

Relação de Equivalência - Classes de Equivalência nos Inteiros - Continuação

José Antônio O. Freitas

MAT-UnB

29 de agosto de 2020

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} =$$

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) =$$

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid$$

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv n \pmod{m}\}.$$

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv n \pmod{m}\}.$$

Vamos denotar $C(n)$

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv n \pmod{m}\}.$$

Vamos denotar $C(n)$ por $R_m(n)$

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv n \pmod{m}\}.$$

Vamos denotar $C(n)$ por $R_m(n)$ ou \bar{n} ,

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv n \pmod{m}\}.$$

Vamos denotar $C(n)$ por $R_m(n)$ ou \bar{n} , quando não houver possibilidade de confusão.

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv n \pmod{m}\}.$$

Vamos denotar $C(n)$ por $R_m(n)$ ou \bar{n} , quando não houver possibilidade de confusão. Assim fixando $m > 1$ vamos escrever

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv n \pmod{m}\}.$$

Vamos denotar $C(n)$ por $R_m(n)$ ou \bar{n} , quando não houver possibilidade de confusão. Assim fixando $m > 1$ vamos escrever

$$R_m(0) =$$

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv n \pmod{m}\}.$$

Vamos denotar $C(n)$ por $R_m(n)$ ou \bar{n} , quando não houver possibilidade de confusão. Assim fixando $m > 1$ vamos escrever

$$R_m(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid$$

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv n \pmod{m}\}.$$

Vamos denotar $C(n)$ por $R_m(n)$ ou \bar{n} , quando não houver possibilidade de confusão. Assim fixando $m > 1$ vamos escrever

$$R_m(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{m}\}$$

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv n \pmod{m}\}.$$

Vamos denotar $C(n)$ por $R_m(n)$ ou \bar{n} , quando não houver possibilidade de confusão. Assim fixando $m > 1$ vamos escrever

$$R_m(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{m}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid$$

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv n \pmod{m}\}.$$

Vamos denotar $C(n)$ por $R_m(n)$ ou \bar{n} , quando não houver possibilidade de confusão. Assim fixando $m > 1$ vamos escrever

$$R_m(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{m}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = mk, k \in \mathbb{Z}\}$$

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv n \pmod{m}\}.$$

Vamos denotar $C(n)$ por $R_m(n)$ ou \bar{n} , quando não houver possibilidade de confusão. Assim fixando $m > 1$ vamos escrever

$$R_m(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{m}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = mk, k \in \mathbb{Z}\} = m\mathbb{Z}$$

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv n \pmod{m}\}.$$

Vamos denotar $C(n)$ por $R_m(n)$ ou \bar{n} , quando não houver possibilidade de confusão. Assim fixando $m > 1$ vamos escrever

$$R_m(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{m}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = mk, k \in \mathbb{Z}\} = m\mathbb{Z}$$

$$R_m(1) =$$

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv n \pmod{m}\}.$$

Vamos denotar $C(n)$ por $R_m(n)$ ou \bar{n} , quando não houver possibilidade de confusão. Assim fixando $m > 1$ vamos escrever

$$R_m(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{m}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = mk, k \in \mathbb{Z}\} = m\mathbb{Z}$$

$$R_m(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid$$

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv n \pmod{m}\}.$$

Vamos denotar $C(n)$ por $R_m(n)$ ou \bar{n} , quando não houver possibilidade de confusão. Assim fixando $m > 1$ vamos escrever

$$R_m(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{m}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = mk, k \in \mathbb{Z}\} = m\mathbb{Z}$$

$$R_m(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 1 \pmod{m}\}$$

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv n \pmod{m}\}.$$

Vamos denotar $C(n)$ por $R_m(n)$ ou \bar{n} , quando não houver possibilidade de confusão. Assim fixando $m > 1$ vamos escrever

$$R_m(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{m}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = mk, k \in \mathbb{Z}\} = m\mathbb{Z}$$

$$R_m(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 1 \pmod{m}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid$$

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv n \pmod{m}\}.$$

Vamos denotar $C(n)$ por $R_m(n)$ ou \bar{n} , quando não houver possibilidade de confusão. Assim fixando $m > 1$ vamos escrever

$$R_m(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{m}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = mk, k \in \mathbb{Z}\} = m\mathbb{Z}$$

$$R_m(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 1 \pmod{m}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 1 + km, k \in \mathbb{Z}\}$$

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv n \pmod{m}\}.$$

Vamos denotar $C(n)$ por $R_m(n)$ ou \bar{n} , quando não houver possibilidade de confusão. Assim fixando $m > 1$ vamos escrever

$$R_m(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{m}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = mk, k \in \mathbb{Z}\} = m\mathbb{Z}$$

$$R_m(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 1 \pmod{m}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 1 + km, k \in \mathbb{Z}\}$$

\vdots

$$R_m(n) =$$

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv n \pmod{m}\}.$$

Vamos denotar $C(n)$ por $R_m(n)$ ou \bar{n} , quando não houver possibilidade de confusão. Assim fixando $m > 1$ vamos escrever

$$R_m(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{m}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = mk, k \in \mathbb{Z}\} = m\mathbb{Z}$$

$$R_m(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 1 \pmod{m}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 1 + km, k \in \mathbb{Z}\}$$

\vdots

$$R_m(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid$$

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv n \pmod{m}\}.$$

Vamos denotar $C(n)$ por $R_m(n)$ ou \bar{n} , quando não houver possibilidade de confusão. Assim fixando $m > 1$ vamos escrever

$$R_m(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{m}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = mk, k \in \mathbb{Z}\} = m\mathbb{Z}$$

$$R_m(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 1 \pmod{m}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 1 + km, k \in \mathbb{Z}\}$$

\vdots

$$R_m(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = n + km, k \in \mathbb{Z}\}$$

Dado $n \in \mathbb{Z}$, temos

$$\bar{n} = C(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv n \pmod{m}\}.$$

Vamos denotar $C(n)$ por $R_m(n)$ ou \bar{n} , quando não houver possibilidade de confusão. Assim fixando $m > 1$ vamos escrever

$$R_m(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{m}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = mk, k \in \mathbb{Z}\} = m\mathbb{Z}$$

$$R_m(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 1 \pmod{m}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 1 + km, k \in \mathbb{Z}\}$$

\vdots

$$R_m(n) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = n + km, k \in \mathbb{Z}\}$$

Proposição

As classes de equivalência definidas pela congruência módulo m

Proposição

As classes de equivalência definidas pela congruência módulo m são determinadas pelos restos da divisão inteira por m .

Proposição

As classes de equivalência definidas pela congruência módulo m são determinadas pelos restos da divisão inteira por m . Em outras palavras, $R_m(n)$

Proposição

As classes de equivalência definidas pela congruência módulo m são determinadas pelos restos da divisão inteira por m . Em outras palavras, $R_m(n)$ é o conjunto dos números inteiros

Proposição

As classes de equivalência definidas pela congruência módulo m são determinadas pelos restos da divisão inteira por m . Em outras palavras, $R_m(n)$ é o conjunto dos números inteiros cujo resto na divisão inteira por m é n .

Proposição

As classes de equivalência definidas pela congruência módulo m são determinadas pelos restos da divisão inteira por m . Em outras palavras, $R_m(n)$ é o conjunto dos números inteiros cujo resto na divisão inteira por m é n .

Corolário

$$R_m(k) = R_m(l)$$

Proposição

As classes de equivalência definidas pela congruência módulo m são determinadas pelos restos da divisão inteira por m . Em outras palavras, $R_m(n)$ é o conjunto dos números inteiros cujo resto na divisão inteira por m é n .

Corolário

$R_m(k) = R_m(l)$ se, e somente se, $k \equiv l \pmod{m}$.

Proposição

As classes de equivalência definidas pela congruência módulo m são determinadas pelos restos da divisão inteira por m . Em outras palavras, $R_m(n)$ é o conjunto dos números inteiros cujo resto na divisão inteira por m é n .

Corolário

$R_m(k) = R_m(l)$ se, e somente se, $k \equiv l \pmod{m}$.

