

# Uge 4

## Opgave 2.a

Et kort bevis for *Lemma 3.26*.

$$e^z = w$$

Omskriv  $w$  til polær form ( $p \in \mathbb{Z}$ ),

$$\begin{aligned}\Downarrow e^z &= |w| e^{i \cdot (\arg(w) + 2p\pi)} \\ \Downarrow e^z &= e^{\ln|w|} e^{i \cdot (\arg(w) + 2p\pi)} \\ \Downarrow e^z &= e^{\ln|w| + i \cdot (\arg(w) + 2p\pi)}\end{aligned}$$

Derved kan vi se fra eksponenterne, at

$$z = \ln|w| + i \cdot (\arg(w) + 2p\pi), \quad p \in \mathbb{Z}$$

## Opgave 2.b

Svaret er

$$\{i2p\pi \mid p \in \mathbb{Z}\} \cup \left\{i \left(\frac{\pi}{2} + 2p\pi\right) \mid p \in \mathbb{Z}\right\}$$

## Opgave 2.c

Hvis

$$z = a + bi, \quad a, b \in \mathbb{R}$$

så

$$e^z = e^a \cdot (\cos(b) + i \cdot \sin(b))$$

Derfor  $e^z = 0$  hvis og kun hvis  $e^a = 0$  eller  $\cos(b) + i \sin(b) = 0$  (ifølge [nulreglen](#))

I udsagnslogik kan den godt skrives som,

$$e^z = 0 \leftrightarrow e^a = 0 \vee \cos(b) + i \cdot \sin(b) = 0$$

- $\forall a \in \mathbb{R} \quad e^a > 0$  (" $\forall$ " betyder "for alle").
- Udtrykket  $\cos(b) + i \cdot \sin(b)$  kan hellere ikke være 0, da der findes ikke  $b \in \mathbb{R}$  som opfylder

$$\cos(b) = 0 \wedge \sin(b) = 0$$

Derfor kan  $e^z$  aldrig være nul.  $\square$

## Opgave 5.a

Theorem 4.6 siger,

Rødderne til polynomiet

$$p(z) = az^2 + bz + c, \quad a \neq 0$$

er

$$\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

I opgaven har vi

$$\begin{aligned} z^2 &= -r \\ \Updownarrow z^2 + r &= 0 \\ \Updownarrow 1 \cdot z^2 + 0 \cdot z + r &= 0 \end{aligned}$$

Derfor,

$$a = 1, \quad b = 0, \quad c = r$$

Insæt disse værdier i  $\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ , får vi nemlig,

$$\begin{aligned} &\frac{-0 \pm \sqrt{0^2 - 4 \cdot 1 \cdot r}}{2 \cdot 1} \\ &= \pm \frac{\sqrt{-4r}}{2} \\ &= \pm \frac{2i\sqrt{r}}{2} \\ &= \pm i\sqrt{r} \end{aligned}$$

## Opgave 5.b

$$z = \sqrt[n]{|w|} e^{i(\frac{\arg(w)}{n} + p\frac{2\pi}{n})}, \quad p \in \{0, \dots, n-1\}$$

Da  $n = 2$ ,  $|w| = r$ ,  $\arg(w) = \pi$ .

$$z = \sqrt{r} e^{i(\frac{\pi}{2} + p\pi)}, \quad p \in \{0, \dots, n-1\}$$

På den komplekse talplan kan vi se, at

$$e^{i(\frac{\pi}{2} + p\pi)} = \pm i, \quad p \in \{0, \dots, n-1\}$$

Derfor

$$z = \pm \sqrt{r} \cdot i$$

## Opgave 6.b

*Lemma 4.12:*

$$p(\lambda) = 0 \rightarrow p(\bar{\lambda}) = 0$$

dvs. for polynomiet **med reelle koefficienter**, hvis vi finder  $\lambda$  som er rod til  $p(\lambda)$ , så den komplekst konjugerede er også rod.

Den anden rod i opgaven er  $1 - 2i$

## Opgave 7.a

Et kort bevis for *Theorem 4.13*.

$$z^n = w$$

Omskriv  $w$  til polær form ( $p \in \mathbb{Z}$ ),

$$\begin{aligned}\Downarrow z^n &= |w|e^{i \cdot (\arg(w) + 2p\pi)} \\ \Downarrow z &= \sqrt[n]{|w|}e^{i(\frac{\arg(w)}{n} + p\frac{2\pi}{n})}\end{aligned}$$

## Opgave 8.a

$$-1 + \sqrt{3}i = 2e^{i\frac{2\pi}{3}}$$

---

$$\begin{aligned}&(-1 + \sqrt{3}i)^{10} \\ &= (-1 + \sqrt{3}i)^9 \cdot (-1 + \sqrt{3}i) \\ &= \left(2e^{i\frac{2\pi}{3}}\right)^9 \cdot (-1 + \sqrt{3}i) \\ &= 2 \cdot (-1 + \sqrt{3}i)\end{aligned}$$

## Opgave 9.a

$$z = \frac{a}{c} + \frac{b}{c}i$$

$$|z| = \sqrt{\left(\frac{a}{c}\right)^2 + \left(\frac{b}{c}\right)^2} = \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{c^2}} = 1$$

---

$$\operatorname{Re}(z) = \frac{a}{c}, \operatorname{Im}(z) = \frac{b}{c}$$

$$a > b, c > 0$$

$$\Rightarrow \frac{a}{c} > \frac{b}{c}$$

Så

$$\operatorname{Re}(z) > \operatorname{Im}(z)$$

## Opgave 9.b

Nogenlunde det samme som [Opgave 9.a](#), bare køр bevis "baglæns".

## Opgave 9.c

$$z = \frac{4}{5} + \frac{3}{5}i$$

Betragt

$$z^2 = \frac{7}{25} + \frac{24}{25}i$$

Vi har  $|z^2| = 1$ , men vi er ikke sikker, at  $\frac{7}{25} > \frac{24}{25}$ .

Derfor konstruere vi

$$\overline{iz^2} = \frac{24}{25} + \frac{7}{25}i$$

$\overline{iz^2}$  opfylder kravene (længden er 1, og den reelle del er større end den imaginære del), så jævnfør [Opgave 9.b](#) kan vi finde (7, 24, 25) som Pythagoræiske tripler.

### Note

Meningen er at transformere  $z$  til andre komplekse tal, men samtidigt skal den nye komplekse tal opfylde to betingelser, nemlig længden skal være 1, og den reelle del skal være større end den imaginære del.