

מרכיבים: מרחב וקטורי \mathbb{R}^2 מעל \mathbb{R} עם הפעולות הסטנדרטיות.

סימון: נסמן את המרכיבים בעזרת \mathbb{C} .

הערה: נשתמש ב- \mathbb{C} בהתאמה $1 \mapsto (1, 0)$ וכן ההגדרה $i = (0, 1)$.

מסקנה: יהי $z \in \mathbb{C}$ אזי קיימים ויחידים $a, b \in \mathbb{R}$ עבורם $z = a + ib$.

מטריצה קונפורמית: $A \in M_2(\mathbb{R})$ $0 \neq A$ המקיימת $A = \begin{pmatrix} a & -b \\ b & a \end{pmatrix}$ $\exists a, b \in \mathbb{R}$.

סימון: $A \in M_2(\mathbb{R})$ קונפורמית $\iff A = \begin{pmatrix} a & -b \\ b & a \end{pmatrix}$ $O(n) = \{A \in M_2(\mathbb{R}) \mid A \text{ קונפורמית}\}$.

טענה: ההעתקה $T \in \text{Hom}(\mathbb{C}, O(2))$ המוגדרת $T(a + ib) = \begin{pmatrix} a & -b \\ b & a \end{pmatrix}$ היא איזומורפיזם.

טענה: תהא $A \in M_2(\mathbb{R})$ אזי $A \iff A$ קונפורמית $\iff A$ הפיכה ושוברת זווית.

מטריצה אנטי-קונפורמית: $A \in M_2(\mathbb{R})$ $0 \neq A$ המקיימת $A = \begin{pmatrix} a & b \\ b & -a \end{pmatrix}$ $\exists a, b \in \mathbb{R}$.

טענה: תהא $A \in M_2(\mathbb{R})$ אזי $A \iff A$ אנטי-קונפורמית $\iff A$ הפיכה והופכת זווית.

משפט: תהא $A \in M_2(\mathbb{R})$ אזי קיימות ויחידות $B, C \in M_2(\mathbb{R})$ באשר B קונפורמית או 0 וכן C אנטי-קונפורמית או 0 עבורן $A = B + C$.

מכפלת מרכיבים: יהיו $a, b, c, d \in \mathbb{R}$ אזי $(a + ib)(c + id) = (ac - bd) + i(ad + bc)$.

טענה: $i^2 = -1$.

החלק הממשי: יהיו $a, b \in \mathbb{R}$ אזי $\text{Re}(a + ib) = a$.

החלק המדומה: יהיו $a, b \in \mathbb{R}$ אזי $\text{Im}(a + ib) = b$.

הצמוד: יהיו $a, b \in \mathbb{R}$ אזי $\overline{a + ib} = a - ib$.

הערך המוחלט: יהיו $a, b \in \mathbb{R}$ אזי $|a + ib| = \sqrt{a^2 + b^2}$.

מספר מדומה טהור: $z \in \mathbb{C}$ עבורו $\text{Re}(z) = 0$.

מספר ממשי טהור: $z \in \mathbb{C}$ עבורו $\text{Im}(z) = 0$.

למה: יהי $z \in \mathbb{C}$ אזי

$$\bullet \overline{\overline{z}} = z$$

$$\bullet |\overline{z}| = |z|$$

$$\bullet z\overline{z} = |z|^2$$

מסקנה: יהי $z \in \mathbb{C} \setminus \{0\}$ אזי $z^{-1} = \frac{\overline{z}}{|z|^2}$.

מסקנה: \mathbb{C} עם הפעולות שהוגדרו מלעיל הינו שדה.

טענה: יהיו $z, w \in \mathbb{C}$ אזי

$$\bullet \text{Re}(z) = \frac{z + \overline{z}}{2}$$

$$\bullet \text{Im}(z) = \frac{z - \overline{z}}{2i}$$

$$\bullet \overline{z + w} = \overline{z} + \overline{w}$$

$$\bullet \overline{z \cdot w} = \overline{z} \cdot \overline{w}$$

$$\bullet \overline{\left(\frac{z}{w}\right)} = \frac{\overline{z}}{\overline{w}} \text{ נניח כי } w \neq 0$$

$$\bullet |z \cdot w| = |z| \cdot |w|$$

$$\bullet \left|\frac{z}{w}\right| = \frac{|z|}{|w|} \text{ נניח כי } w \neq 0$$

$$\bullet -|z| \leq \text{Re}(z) \leq |z|$$

$$\bullet -|z| \leq \text{Im}(z) \leq |z|$$

טענה אי שוויון המשולש: יהיו $z, w \in \mathbb{C}$ אזי $|z + w| \leq |z| + |w|$.