Exemplos

i) Se $m = 2$,

Exemplos

i) *Se $m = 2$, então os possíveis restos na divisão inteira por 2 são 0 e 1.*

Exemplos

i) *Se $m = 2$, então os possíveis restos na divisão inteira por 2 são 0 e 1. Logo, existem duas classes de equivalência, a saber*

Exemplos

i) Se $m = 2$, então os possíveis restos na divisão inteira por 2 são 0 e 1. Logo, existem duas classes de equivalência, a saber

$$R_2(0) =$$

Exemplos

i) Se $m = 2$, então os possíveis restos na divisão inteira por 2 são 0 e 1. Logo, existem duas classes de equivalência, a saber

$$R_2(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid$$

Exemplos

i) Se $m = 2$, então os possíveis restos na divisão inteira por 2 são 0 e 1. Logo, existem duas classes de equivalência, a saber

$$R_2(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{2}\} =$$

Exemplos

i) Se $m = 2$, então os possíveis restos na divisão inteira por 2 são 0 e 1. Logo, existem duas classes de equivalência, a saber

$$R_2(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{2}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid$$

Exemplos

i) Se $m = 2$, então os possíveis restos na divisão inteira por 2 são 0 e 1. Logo, existem duas classes de equivalência, a saber

$$R_2(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{2}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 2k, k \in \mathbb{Z}\}$$

Exemplos

i) Se $m = 2$, então os possíveis restos na divisão inteira por 2 são 0 e 1. Logo, existem duas classes de equivalência, a saber

$$R_2(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{2}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 2k, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_2(1) =$$

Exemplos

i) Se $m = 2$, então os possíveis restos na divisão inteira por 2 são 0 e 1. Logo, existem duas classes de equivalência, a saber

$$R_2(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{2}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 2k, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_2(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid$$

Exemplos

i) Se $m = 2$, então os possíveis restos na divisão inteira por 2 são 0 e 1. Logo, existem duas classes de equivalência, a saber

$$R_2(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{2}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 2k, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_2(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 1 \pmod{2}\} =$$

Exemplos

i) Se $m = 2$, então os possíveis restos na divisão inteira por 2 são 0 e 1. Logo, existem duas classes de equivalência, a saber

$$R_2(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{2}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 2k, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_2(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 1 \pmod{2}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid$$

Exemplos

i) Se $m = 2$, então os possíveis restos na divisão inteira por 2 são 0 e 1. Logo, existem duas classes de equivalência, a saber

$$R_2(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{2}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 2k, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_2(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 1 \pmod{2}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 1 + 2k, k \in \mathbb{Z}\}.$$

Exemplos

i) Se $m = 2$, então os possíveis restos na divisão inteira por 2 são 0 e 1. Logo, existem duas classes de equivalência, a saber

$$R_2(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{2}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 2k, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_2(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 1 \pmod{2}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 1 + 2k, k \in \mathbb{Z}\}.$$

Exemplos

ii) Se $m = 3$,

Exemplos

ii) Se $m = 3$, então os possíveis restos da divisão inteira são 0, 1 e 2.

Exemplos

ii) Se $m = 3$, então os possíveis restos da divisão inteira são 0, 1 e 2. Daí

Exemplos

ii) Se $m = 3$, então os possíveis restos da divisão inteira são 0, 1 e 2. Daí

$$R_3(0) =$$

Exemplos

ii) Se $m = 3$, então os possíveis restos da divisão inteira são 0, 1 e 2. Daí

$$R_3(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid$$

Exemplos

ii) Se $m = 3$, então os possíveis restos da divisão inteira são 0, 1 e 2. Daí

$$R_3(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{3}\} =$$

Exemplos

ii) Se $m = 3$, então os possíveis restos da divisão inteira são 0, 1 e 2. Daí

$$R_3(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid$$

Exemplos

ii) Se $m = 3$, então os possíveis restos da divisão inteira são 0, 1 e 2. Daí

$$R_3(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 3k, k \in \mathbb{Z}\}$$

Exemplos

ii) Se $m = 3$, então os possíveis restos da divisão inteira são 0, 1 e 2. Daí

$$R_3(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 3k, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_3(1) =$$

Exemplos

ii) Se $m = 3$, então os possíveis restos da divisão inteira são 0, 1 e 2. Daí

$$R_3(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 3k, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_3(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid$$

Exemplos

ii) Se $m = 3$, então os possíveis restos da divisão inteira são 0, 1 e 2. Daí

$$R_3(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 3k, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_3(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 1 \pmod{3}\} =$$

Exemplos

ii) Se $m = 3$, então os possíveis restos da divisão inteira são 0, 1 e 2. Daí

$$R_3(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 3k, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_3(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 1 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid$$

Exemplos

ii) Se $m = 3$, então os possíveis restos da divisão inteira são 0, 1 e 2. Daí

$$R_3(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 3k, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_3(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 1 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 3k + 1, k \in \mathbb{Z}\}$$

Exemplos

ii) Se $m = 3$, então os possíveis restos da divisão inteira são 0, 1 e 2. Daí

$$R_3(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 3k, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_3(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 1 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 3k + 1, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_3(2) =$$

Exemplos

ii) Se $m = 3$, então os possíveis restos da divisão inteira são 0, 1 e 2. Daí

$$R_3(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 3k, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_3(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 1 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 3k + 1, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_3(2) = \{x \in \mathbb{Z} \mid$$

Exemplos

ii) Se $m = 3$, então os possíveis restos da divisão inteira são 0, 1 e 2. Daí

$$R_3(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 3k, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_3(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 1 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 3k + 1, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_3(2) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 2 \pmod{3}\} =$$

Exemplos

ii) Se $m = 3$, então os possíveis restos da divisão inteira são 0, 1 e 2. Daí

$$R_3(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 3k, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_3(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 1 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 3k + 1, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_3(2) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 2 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid$$

Exemplos

ii) Se $m = 3$, então os possíveis restos da divisão inteira são 0, 1 e 2. Daí

$$R_3(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 3k, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_3(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 1 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 3k + 1, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_3(2) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 2 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 3k + 2, k \in \mathbb{Z}\}$$

Exemplos

ii) Se $m = 3$, então os possíveis restos da divisão inteira são 0, 1 e 2. Daí

$$R_3(0) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 0 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 3k, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_3(1) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 1 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 3k + 1, k \in \mathbb{Z}\}$$

$$R_3(2) = \{x \in \mathbb{Z} \mid x \equiv 2 \pmod{3}\} = \{x \in \mathbb{Z} \mid x = 3k + 2, k \in \mathbb{Z}\}$$

Proposição

Na relação de equivalência módulo m existem m classes de equivalência.

Proposição

Na relação de equivalência módulo m existem m classes de equivalência.

Prova: Os possíveis restos na divisão inteira por m

Proposição

Na relação de equivalência módulo m existem m classes de equivalência.

Prova: Os possíveis restos na divisão inteira por m são $0, 1, \dots, (m - 1)$.

Proposição

Na relação de equivalência módulo m existem m classes de equivalência.

Prova: Os possíveis restos na divisão inteira por m são $0, 1, \dots, (m - 1)$. Como cada possível resto define uma classe de equivalência diferente,

Proposição

Na relação de equivalência módulo m existem m classes de equivalência.

Prova: Os possíveis restos na divisão inteira por m são $0, 1, \dots, (m - 1)$. Como cada possível resto define uma classe de equivalência diferente, existem exatamente m classes de equivalência. ■

Proposição

Na relação de equivalência módulo m existem m classes de equivalência.

Prova: Os possíveis restos na divisão inteira por m são $0, 1, \dots, (m - 1)$. Como cada possível resto define uma classe de equivalência diferente, existem exatamente m classes de equivalência. ■

Observação:

Fixado m inteiro positivo,

Observação:

Fixado m inteiro positivo, denotaremos

Observação:

Fixado m inteiro positivo, denotaremos

$$R_m(0) = \bar{0}$$

Observação:

Fixado m inteiro positivo, denotaremos

$$R_m(0) = \overline{0}$$

$$R_m(1) = \overline{1}$$

Observação:

Fixado m inteiro positivo, denotaremos

$$R_m(0) = \overline{0}$$

$$R_m(1) = \overline{1}$$

$$\vdots$$

$$R_m(m-1) = \overline{m-1}$$

Observação:

Fixado m inteiro positivo, denotaremos

$$R_m(0) = \overline{0}$$

$$R_m(1) = \overline{1}$$

$$\vdots$$

$$R_m(m-1) = \overline{m-1}$$

O conjunto quociente

Observação:

Fixado m inteiro positivo, denotaremos

$$R_m(0) = \overline{0}$$

$$R_m(1) = \overline{1}$$

$$\vdots$$

$$R_m(m-1) = \overline{m-1}$$

O conjunto quociente desta relação será denotado por $\frac{\mathbb{Z}}{m\mathbb{Z}}$

Observação:

Fixado m inteiro positivo, denotaremos

$$R_m(0) = \overline{0}$$

$$R_m(1) = \overline{1}$$

$$\vdots$$

$$R_m(m-1) = \overline{m-1}$$

O conjunto quociente desta relação será denotado por $\frac{\mathbb{Z}}{m\mathbb{Z}}$ ou \mathbb{Z}_m .

Observação:

Fixado m inteiro positivo, denotaremos

$$R_m(0) = \overline{0}$$

$$R_m(1) = \overline{1}$$

$$\vdots$$

$$R_m(m-1) = \overline{m-1}$$

O conjunto quociente desta relação será denotado por $\frac{\mathbb{Z}}{m\mathbb{Z}}$ ou \mathbb{Z}_m . Assim

Observação:

Fixado m inteiro positivo, denotaremos

$$R_m(0) = \overline{0}$$

$$R_m(1) = \overline{1}$$

$$\vdots$$

$$R_m(m-1) = \overline{m-1}$$

O conjunto quociente desta relação será denotado por $\frac{\mathbb{Z}}{m\mathbb{Z}}$ ou \mathbb{Z}_m . Assim

$$\mathbb{Z}_m =$$

Observação:

Fixado m inteiro positivo, denotaremos

$$R_m(0) = \overline{0}$$

$$R_m(1) = \overline{1}$$

$$\vdots$$

$$R_m(m-1) = \overline{m-1}$$

O conjunto quociente desta relação será denotado por $\frac{\mathbb{Z}}{m\mathbb{Z}}$ ou \mathbb{Z}_m . Assim

$$\mathbb{Z}_m = \frac{\mathbb{Z}}{m\mathbb{Z}} =$$

Observação:

Fixado m inteiro positivo, denotaremos

$$R_m(0) = \overline{0}$$

$$R_m(1) = \overline{1}$$

$$\vdots$$

$$R_m(m-1) = \overline{m-1}$$

O conjunto quociente desta relação será denotado por $\frac{\mathbb{Z}}{m\mathbb{Z}}$ ou \mathbb{Z}_m . Assim

$$\mathbb{Z}_m = \frac{\mathbb{Z}}{m\mathbb{Z}} = \{\overline{0}, \overline{1}, \dots, \overline{m-1}\}.$$

Observação:

Fixado m inteiro positivo, denotaremos

$$R_m(0) = \overline{0}$$

$$R_m(1) = \overline{1}$$

$$\vdots$$

$$R_m(m-1) = \overline{m-1}$$

O conjunto quociente desta relação será denotado por $\frac{\mathbb{Z}}{m\mathbb{Z}}$ ou \mathbb{Z}_m . Assim

$$\mathbb{Z}_m = \frac{\mathbb{Z}}{m\mathbb{Z}} = \{\overline{0}, \overline{1}, \dots, \overline{m-1}\}.$$

Vamos definir um meio de somar

Vamos definir um meio de somar e multiplicar os elementos de \mathbb{Z}_m .

