

TP3 – Números

Agustina Sol Rojas

Ejercicio 1.

Probar que no hay enteros simultáneamente pares e impares

1. Sea $a \in \mathbb{Z}$, a es múltiplo de $b \in \mathbb{Z}$ si $\exists c \in \mathbb{Z} : a = b * c$
2. Un numero $x \in \mathbb{Z}$ es par si es múltiplo de 2 ($\exists c \in \mathbb{Z} : x = 2 * c$). Caso contrario es impar ($\nexists c \in \mathbb{Z} : x = 2 * c$).

$\exists n \in \mathbb{Z} : n$ es par e impar

Planteos auxiliares:

n es par $\rightarrow \exists c \in \mathbb{Z} : n = 2 * c$

n es impar $\rightarrow \nexists c \in \mathbb{Z} : n = 2 * c$

$\therefore \exists c \in \mathbb{Z} : n = 2 * c$ y $\nexists c \in \mathbb{Z} : n = 2 * c \rightarrow$ contradicción.

$\therefore \nexists n \in \mathbb{Z} : n$ es par e impar

Ejercicio 2.

Analizar si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- a) Si $a|1$ entonces $a = 1$ o $a = -1$

Si se cumple $a|1$ entonces $\exists c \in \mathbb{Z} : 1 = a * c$

Las únicas combinaciones de a y c que hacen verdadera la igualdad son:

$$a = 1 \text{ y } c = 1$$

$$a = -1 \text{ y } c = -1$$

Por lo tanto necesariamente $a = 1$ o $a = -1$

- b) $a|b$ y $b|c$ entonces $a|c$

Planteos auxiliares:

$$a|b \text{ si } \exists d \in Z : b = a * d$$

$$b|c \text{ si } \exists e \in Z : c = b * e$$

$$a|c \text{ si } \exists f \in Z : c = a * f$$

$$¿\exists f \in Z : c = a * f?$$

$$\text{Como } \exists d \in Z : b = a * d \text{ y } \exists e \in Z : c = b * e$$

$$\text{entonces } \exists f \in Z : c = a * f$$

Demostración

$$b = a * d$$

$$c = b * e$$

$$c = b * e = (a * d) * e = a * (d * e) = a * f$$

$$f = d * e \in Z$$

$$\therefore \exists f \in Z : c = a * f \rightarrow a|c$$

c) $a(a - 1)$ es par

Para poder demostrar que $a(a-1)$ es par se demostrara primero que la multiplicación de un numero par con cualquier otro entero da un numero par:

Asumiendo que x es par, entonces $\exists y \in Z : x = 2 * y$

Sea z un entero cualquiera (sea par o no)

$$x * z \text{ es par si } \exists f \in Z : x * z = 2 * f$$

$$x = 2 * y$$

$$x * z = (2 * y) * z = 2 * (y * z) = 2 * f$$

$$f = (y * z) \in Z$$

$$\therefore \exists f \in Z : x * z = 2 * f$$

Ahora se demostrará que $a(a-1)$ es par considerando dos casos:

1. a es par:

$$\text{Si } a \text{ es par, entonces } \exists c \in Z : a = 2 * c$$

$$a = 2c$$

$$a(a - 1) = (2c) * (2c - 1)$$

Como $2c$ es par, $(2c) * (2c - 1)$ es par y por lo tanto $a(a - 1)$ es par

2. a es impar:

Si a es impar, entonces $\nexists c \in \mathbb{Z} : a = 2 * c$

Como no existe entero que haga valer la igualdad se tratara de aproximar de la mejor manera posible a a por un multiplo de 2, haciendo uso de la diferencia entre a y dicho número, lo que se llama resto, siendo aquel en este caso 1. Reescribiendo quedaría:

Si a es impar, entonces $\exists c \in \mathbb{Z} : a = 2 * c + 1$

$$a = 2c + 1$$

$$a(a - 1) = (2c + 1) * (2c + 1 - 1) = (2c + 1) * (2c)$$

Como $2c$ es par (por 1.), $(2c + 1) * (2c)$ es par y por lo tanto $a(a - 1)$ es par

d) $x|y$ y $y|z$ entonces $x|yz$

Planteos auxiliares

$$x|y \text{ si } \exists t \in \mathbb{Z} : y = x * t$$

$$y|z \text{ si } \exists w \in \mathbb{Z} : z = y * w$$

$$x|yz \text{ si } \exists j \in \mathbb{Z} : yz = x * j$$

$$\text{Como } \exists t \in \mathbb{Z} : y = x * t \text{ y } \exists w \in \mathbb{Z} : z = y * w$$

$$\text{entonces } \exists j \in \mathbb{Z} : yz = x * j$$

Demostración

$$y = x * t$$

$$z = y * w$$

$$yz = (x * t) * (y * w) = x * (t * y * w) = x * j$$

$$j = (t * y * w) \in \mathbb{Z}$$

$$\therefore \exists j \in \mathbb{Z} : yz = x * j \rightarrow x|yz$$

Ejercicio 3.

Si a un número se lo divide por 5, el resto es 3 y si se lo divide por 7, el resto es 4. ¿Cuál es el resto si se lo divide por 35 ?

a. $N = 5q_1 + 3$

b. $N = 7q_2 + 4$

$N = 35q + r$ ¿Cuál es el r si se divide al número por 35?