טענה אי שוויון קושי שורץ: יהיו $z_1 \dots z_n, w_1 \dots w_n \in \mathbb{C}$ אזי $\left|\sum_{i=1}^n z_i w_i\right| \leq \left(\sum_{i=1}^n |z_i|^2\right)^{1/2} \left(\sum_{i=1}^n |w_i|^2\right)^{1/2}$.

מסקנה: יהיו $z, w \in \mathbb{C}$ ויהיו $a, b \in \mathbb{R}$ אזי

$$\bullet |z| - |w| \leq |z - w|$$

$$\bullet |a + ib| \leq |a| + |b|$$

הצגה פולרית/הצגה קוטבית: יהי $\theta \in \mathbb{R}$ אזי $e^{i\theta} = \cos(\theta) + i \sin(\theta)$.

הארגומנט: יהי $z \in \mathbb{C}$ אזי $\arg(z) = \{\theta \in \mathbb{R} \mid z = |z| e^{i\theta}\}$.

מסקנה: יהי $z \in \mathbb{C} \setminus \{0\}$ אזי קיים ויחיד $\theta \in (-\pi, \pi]$ עבורו $z = |z| \cdot e^{i\theta}$.

הארגומנט העיקרי: יהי $z \in \mathbb{C} \setminus \{0\}$ ויהי $\theta \in \arg(z) \cap (-\pi, \pi]$ אזי $\text{Arg}(z) = \theta$.

הערה: יהי $z \in \mathbb{C} \setminus \{0\}$ אזי הארגומנט העיקרי קיים ויחיד.

הערה: $\arg(z) = \{\text{Arg}(z) + 2k\pi \mid k \in \mathbb{Z}\}$

טענה: יהיו $\theta, \phi \in \mathbb{R}$ ויהיו $r, s \geq 0$ אזי

$$\overline{r \cdot e^{i\theta}} = r \cdot e^{-i\theta} \bullet$$

$$(r \cdot e^{i\theta}) \cdot (s \cdot e^{i\phi}) = rs \cdot e^{i(\theta+\phi)} \bullet$$

מסקנה: יהיו $w, z \in \mathbb{C}$ אזי $\arg(zw) = \arg(z) + \arg(w)$

טענה: יהי $\theta \in \mathbb{R}$ ויהי $r > 0$ אזי $(r \cdot e^{i\theta})^{-1} = \frac{1}{r} \cdot e^{-i\theta}$

טענה: יהי $\theta \in \mathbb{R}$ יהי $r \geq 0$ ויהי $n \in \mathbb{Z}$ אזי $(r \cdot e^{i\theta})^n = r^n \cdot e^{in\theta}$

מסקנה נוסאת דה מואבר: יהי $\theta \in \mathbb{R}$ ויהי $n \in \mathbb{Z}$ אזי $(\cos(\theta) + i \sin(\theta))^n = \cos(n\theta) + i \sin(n\theta)$

טענה: יהי $\theta \in \mathbb{R}$ יהי $r \geq 0$ ויהי $n \in \mathbb{N}_+$ אזי $\sqrt[n]{re^{i\theta}} = \left\{ \sqrt[n]{r} e^{i\left(\frac{\theta+2\pi k}{n}\right)} \mid k \in \{0, \dots, n-1\} \right\}$

מסקנה שורשי יחידה: יהי $n \in \mathbb{N}_+$ אזי $\sqrt[n]{1} = \left\{ e^{\frac{2i\pi k}{n}} \mid k \in \{0, \dots, n-1\} \right\}$

המשפט היסודי של האלגברה: יהי $p \in \mathbb{C}_{\geq 1}[x]$ אזי קיים $x \in \mathbb{C}$ עבורו $p(x) = 0$

מסקנה: יהי $p \in \mathbb{C}_{\geq 1}[x]$ אזי קיימים $a_0 \dots a_n \in \mathbb{C}$ עבורם $p(x) = a_0 \prod_{i=1}^n (x - a_i)$

הקוטב הצפוני: נסמן ב- \mathbb{R}^3 את $N = (0, 0, 1)$

ספירה: יהי $n \in \mathbb{N}_+$ אזי $S^n = \{x \in \mathbb{R}^{n+1} \mid \|x\| = 1\}$

ההמיספרה העליונה: כל הנקודות $(x, y, z) \in S^2$ המקיימות $z > 0$

ההמיספרה התחתונה: כל הנקודות $(x, y, z) \in S^2$ המקיימות $z < 0$

הטלה סטריאוגרפית: נגדיר $f: \mathbb{C} \rightarrow S^2 \setminus \{N\}$ כך $f(x + iy) = \left(\frac{2x}{x^2+y^2+1}, \frac{2y}{x^2+y^2+1}, 1 - \frac{2}{x^2+y^2+1} \right)$

הערה: במרחב \mathbb{R}^3 נגדיר את \mathbb{C} להיות שני הצירים הראשונים, אז הטלה הסטריאוגרפית היא מבחינה מעשית $f(p) = \text{line}_{p,N} \cap S^1$

טענה: f רציפה.