Vamos definir um meio de somar e multiplicar os elementos de \mathbb{Z}_m . Por exemplo, em $\mathbb{Z}_2 =$

Vamos definir um meio de somar e multiplicar os elementos de \mathbb{Z}_m . Por exemplo, em $\mathbb{Z}_2 = \{\bar{0}, \bar{1}\}$

Vamos definir um meio de somar e multiplicar os elementos de \mathbb{Z}_m . Por exemplo, em $\mathbb{Z}_2 = \{\bar{0}, \bar{1}\}$ temos:

\oplus	$\bar{0}$	$\bar{1}$
$\bar{0}$		
$\bar{1}$		

Para multiplicação, temos

\otimes	$\bar{0}$	$\bar{1}$
$\bar{0}$		
$\bar{1}$		

Definição

Dados $\bar{a}, \bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ definimos

Definição

Dados $\bar{a}, \bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ definimos

$$\bar{a} \oplus \bar{b} =$$

Definição

Dados $\bar{a}, \bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ definimos

$$\bar{a} \oplus \bar{b} = \overline{a + b}$$

Definição

Dados $\bar{a}, \bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ definimos

$$\bar{a} \oplus \bar{b} = \overline{a + b}$$

$$\bar{a} \otimes \bar{b} =$$

Definição

Dados $\bar{a}, \bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ definimos

$$\bar{a} \oplus \bar{b} = \overline{a + b}$$

$$\bar{a} \otimes \bar{b} = \overline{ab}.$$

Definição

Dados $\bar{a}, \bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ definimos

$$\bar{a} \oplus \bar{b} = \overline{a + b}$$

$$\bar{a} \otimes \bar{b} = \overline{ab}.$$

Proposição

As operações de soma

Definição

Dados $\bar{a}, \bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ definimos

$$\bar{a} \oplus \bar{b} = \overline{a + b}$$

$$\bar{a} \otimes \bar{b} = \overline{ab}.$$

Proposição

As operações de soma e a multiplicação

Definição

Dados $\bar{a}, \bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ definimos

$$\bar{a} \oplus \bar{b} = \overline{a + b}$$

$$\bar{a} \otimes \bar{b} = \overline{ab}.$$

Proposição

As operações de soma e a multiplicação definidas acima são independentes dos representantes das classes.

Definição

Dados $\bar{a}, \bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ definimos

$$\bar{a} \oplus \bar{b} = \overline{a + b}$$

$$\bar{a} \otimes \bar{b} = \overline{ab}.$$

Proposição

As operações de soma e a multiplicação definidas acima são independentes dos representantes das classes.

Prova:

Definição

Dados $\bar{a}, \bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ definimos

$$\bar{a} \oplus \bar{b} = \overline{a + b}$$

$$\bar{a} \otimes \bar{b} = \overline{ab}.$$

Proposição

As operações de soma e a multiplicação definidas acima são independentes dos representantes das classes.

Prova: Dadas duas classes em \mathbb{Z}_m com representantes diferentes,

Definição

Dados $\bar{a}, \bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ definimos

$$\bar{a} \oplus \bar{b} = \overline{a + b}$$

$$\bar{a} \otimes \bar{b} = \overline{ab}.$$

Proposição

As operações de soma e a multiplicação definidas acima são independentes dos representantes das classes.

Prova: Dadas duas classes em \mathbb{Z}_m com representantes diferentes, $\bar{a}_1 = \bar{a}_2$ e

Definição

Dados $\bar{a}, \bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ definimos

$$\bar{a} \oplus \bar{b} = \overline{a + b}$$

$$\bar{a} \otimes \bar{b} = \overline{ab}.$$

Proposição

As operações de soma e a multiplicação definidas acima são independentes dos representantes das classes.

Prova: Dadas duas classes em \mathbb{Z}_m com representantes diferentes, $\bar{a}_1 = \bar{a}_2$ e $\bar{b}_1 = \bar{b}_2$,

Definição

Dados $\bar{a}, \bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ definimos

$$\bar{a} \oplus \bar{b} = \overline{a + b}$$

$$\bar{a} \otimes \bar{b} = \overline{ab}.$$

Proposição

As operações de soma e a multiplicação definidas acima são independentes dos representantes das classes.

Prova: Dadas duas classes em \mathbb{Z}_m com representantes diferentes, $\bar{a}_1 = \bar{a}_2$ e $\bar{b}_1 = \bar{b}_2$, com $a_1 \neq a_2$

Definição

Dados $\bar{a}, \bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ definimos

$$\bar{a} \oplus \bar{b} = \overline{a + b}$$

$$\bar{a} \otimes \bar{b} = \overline{ab}.$$

Proposição

As operações de soma e a multiplicação definidas acima são independentes dos representantes das classes.

Prova: Dadas duas classes em \mathbb{Z}_m com representantes diferentes, $\bar{a}_1 = \bar{a}_2$ e $\bar{b}_1 = \bar{b}_2$, com $a_1 \neq a_2$ e $b_1 \neq b_2$,

Definição

Dados $\bar{a}, \bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ definimos

$$\bar{a} \oplus \bar{b} = \overline{a + b}$$

$$\bar{a} \otimes \bar{b} = \overline{ab}.$$

Proposição

As operações de soma e a multiplicação definidas acima são independentes dos representantes das classes.

Prova: Dadas duas classes em \mathbb{Z}_m com representantes diferentes, $\bar{a}_1 = \bar{a}_2$ e $\bar{b}_1 = \bar{b}_2$, com $a_1 \neq a_2$ e $b_1 \neq b_2$, temos:

Definição

Dados $\bar{a}, \bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ definimos

$$\bar{a} \oplus \bar{b} = \overline{a + b}$$

$$\bar{a} \otimes \bar{b} = \overline{ab}.$$

Proposição

As operações de soma e a multiplicação definidas acima são independentes dos representantes das classes.

Prova: Dadas duas classes em \mathbb{Z}_m com representantes diferentes, $\bar{a}_1 = \bar{a}_2$ e $\bar{b}_1 = \bar{b}_2$, com $a_1 \neq a_2$ e $b_1 \neq b_2$, temos:

$$a_1 \equiv a_2 \pmod{m}$$

Definição

Dados $\bar{a}, \bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ definimos

$$\bar{a} \oplus \bar{b} = \overline{a + b}$$

$$\bar{a} \otimes \bar{b} = \overline{ab}.$$

Proposição

As operações de soma e a multiplicação definidas acima são independentes dos representantes das classes.

Prova: Dadas duas classes em \mathbb{Z}_m com representantes diferentes, $\bar{a}_1 = \bar{a}_2$ e $\bar{b}_1 = \bar{b}_2$, com $a_1 \neq a_2$ e $b_1 \neq b_2$, temos:

$$\begin{aligned} a_1 &\equiv a_2 \pmod{m} \\ b_1 &\equiv b_2 \pmod{m}. \end{aligned}$$

Daí,

$$a_1 + b_1 \equiv a_2 + b_2 \pmod{m}$$

Daí,

$$\begin{aligned}a_1 + b_1 &\equiv a_2 + b_2 \pmod{m} \\ a_1 b_1 &\equiv a_2 b_2 \pmod{m}.\end{aligned}$$

Daí,

$$\begin{aligned}a_1 + b_1 &\equiv a_2 + b_2 \pmod{m} \\ a_1 b_1 &\equiv a_2 b_2 \pmod{m}.\end{aligned}$$

Mas de $a_1 + b_1 \equiv a_2 + b_2 \pmod{m}$

Daí,

$$\begin{aligned}a_1 + b_1 &\equiv a_2 + b_2 \pmod{m} \\ a_1 b_1 &\equiv a_2 b_2 \pmod{m}.\end{aligned}$$

Mas de $a_1 + b_1 \equiv a_2 + b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 + b_1} =$

Daí,

$$\begin{aligned}a_1 + b_1 &\equiv a_2 + b_2 \pmod{m} \\ a_1 b_1 &\equiv a_2 b_2 \pmod{m}.\end{aligned}$$

Mas de $a_1 + b_1 \equiv a_2 + b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2}$.