1. Se multiplican las ecuaciones (ambos lados de la igualdad) de tal forma que el primer término a la derecha de la igualdad tenga el valor de $35 * q_i$:

Se hace uso de la propiedad distributiva.

a. $7N = 7 * 5q_1 + 3 * 7 = 35q_1 + 21$

b. $5N = 5 * 7q_2 + 4 * 5 = 35q_2 + 20$

2. Luego se multiplicarán ambas ecuaciones de tal forma que la resta entre ambas nos deje un solo N:

a. $3 * (7N) = 3 * 35 * q_1 + 21 * 3 \rightarrow 21N = 35 * (3q_1) + 63$

b. $4 * 5N = 4 * 35 * q_2 + 20 * 4 \rightarrow 20N = 35 * (4q_2) + 80$

Se reordena un poco la ecuación haciendo uso de la propiedad asociativa de la multiplicación.

3. Se restan ambas ecuaciones:

$$\begin{array}{r} 21N = 35 * (3q_1) + 63 \\ - 20N = 35 * (4q_2) + 80 \\ \hline \end{array}$$

$$N = 35(3q_1 - 4q_2) + (63 - 80)$$

Teniendo en cuenta que $q_3 = (3q_1 - 4q_2) \in \mathbb{Z}$ nos queda:

$$N = 35q_3 + (-17)$$

4. Esto nos deja con un resto negativo, lo cual no es válido (el resto debe tomar valores $0 \leq r < |35|$), para tener un ecuación con resto valido se la debe reescribir, para ello se sumará y se restara a la ecuación el numero 35 (es como sumar 0, el elemento neutro de la suma):

$$N = 35q_3 + (-17) + 35 - 35$$

Reescribiendo la ecuación quedaría:

$$N = 35q_3 - 35 + 18$$

Sacamos factor común de $35q_3 - 35$

$$N = 35(q_3 - 1) + 18$$

Teniendo en cuenta que $q = (q_3 - 1) \in \mathbb{Z}$ nos queda:

$$N = 35q + 18$$

\therefore Si se divide a N por 35 el resto es 18

Ejercicio 4.

Sean a y b dos números enteros que tienen restos 4 y 7 respectivamente en la división por

11. Hallar los restos de la división por 11 de $(a + b^2)$

a. $a = 11 * q_1 + 4$

b. $b = 11 * q_2 + 7$

$$(a + b^2) = 11 * q + r \text{ ¿Cuál es el } r \text{ si se divide } (a + b^2) \text{ por 11?}$$

1. Se reemplaza en $(a + b^2)$ a a y a b por sus respectivas formulas y se aplican propiedades de la suma, la multiplicación y la regla del binomio:

$$\begin{aligned} (a + b^2) &= (11q_1 + 4) + (11q_2 + 7)^2 = 11q_1 + 4 + 11q_2 * 11q_2 + 2 * 11q_2 * 7 + 49 \\ &= (11q_1 + 11q_2 * 11q_2 + 2 * 11q_2 * 7) + 53 \\ &= 11 * (q_1 + (q_2)^2 + 14q_2) + 53 \end{aligned}$$

2. Teniendo en cuenta que $q_3 = (q_1 + (q_2)^2 + 14q_2) \in \mathbb{Z}$ nos queda:

$$(a + b^2) = 11 * q_3 + 53$$

3. Esto nos deja con un resto mayor a $|11|$, lo cual no es válido (el resto debe tomar valores $0 \leq r < |11|$), para tener una ecuación con resto válido se la debe reescribir, para ello escribiré a 53 como $11 + 11 + 11 + 11 + 9$:

$$(a + b^2) = 11 * q_3 + 11 + 11 + 11 + 11 + 9$$

Sacamos factor común de $11 * q_3 + 11 + 11 + 11 + 11$

$$(a + b^2) = 11 * (q_3 + 4) + 9$$

Teniendo en cuenta que $q = (q_3 + 4) \in \mathbb{Z}$ nos queda:

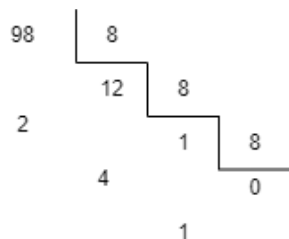
$$(a + b^2) = 11 * q + 9$$

\therefore Si se divide $a + b^2$ por 11 el resto es 9

Ejercicio 5.

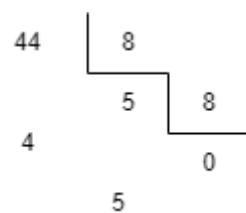
Convertir los siguientes números de base 10 a base 8:

a) 98



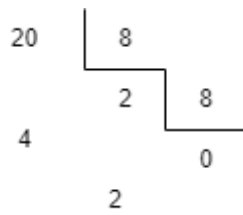
142

b) 44



54

c) 20



24

Ejercicio 6.

Calcular el máximo común divisor entre

i) (16, 24)

Se descompone cada entero en producto de primos y se buscan los factores en común.

$$16 = 2 * 2 * 2 * 2$$

$$24 = 2 * 2 * 2 * 3$$

$2 * 2 * 2 = 2^3 = 8$ es el mayor factor en común y por lo tanto es el mcd.

ii) (70, 50)

Se descompone cada entero en producto de primos y se buscan los factores en común.

$$70 = 2 * 5 * 7$$

$$50 = 2 * 5 * 5$$

$2 * 5 = 10$ es el mayor factor en común y por lo tanto es el mcd.

iii) (121, 88)

Se descompone cada entero en producto de primos y se buscan los factores en común.

$$121 = 11 * 11$$

$$88 = 2 * 2 * 2 * 11$$

11 es el mayor factor en común y por lo tanto es el mcd.

iv) $(-90, 90)$

Como el 90 es un divisor de -90 (y de el mismo) el mcd es 90.

v) $(980, 224)$

Se descompone cada entero en producto de primos y se buscan los factores en común.

$$980 = 2 * 2 * 5 * 7 * 7$$

$$224 = 2 * 2 * 2 * 2 * 2 * 7$$

$2 * 2 * 7 = 28$ es el mayor factor en común y por lo tanto es el mcd.