טענה: יהי $z \in \mathbb{C}$ אזי

$$(z \in S^1) \iff (f(z) = z) \bullet$$

$$(f(z)) \iff (z \text{ מחוץ ל-} S^1) \bullet$$

$$(f(z)) \iff (z \text{ בתוך } S^1) \bullet$$

טענה: f הפיכה ומתקיים $f^{-1}: S^2 \setminus \{N\} \rightarrow \mathbb{C}$ כך $f^{-1}(x, y, z) = \frac{x}{1-z} + i \frac{y}{1-z}$

סימון: $\hat{\mathbb{C}} = \mathbb{C} \cup \{\infty\}$

הספירה של רימן: f ניתנת להרחבה רציפה $f: \hat{\mathbb{C}} \rightarrow S^2$ וכן $f(\infty) = N$

טענה: תהא $A \subseteq S^2 \setminus \{N\}$ אזי A מעגל (או ישר) $\iff f^{-1}[A]$ מעגל (או ישר).

מסקנה: יהי $C \subseteq S^2 \setminus \{N\}$ מעגל ויהי P מישור עבורו $C = P \cap S^2$ אזי $C = f^{-1}[C']$ (ישר) $\iff (N \in P)$

גבול: תהא $a \in \mathbb{C}^{\mathbb{N}}$ ויהי $z \in \mathbb{C}$ עבורם $\forall \varepsilon > 0. \exists N \in \mathbb{N}. \forall n \geq N. |a_n - a| < \varepsilon$ אזי $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = z$

טענה: תהא $a \in \mathbb{C}^{\mathbb{N}}$ ויהי $z \in \mathbb{C}$ אזי $(a_n \rightarrow z) \iff (|a_n - z| \rightarrow 0)$

גבול אינסופי: תהא $a \in \mathbb{C}^{\mathbb{N}}$ עבורה $a \in \mathbb{C}^{\mathbb{N}}$ $\forall M \in \mathbb{R}. \exists N \in \mathbb{N}. \forall n \geq N. M < |a_n|$ אזי $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = \infty$

טענה: תהא $a \in \mathbb{C}^{\mathbb{N}}$ אזי $(a_n \rightarrow \infty) \iff (|a_n| \rightarrow \infty)$

טענה: תהיינה $a, b \in \mathbb{C}^{\mathbb{N}}$ ויהיו $z, w \in \hat{\mathbb{C}}$ עבורם $a_n \rightarrow z$ וכן $b_n \rightarrow w$ אזי

$$a_n + b_n \rightarrow z + w \bullet$$

$$a_n \cdot b_n \rightarrow z \cdot w \bullet$$

$$\frac{a_n}{b_n} \rightarrow \frac{z}{w} \text{ אזי } w \neq 0 \bullet$$

טענה: תהא $a \in \mathbb{C}^{\mathbb{N}}$ ויהי $z \in \hat{\mathbb{C}}$ עבורם $a_n \rightarrow z$ אזי

$$\overline{a_n} \rightarrow \overline{z} \bullet$$

$$|a_n| \rightarrow |z| \bullet$$

$$\text{Re}(a_n) \rightarrow \text{Re}(z) \bullet$$

$$\text{Im}(a_n) \rightarrow \text{Im}(z) \bullet$$

טענה: תהא $a \in \mathbb{C}^{\mathbb{N}}$ אזי $(a) \iff (\text{Re}(a), \text{Im}(a))$ מתכנסות.

מסקנה: תהא $a \in \mathbb{C}^{\mathbb{N}}$ אזי $(a) \iff (a \text{ מתכנסת}) \iff (\forall \varepsilon > 0. \exists N \in \mathbb{N}. \forall n, m \geq N. |a_n - a_m| < \varepsilon)$

טענה: תהא $a \in \mathbb{C}^{\mathbb{N}}$ המקיימת $|a_n| \rightarrow 0$ אזי $a_n \rightarrow 0$

מסקנה: תהיינה $a, b \in \mathbb{C}^{\mathbb{N}}$ באשר a חסומה וכן $b_n \rightarrow 0$ אזי $a_n b_n \rightarrow 0$

הערה: מכאן והלאה הסימון \mathbb{F} יתאר שדה מבין \mathbb{R}, \mathbb{C} וכאשר נאמר כי \mathcal{U} פתוחה הכוונה היא ביחס לשדה.