Daí,

$$\begin{aligned} a_1 + b_1 &\equiv a_2 + b_2 \pmod{m} \\ a_1 b_1 &\equiv a_2 b_2 \pmod{m}. \end{aligned}$$

Mas de $a_1 + b_1 \equiv a_2 + b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2}$. Assim

$$\overline{a_1} \oplus \overline{b_1} =$$

Daí,

$$\begin{aligned} a_1 + b_1 &\equiv a_2 + b_2 \pmod{m} \\ a_1 b_1 &\equiv a_2 b_2 \pmod{m}. \end{aligned}$$

Mas de $a_1 + b_1 \equiv a_2 + b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2}$. Assim

$$\bar{a}_1 \oplus \bar{b}_1 = \overline{a_1 + b_1} =$$

Daí,

$$\begin{aligned} a_1 + b_1 &\equiv a_2 + b_2 \pmod{m} \\ a_1 b_1 &\equiv a_2 b_2 \pmod{m}. \end{aligned}$$

Mas de $a_1 + b_1 \equiv a_2 + b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2}$. Assim

$$\bar{a}_1 \oplus \bar{b}_1 = \overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2} =$$

Daí,

$$\begin{aligned} a_1 + b_1 &\equiv a_2 + b_2 \pmod{m} \\ a_1 b_1 &\equiv a_2 b_2 \pmod{m}. \end{aligned}$$

Mas de $a_1 + b_1 \equiv a_2 + b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2}$. Assim

$$\bar{a}_1 \oplus \bar{b}_1 = \overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2} = \bar{a}_2 \oplus \bar{b}_2.$$

Daí,

$$\begin{aligned} a_1 + b_1 &\equiv a_2 + b_2 \pmod{m} \\ a_1 b_1 &\equiv a_2 b_2 \pmod{m}. \end{aligned}$$

Mas de $a_1 + b_1 \equiv a_2 + b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2}$. Assim

$$\bar{a}_1 \oplus \bar{b}_1 = \overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2} = \bar{a}_2 \oplus \bar{b}_2.$$

Agora de $a_1 b_1 \equiv a_2 b_2 \pmod{m}$

Daí,

$$\begin{aligned} a_1 + b_1 &\equiv a_2 + b_2 \pmod{m} \\ a_1 b_1 &\equiv a_2 b_2 \pmod{m}. \end{aligned}$$

Mas de $a_1 + b_1 \equiv a_2 + b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2}$. Assim

$$\bar{a}_1 \oplus \bar{b}_1 = \overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2} = \bar{a}_2 \oplus \bar{b}_2.$$

Agora de $a_1 b_1 \equiv a_2 b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 b_2} =$

Daí,

$$\begin{aligned} a_1 + b_1 &\equiv a_2 + b_2 \pmod{m} \\ a_1 b_1 &\equiv a_2 b_2 \pmod{m}. \end{aligned}$$

Mas de $a_1 + b_1 \equiv a_2 + b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2}$. Assim

$$\bar{a}_1 \oplus \bar{b}_1 = \overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2} = \bar{a}_2 \oplus \bar{b}_2.$$

Agora de $a_1 b_1 \equiv a_2 b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 b_1} = \overline{a_2 b_2}$.

Daí,

$$\begin{aligned} a_1 + b_1 &\equiv a_2 + b_2 \pmod{m} \\ a_1 b_1 &\equiv a_2 b_2 \pmod{m}. \end{aligned}$$

Mas de $a_1 + b_1 \equiv a_2 + b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2}$. Assim

$$\bar{a}_1 \oplus \bar{b}_1 = \overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2} = \bar{a}_2 \oplus \bar{b}_2.$$

Agora de $a_1 b_1 \equiv a_2 b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 b_1} = \overline{a_2 b_2}$. Assim

$$\bar{a}_1 \otimes \bar{b}_1 =$$

Daí,

$$\begin{aligned} a_1 + b_1 &\equiv a_2 + b_2 \pmod{m} \\ a_1 b_1 &\equiv a_2 b_2 \pmod{m}. \end{aligned}$$

Mas de $a_1 + b_1 \equiv a_2 + b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2}$. Assim

$$\bar{a}_1 \oplus \bar{b}_1 = \overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2} = \bar{a}_2 \oplus \bar{b}_2.$$

Agora de $a_1 b_1 \equiv a_2 b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 b_1} = \overline{a_2 b_2}$. Assim

$$\bar{a}_1 \otimes \bar{b}_1 = \overline{a_1 b_1} =$$

Daí,

$$\begin{aligned} a_1 + b_1 &\equiv a_2 + b_2 \pmod{m} \\ a_1 b_1 &\equiv a_2 b_2 \pmod{m}. \end{aligned}$$

Mas de $a_1 + b_1 \equiv a_2 + b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2}$. Assim

$$\bar{a}_1 \oplus \bar{b}_1 = \overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2} = \bar{a}_2 \oplus \bar{b}_2.$$

Agora de $a_1 b_1 \equiv a_2 b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 b_1} = \overline{a_2 b_2}$. Assim

$$\bar{a}_1 \otimes \bar{b}_1 = \overline{a_1 b_1} = \overline{a_2 b_2} =$$

Daí,

$$\begin{aligned} a_1 + b_1 &\equiv a_2 + b_2 \pmod{m} \\ a_1 b_1 &\equiv a_2 b_2 \pmod{m}. \end{aligned}$$

Mas de $a_1 + b_1 \equiv a_2 + b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2}$. Assim

$$\bar{a}_1 \oplus \bar{b}_1 = \overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2} = \bar{a}_2 \oplus \bar{b}_2.$$

Agora de $a_1 b_1 \equiv a_2 b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 b_1} = \overline{a_2 b_2}$. Assim

$$\bar{a}_1 \otimes \bar{b}_1 = \overline{a_1 b_1} = \overline{a_2 b_2} = \bar{a}_2 \otimes \bar{b}_2.$$

Daí,

$$\begin{aligned} a_1 + b_1 &\equiv a_2 + b_2 \pmod{m} \\ a_1 b_1 &\equiv a_2 b_2 \pmod{m}. \end{aligned}$$

Mas de $a_1 + b_1 \equiv a_2 + b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2}$. Assim

$$\bar{a}_1 \oplus \bar{b}_1 = \overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2} = \bar{a}_2 \oplus \bar{b}_2.$$

Agora de $a_1 b_1 \equiv a_2 b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 b_1} = \overline{a_2 b_2}$. Assim

$$\bar{a}_1 \otimes \bar{b}_1 = \overline{a_1 b_1} = \overline{a_2 b_2} = \bar{a}_2 \otimes \bar{b}_2.$$

Portanto a soma e a multiplicação

Daí,

$$\begin{aligned} a_1 + b_1 &\equiv a_2 + b_2 \pmod{m} \\ a_1 b_1 &\equiv a_2 b_2 \pmod{m}. \end{aligned}$$

Mas de $a_1 + b_1 \equiv a_2 + b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2}$. Assim

$$\bar{a}_1 \oplus \bar{b}_1 = \overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2} = \bar{a}_2 \oplus \bar{b}_2.$$

Agora de $a_1 b_1 \equiv a_2 b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 b_1} = \overline{a_2 b_2}$. Assim

$$\bar{a}_1 \otimes \bar{b}_1 = \overline{a_1 b_1} = \overline{a_2 b_2} = \bar{a}_2 \otimes \bar{b}_2.$$

Portanto a soma e a multiplicação não dependem dos representantes que escolhemos para as classes de equivalência,

Daí,

$$\begin{aligned}a_1 + b_1 &\equiv a_2 + b_2 \pmod{m} \\ a_1 b_1 &\equiv a_2 b_2 \pmod{m}.\end{aligned}$$

Mas de $a_1 + b_1 \equiv a_2 + b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2}$. Assim

$$\bar{a}_1 \oplus \bar{b}_1 = \overline{a_1 + b_1} = \overline{a_2 + b_2} = \bar{a}_2 \oplus \bar{b}_2.$$

Agora de $a_1 b_1 \equiv a_2 b_2 \pmod{m}$ segue que $\overline{a_1 b_1} = \overline{a_2 b_2}$. Assim

$$\bar{a}_1 \otimes \bar{b}_1 = \overline{a_1 b_1} = \overline{a_2 b_2} = \bar{a}_2 \otimes \bar{b}_2.$$

Portanto a soma e a multiplicação não dependem dos representantes que escolhemos para as classes de equivalência, como queríamos. ■

Exemplo

A soma e a multiplicação em $\mathbb{Z}_4 = \{\bar{0}, \bar{1}, \bar{2}, \bar{3}\}$

Exemplo

A soma e a multiplicação em $\mathbb{Z}_4 = \{\bar{0}, \bar{1}, \bar{2}, \bar{3}\}$ são dadas nas tabelas abaixo:

Exemplo

A soma e a multiplicação em $\mathbb{Z}_4 = \{\bar{0}, \bar{1}, \bar{2}, \bar{3}\}$ são dadas nas tabelas abaixo:

Tabela: Soma em \mathbb{Z}_4

\oplus	$\bar{0}$	$\bar{1}$	$\bar{2}$	$\bar{3}$
$\bar{0}$				
$\bar{1}$				
$\bar{2}$				
$\bar{3}$				

Exemplo

Tabela: Multiplicação em \mathbb{Z}_4

\otimes	$\bar{0}$	$\bar{1}$	$\bar{2}$	$\bar{3}$
$\bar{0}$				
$\bar{1}$				
$\bar{2}$				
$\bar{3}$				

Proposição

As operações de soma \oplus

Proposição

As operações de soma \oplus e multiplicação \otimes

Proposição

As operações de soma \oplus e multiplicação \otimes em \mathbb{Z}_m satisfazem as seguintes propriedades:

Proposição

As operações de soma \oplus e multiplicação \otimes em \mathbb{Z}_m satisfazem as seguintes propriedades:

i) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$:

Proposição

As operações de soma \oplus e multiplicação \otimes em \mathbb{Z}_m satisfazem as seguintes propriedades:

i) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{y} \oplus \bar{x}$.