Ejercicio 7.

Probar que si a y b son enteros:

a) $a + b$ es coprimo con a (tener en cuenta $(a, b) = 1$)

Se quiere probar $(a + b, a) = 1$

1. Dado $(a + b, a) = d$, por definicion de mcd se cumple:

- $d | a + b$, es decir, $\exists m_1 \in \mathbb{Z} : a + b = d * m_1$
- $d | a$, es decir, $\exists m_2 \in \mathbb{Z} : a = d * m_2$

2. Teniendo en cuenta que $a + b = d * m_1$ restando en ambos lados de la ecuación a a quedaría:

$$b = d * m_1 - a = d * m_1 - d * m_2 = d(m_1 - m_2)$$

3. Teniendo en cuenta que $c = m_1 - m_2 \in \mathbb{Z}$:

$$b = d * c$$

4. Esto implica que $d|b$

5. Por lo tanto si $d|a + b$ y $d|a$, entonces $d|b$ y $d|a$ entonces $d|(a, b)$ pero por enunciado se sabe que $(a, b) = 1$, por lo tanto no queda otra opción que $d = 1$, entonces $(a + b, a) = 1$, es decir, $a+b$ es coprimo con a .

b) sí a es no nulo, $(a, 0) = |a|$

1. Dados $a, 0 \in \mathbb{Z}$ si a no es nulo, entonces d es el mcd de a y 0 si $d > 0$ y:

- $d|a$ y $d|0$.
- Si existe otro numero D tal que $D|a$ y $D|0$, entonces necesariamente $D|d$.

2. Como $d|0$ siempre se cumple, ya que 0 es divisible por todos los enteros, se debe buscar un d entero mayor a 0 tal que $d|a$ cumpliéndose que exista otro número D tal que $D|a$ y $D|0$, entonces $D|d$.

3. Para que $d|a$ debe existir un $c \in \mathbb{Z} : a = d * c$

- a. Si $a > 0$, $d = |a|$ y $c = 1$ se cumple $a = |a| * 1$
- b. Si $a < 0$, $d = |a|$ y $c = -1$ se cumple $a = |a| * -1$

4. En ambos casos el valor de d es $|a|$, ya que para cualquier otra combinación de valores de d y c no se cumpliría la igualdad $a = d * c$ a la vez que se cumple la definición de mcd.

5. Entonces necesariamente $d = |a|$, por lo tanto si a es no nulo $(a, 0) = |a|$.

c) $(a, b) = 1$ entonces $ma + nb = k$, con m, n y k enteros.

1. Dado que $(a, b) = 1$, por la Identidad de Bézout existen enteros m_1 y n_1 tal que:

$$m_1 a + n_1 b = 1$$
2. Multiplicando a ambos lados de la ecuación por k quedaría:

$$k * m_1 a + k * n_1 b = 1k \rightarrow (km_1)a + (kn_1)b = k$$
3. Teniendo en cuenta que $m = km_1 \in \mathbb{Z}$ y $n = kn_1 \in \mathbb{Z}$ nos queda:

$$ma + nb = k$$
4. Por lo tanto queda demostrado que si $(a, b) = 1$ entonces $ma + nb = k$, con m, n y k enteros.

Ejercicio 8.

Hallar $\text{mcd}(5k + 3, 3k + 2)$, para cualquier k entero

1. Dado $(5k + 3, 3k + 2)$ se desea encontrar un entero $d > 0$ tal que para todo k se cumpla:
 - $d|5k + 3$, es decir, $\exists m_1 \in \mathbb{Z} : 5k + 3 = d * m_1$
 - $d|3k + 2$, es decir, $\exists m_2 \in \mathbb{Z} : 3k + 2 = d * m_2$
 - Existe otro numero D tal que $D|5k + 3$ y $D|3k + 2$, entonces necesariamente $D|d$.
2. Para ello se multiplicarán ambas ecuaciones de tal forma que los coeficientes de k en ambas tengan el mismo valor para poder eliminar el término con k al restarlas.
 - $3 * 5k + 3 * 3 = 3 * d * m_1 \rightarrow 15k + 9 = 3 * d * m_1$
 - $5 * 3k + 5 * 2 = 5 * d * m_2 \rightarrow 15k + 10 = 5 * d * m_2$
3. Luego se restan ambas ecuaciones:

$$\begin{array}{r}
 15k + 9 = 3 * d * m_1 \\
 - 15k + 10 = 5 * d * m_2 \\
 \hline
 -1 = (3 * d * m_1 - 5 * d * m_2)
 \end{array}$$

4. Teniendo en cuenta que $c = (3m_1 - 5m_2) \in \mathbb{Z}$ nos queda:

$$-1 = d(3m_1 - 5m_2) = d * c$$
5. Para que la igualdad se satisfaga $d = 1$ y $c = -1$ o $d = -1$ y $c = 1$, con cualquier otra combinación de valores de d y c no se cumple la igualdad.
6. Siguiendo la definición de mcd, d debe ser un valor positivo, por lo que necesariamente $d = 1$.
7. Por lo tanto $(5k + 3, 3k + 2) = 1$ para todo k .
8. Por lo tanto $5k + 3$ y $3k + 2$ son coprimos para todo k .