גבול: תהא $\mathcal{U} \subseteq \mathbb{F}_1$ פתוחה תהא $a \in \mathbb{F}_1$ תהא $A \in \mathbb{F}_2$ ותהא $f : \mathcal{U} \rightarrow \mathbb{F}_2$ עבורה

$$\lim_{z \rightarrow a} f(z) = A \iff \forall \varepsilon > 0. \exists \delta > 0. \forall z \in \mathcal{U} \setminus \{a\}. |z - a| < \delta \implies |f(z) - A| < \varepsilon$$

משפט היינה: תהא $\mathcal{U} \subseteq \mathbb{F}_1$ פתוחה אזי $(\lim_{z \rightarrow a} f(z) = A) \iff (\forall b \in \mathbb{C}^{\mathbb{N}}. (b_n \rightarrow a) \implies (f(b_n) \rightarrow A))$

טענה: תהא $\mathcal{U} \subseteq \mathbb{F}_1$ פתוחה ותהינה $f, g : \mathcal{U} \rightarrow \mathbb{F}_2$ באשר $\lim_{z \rightarrow a} f(z) = A$ וכן $\lim_{z \rightarrow a} g(z) = B$ אזי

$$\lim_{z \rightarrow a} (f + g)(z) = A + B \quad \bullet$$

$$\lim_{z \rightarrow a} (fg)(z) = AB \quad \bullet$$

$$\lim_{z \rightarrow a} \left(\frac{f}{g} \right)(z) = \frac{A}{B} \quad \text{נניח } B \neq 0 \text{ אזי}$$

טענה: תהא $\mathcal{U} \subseteq \mathbb{F}$ פתוחה ותהא $f : \mathcal{U} \rightarrow \mathbb{C}$ באשר $\lim_{z \rightarrow a} f(z) = A$ אזי

$$\lim_{z \rightarrow a} \overline{f(z)} = \overline{A} \quad \bullet$$

$$\lim_{z \rightarrow a} |f(z)| = |A| \quad \bullet$$

$$\lim_{z \rightarrow a} \operatorname{Re}(f(z)) = \operatorname{Re}(A) \quad \bullet$$

$$\lim_{z \rightarrow a} \operatorname{Im}(f(z)) = \operatorname{Im}(A) \quad \bullet$$

גבול אינסופי: תהא $f : \mathbb{C} \rightarrow \mathbb{C}$ ויהי $a \in \mathbb{C}$

• שאיפה לאינסוף בנקודה: אם $\forall M > 0. \exists \delta > 0. \forall z \in \mathbb{C} \setminus \{a\}. |z - a| < \delta \implies M < |f(z)|$ אזי $\lim_{z \rightarrow a} f(z) = \infty$

• שאיפה לנקודה באינסוף: אם $\forall \varepsilon > 0. \exists R > 0. \forall z \in \mathbb{C}. R < |z| \implies |f(z) - a| < \varepsilon$ אזי $\lim_{z \rightarrow \infty} f(z) = a$

• שאיפה לאינסוף באינסוף: אם $\forall M > 0. \exists R > 0. \forall z \in \mathbb{C}. R < |z| \implies M < |f(z)|$ אזי $\lim_{z \rightarrow \infty} f(z) = \infty$

פונקציה רציפה: תהא $\mathcal{U} \subseteq \mathbb{F}_1$ פתוחה יהי $a \in \mathcal{U}$ אזי $f : \mathcal{U} \rightarrow \mathbb{F}_2$ המקיימת $\lim_{z \rightarrow a} f(z) = f(a)$

מסקנה: כל מניפולציות הרציפות של פונקציה מחדו"א מתקיימות.

נגזרת: תהא $\mathcal{U} \subseteq \mathbb{F}_1$ פתוחה יהי $a \in \mathcal{U}$ ותהא $f : \mathcal{U} \rightarrow \mathbb{F}_2$ אזי $f'(a) = \lim_{z \rightarrow a} \frac{f(z) - f(a)}{z - a}$

פונקציה הולומורפית: תהא $\mathcal{U} \subseteq \mathbb{C}$ פתוחה אזי $f : \mathcal{U} \rightarrow \mathbb{C}$ גזירה על כל \mathcal{U}

מסקנה: כל מניפולציות הנגזרת של פונקציה מחדו"א מתקיימות.

