни многочлена с целыми коэффициентами нужно искать среди делителей свободного члена: $\pm1, \pm2, \pm3, \pm6$.

		1	−2	2	−1	−6
	1	1	− 1	1	0	− 6
✓	−1	1	−3	5	−6	$\boxed{0}$
	− 1	1	− 4	9	− 15	

$$f(x) = (x+1)(x^3 - 3x^2 + 5x - 6)$$

Поиск целых корней многочлена

Используя схему Горнера, найдём целые корни многочлена

$$f(x) = x^4 - 2x^3 + 2x^2 - x - 6.$$

Целые корни многочлена с целыми коэффициентами нужно искать среди делителей свободного члена: $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 6$.

		1	−2	2	−1	−6
	1	1	−1	1	0	−6
✓	−1	1	−3	5	−6	$\boxed{0}$
	−1	1	−4	9	−15	
	2	1	−1	3	$\boxed{0}$	

$$f(x) = (x+1)(x^3 - 3x^2 + 5x - 6)$$

Поиск целых корней многочлена

Используя схему Горнера, найдём целые корни многочлена

$$f(x) = x^4 - 2x^3 + 2x^2 - x - 6.$$

Целые корни многочлена с целыми коэффициентами нужно искать среди делителей свободного члена: $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 6$.

		1	-2	2	-1	-6
	1	1	-1	1	0	-6
✓	-1	1	-3	5	-6	$\boxed{0}$
	-1	1	-4	9	-15	
✓	2	1	-1	3	$\boxed{0}$	

$$f(x) = (x+1)(x^3 - 3x^2 + 5x - 6) = (x+1)(x-2)(x^2 - x + 3).$$

Поиск целых корней многочлена

Используя схему Горнера, найдём целые корни многочлена

$$f(x) = x^4 - 2x^3 + 2x^2 - x - 6.$$

Целые корни многочлена с целыми коэффициентами нужно искать среди делителей свободного члена: $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 6$.

		1	−2	2	−1	−6
	1	1	−1	1	0	−6
✓	−1	1	−3	5	−6	$\boxed{0}$
	−1	1	−4	9	−15	
✓	2	1	−1	3	$\boxed{0}$	

$$f(x) = (x+1)(x^3 - 3x^2 + 5x - 6) = (x+1)(x-2)(x^2 - x + 3).$$

Многочлен $x^2 - x + 3$ не имеет целых корней $(D < 0)$.

Поиск целых корней многочлена

Используя схему Горнера, найдём целые корни многочлена

$$f(x) = x^4 - 2x^3 + 2x^2 - x - 6.$$

Целые корни многочлена с целыми коэффициентами нужно искать среди делителей свободного члена: $\pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 6$.

		1	-2	2	-1	-6
	1	1	-1	1	0	-6
✓	-1	1	-3	5	-6	$\boxed{0}$
	-1	1	-4	9	-15	
✓	2	1	-1	3	$\boxed{0}$	

$$f(x) = (x+1)(x^3 - 3x^2 + 5x - 6) = (x+1)(x-2)(x^2 - x + 3).$$

Многочлен $x^2 - x + 3$ не имеет целых корней $(D < 0)$.

Ответ: -1, 2.