Proposição

As operações de soma \oplus e multiplicação \otimes em \mathbb{Z}_m satisfazem as seguintes propriedades:

- i) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{y} \oplus \bar{x}$.
- ii) Para todos \bar{x}, \bar{y} e $\bar{z} \in \mathbb{Z}_m$:

Proposição

As operações de soma \oplus e multiplicação \otimes em \mathbb{Z}_m satisfazem as seguintes propriedades:

- i) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{y} \oplus \bar{x}$.
- ii) Para todos \bar{x}, \bar{y} e $\bar{z} \in \mathbb{Z}_m$: $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} =$

Proposição

As operações de soma \oplus e multiplicação \otimes em \mathbb{Z}_m satisfazem as seguintes propriedades:

- i) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{y} \oplus \bar{x}$.
- ii) Para todos \bar{x}, \bar{y} e $\bar{z} \in \mathbb{Z}_m$: $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z})$.

Proposição

As operações de soma \oplus e multiplicação \otimes em \mathbb{Z}_m satisfazem as seguintes propriedades:

- i) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{y} \oplus \bar{x}$.
- ii) Para todos \bar{x}, \bar{y} e $\bar{z} \in \mathbb{Z}_m$: $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z})$.
- iii) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$,

Proposição

As operações de soma \oplus e multiplicação \otimes em \mathbb{Z}_m satisfazem as seguintes propriedades:

- i) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{y} \oplus \bar{x}$.
- ii) Para todos \bar{x}, \bar{y} e $\bar{z} \in \mathbb{Z}_m$: $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z})$.
- iii) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, $\bar{x} \oplus \bar{0} = \bar{x}$.

Proposição

As operações de soma \oplus e multiplicação \otimes em \mathbb{Z}_m satisfazem as seguintes propriedades:

- i) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{y} \oplus \bar{x}$.
- ii) Para todos \bar{x}, \bar{y} e $\bar{z} \in \mathbb{Z}_m$: $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z})$.
- iii) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, $\bar{x} \oplus \bar{0} = \bar{x}$.
- iv) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$,

Proposição

As operações de soma \oplus e multiplicação \otimes em \mathbb{Z}_m satisfazem as seguintes propriedades:

- i) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{y} \oplus \bar{x}$.
- ii) Para todos \bar{x}, \bar{y} e $\bar{z} \in \mathbb{Z}_m$: $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z})$.
- iii) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, $\bar{x} \oplus \bar{0} = \bar{x}$.
- iv) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, existe $\bar{y} \in \mathbb{Z}_m$

Proposição

As operações de soma \oplus e multiplicação \otimes em \mathbb{Z}_m satisfazem as seguintes propriedades:

- i) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{y} \oplus \bar{x}$.
- ii) Para todos \bar{x}, \bar{y} e $\bar{z} \in \mathbb{Z}_m$: $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z})$.
- iii) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, $\bar{x} \oplus \bar{0} = \bar{x}$.
- iv) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, existe $\bar{y} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{0}$.

Proposição

As operações de soma \oplus e multiplicação \otimes em \mathbb{Z}_m satisfazem as seguintes propriedades:

- i) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{y} \oplus \bar{x}$.
- ii) Para todos \bar{x}, \bar{y} e $\bar{z} \in \mathbb{Z}_m$: $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z})$.
- iii) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, $\bar{x} \oplus \bar{0} = \bar{x}$.
- iv) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, existe $\bar{y} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{0}$.
- v) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$:

Proposição

As operações de soma \oplus e multiplicação \otimes em \mathbb{Z}_m satisfazem as seguintes propriedades:

- i) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{y} \oplus \bar{x}$.
- ii) Para todos \bar{x}, \bar{y} e $\bar{z} \in \mathbb{Z}_m$: $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z})$.
- iii) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, $\bar{x} \oplus \bar{0} = \bar{x}$.
- iv) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, existe $\bar{y} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{0}$.
- v) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \otimes \bar{y} = \bar{y} \otimes \bar{x}$.

Proposição

As operações de soma \oplus e multiplicação \otimes em \mathbb{Z}_m satisfazem as seguintes propriedades:

- i) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{y} \oplus \bar{x}$.
- ii) Para todos \bar{x}, \bar{y} e $\bar{z} \in \mathbb{Z}_m$: $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z})$.
- iii) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, $\bar{x} \oplus \bar{0} = \bar{x}$.
- iv) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, existe $\bar{y} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{0}$.
- v) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \otimes \bar{y} = \bar{y} \otimes \bar{x}$.
- vi) Para todos \bar{x}, \bar{y} e $\bar{z} \in \mathbb{Z}_m$:

Proposição

As operações de soma \oplus e multiplicação \otimes em \mathbb{Z}_m satisfazem as seguintes propriedades:

- i) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{y} \oplus \bar{x}$.
- ii) Para todos \bar{x}, \bar{y} e $\bar{z} \in \mathbb{Z}_m$: $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z})$.
- iii) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, $\bar{x} \oplus \bar{0} = \bar{x}$.
- iv) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, existe $\bar{y} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{0}$.
- v) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \otimes \bar{y} = \bar{y} \otimes \bar{x}$.
- vi) Para todos \bar{x}, \bar{y} e $\bar{z} \in \mathbb{Z}_m$: $(\bar{x} \otimes \bar{y}) \otimes \bar{z} =$

Proposição

As operações de soma \oplus e multiplicação \otimes em \mathbb{Z}_m satisfazem as seguintes propriedades:

- i) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{y} \oplus \bar{x}$.
- ii) Para todos \bar{x}, \bar{y} e $\bar{z} \in \mathbb{Z}_m$: $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z})$.
- iii) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, $\bar{x} \oplus \bar{0} = \bar{x}$.
- iv) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, existe $\bar{y} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{0}$.
- v) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \otimes \bar{y} = \bar{y} \otimes \bar{x}$.
- vi) Para todos \bar{x}, \bar{y} e $\bar{z} \in \mathbb{Z}_m$: $(\bar{x} \otimes \bar{y}) \otimes \bar{z} = \bar{x} \otimes (\bar{y} \otimes \bar{z})$.

Proposição

As operações de soma \oplus e multiplicação \otimes em \mathbb{Z}_m satisfazem as seguintes propriedades:

- i) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{y} \oplus \bar{x}$.
- ii) Para todos \bar{x}, \bar{y} e $\bar{z} \in \mathbb{Z}_m$: $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z})$.
- iii) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, $\bar{x} \oplus \bar{0} = \bar{x}$.
- iv) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, existe $\bar{y} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{0}$.
- v) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \otimes \bar{y} = \bar{y} \otimes \bar{x}$.
- vi) Para todos \bar{x}, \bar{y} e $\bar{z} \in \mathbb{Z}_m$: $(\bar{x} \otimes \bar{y}) \otimes \bar{z} = \bar{x} \otimes (\bar{y} \otimes \bar{z})$.
- vii) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$:

Proposição

As operações de soma \oplus e multiplicação \otimes em \mathbb{Z}_m satisfazem as seguintes propriedades:

- i) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{y} \oplus \bar{x}$.
- ii) Para todos \bar{x}, \bar{y} e $\bar{z} \in \mathbb{Z}_m$: $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z})$.
- iii) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, $\bar{x} \oplus \bar{0} = \bar{x}$.
- iv) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, existe $\bar{y} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{0}$.
- v) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \otimes \bar{y} = \bar{y} \otimes \bar{x}$.
- vi) Para todos \bar{x}, \bar{y} e $\bar{z} \in \mathbb{Z}_m$: $(\bar{x} \otimes \bar{y}) \otimes \bar{z} = \bar{x} \otimes (\bar{y} \otimes \bar{z})$.
- vii) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \otimes \bar{1} = \bar{x}$.

Proposição

As operações de soma \oplus e multiplicação \otimes em \mathbb{Z}_m satisfazem as seguintes propriedades:

- i) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{y} \oplus \bar{x}$.
- ii) Para todos \bar{x}, \bar{y} e $\bar{z} \in \mathbb{Z}_m$: $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z})$.
- iii) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, $\bar{x} \oplus \bar{0} = \bar{x}$.
- iv) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, existe $\bar{y} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{0}$.
- v) Para todos $\bar{x}, \bar{y} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \otimes \bar{y} = \bar{y} \otimes \bar{x}$.
- vi) Para todos \bar{x}, \bar{y} e $\bar{z} \in \mathbb{Z}_m$: $(\bar{x} \otimes \bar{y}) \otimes \bar{z} = \bar{x} \otimes (\bar{y} \otimes \bar{z})$.
- vii) Para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$: $\bar{x} \otimes \bar{1} = \bar{x}$.