הערה: תהא $f : \mathbb{C} \rightarrow \mathbb{C}$ נסמן $u + iv = f$ עבור $u, v : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$

טענה: תהא $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{C}$ אזי f גזירה $\iff (v, u)$ גזירות.

למה: יהי $\mathcal{U} \subseteq \mathbb{C}$ תחום ותהא $f : \mathcal{U} \rightarrow \mathbb{C}$ גזירה אזי $(f' = 0) \iff (\exists c \in \mathbb{C}. f = c)$

טענה: יהי $\mathcal{U} \subseteq \mathbb{C}$ תחום תהא $f : \mathcal{U} \rightarrow \mathbb{C}$ גזירה ויהי $a \in \mathcal{U}$ אזי $f'(a) = \frac{\partial u}{\partial x}(a) + i \frac{\partial v}{\partial x}(a) = \frac{\partial v}{\partial y}(a) - i \frac{\partial u}{\partial y}(a)$

מסקנה משוואות קושי-רימן: יהי $\mathcal{U} \subseteq \mathbb{C}$ תחום ותהא $f : \mathcal{U} \rightarrow \mathbb{C}$ גזירה אזי $\left(\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y} \right) \wedge \left(\frac{\partial v}{\partial x} = -\frac{\partial u}{\partial y} \right)$

הגדרה: יהי $\mathcal{U} \subseteq \mathbb{R}^2$ תחום ותהא $f : \mathcal{U} \rightarrow \mathbb{R}^2$ דיפרנציאבילית אזי

$$\frac{\partial f}{\partial z} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial f}{\partial x} - i \frac{\partial f}{\partial y} \right) \quad \bullet$$

$$\frac{\partial f}{\partial \bar{z}} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial f}{\partial x} + i \frac{\partial f}{\partial y} \right) \quad \bullet$$

מסקנה: יהי $\mathcal{U} \subseteq \mathbb{C}$ תחום ותהא $f : \mathcal{U} \rightarrow \mathbb{C}$ גזירה אזי $(f \text{ הולומורפית}) \iff \left(\frac{\partial f}{\partial \bar{z}} = 0 \right)$

טענה: תהא $f : \mathbb{C} \rightarrow \mathbb{R}$ אזי f גזירה $\iff (\exists c \in \mathbb{R}. f = c)$

משפט: תהא $\mathcal{U} \subseteq \mathbb{C}$ פתוחה ותהא $f : \mathcal{U} \rightarrow \mathbb{C}$ אזי f גזירה ברציפות $\iff \left((u, v \in C^1(\mathcal{U})) \wedge \left(\left(\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y} \right) \wedge \left(\frac{\partial v}{\partial x} = -\frac{\partial u}{\partial y} \right) \right) \right)$

לפליסיאן: תהא $g : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ גזירה פעמיים אזי $\Delta g = \frac{\partial^2 g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 g}{\partial y^2}$

פונקציה הרמונית: $g : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ גזירה פעמיים המקיימת $\Delta g = 0$

טענה: תהא $f \in C^2(\mathbb{C}, \mathbb{C})$ אזי u, v הרמוניות.

פונקציה צמודה הרמונית: תהא $u : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ אזי $v : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ עבורה $u + iv$ הולומורפית.

טענה: תהא $u : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ ותהא $v : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ צמודה הרמונית ל- u אזי u צמודה הרמונית ל- $(-v)$.

טענה: יהי $\sum_{i=0}^n a_i z^i \in \mathbb{C}[z]$ אזי $\sum_{i=1}^n a_i i z^{i-1} = \left(\sum_{i=0}^n a_i z^i \right)'$

טענה: יהי $f \in \mathbb{R}[z]$ אזי $f(\bar{z}) = \overline{f(z)}$ $\forall z \in \mathbb{C}$

התכנסות טור: תהא $a \in \mathbb{C}^{\mathbb{N}}$ אזי $\sum_{i=0}^{\infty} a_n$ עבורה $\sum_{i=0}^n a_n$ מתכנסת.

התכנסות נקודתית: תהא $\mathcal{U} \subseteq \mathbb{C}$ פתוחה ויהי $a \in \mathbb{C}$ אזי $f \in (\mathbb{C}^{\mathcal{U}})^{\mathbb{N}}$ עבורה $f_n(a)$ מתכנסת.