Ejercicio 9.

Sean $a, b \in \mathbb{Z}$ y sea p primo. Demostrar que si $p|ab$ entonces $p|a$ o $p|b$.

Mostrar que esto no se cumple si p no es primo.

1. Suponiendo que $p|ab$ por definición de divisibilidad se cumple:
 - $\exists c \in \mathbb{Z} : a * b = p * c$
2. Si $p|a$ o $p|b$ se cumple que:
 - $\exists x \in \mathbb{Z} a = p * x$ o $\exists w \in \mathbb{Z} b = p * w$
3. Siguiendo el Teorema Fundamental de la Aritmética siendo a y b enteros (distintos a 0, 1, -1) estos son productos finito de números primos y esa factorización es única salvo el orden:
 - $a = \prod_{i=1}^n p_i^{\alpha_i}$
 - $b = \prod_{j=1}^n q_j^{\alpha_j}$
4. Si p no es uno de los factores primos en la factorización de a entonces $(a, p) = 1$.

5. Siguiendo la Identidad de Bézout existen enteros m y n tales que:

$$1 = a * m + p * n$$

6. Multiplicamos ambos lados de la ecuación por b y la reescribimos un poco siguiendo las propiedades de la suma y la multiplicación para obtener:

$$b = a * b * m + p * n * b$$

7. Se sabe por hipótesis que $a * b = p * c$, por lo tanto se puede reemplazar $a * b$ en la ecuación:

$$b = p * c * m + p * n * b$$

8. Usando algunas propiedades de la multiplicación y la suma, la ecuación se puede reescribir como:

$$b = p * (c * m + n * b)$$

9. Teniendo en cuenta que $w = (c * m + n * b) \in \mathbb{Z}$:

$$b = p * w$$

10. Por lo tanto se cumple que $p|b$

11. Como se demostró que si $p|ab$ y p no divide a a , entonces p necesariamente debe dividir a b , lo cual se termina demostrando. Por lo tanto la afirmación es verdadera.

12. Se puede demostrar de forma análoga si $p|ab$ y p no divide a b , entonces p necesariamente debe dividir a a .

Si p no es primo, esto no se cumple:

Contraejemplo:

1. Sean:
 - $p = 6$
 - $a = 2$
 - $b = 3$
2. $a * b = 2 * 3 = 6$, claramente $6|6$, ya que $\exists c \in \mathbb{Z} : 6 = 6 * c$, con $c = 1$.
3. No se cumple que $6|2$ puesto que $\nexists c \in \mathbb{Z} : 2 = 6 * c$
4. No se cumple que $6|3$ puesto que $\nexists d \in \mathbb{Z} : 3 = 6 * d$
5. Esto demuestra que si p no es primo, puede dividir a $a * b$ sin dividir a ninguno de los factores individuales.

Ejercicio 10.

Hallar, si existe, un número entero q tal que $7290q$ es el cubo de un entero

1. Se debe hallar un $q \in \mathbb{Z}$ tal que $7290 * q = x^3$
2. Se reescribirá a 7290 como su descomposición en factores primos:

$$7290 = 2^1 \cdot 3^6 \cdot 5^1$$
3. Para que $7290 * q = x^3$ todos los exponentes deben ser múltiplos de 3:
 - 2^1 necesita ser elevado a la 2^3 por lo tanto se necesita 2^2 .
 - 3^6 ya es múltiplo de 3.
 - 5^1 necesita ser elevado a la 5^3 por lo tanto se necesita 5^2
4. Como 7290 está siendo multiplicado por q , se puede establecer el valor de ese q como lo que “necesita” cada factores primo para tener un exponente múltiplo de 3, eso nos dejaría:

$$q = 2^2 * 5^2 = 100$$

5. Por lo tanto q debe ser 100 para que $7290 * q = x^3$

6. Verificación:

$$7290 * 100 = x^3$$

$$\sqrt[3]{7290 * 100} = \sqrt[3]{x^3}$$

$$\sqrt[3]{2^3 * 3^6 * 5^3} = \sqrt[3]{x^3}$$

$$2 * 3^2 * 5 = x$$

$$x = 90$$

$$x^3 = 90^3 = 729000$$

Ejercicio 11.

Demostrar que dados a y b en \mathbb{Q} tales que $a < b$, existe otro número racional x tal que $a < x < b$.

1. Sean a y b en tales que $a < b$:

- Si se suma a en ambos lados de la desigualdad quedaría:

$$a + a < b + a \rightarrow 2a < a + b$$

- Si se suma b en ambos lados de la desigualdad quedaría:

$$a + b < b + b \rightarrow a + b < 2b$$

2. Como ambas desigualdades contienen la expresión $a + b$ se las puede juntar y quedaría:

$$2a < a + b < 2b$$

3. Multiplicando todo por $\frac{1}{2}$ nos quedaría:

$$\frac{2a}{2} < \frac{a+b}{2} < \frac{2b}{2} \rightarrow a < \frac{a+b}{2} < b$$

4. Por lo tanto existe otro número racional $x = \frac{a+b}{2}$ tal que $a < x < b$.

Ejercicio 12.

Probar que no existe un número racional cuyo cubo sea igual a 2.

