

Zadanie 1

Sprawdź jakie własności mają w \mathbb{Z} następujące działania:

$$a, b, c \in \mathbb{Z}$$

1.a)

$$a \circ b = a - b$$

1. **łączność:** $(a - b) - c \neq a - (b - c)$
2. **element neutralny:** $\exists e \in \mathbb{Z} : a - e = a = e - a \Rightarrow -e = 0 = e - 2a$ sprzeczność
3. **element symetryczny:** nie ma elementu neutralnego
4. **przemienność:** $a - b = b - a \Rightarrow a = b$

1.b)

$$a \circ b = a^2 + b^2$$

1. **łączność:** $(a^2 + b^2) + c^2 = a^2 + (b^2 + c^2)$
2. **element neutralny:** $\exists e \in \mathbb{Z} : a^2 + e^2 = a = e^2 + a^2$ sprzeczność
3. **element symetryczny:** nie ma elementu neutralnego
4. **przemienność:** $a^2 + b^2 = b^2 + a^2$

1.c)

$$a \circ b = 2(a + b)$$

1. **łączność:** $2(2(a + b) + c) = 2(a + 2(b + c))$
 $4a + 4b + 2c = 2a + 4b + 4c$ sprzeczność
2. **element neutralny:** $\exists e \in \mathbb{Z} : 2(a + e) = a = 2(e + a) \Rightarrow 2e = -a$ sprzeczność
3. **element symetryczny:** nie ma elementu neutralnego
4. **przemienność:** $2(a + b) = 2(b + a)$

1.d)

$$a \circ b = -a - b$$

1. **łączność:** $-(-a - b) - c = -a - (-b - c)$ sprzeczność
2. **element neutralny:** $\exists e \in \mathbb{Z} : -a - e = a = -e - a \Rightarrow e = -2a$ sprzeczność
3. **element symetryczny:** nie ma elementu neutralnego
4. **przemienność:** $-a - b = -b - a$

Zadanie 2

W zbiorze liczb rzeczywistych określamy działanie $x \circ y := x + y + xy$. Czy (\mathbb{R}, \circ) jest grupą? Czy jest grupą para $(\mathbb{R} \setminus \{-1\}, \circ)$?

Zadanie 3

W zbiorze liczb całkowitych określamy działanie $x \circ y := x + y + 2$. Czy (\mathbb{Z}, \circ) jest grupą?

Zadanie 4

Które z następujących zbiorów liczb są grupami:

4.a)

liczby wymierne ze względu na dodawanie, mnożenie

4.b)

liczby niewymierne ze względu na dodawanie, mnożenie

4.c)

liczby zespolone o module równym 1 ze względu na mnożenie

4.d)

liczby zespolone o module równym 1 ze względu na następujące działanie: $z_1 \circ z_2 = |z_1|z_2$

4.e)

liczby całkowite ze względu na odejmowanie

Zadanie 5

Niech E_n będzie zbiorem wszystkich pierwiastków n -tego stopnia (w \mathbb{C}) z jedności. Udogodnij, że (E_n, \cdot) jest grupą.

Zadanie 6

Niech D będzie zbiorem wszystkich całkowitych potęg liczby 2. Sprawdź (i uzasadnij) czy struktura (D, \circ) , gdzie $a \circ b := \frac{a \cdot b}{2}$, jest grupą.

Zadanie 7

Niech Δ oznacza różnicę symetryczną, tj., dla dowolnych zbiorów A i B ,
 $A \Delta B := (A \setminus B) \cup (B \setminus A)$. Sprawdź, czy dla dowolnie ustalonego zbioru $X \neq \emptyset$, para
 $(2^X, \Delta)$ jest grupą abelową.

Zadanie 8

Niech $(G, *)$ będzie grupą z elementem neutralnym e taką, że: $a * a = e$ dla każdego $a \in G$.
Wykaż, że $(G, *)$ jest grupą abelową.

Zadanie 9

Czy następujące zbiory są ciałami ze względu na dodawanie i mnożenie:

9.a)

$$\left\{ a + b \sqrt[3]{5} : a, b \in \mathbb{Q} \right\}$$

9.b)

liczby wymierne, które nie są całkowite

9.c)

zbiór liczb zespolonych postaci $a + ib\sqrt{2}$, $a, b \in \mathbb{Q}$

Zadanie 10

W zbiorze \mathbb{Z}/k (tj. zbiorze ilorazowym ze względu na relację przystawania modulo k) określamy działania $+$, \cdot następująco:

$$[a] + [b] = [a + b], [a] \cdot [b] = [a \cdot b].$$

10.a)

Sprawdź, czy $(\mathbb{Z}/12, +, \cdot)$ jest pierścieniem przemiennym z jedynką ale z dzielikami zera.

10.b)

Wykaż, że $(\mathbb{Z}/7, +, \cdot)$ jest pierścieniem całkowitym.

Zadanie 11

11.a)

Wykaż, że zbiór $A = \{x = a + b\sqrt{3} : a, b \in \mathbb{Z}\}$ z działaniami dodawania i mnożenia jest pierścieniem.

11.b)

Wykaż, że zbiór $B = \{x = a + b\sqrt{3}, a, b \in \mathbb{Q}\}$ z działaniami dodawania i mnożenia jest ciałem.

11.c)

Udowodnij, że odwzorowanie $f : x = a + b\sqrt{3} \rightarrow \tilde{x} = a - b\sqrt{3}$ jest automorfizmem pierścienia $(A, +, \cdot)$ w siebie.

Zadanie 12

Dla danego zbioru $X \neq \emptyset$, definiujemy strukturę $(2^X, \Delta, \cap)$, gdzie „ Δ ” oznacza różnicę symetryczną a „ \cap ” - przecięcie zbiorów. Sprawdź czy ta struktura jest:

12.a)

pierścieniem?

12.b)

pierścieniem przemiennym?

12.c)

pierścieniem z jednością?

12.d)

pierścieniem z całkowitym?

12.e)

ciałem?

Zadanie 13

W zbiorze \mathbb{R}^2 wprowadzamy działania: $(x_1, y_1) + (x_2, y_2) = (x_1 + x_2, y_1 + y_2)$,
 $(x_1, y_1) \cdot (x_2, y_2) = (x_1 x_2 + py_1 y_2, x_1 y_2 + x_2 y_1)$. Dla jakich $p \in \mathbb{R}$ struktura $(\mathbb{R}^2, +, \cdot)$ jest ciałem?

Zadanie 14

14.a)

Wykaż, że zbiór $A = \{x = m + ni : m, n \in \mathbb{Z}\}$ jest grupą ze względu na dodawanie.

14.b)

Wykaż, że zbiór $B = \{x = 2^n 3^m : m, n \in \mathbb{Z}\}$ jest grupą ze względu na mnożenie.

14.c)

Udowodnij, że A i B są izomorficzne.