התכנסות במידה שווה (במ"ש): תהא $\mathcal{U} \subseteq \mathbb{C}$ פתוחה ותהא $f \in (\mathbb{C}^{\mathcal{U}})^{\mathbb{N}}$ אזי $g : \mathbb{C} \rightarrow \mathbb{C}$ עבורה

$$\forall \varepsilon > 0. \exists N \in \mathbb{N}. \forall x \in A. \forall n > N. |f_n(x) - f(x)| < \varepsilon$$

טענה: תהא $\mathcal{U} \subseteq \mathbb{C}$ פתוחה ותהא $f \in (\mathbb{C}^{\mathcal{U}})^{\mathbb{N}}$ אזי f מתכנסת במ"ש $\iff (\forall \varepsilon > 0. \exists N \in \mathbb{N}. \forall n, m \geq N. \forall z \in \mathcal{U} |f_n(z) - f_m(z)| < \varepsilon)$.

טענה מבחן M של ווירשטראס להתכנסות: תהא $f \in (\mathbb{C}^{\mathcal{U}})^{\mathbb{N}}$ ותהא $M \in \mathbb{R}^{\mathbb{N}}$ עבורה $\sum_{n=1}^{\infty} M_n < \infty$ וכן

$\forall x \in \mathbb{R}. \forall n \in \mathbb{N}. |u_n(x)| \leq M_n$ אזי $\sum_{i=0}^n u_i$ מתכנסת בהחלט ובמ"ש.

טענה: תהא $g : \mathbb{C} \rightarrow \mathbb{C}$ ותהא $f \in (\mathbb{C}^{\mathcal{U}})^{\mathbb{N}}$ עבורה $\forall n \in \mathbb{N}. f_n \in C(\mathcal{U})$ וכן $f_n \xrightarrow{u} g$ אזי $g \in C(\mathcal{U})$.

טור חזקות: תהא $a \in \mathbb{C}^{\mathbb{N}}$ סדרה ויהי $b \in \mathbb{R}$ אזי $\sum_{i=0}^{\infty} a_i (x-b)^i$.

משפט אבל: יהי $\sum_{i=0}^{\infty} a_i z^i$ טור חזקות אזי קיים $R \in [0, \infty]$ המקיים

• הטור מתכנס בהחלט על $|z| < R$.

• יהי $0 \leq \rho < R$ אזי הטור מתכנס במ"ש על $|z| < \rho$.

• יהי $|z| > R$ אזי $\sum a_n z^n$ לא מתכנס.

טענה: יהי $\sum_{i=0}^{\infty} a_i z^i$ טור חזקות אזי הפונקציה $\sum a_n z^n$ הולומורפית על $|z| < R$ ובפרט $\sum_{i=1}^{\infty} i a_i z^{i-1} = (\sum_{i=0}^{\infty} a_i z^i)'$.

משפט קושי-הדמר: יהי $\sum_{i=0}^{\infty} a_i z^i$ טור חזקות ויהי R רדיוס ההתכנסות אזי $R = \frac{1}{\limsup_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{|a_n|}}$.

טענה: יהיו $g, h : \mathbb{C} \rightarrow \mathbb{C}$ פתרונות של המד"ר $(f'(z) = f(z)) \wedge (f(0) = 1)$ אזי $g = h$.

פונקציה מעריכית: נגדיר $\exp : \mathbb{C} \rightarrow \mathbb{C}$ להיות פתרון של המד"ר $(f'(z) = f(z)) \wedge (f(0) = 1)$.

טענה: $\exp(z) = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{z^i}{i!}$.

מסקנה: \exp מתכנסת על \mathbb{C} .

טענה: $e^0 = 1, (e^z)' = e^z$ על כל \mathbb{C} .

מסקנה: $\exp(z) = e^z$.

מסקנה: יהיו $a, b \in \mathbb{C}$ אזי $e^{a+b} = e^a \cdot e^b$.

מסקנה: יהי $z \in \mathbb{C}$ אזי $e^z \neq 0$.

מסקנה: יהי $z \in \mathbb{C}$ אזי $\overline{e^z} = e^{\overline{z}}$.

קוסינוס: יהי $z \in \mathbb{C}$ אזי $\cos(z) = \frac{e^{iz} + e^{-iz}}{2}$.

סינוס: יהי $z \in \mathbb{C}$ אזי $\sin(z) = \frac{e^{iz} - e^{-iz}}{2i}$.

טענה: על כל \mathbb{C} מתקיים $\sin(z) = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{z^{2n+1}}{(2n+1)!}, \cos(z) = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{z^{2n}}{(2n)!}$.

מסקנה: על כל \mathbb{C} מתקיים $\sin(z)' = \cos(z), \cos(z)' = -\sin(z)$.

log: יהי $w \in \mathbb{C} \setminus \{0\}$ אזי $\log(w) = \text{sols}(e^z = w)$.

טענה: יהי $w \in \mathbb{C} \setminus \{0\}$ אזי $\log(w) = \{\log|w| + i\theta \mid \theta \in \arg(w)\}$.