1. Sea $r = \frac{p}{q}$ donde $q \neq 0$, $p \in \mathbb{Z}$, $q \in \mathbb{Z}$ y $\frac{p}{q}$ es el representante canónico de r , es decir, es una fracción irreducible.
2. Si $r^3 = 2$ entonces $\left(\frac{p}{q}\right)^3 = 2$
3. Esto implica que $\frac{p^3}{q^3} = 2$
4. Multiplicando ambos lados de la ecuación por q^3 :

$$p^3 = 2 * q^3$$

5. Esto implica que p^3 es par (ya que el cubo de un número impar no puede ser un número par, debido a que impar * impar * impar es un número impar, no lo voy a demostrar ahora), por lo tanto p debe ser un número par. Si p es par, se puede escribir como:

$$p = 2 * c \text{ con } c \in \mathbb{Z}$$

6. Sustituyendo $p = 2 * c$ en la ecuación:

$$(2 * c)^3 = 2 * q^3 \rightarrow 8 * c^3 = 2 * q^3$$

7. Dividiendo ambos lados por 2, obtenemos:

$$4 * c^3 = q^3 \rightarrow 2 * 2 * c^3 = q^3$$

8. Esto implica que q^3 es divisible por 2, y por lo tanto, q^3 también es par. Si q es par, se puede escribir como:

$$q = 2 * k \text{ con } k \in \mathbb{Z}.$$

9. Dado que tanto p como q son pares, se contradice la suposición de que $\frac{p}{q}$ no es una fracción irreducible y por tanto la hipótesis de partida es falsa. Entonces, no existe un número racional cuyo cubo sea igual a 2.

Ejercicio 13.

Indique la parte real $\text{Re}(z)$ y la parte imaginaria $\text{Im}(z)$ de los siguientes complejos:

a) $\sqrt{-49} = \sqrt{49} * \sqrt{-1} = 7 * \sqrt{-1} = 7i = 0 + 7i$ donde $\text{Re}(z) = 0$ y $\text{Im}(z) = 7$

b) $\sqrt{-20} = \sqrt{4} * \sqrt{5} * \sqrt{-1} = 2\sqrt{5}i = 0 + 2\sqrt{5}i$ donde $\text{Re}(z) = 0$ y $\text{Im}(z) = 2\sqrt{5}$

c) $\sqrt{-\frac{9}{16}} = \sqrt{\frac{9}{16}} * \sqrt{-1} = \sqrt{\frac{3^2}{4^2}} * i = \frac{3}{4}i = 0 + \frac{3}{4}i$ donde $\text{Re}(z) = 0$ y $\text{Im}(z) = \frac{3}{4}$

d) $z = -8 = -8 + 0i$ donde $\text{Re}(z) = -8$ y $\text{Im}(z) = 0$

e) $z = 7i = 0 + 7i$ donde $\text{Re}(z) = 0$ y $\text{Im}(z) = 7$

f) $z = (3 + 1)(5 - 4i) = (15 - 4) + i(12 + 5) = 11 + 17i$ donde $\text{Re}(z) = 11$ y $\text{Im}(z) = 17$

g) $z = 3i - (5 - 2i) = (0 + 3i) + (-5 + 2i) = -5 + 5i$ donde $\text{Re}(z) = -5$ y $\text{Im}(z) = 5$

h) $\frac{1+3i}{3-i} = \frac{1+3i}{3-i} * \frac{3+i}{3+i} = \frac{(3-3)+i(1+9)}{(9+1)+i(3-3)} = \frac{10i}{10+i0} = \frac{10i}{10} = i$ donde $\text{Re}(z) = 0$ y $\text{Im}(z) = 1$

i) $\frac{1-i}{(1+i)^2} = \frac{1-i}{2i} = \frac{1-i}{2i} * \frac{-2i}{-2i} = \frac{-2-2i}{4} = -\frac{1}{2} - \frac{1}{2}i$ donde $\text{Re}(z) = -\frac{1}{2}$ y $\text{Im}(z) = -\frac{1}{2}$

Ejercicio 14.

La suma de un número complejo y su conjugado es -8 y la suma de sus módulos es 10 .

De qué números complejos se trata?

1. Se sabe que dado un numero complejo $z = a + ib$ con $a \in R$ y $b \in R$

- Su conjugado es $\bar{z} = a - ib$
- Su modulo es $|z| = \sqrt{a^2 + b^2}$

2. El enunciado dice:

- $z + \bar{z} = -8$
- $|z| + |\bar{z}| = 10$

3. Reemplazando en $z + \bar{z} = -8$ por $a + ib$ y $a - ib$ respectivamente:

$$a + ib + (a - ib) = -8$$

$$2a + 0 = -8$$

$$\frac{2}{2}a = -\frac{8}{2}$$

$$a = -4$$

4. Reemplazando en $|z| + |\bar{z}| = 10$ por $\sqrt{a^2 + b^2}$ y $\sqrt{a^2 + (-b)^2}$ respectivamente:

$$\sqrt{a^2 + b^2} + \sqrt{a^2 + (-b)^2} = 10$$

Teniendo en cuenta que $(-b)^2 = b^2$

$$2\sqrt{a^2 + b^2} = 10$$

$$\frac{2\sqrt{a^2 + b^2}}{2} = \frac{10}{2}$$

$$\sqrt{a^2 + b^2} = 5$$

Como sabemos por 3. que $a = -4$ lo reemplazamos

$$\sqrt{16 + b^2} = 5$$

$$16 + b^2 = 25$$

$$b^2 = 9$$

$$b = \sqrt{9}$$

$$b = \pm 3$$

5. Por lo tanto $z_1 = -4 + 3i$ y $z_2 = -4 - 3i$

Ejercicio 15.