Prova:

Prova:

i) $\bar{x} \oplus \bar{y} =$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} =$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} =$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} =$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y}$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} =$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} =$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)}$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z}$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} =$$

$$\bar{x} \oplus$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii) } \bar{x} \oplus \bar{0} =$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii) } \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} =$$

Prova:

- i) $\bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$
- ii) $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$
- iii) $\bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii) } \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii) } \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$$

$$\text{iv) Dado } \bar{x} \in \mathbb{Z}_m$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii) } \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$$

$$\text{iv) Dado } \bar{x} \in \mathbb{Z}_m \text{ escolha } \bar{y} =$$

Prova:

- i) $\bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$
- ii) $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$
- iii) $\bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$
- iv) Dado $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$ escolha $\bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m.$

Prova:

- i) $\bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$
- ii) $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$
- iii) $\bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$
- iv) Dado $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$ escolha $\bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m$. Assim
 $\bar{x} \oplus \bar{y} =$

Prova:

- i) $\bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$
- ii) $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$
- iii) $\bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$
- iv) Dado $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$ escolha $\bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m$. Assim
 $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus$

Prova:

- i) $\bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$
- ii) $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$
- iii) $\bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$
- iv) Dado $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$ escolha $\bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m$. Assim
 $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} =$

Prova:

- i) $\bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$
- ii) $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$
- iii) $\bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$
- iv) Dado $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$ escolha $\bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m$. Assim
 $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} = \overline{x + (m - x)} =$

Prova:

- i) $\bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$
- ii) $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$
- iii) $\bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$
- iv) Dado $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$ escolha $\bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m$. Assim
 $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} = \overline{x + (m - x)} = \bar{m} = \bar{0}.$

Prova:

- i) $\bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$
- ii) $(\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$
- iii) $\bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$
- iv) Dado $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$ escolha $\bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m$. Assim
 $\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} = \overline{x + (m - x)} = \bar{m} = \bar{0}.$

Prova:

$$\text{i)} \quad \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii)} \quad (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii)} \quad \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$$

$$\text{iv)} \quad \text{Dado } \bar{x} \in \mathbb{Z}_m \text{ escolha } \bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m. \text{ Assim}$$

$$\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} = \overline{x + (m - x)} = \bar{m} = \bar{0}.$$

$$\text{v)} \quad \bar{x} \otimes \bar{y} =$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii) } \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$$

$$\text{iv) Dado } \bar{x} \in \mathbb{Z}_m \text{ escolha } \bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m. \text{ Assim}$$

$$\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} = \overline{x + (m - x)} = \bar{m} = \bar{0}.$$

$$\text{v) } \bar{x} \otimes \bar{y} = \overline{x \cdot y} =$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii) } \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$$

$$\text{iv) Dado } \bar{x} \in \mathbb{Z}_m \text{ escolha } \bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m. \text{ Assim}$$

$$\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} = \overline{x + (m - x)} = \bar{m} = \bar{0}.$$

$$\text{v) } \bar{x} \otimes \bar{y} = \overline{x \cdot y} = \overline{y \cdot x} =$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii) } \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$$

$$\text{iv) Dado } \bar{x} \in \mathbb{Z}_m \text{ escolha } \bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m. \text{ Assim}$$

$$\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} = \overline{x + (m - x)} = \bar{m} = \bar{0}.$$

$$\text{v) } \bar{x} \otimes \bar{y} = \overline{x \cdot y} = \overline{y \cdot x} = \bar{y} \otimes \bar{x}.$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii) } \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$$

$$\text{iv) Dado } \bar{x} \in \mathbb{Z}_m \text{ escolha } \bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m. \text{ Assim}$$

$$\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} = \overline{x + (m - x)} = \bar{m} = \bar{0}.$$

$$\text{v) } \bar{x} \otimes \bar{y} = \overline{x \cdot y} = \overline{y \cdot x} = \bar{y} \otimes \bar{x}.$$

Prova:

$$\text{i)} \quad \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii)} \quad (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii)} \quad \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$$

$$\text{iv)} \quad \text{Dado } \bar{x} \in \mathbb{Z}_m \text{ escolha } \bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m. \text{ Assim}$$

$$\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} = \overline{x + (m - x)} = \bar{m} = \bar{0}.$$

$$\text{v)} \quad \bar{x} \otimes \bar{y} = \overline{x \cdot y} = \overline{y \cdot x} = \bar{y} \otimes \bar{x}.$$

$$\text{vi)} \quad (\bar{x} \otimes \bar{y}) \otimes \bar{z} =$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii) } \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$$

$$\text{iv) Dado } \bar{x} \in \mathbb{Z}_m \text{ escolha } \bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m. \text{ Assim}$$

$$\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} = \overline{x + (m - x)} = \bar{m} = \bar{0}.$$

$$\text{v) } \bar{x} \otimes \bar{y} = \overline{x \cdot y} = \overline{y \cdot x} = \bar{y} \otimes \bar{x}.$$

$$\text{vi) } (\bar{x} \otimes \bar{y}) \otimes \bar{z} = \overline{x \cdot y} \otimes \bar{z} = \overline{(x \cdot y) \cdot z} = \overline{x \cdot (y \cdot z)} = \bar{x} \otimes \overline{y \cdot z} = \bar{x} \otimes (\bar{y} \otimes \bar{z}).$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii) } \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$$

$$\text{iv) Dado } \bar{x} \in \mathbb{Z}_m \text{ escolha } \bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m. \text{ Assim}$$

$$\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} = \overline{x + (m - x)} = \bar{m} = \bar{0}.$$

$$\text{v) } \bar{x} \otimes \bar{y} = \overline{x \cdot y} = \overline{y \cdot x} = \bar{y} \otimes \bar{x}.$$

$$\text{vi) } (\bar{x} \otimes \bar{y}) \otimes \bar{z} = \overline{x \cdot y} \otimes \bar{z} =$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii) } \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$$

$$\text{iv) Dado } \bar{x} \in \mathbb{Z}_m \text{ escolha } \bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m. \text{ Assim}$$

$$\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} = \overline{x + (m - x)} = \bar{m} = \bar{0}.$$

$$\text{v) } \bar{x} \otimes \bar{y} = \overline{x \cdot y} = \overline{y \cdot x} = \bar{y} \otimes \bar{x}.$$

$$\text{vi) } (\bar{x} \otimes \bar{y}) \otimes \bar{z} = \overline{x \cdot y} \otimes \bar{z} = \overline{(x \cdot y) \cdot z}$$

Prova:

$$\text{i)} \quad \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii)} \quad (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii)} \quad \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$$

$$\text{iv)} \quad \text{Dado } \bar{x} \in \mathbb{Z}_m \text{ escolha } \bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m. \text{ Assim}$$

$$\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} = \overline{x + (m - x)} = \bar{m} = \bar{0}.$$

$$\text{v)} \quad \bar{x} \otimes \bar{y} = \overline{x \cdot y} = \overline{y \cdot x} = \bar{y} \otimes \bar{x}.$$

$$\text{vi)} \quad (\bar{x} \otimes \bar{y}) \otimes \bar{z} = \overline{x \cdot y} \otimes \bar{z} = \overline{(x \cdot y) \cdot z} = \overline{x \cdot (y \cdot z)} =$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii) } \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$$

$$\text{iv) Dado } \bar{x} \in \mathbb{Z}_m \text{ escolha } \bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m. \text{ Assim}$$

$$\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} = \overline{x + (m - x)} = \bar{m} = \bar{0}.$$

$$\text{v) } \bar{x} \otimes \bar{y} = \overline{x \cdot y} = \overline{y \cdot x} = \bar{y} \otimes \bar{x}.$$

$$\text{vi) } (\bar{x} \otimes \bar{y}) \otimes \bar{z} = \overline{x \cdot y} \otimes \bar{z} = \overline{(x \cdot y) \cdot z} = \overline{x \cdot (y \cdot z)} = \bar{x} \otimes \bar{z}$$

Prova:

$$\text{i)} \quad \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii)} \quad (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii)} \quad \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$$

$$\text{iv)} \quad \text{Dado } \bar{x} \in \mathbb{Z}_m \text{ escolha } \bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m. \text{ Assim}$$

$$\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} = \overline{x + (m - x)} = \bar{m} = \bar{0}.$$

$$\text{v)} \quad \bar{x} \otimes \bar{y} = \overline{x \cdot y} = \overline{y \cdot x} = \bar{y} \otimes \bar{x}.$$

$$\text{vi)} \quad (\bar{x} \otimes \bar{y}) \otimes \bar{z} = \overline{x \cdot y} \otimes \bar{z} = \overline{(x \cdot y) \cdot z} = \overline{x \cdot (y \cdot z)} = \bar{x} \otimes \overline{y \cdot z} =$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii) } \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$$

$$\text{iv) Dado } \bar{x} \in \mathbb{Z}_m \text{ escolha } \bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m. \text{ Assim}$$

$$\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} = \overline{x + (m - x)} = \bar{m} = \bar{0}.$$

$$\text{v) } \bar{x} \otimes \bar{y} = \overline{x \cdot y} = \overline{y \cdot x} = \bar{y} \otimes \bar{x}.$$

$$\text{vi) } (\bar{x} \otimes \bar{y}) \otimes \bar{z} = \overline{x \cdot y} \otimes \bar{z} = \overline{(x \cdot y) \cdot z} = \overline{x \cdot (y \cdot z)} = \bar{x} \otimes \overline{y \cdot z} = \bar{x} \otimes (\bar{y} \otimes \bar{z}).$$

