

ANÁLISIS COMPLEJO- PRIMER CUATRIMESTRE DE 2019

Práctica N°5. Funciones Analíticas

1. (a) Considerar la función $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ dada por

$$f(x) = \begin{cases} \exp(-1/x^2) & \text{si } x \neq 0 \\ 0 & \text{si } x = 0. \end{cases}$$

Probar que f es C^∞ . ¿Puede expresarse en algún entorno de $x = 0$ mediante una serie de potencias?

- (b) Si definimos ahora otra función $f : \mathbb{C} \rightarrow \mathbb{C}$ de la variable compleja z cambiando x por z en la fórmula de i) ¿se obtiene una función holomorfa en $z = 0$?
2. Sea f entera y R un número real positivo tal que $|f(z)| \leq M|z|^n$ para todo z tal que $|z| > R$. Probar que f es un polinomio de grado menor o igual que n .
3. Hallar todas las funciones enteras tales que $\lim_{|z| \rightarrow \infty} |f(z)| = 5$.

4. Sea $u : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ una función armónica no sobreyectiva.

- (a) Probar que u está acotada superior o inferiormente.
(b) Probar que u es constante.

Concluir que toda función armónica es constante o sobreyectiva.

5. Sea $f : \mathbb{C} \rightarrow \mathbb{C}$ una función entera y z_0 y z_1 dos números complejos \mathbb{R} -linealmente independientes tales que $f(z + z_0) = f(z)$ y $f(z + z_1) = f(z)$ para todo $z \in \mathbb{C}$. Probar que f es constante.
6. (a) Sea $f : \Omega \rightarrow \mathbb{C}$ holomorfa, $f \neq 0$. Probar que para cada $a \in \Omega$ tal que $f(a) = 0$ existen $n \in \mathbb{N}$ y $g : \Omega \rightarrow \mathbb{C}$ holomorfa con $g(a) \neq 0$ tales que $f(z) = (z-a)^n g(z)$ para todo $z \in \Omega$.
- (b) Con las hipótesis del ítem anterior, verificar que el conjunto de ceros de f es discreto. Deducir que en todo compacto de Ω , f tiene sólo un número finito de ceros.
7. (a) ¿Existe f holomorfa en $B(0, 1)$ tal que $f(\frac{1}{2n}) = f(\frac{1}{2n+1}) = \frac{1}{n}$ para todo $n \in \mathbb{N}$?
- (b) ¿Existe f holomorfa en $B(0, 1)$ tal que $f(\frac{1}{n}) = \frac{1}{3-2n}$ para todo $n \in \mathbb{N}, n > 1$?
8. Hallar todas las funciones enteras tales que para todo $n \in \mathbb{N}$,

$$n^2 f\left(\frac{1}{n}\right)^3 + f\left(\frac{1}{n}\right) = 0.$$

9. Sea $\Omega \subset \mathbb{C}$ abierto, conexo y simétrico con respecto a \mathbb{R} tal que $\Omega \cap \mathbb{R} \neq \emptyset$ y sea $f : \Omega \rightarrow \mathbb{C}$ tal que para todo $z \in \Omega \cap \mathbb{R}$ vale que $f(z) \in \mathbb{R}$. Probar que para todo $z \in \Omega$ vale que

$$f(\bar{z}) = \overline{f(z)}.$$

10. Sea $f : B(0, 1) \rightarrow \mathbb{C}$ dada por $f(z) = \cos\left(\frac{1+z}{1-z}\right)$. Verificar que los ceros de f son los puntos de la forma $z_n = \frac{n\pi-2}{n\pi+2}$ con n impar, que f es holomorfa en $B(0, 1)$ y el conjunto de ceros de f tienen un punto de acumulación. ¿Es $f(z) = 0$ para todo $z \in B(0, 1)$? ¿Contradice esto algún resultado conocido?
11. Sean Ω un conjunto abierto y conexo del plano complejo. Sean $f, g : \Omega \rightarrow \mathbb{C}$ dos funciones holomorfas que no se anulan en Ω . Si existe una sucesión $\{a_n\}_{n \geq 1}$ de puntos de Ω tales que $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = a \in \Omega$, $a_n \neq a$ para todo $n \in \mathbb{N}$ y además

$$\frac{f'(a_n)}{f(a_n)} = \frac{g'(a_n)}{g(a_n)} \text{ para todo } n \in \mathbb{N},$$

probar que existe una constante c tal que $f(z) = cg(z)$ en Ω .

12. Demostrar que si Ω es un conjunto abierto y conexo del plano complejo, f y g son holomorfas en Ω y $\bar{f}g$ es holomorfa en Ω , entonces $g \equiv 0$ o f es constante.
13. Sea Ω un conjunto abierto, acotado y conexo. Consideremos n puntos P_1, P_2, \dots, P_n en el plano \mathbb{R}^2 . Probar que el producto $\overline{PP_1} \cdot \dots \cdot \overline{PP_n}$ de las distancias de un punto P en $\bar{\Omega}$ a los puntos P_1, \dots, P_n alcanza su máximo en un punto de la frontera de Ω .
14. Sea f una función entera tal que $f(0) = \frac{1}{2}$ y $|f(z)| \leq |e^z - \frac{1}{2}|$ para todo z en \mathbb{C} . Probar que $f(z) = e^z - \frac{1}{2}$ para todo z en \mathbb{C} .
15. Sean C un cuadrado en \mathbb{C} y f una función continua en C y holomorfa en el interior de C . Probar que si f se anula en uno de los lados de C , entonces f es constante.
16. Sean $\Omega \subset \mathbb{C}$ conexo con $\bar{\Omega}$ compacto y $f : \bar{\Omega} \rightarrow \mathbb{C}$ continua, holomorfa en Ω y no constante tal que $|f(z)|$ es constante para todo $z \in \partial\bar{\Omega}$. Probar que existe $z \in \Omega$ tal que $f(z) = 0$.
17. Formular y demostrar el “principio de módulo mínimo” para funciones holomorfas.
18. Sea $f : B(0, 1) \rightarrow B(0, 1)$ holomorfa. Probar que si existen dos números complejos distintos a y b tales que $f(a) = a$ y $f(b) = b$, entonces $f(z) = z$ para todo z en $B(0, 1)$.

Sugerencia: Considerar la función

$$g(z) = \frac{h(z) - a}{1 - \bar{a}h(z)}, \quad \text{con } h(z) = f\left(\frac{z+a}{1+\bar{a}z}\right)$$

y usar el Lema de Schwarz.

19. Sean $f, g : B(0, 1) \rightarrow B(0, 1)$ holomorfas y biyectivas. Probar que si f y g coinciden en dos puntos distintos de $B(0, 1)$, entonces $f(z) = g(z)$ para todo z en $B(0, 1)$.
20. Hallar todas las funciones holomorfas $f : B(0, 1) \rightarrow B(1, 4)$ que verifican simultáneamente $f(0) = 3$ y $f(\frac{1}{2}) = 1$.
21. Sea $f : B(0, 1) \rightarrow B(0, 1)$ holomorfa tal que $f(0) = 0$ y $|f'(0)| = 1$. Probar que existe $\lambda \in \mathbb{C}$ con $|\lambda| = 1$ tal que $f(z) = \lambda z$ para todo z en $B(0, 1)$.
22. Hallar todas las funciones holomorfas $f : B(0, 1) \rightarrow B(0, 2)$ que verifican simultáneamente $f(0) = 1$ y $f'(0) = \frac{3}{2}$.