חזקה: יהי $a \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$ ויהי $b \in \mathbb{C}$ אזי $a^b = e^{b \log a}$.

ענף של arg: יהי $\mathcal{U} \subseteq \mathbb{C}$ תחום עבורו $0 \notin \mathcal{U}$ אזי $\alpha \in C(\mathcal{U}, \mathbb{C})$ המקיימת $\forall z \in \mathcal{U}. \alpha(z) \in \arg(z)$.

ענף של log: יהי $\mathcal{U} \subseteq \mathbb{C}$ תחום עבורו $0 \notin \mathcal{U}$ אזי $\ell \in C(\mathcal{U}, \mathbb{C})$ המקיימת $\forall z \in \mathcal{U}. \ell(z) \in \log(z)$.

טענה: יהי $\mathcal{U} \subseteq \mathbb{C}$ תחום עבורו $0 \notin \mathcal{U}$ אזי $(\text{קיים ענף של arg על } \mathcal{U}) \iff (\text{קיים ענף של log על } \mathcal{U})$.

טענה: בתחום $\mathbb{C} \setminus \{0\}$ לא קיים ענף של log.

טענה: יהי $\ell : \mathcal{U} \rightarrow \mathbb{C}$ ענף של log אזי ℓ הולומורפית וכן $\ell'(z) = \frac{1}{z}$.

טענה: $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{z^n}{n}$ ענף של $\log(1+z)$ בתחום $|z| < 1$.

אינטגרל: יהי $I \subseteq \mathbb{R}$ קטע ותהא $f \in C(I, \mathbb{C})$ אזי $\int_I f(t) dt = \int_I u(t) dt + i \int_I v(t) dt$ וכן $\int_I f(t) dt = \int_I u(t) dt + i \int_I v(t) dt$.

טענה: יהי $I \subseteq \mathbb{R}$ קטע ותהא $f \in C(I, \mathbb{C})$ אזי $|\int_I f(t) dt| \leq \int_I |f(t)| dt$.

מסילה: יהי $I \subseteq \mathbb{R}$ קטע אזי $\gamma \in C(I, \mathbb{C})$.

מסילה חלקה למקוטעין: מסילה γ אשר חלקה עד כדי מספר סופי של נקודות ובהן קיימות נגזרות חד-צדדיות מכל סדר.

אינטגרל מסילתי: יהי $I \subseteq \mathbb{R}$ קטע ותהא $\gamma : I \rightarrow \mathbb{C}$ מסילה ותהא $f \in C(\gamma[I], \mathbb{C})$ אזי $\int_{\gamma} f(z) dz = \int_I f(\gamma(t)) \gamma'(t) dt$.

טענה: תהא $\gamma : (a, b) \rightarrow \mathbb{C}$ מסילה ותהא $\varphi : (\alpha, \beta) \rightarrow (a, b)$ עולה המקיימת חלקה למקוטעין אזי $\int_{\gamma \circ \varphi} f(z) dz = \int_{\gamma} f(z) dz$.

המסילה ההפוכה: תהא γ מסילה אזי $-\gamma$.

טענה: תהא γ מסילה אזי $\int_{-\gamma} f(z) dz = -\int_{\gamma} f(z) dz$.

סכום מסילות: תהיינה $\gamma_i : [a_i, a_{i+1}] \rightarrow \mathbb{C}$ מסילות אזי $(\sum \gamma_i)(t) = \begin{cases} \gamma_0(t) & t \in [a_0, a_1] \\ \vdots & \\ \gamma_n(t) & t \in [a_n, a_{n+1}] \end{cases}$.

טענה: תהיינה $\gamma_i : [a_i, a_{i+1}] \rightarrow \mathbb{C}$ מסילות אזי $\sum \gamma_i$ מסילה.

מסקנה: תהיינה $\gamma_i : [a_i, a_{i+1}] \rightarrow \mathbb{C}$ מסילות אזי $\int_{\sum \gamma_i} f(z) dz = \sum \int_{\gamma_i} f(z) dz$.

מסילה סגורה: מסילה $\gamma : [a, b] \rightarrow \mathbb{C}$ המקיימת $\gamma(a) = \gamma(b)$.

אינטגרל לפי אורך קשת: תהא γ מסילה אזי $\int_{\gamma} f(z) |dz| = \int_I f(\gamma(t)) |\gamma'(t)| dt$.

הערה: מקובל מאוד גם הסימון $\int_{\gamma} f(z) ds = \int_{\gamma} f(z) |dz|$.