Prova:

$$\text{i)} \quad \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii)} \quad (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii)} \quad \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$$

$$\text{iv)} \quad \text{Dado } \bar{x} \in \mathbb{Z}_m \text{ escolha } \bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m. \text{ Assim}$$

$$\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} = \overline{x + (m - x)} = \bar{m} = \bar{0}.$$

$$\text{v)} \quad \bar{x} \otimes \bar{y} = \overline{x \cdot y} = \overline{y \cdot x} = \bar{y} \otimes \bar{x}.$$

$$\text{vi)} \quad (\bar{x} \otimes \bar{y}) \otimes \bar{z} = \overline{x \cdot y} \otimes \bar{z} = \overline{(x \cdot y) \cdot z} = \overline{x \cdot (y \cdot z)} = \bar{x} \otimes \overline{y \cdot z} = \bar{x} \otimes (\bar{y} \otimes \bar{z}).$$

Prova:

$$\text{i)} \quad \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii)} \quad (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii)} \quad \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$$

$$\text{iv)} \quad \text{Dado } \bar{x} \in \mathbb{Z}_m \text{ escolha } \bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m. \text{ Assim}$$

$$\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} = \overline{x + (m - x)} = \bar{m} = \bar{0}.$$

$$\text{v)} \quad \bar{x} \otimes \bar{y} = \overline{x \cdot y} = \overline{y \cdot x} = \bar{y} \otimes \bar{x}.$$

$$\text{vi)} \quad (\bar{x} \otimes \bar{y}) \otimes \bar{z} = \overline{x \cdot y} \otimes \bar{z} = \overline{(x \cdot y) \cdot z} = \overline{x \cdot (y \cdot z)} = \bar{x} \otimes \overline{y \cdot z} = \bar{x} \otimes (\bar{y} \otimes \bar{z}).$$

Prova:

$$\text{i)} \quad \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii)} \quad (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii)} \quad \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$$

$$\text{iv)} \quad \text{Dado } \bar{x} \in \mathbb{Z}_m \text{ escolha } \bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m. \text{ Assim}$$

$$\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} = \overline{x + (m - x)} = \bar{m} = \bar{0}.$$

$$\text{v)} \quad \bar{x} \otimes \bar{y} = \overline{x \cdot y} = \overline{y \cdot x} = \bar{y} \otimes \bar{x}.$$

$$\text{vi)} \quad (\bar{x} \otimes \bar{y}) \otimes \bar{z} = \overline{x \cdot y} \otimes \bar{z} = \overline{(x \cdot y) \cdot z} = \overline{x \cdot (y \cdot z)} = \bar{x} \otimes \overline{y \cdot z} = \bar{x} \otimes (\bar{y} \otimes \bar{z}).$$

$$\text{vii)} \quad \bar{x} \otimes \bar{1} =$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii) } \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$$

$$\text{iv) Dado } \bar{x} \in \mathbb{Z}_m \text{ escolha } \bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m. \text{ Assim}$$

$$\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} = \overline{x + (m - x)} = \bar{m} = \bar{0}.$$

$$\text{v) } \bar{x} \otimes \bar{y} = \overline{x \cdot y} = \overline{y \cdot x} = \bar{y} \otimes \bar{x}.$$

$$\text{vi) } (\bar{x} \otimes \bar{y}) \otimes \bar{z} = \overline{x \cdot y} \otimes \bar{z} = \overline{(x \cdot y) \cdot z} = \overline{x \cdot (y \cdot z)} = \bar{x} \otimes \overline{y \cdot z} = \bar{x} \otimes (\bar{y} \otimes \bar{z}).$$

$$\text{vii) } \bar{x} \otimes \bar{1} = \overline{x \cdot 1} =$$

Prova:

$$\text{i) } \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii) } (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii) } \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$$

$$\text{iv) Dado } \bar{x} \in \mathbb{Z}_m \text{ escolha } \bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m. \text{ Assim}$$

$$\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} = \overline{x + (m - x)} = \bar{m} = \bar{0}.$$

$$\text{v) } \bar{x} \otimes \bar{y} = \overline{x \cdot y} = \overline{y \cdot x} = \bar{y} \otimes \bar{x}.$$

$$\text{vi) } (\bar{x} \otimes \bar{y}) \otimes \bar{z} = \overline{x \cdot y} \otimes \bar{z} = \overline{(x \cdot y) \cdot z} = \overline{x \cdot (y \cdot z)} = \bar{x} \otimes \overline{y \cdot z} = \bar{x} \otimes (\bar{y} \otimes \bar{z}).$$

$$\text{vii) } \bar{x} \otimes \bar{1} = \overline{x \cdot 1} = \bar{x}.$$

Prova:

$$\text{i)} \quad \bar{x} \oplus \bar{y} = \overline{x + y} = \overline{y + x} = \bar{y} \oplus \bar{x}.$$

$$\text{ii)} \quad (\bar{x} \oplus \bar{y}) \oplus \bar{z} = \overline{x + y} \oplus \bar{z} = \overline{(x + y) + z} = \overline{x + (y + z)} = \bar{x} \oplus \overline{y + z} = \bar{x} \oplus (\bar{y} \oplus \bar{z}).$$

$$\text{iii)} \quad \bar{x} \oplus \bar{0} = \overline{x + 0} = \bar{x}.$$

$$\text{iv)} \quad \text{Dado } \bar{x} \in \mathbb{Z}_m \text{ escolha } \bar{y} = \overline{m - x} \in \mathbb{Z}_m. \text{ Assim}$$

$$\bar{x} \oplus \bar{y} = \bar{x} \oplus \overline{m - x} = \overline{x + (m - x)} = \bar{m} = \bar{0}.$$

$$\text{v)} \quad \bar{x} \otimes \bar{y} = \overline{x \cdot y} = \overline{y \cdot x} = \bar{y} \otimes \bar{x}.$$

$$\text{vi)} \quad (\bar{x} \otimes \bar{y}) \otimes \bar{z} = \overline{x \cdot y} \otimes \bar{z} = \overline{(x \cdot y) \cdot z} = \overline{x \cdot (y \cdot z)} = \bar{x} \otimes \overline{y \cdot z} = \bar{x} \otimes (\bar{y} \otimes \bar{z}).$$

$$\text{vii)} \quad \bar{x} \otimes \bar{1} = \overline{x \cdot 1} = \bar{x}.$$



Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível**

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} =$

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$.

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b}

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a}

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a} e denotaremos $\bar{b} = (\bar{a})^{-1}$.

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a} e denotaremos $\bar{b} = (\bar{a})^{-1}$.

Proposição

Se o inverso existe,

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a} e denotaremos $\bar{b} = (\bar{a})^{-1}$.

Proposição

Se o inverso existe, então ele é único.

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a} e denotaremos $\bar{b} = (\bar{a})^{-1}$.

Proposição

Se o inverso existe, então ele é único.

Prova:

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a} e denotaremos $\bar{b} = (\bar{a})^{-1}$.

Proposição

Se o inverso existe, então ele é único.

Prova: De fato,

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a} e denotaremos $\bar{b} = (\bar{a})^{-1}$.

Proposição

Se o inverso existe, então ele é único.

Prova: De fato, dado $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$,

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a} e denotaremos $\bar{b} = (\bar{a})^{-1}$.

Proposição

Se o inverso existe, então ele é único.

Prova: De fato, dado $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$, suponha que existem \bar{b} ,

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a} e denotaremos $\bar{b} = (\bar{a})^{-1}$.

Proposição

Se o inverso existe, então ele é único.

Prova: De fato, dado $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$, suponha que existem $\bar{b}, \bar{d} \in \mathbb{Z}_m$

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a} e denotaremos $\bar{b} = (\bar{a})^{-1}$.

Proposição

Se o inverso existe, então ele é único.

Prova: De fato, dado $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$, suponha que existem $\bar{b}, \bar{d} \in \mathbb{Z}_m$ tais que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a} e denotaremos $\bar{b} = (\bar{a})^{-1}$.

Proposição

Se o inverso existe, então ele é único.

Prova: De fato, dado $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$, suponha que existem $\bar{b}, \bar{d} \in \mathbb{Z}_m$ tais que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1} = \bar{a} \otimes \bar{d}$,

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a} e denotaremos $\bar{b} = (\bar{a})^{-1}$.

Proposição

Se o inverso existe, então ele é único.

Prova: De fato, dado $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$, suponha que existem $\bar{b}, \bar{d} \in \mathbb{Z}_m$ tais que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1} = \bar{a} \otimes \bar{d}$, então

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a} e denotaremos $\bar{b} = (\bar{a})^{-1}$.

Proposição

Se o inverso existe, então ele é único.

Prova: De fato, dado $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$, suponha que existem $\bar{b}, \bar{d} \in \mathbb{Z}_m$ tais que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1} = \bar{a} \otimes \bar{d}$, então

$$\bar{b} =$$

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a} e denotaremos $\bar{b} = (\bar{a})^{-1}$.