Hallar, si existe, x real tal que $\operatorname{Re}(z) = \operatorname{Im}(z)$ siendo $z = \frac{x+2i}{4-3i}$

1. Se debe buscar un $x \in \mathbb{R}$ tal que $\operatorname{Re}(z) = \operatorname{Im}(z)$ siendo $z = \frac{x+2i}{4-3i}$

2. Teniendo en cuenta que:

$$\frac{x+2i}{4-3i} = \frac{x+2i}{4-3i} \cdot \frac{4+3i}{4+3i} = \frac{(4x-6) + i(3x+8)}{25} = \frac{(4x-6)}{25} + \frac{i(3x+8)}{25}$$

3. Nos queda que $\operatorname{Re}(z) = \frac{4x-6}{25}$ y $\operatorname{Im}(z) = \frac{3x+8}{25}$

4. Reemplazando en $\operatorname{Re}(z) = \operatorname{Im}(z)$:

$$\frac{4x-6}{25} = \frac{3x+8}{25}$$

$$4x-6 = 3x+8$$

$$4x-3x = 8+6$$

$$x = 14$$

5. Por lo tanto $\exists x \in \mathbb{Z} : \operatorname{Re}(z) = \operatorname{Im}(z)$ y ese $x = 14$.

Ejercicio 16.

Encontrar, si existe, un valor de k real para que el complejo $\frac{2-(1+k)i}{1-ki}$ sea un número real.

1. Se debe buscar un $k \in \mathbb{R}$ tal que $\frac{2-(1+k)i}{1-ki}$ sea un número real, es decir $\operatorname{Im}(z) = 0$

2. Teniendo en cuenta que:

$$\begin{aligned}\frac{2 - (1 + k)i}{1 - ki} &= \frac{2 - (1 + k)i}{1 - ki} * \frac{1 + ki}{1 + ki} = \frac{(2 + k1 + k^2) + i(2k - 1 - k)}{1 + k^2} \\ &= \frac{(2 + k1 + k^2)}{1 + k^2} + \frac{(2k - 1 - k)}{1 + k^2} * i\end{aligned}$$

3. Nos queda que $Re(z) = \frac{(2+k1+k^2)}{1+k^2}$ y $Im(z) = \frac{(2k-1-k)}{1+k^2}$

4. Reemplazando en $Im(z) = 0$:

$$\begin{aligned}\frac{(2k - 1 - k)}{1 + k^2} &= 0 \\ 2k - 1 - k &= 0 \\ k &= 1\end{aligned}$$

5. Por lo tanto $\exists k \in \mathbb{Z} : Im(z) = 0$ y ese $k = 1$.

Ejercicio 17.

Calcular las siguientes potencias:

$$a) \quad i^{489} = i^{4*122+1} = i^{4*122}i^1 = (i^4)^{122} * i^1 = 1^{122} * i = 1 * i = i$$

$$b) \quad -i^{1026} = -1 * i^{1026} = -1 * i^{4*256+2} = -1 * (i^4)^{256} * i^2 = -1 * 1^{256} * i^2 = -1 * 1 * -1 = 1$$

$$c) \quad (3i)^{168} = 3^{168} * i^{168} = 3^{168} * i^{4*42} = 3^{168} * (i^4)^{42} = 3^{168} * 1^{42} = 3^{168} * 1 = 3^{168}$$

Ejercicio 18

Dados los siguientes números complejos, encontrar la forma más adecuada para realizar las operaciones pedidas:

$$z_1 = 3 + 3i \quad z_2 = -1 + i \quad z_3 = 5 + 4i \quad z_4 = 9 \quad z_5 = 5i \quad z_6 = -7 \quad z_7 = -4 - 4i$$

$$z_8 = -8i \quad z_9 = 2 - 2i \quad z_{10} = 3 - 4i$$

$$a) \quad z_1 + z_2 = (3 + 3i) + (-1 + i) = 2 + 4i$$

$$b) \quad z_5 - z_3 = (0 + 5i) - (5 + 4i) = (0 + 5i) + (-5 - 4i) = -5 + i$$

$$c) \quad z_9 * z_6 = (2 - 2i) * (-7 + 0i) = -14 + 14i$$

$$d) \quad \frac{z_8}{z_{10}} = \frac{-8i}{3-4i} = \frac{-8i}{3-4i} * \frac{3+4i}{3+4i} = \frac{32-24i}{25} = \frac{32}{25} - \frac{24}{25}i$$

$$e) \quad z_3 + z_6 = (5 + 4i) + (7 + 0i) = 12 + 4i$$

$$f) \quad z_2 - z_6 = (-1 + i) - (-7 + 0i) = (-1 + i) + (7 - 0i) = 6 + i$$

$$g) \quad z_3 * z_{10} = (5 + 4i) * (3 - 4i) = 31 - 8i$$

$$h) \quad z_1^3 = (5 + 4i)^3$$

$$|z_1| = \sqrt{5^2 + 4^2} = \sqrt{25 + 16} = \sqrt{41}$$

$$\alpha = \operatorname{atan}\left(\frac{4}{5}\right) = 0.6747$$

El numero complejo $5 + 4i$ en forma exponencial es:

$$z_1 = \sqrt{41}e^{i0.6747}$$

$$z_1^3 = (\sqrt{41}e^{i0.6747})^3 = \sqrt{41}^3 * e^{i*0.6747*3} = 41\sqrt{41} * e^{i2.0241}$$