אורך מסילה: תהא γ מסילה אזי $\int_{\gamma} |dz|$.

טענה: תהא γ מסילה אזי $\int_{\gamma} (f+g) |dz| = \int_{\gamma} f |dz| + \int_{\gamma} g |dz|$.

טענה: תהא γ מסילה אזי $\left| \int_{\gamma} f(z) dz \right| \leq \int_{\gamma} |f(z)| |dz|$.

אינטגרל על פי צמוד: תהא γ מסילה אזי $\int_{\gamma} f(z) d\bar{z} = \int_I \overline{f(\gamma(t))} \gamma'(t) dt$.

הגדרה: תהא γ מסילה אזי

$$\bullet \int_{\gamma} f(z) dx = \frac{1}{2} \left(\int_{\gamma} f(z) dz + \int_{\gamma} f(z) d\bar{z} \right)$$

$$\bullet \int_{\gamma} f(z) dy = \frac{1}{2i} \left(\int_{\gamma} f(z) dz - \int_{\gamma} f(z) d\bar{z} \right)$$

טענה: תהא γ מסילה אזי $\int_{\gamma} f(z) dz = \left(\int_{\gamma} u(x, y) dx - \int_{\gamma} v(x, y) dy \right) + i \left(\int_{\gamma} u(x, y) dy - \int_{\gamma} v(x, y) dx \right)$.

הערה: מהמשוואה מלעיל ניתן לחשוב על כך שמתקיים $dz = dx + i dy$.

טענה: יהי $\mathcal{U} \subseteq \mathbb{C}$ תחום תהא $f : \mathcal{U} \rightarrow \mathbb{C}$ ותהא $g : \mathcal{U} \rightarrow \mathbb{C}$ הולומורפית עבורה $g' = f$ אזי לכל מסילה $\gamma : [a, b] \rightarrow \mathcal{U}$ מתקיים

$$\int_{\gamma} f(z) dz = g(\gamma(b)) - g(\gamma(a))$$

משפט קושי למלבן: יהי $R \subseteq \mathbb{C}$ מלבן סגור תהא $\mathcal{U} \subseteq \mathbb{C}$ פתוחה עבורה $R \subseteq \mathcal{U}$ ותהא $f : \mathcal{U} \rightarrow \mathbb{C}$ הולומורפית אזי $\int_{\partial R} f(z) dz = 0$.

משפט קושי למלבן משופר: יהי $R \subseteq \mathbb{C}$ מלבן סגור תהא $\mathcal{U} \subseteq \mathbb{C}$ פתוחה עבורה $R \subseteq \mathcal{U}$ יהיו $\{\zeta_1, \dots, \zeta_k\} \subseteq R \setminus \partial R$ ותהא

$$\lim_{z \rightarrow \zeta_i} (z - \zeta_i) f(z) = 0 \text{ מתקיים } i \in [k] \text{ אזי } \int_{\partial R} f(z) dz = 0$$

למה: תהא מסילה $\gamma : [\alpha, \beta] \rightarrow \mathbb{C}$ סגורה חלקה למקוטעין ותהא $a \in \mathbb{C} \setminus \gamma([a, b])$ אזי קיים $k \in \mathbb{Z}$ עבורו $\int_{\gamma} \frac{dz}{z-a} = 2\pi i k$.

מספר הליפופים: תהא מסילה $\gamma : [\alpha, \beta] \rightarrow \mathbb{C}$ סגורה חלקה למקוטעין ותהא $a \in \mathbb{C} \setminus \gamma([a, b])$ אזי מספר הליפופים של γ סביב a

$$\text{הינו } n(\gamma, a) = \frac{1}{2\pi i} \int_{\gamma} \frac{dz}{z-a}$$

מטריצת השכנויות: יהי G גרף על n קודקודים אזי $A \in M_n(\mathbb{Z}_2)$ המקיים $(\{i, j\} \in E(G)) \iff (A)_{i,j} = 1$.

טענה: יהי G גרף k -רגולרי אזי A לכסינה וכן $\text{spec}(A) \subseteq \mathbb{R}$.

טענה: יהי G גרף k -רגולרי ויהי $\lambda \in \text{spec}(A)$ אזי $|\lambda| \leq k$.

טענה: יהי G גרף k -רגולרי אזי $k \in \text{spec}(A)$.

משפט: יהי G גרף k -רגולרי אזי $(r_g(k) = 1) \iff (G \text{ קשיר})$.

משפט: תהא $f : \mathbb{C} \rightarrow \mathbb{C}$ המקיימת $f(z)^2 = z \forall z \in \mathbb{C}$ אזי f אינה רציפה ב- \mathbb{C} .