Proposição

Se o inverso existe, então ele é único.

Prova: De fato, dado $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$, suponha que existem $\bar{b}, \bar{d} \in \mathbb{Z}_m$ tais que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1} = \bar{a} \otimes \bar{d}$, então

$$\bar{b} = \bar{b} \otimes \bar{1} =$$

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a} e denotaremos $\bar{b} = (\bar{a})^{-1}$.

Proposição

Se o inverso existe, então ele é único.

Prova: De fato, dado $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$, suponha que existem $\bar{b}, \bar{d} \in \mathbb{Z}_m$ tais que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1} = \bar{a} \otimes \bar{d}$, então

$$\bar{b} = \bar{b} \otimes \bar{1} = \bar{b} \otimes$$

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a} e denotaremos $\bar{b} = (\bar{a})^{-1}$.

Proposição

Se o inverso existe, então ele é único.

Prova: De fato, dado $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$, suponha que existem $\bar{b}, \bar{d} \in \mathbb{Z}_m$ tais que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1} = \bar{a} \otimes \bar{d}$, então

$$\bar{b} = \bar{b} \otimes \bar{1} = \bar{b} \otimes (\bar{a} \otimes \bar{d}) =$$

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a} e denotaremos $\bar{b} = (\bar{a})^{-1}$.

Proposição

Se o inverso existe, então ele é único.

Prova: De fato, dado $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$, suponha que existem $\bar{b}, \bar{d} \in \mathbb{Z}_m$ tais que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1} = \bar{a} \otimes \bar{d}$, então

$$\bar{b} = \bar{b} \otimes \bar{1} = \bar{b} \otimes (\bar{a} \otimes \bar{d}) = (\bar{b} \otimes \bar{a})$$

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a} e denotaremos $\bar{b} = (\bar{a})^{-1}$.

Proposição

Se o inverso existe, então ele é único.

Prova: De fato, dado $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$, suponha que existem $\bar{b}, \bar{d} \in \mathbb{Z}_m$ tais que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1} = \bar{a} \otimes \bar{d}$, então

$$\bar{b} = \bar{b} \otimes \bar{1} = \bar{b} \otimes (\bar{a} \otimes \bar{d}) = (\bar{b} \otimes \bar{a}) \otimes \bar{d} =$$

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a} e denotaremos $\bar{b} = (\bar{a})^{-1}$.

Proposição

Se o inverso existe, então ele é único.

Prova: De fato, dado $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$, suponha que existem $\bar{b}, \bar{d} \in \mathbb{Z}_m$ tais que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1} = \bar{a} \otimes \bar{d}$, então

$$\bar{b} = \bar{b} \otimes \bar{1} = \bar{b} \otimes (\bar{a} \otimes \bar{d}) = (\bar{b} \otimes \bar{a}) \otimes \bar{d} = \bar{1} \otimes \bar{d} =$$

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a} e denotaremos $\bar{b} = (\bar{a})^{-1}$.

Proposição

Se o inverso existe, então ele é único.

Prova: De fato, dado $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$, suponha que existem $\bar{b}, \bar{d} \in \mathbb{Z}_m$ tais que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1} = \bar{a} \otimes \bar{d}$, então

$$\bar{b} = \bar{b} \otimes \bar{1} = \bar{b} \otimes (\bar{a} \otimes \bar{d}) = (\bar{b} \otimes \bar{a}) \otimes \bar{d} = \bar{1} \otimes \bar{d} = \bar{d}$$

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a} e denotaremos $\bar{b} = (\bar{a})^{-1}$.

Proposição

Se o inverso existe, então ele é único.

Prova: De fato, dado $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$, suponha que existem $\bar{b}, \bar{d} \in \mathbb{Z}_m$ tais que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1} = \bar{a} \otimes \bar{d}$, então

$$\bar{b} = \bar{b} \otimes \bar{1} = \bar{b} \otimes (\bar{a} \otimes \bar{d}) = (\bar{b} \otimes \bar{a}) \otimes \bar{d} = \bar{1} \otimes \bar{d} = \bar{d}$$

Portanto o inverso de \bar{a} é único,

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a} e denotaremos $\bar{b} = (\bar{a})^{-1}$.

Proposição

Se o inverso existe, então ele é único.

Prova: De fato, dado $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$, suponha que existem $\bar{b}, \bar{d} \in \mathbb{Z}_m$ tais que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1} = \bar{a} \otimes \bar{d}$, então

$$\bar{b} = \bar{b} \otimes \bar{1} = \bar{b} \otimes (\bar{a} \otimes \bar{d}) = (\bar{b} \otimes \bar{a}) \otimes \bar{d} = \bar{1} \otimes \bar{d} = \bar{d}$$

Portanto o inverso de \bar{a} é único, como queríamos. ■

Definição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é **invertível** se, e somente se, existe $\bar{b} \in \mathbb{Z}_m$ tal que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1}$. Neste caso, \bar{b} é chamado **inverso** de \bar{a} e denotaremos $\bar{b} = (\bar{a})^{-1}$.

Proposição

Se o inverso existe, então ele é único.

Prova: De fato, dado $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$, suponha que existem $\bar{b}, \bar{d} \in \mathbb{Z}_m$ tais que $\bar{a} \otimes \bar{b} = \bar{1} = \bar{a} \otimes \bar{d}$, então

$$\bar{b} = \bar{b} \otimes \bar{1} = \bar{b} \otimes (\bar{a} \otimes \bar{d}) = (\bar{b} \otimes \bar{a}) \otimes \bar{d} = \bar{1} \otimes \bar{d} = \bar{d}$$

Portanto o inverso de \bar{a} é único, como queríamos. ■

Proposição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é

Proposição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é inversível

Proposição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é inversível se, e somente se, $\text{mdc}(a, m) = 1$.

Proposição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é inversível se, e somente se, $\text{mdc}(a, m) = 1$.

Corolário

Se m é um número primo,

Proposição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é inversível se, e somente se, $\text{mdc}(a, m) = 1$.

Corolário

Se m é um número primo, então para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$,

Proposição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é inversível se, e somente se, $\text{mdc}(a, m) = 1$.

Corolário

Se m é um número primo, então para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, $\bar{x} \neq \bar{0}$,

Proposição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é inversível se, e somente se, $\text{mdc}(a, m) = 1$.

Corolário

Se m é um número primo, então para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, $\bar{x} \neq \bar{0}$, existe inverso.

Proposição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é inversível se, e somente se, $\text{mdc}(a, m) = 1$.

Corolário

Se m é um número primo, então para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, $\bar{x} \neq \bar{0}$, existe inverso.

Exemplos

i) Em \mathbb{Z}_4 existem dois elementos inversíveis

Proposição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é inversível se, e somente se, $\text{mdc}(a, m) = 1$.

Corolário

Se m é um número primo, então para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, $\bar{x} \neq \bar{0}$, existe inverso.

Exemplos

i) Em \mathbb{Z}_4 existem dois elementos inversíveis que são $\bar{1}$,

Proposição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é inversível se, e somente se, $\text{mdc}(a, m) = 1$.

Corolário

Se m é um número primo, então para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, $\bar{x} \neq \bar{0}$, existe inverso.

Exemplos

i) Em \mathbb{Z}_4 existem dois elementos inversíveis que são $\bar{1}$, cujo inverso é $\bar{1}$,

Proposição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é inversível se, e somente se, $\text{mdc}(a, m) = 1$.

Corolário

Se m é um número primo, então para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, $\bar{x} \neq \bar{0}$, existe inverso.

Exemplos

i) Em \mathbb{Z}_4 existem dois elementos inversíveis que são $\bar{1}$, cujo inverso é $\bar{1}$, e o $\bar{3}$,

Proposição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é inversível se, e somente se, $\text{mdc}(a, m) = 1$.

Corolário

Se m é um número primo, então para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, $\bar{x} \neq \bar{0}$, existe inverso.

Exemplos

i) Em \mathbb{Z}_4 existem dois elementos inversíveis que são $\bar{1}$, cujo inverso é $\bar{1}$, e o $\bar{3}$, cujo inverso é $\bar{3}$.

Proposição

Um elemento $\bar{a} \in \mathbb{Z}_m$ é inversível se, e somente se, $\text{mdc}(a, m) = 1$.

Corolário

Se m é um número primo, então para todo $\bar{x} \in \mathbb{Z}_m$, $\bar{x} \neq \bar{0}$, existe inverso.

Exemplos

i) Em \mathbb{Z}_4 existem dois elementos inversíveis que são $\bar{1}$, cujo inverso é $\bar{1}$, e o $\bar{3}$, cujo inverso é $\bar{3}$.

Exemplos

ii) Em \mathbb{Z}_{11} ,

Exemplos

ii) Em \mathbb{Z}_{11} , todos elementos, exceto $\bar{0}$,

Exemplos

ii) Em \mathbb{Z}_{11} , todos elementos, exceto $\bar{0}$, possuem inverso:

Tabela: Inversos em \mathbb{Z}_{11}

Elemento	$\bar{1}$	$\bar{2}$	$\bar{3}$	$\bar{4}$	$\bar{5}$	$\bar{6}$	$\bar{7}$	$\bar{8}$	$\bar{9}$	$\bar{10}$
Inverso										