$$i) \quad z_9^9 = (2 - 2i)^9$$

$$|z_9| = \sqrt{2^2 + 2^2} = \sqrt{8}$$

$$\alpha = \operatorname{atan}\left(\frac{-2}{2}\right) = -\frac{\pi}{4}$$

El numero complejo $2 - 2i$ en forma exponencial es:

$$z_9 = \sqrt{8}e^{i*-\frac{\pi}{4}} \rightarrow \sqrt{8}e^{i\frac{7}{4}\pi} \text{ escrito con arg entre } 0 \text{ y } 2\pi$$

$$z_9^9 = \left(\sqrt{8}e^{i*-\frac{\pi}{4}}\right)^9 = \sqrt{8}^9 * e^{i*-\frac{\pi}{4}*9} = 8192\sqrt{2} * e^{i-\frac{9}{4}\pi}$$

El numero complejo $2 - 2i$ en forma trigonométrica es:

$$z_9 = \sqrt{8} \left(\cos\left(-\frac{\pi}{4}\right) + i * \sin\left(-\frac{\pi}{4}\right) \right) \rightarrow \sqrt{8} \left(\cos\left(\frac{7}{4}\pi\right) + i * \sin\left(\frac{7}{4}\pi\right) \right)$$

$$\begin{aligned} z_9^9 &= \left(\sqrt{8} \left(\cos\left(-\frac{\pi}{4}\right) + i * \sin\left(-\frac{\pi}{4}\right) \right) \right)^9 = \sqrt{8}^9 \left(\cos\left(-\frac{9}{4}\pi\right) + i * \sin\left(-\frac{9}{4}\pi\right) \right) \\ &= 8192\sqrt{2} \left(\cos\left(-\frac{9}{4}\pi\right) + i * \sin\left(-\frac{9}{4}\pi\right) \right) \end{aligned}$$

Como $-\frac{9}{4}\pi$ debe ser un valor entre 0 y 2π :

$$-\frac{9}{4}\pi + 4\pi = \frac{7}{4}\pi$$

$$8192\sqrt{2} * e^{i-\frac{9}{4}\pi} = 8192\sqrt{2} * e^{i\frac{7}{4}\pi}$$

$$8192\sqrt{2} \left(\cos\left(-\frac{9}{4}\pi\right) + i * \sin\left(-\frac{9}{4}\pi\right) \right) = 8192\sqrt{2} \left(\cos\left(\frac{7}{4}\pi\right) + i * \sin\left(\frac{7}{4}\pi\right) \right)$$

$$j) \quad z_5^{15} = (5i)^{15} = 5^{15} * i^{15} = 5^{15} * i^{4*3+3} = 5^{15} * (i^4)^3 * i^3 = 5^{15} * 1^3 * -i = 5^{15} * -i$$

$$k) \quad z_{10}^3 = (3 - 4i)^3$$

$$|z_{10}| = \sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{25} = 5$$

$$\alpha = \operatorname{atan}\left(\frac{-4}{3}\right) = -0.927295218$$

El numero complejo $3 - 4i$ en forma exponencial es:

$$z_{10} = 5e^{i*(-0.927295218)} \rightarrow 5e^{i*5.35589} \text{ escrito con arg entre } 0 \text{ y } 2\pi$$

$$z_{10}^3 = \left(5e^{i*(-0.927295218)}\right)^3 = 125 * e^{i*(-0.927295218)*3} = 125 * e^{i*-2.78188}$$

Como -2.78188 debe ser un valor entre 0 y 2π :

$$-2.78188 + 2\pi = 3.50130$$

$$125 * e^{i*3.50130}$$

l) Hallar las raíces cuartas de z_2

$$z_2 = -1 + i$$

$$|z_2| = \sqrt{(-1)^2 + 1^2} = \sqrt{2}$$

$$\alpha = \operatorname{atan}\left(\frac{1}{-1}\right) = -\frac{1}{4}\pi$$

Como $-\frac{1}{4}\pi$ debe ser un valor entre 0 y 2π :

$$-\frac{1}{4}\pi + 2\pi = \frac{7}{4}\pi$$

El numero complejo $-1 + i$ en forma exponencial es:

$$z_2 = \sqrt{2}e^{i\frac{7}{4}\pi}$$

Se debe buscar la raíces cuartas de $\sqrt{2}e^{i\frac{7}{4}\pi}$

$$|w| = \sqrt[4]{\sqrt{|z|}} = \sqrt[4]{\sqrt{2}} = \sqrt[8]{2}$$

$$\alpha_k = \frac{\frac{7}{4}\pi + 2k\pi}{4}; 0 \leq k \leq 3$$

$$\alpha_0 = \frac{\frac{7}{4}\pi + 2 * 0 * \pi}{4} = \frac{7}{16}\pi$$

$$\alpha_1 = \frac{\frac{7}{4}\pi + 2 * 1 * \pi}{4} = \frac{15}{16}\pi$$

$$\alpha_2 = \frac{\frac{7}{4}\pi + 2 * 2 * \pi}{4} = \frac{23}{16}\pi$$

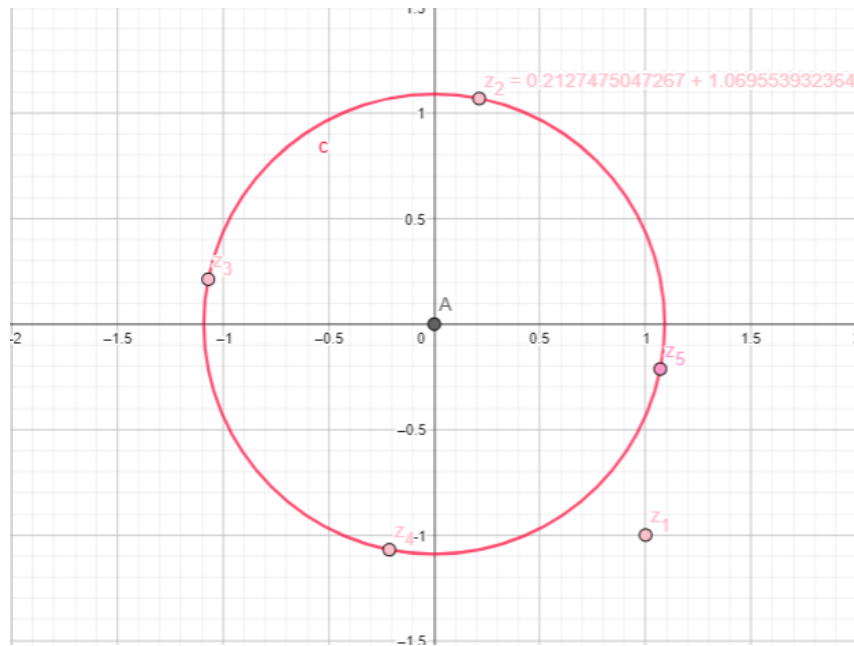
$$\alpha_3 = \frac{\frac{7}{4}\pi + 2 * 3 * \pi}{4} = \frac{31}{16}\pi$$

$$w_0 = \sqrt[8]{2} * e^{i\frac{7}{16}\pi}$$

$$w_1 = \sqrt[8]{2} * e^{i\frac{15}{16}\pi}$$

$$w_2 = \sqrt[8]{2} * e^{i\frac{23}{16}\pi}$$

$$w_3 = \sqrt[8]{2} * e^{i\frac{31}{16}\pi}$$



(si hago las cuentas con $-\frac{1}{4}\pi$ me da los mismos puntos)

m) Hallar las raíces cubicas de z_4

$$z_4 = 9 + 0i$$

$$|z_4| = \sqrt{9^2 + 0^2} = \sqrt{81} = 9$$

$$\alpha = \operatorname{atan}\left(\frac{0}{9}\right) = 0$$

El numero complejo $9 + 0i$ en forma exponencial es:

$$z_4 = 9e^{i \cdot 0}$$

Se debe buscar la raíces cubicas de $9e^{i \cdot 0}$

$$|w| = \sqrt[3]{\sqrt{|z|}} = \sqrt[3]{9}$$

$$\alpha_k = \frac{0 + 2k\pi}{3}; 0 \leq k \leq 2$$

$$\alpha_0 = \frac{0 + 2 \cdot 0 \cdot \pi}{3} = 0$$

$$\alpha_1 = \frac{0 + 2 \cdot 1 \cdot \pi}{3} = \frac{2}{3}\pi$$

$$\alpha_2 = \frac{0 + 2 \cdot 2 \cdot \pi}{3} = \frac{4}{3}\pi$$

$$w_0 = 9e^0$$

$$w_1 = 9e^{\frac{2}{3}\pi}$$

$$w_2 = 9e^{\frac{4}{3}\pi}$$

n) Hallar las raíces séptimas de i

$$|0 + i| = \sqrt{0^2 + 1^2} = \sqrt{1} = 1$$

$$\alpha = \frac{\pi}{2}$$

El numero complejo i en forma exponencial es: $e^{i\frac{\pi}{2}}$

Se debe buscar la raíces séptimas de $e^{i\frac{\pi}{2}}$

$$|w| = \sqrt[7]{|i|} = \sqrt[7]{1} = 1$$

$$\alpha_k = \frac{\frac{\pi}{2} + 2k\pi}{7}; 0 \leq k \leq 6$$

$$\alpha_0 = \frac{\frac{\pi}{2} + 2 * 0 * \pi}{7} = \frac{\pi}{14}$$

$$\alpha_1 = \frac{\frac{\pi}{2} + 2 * 1 * \pi}{7} = \frac{5}{14}\pi$$

$$\alpha_2 = \frac{\frac{\pi}{2} + 2 * 2 * \pi}{7} = \frac{9}{14}\pi$$

$$\alpha_3 = \frac{\frac{\pi}{2} + 2 * 3 * \pi}{7} = \frac{13}{14}\pi$$

$$\alpha_4 = \frac{\frac{\pi}{2} + 2 * 4 * \pi}{7} = \frac{17}{14}\pi$$

$$\alpha_5 = \frac{\frac{\pi}{2} + 2 * 5 * \pi}{7} = \frac{3}{2}\pi$$

$$\alpha_6 = \frac{\frac{\pi}{2} + 2 * 6 * \pi}{7} = \frac{25}{14}\pi$$

$$w_0 = e^{\frac{\pi}{14}}$$

$$w_1 = e^{\frac{5}{14}\pi}$$

$$w_2 = e^{\frac{9}{14}\pi}$$

$$w_3 = e^{\frac{13}{14}\pi}$$

$$w_4 = e^{\frac{17}{14}\pi}$$

$$w_5 = e^{\frac{3}{2}\pi}$$

$$w_6 = e^{\frac{25}{14}\pi}$$