เอกสารประกอบการสอน

วิชา คณิตศาสตร์เพิ่มเติม 4 (ค 32202)

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2

จำนวนเชิงซ้อน

$$X^2 + 1 = 0$$

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

โครงการสอน

วิชา ค 32202 คณิตศาสตร์เพิ่มเติม 4 | สถานภาพรายวิชา เพิ่มเติม
จำนวน 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ | จำนวน 1 หน่วยกิต
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 | ภาคเรียนที่ 2
กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ | โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

****

ผลการเรียนรู้

1. มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับจำนวนเชิงซ้อน
2. มีความเข้าใจสมบัติต่างๆเกี่ยวกับจำนวนเชิงซ้อน การดำเนินการไปใช้ในการแก้ปัญหาได้
3. การนำความรู้เรื่องจำนวนเชิงซ้อนไปแก้สมการพหุนามตัวแปรเดียวที่มีสัมประสิทธิ์เป็นจำนวนเต็มดีกรีไม่เกินสามและหารากที่ n เป็นจำนวนเต็มบวกได้
4. มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเวกเตอร์ในในสามมิติ
5. หาผลบวกและลบเวกเตอร์ การคูณเวกเตอร์ด้วยสกลาร์ ผลคูณเชิงสเกลาร์ และผลคูณเชิงเวกเตอร์ได้
6. หาขนาดและทิศทางของเวกเตอร์ที่กำหนดให้ได้

สาระการเรียนรู้และรายละเอียดกำหนดการสอนเนื้อหาในแต่ละสัปดาห์

สาระการเรียนรู้	เรื่อง	จำนวนคาบ
1. จำนวนเชิงซ้อน	1.1 จำนวนเชิงซ้อนและสมบัติเชิงพีชคณิตของจำนวนเชิงซ้อน	8
	1.2 จำนวนเชิงซ้อนในรูปเชิงขั้ว	6
	1.3 รากที่ n ของจำนวนเชิงซ้อน เมื่อ n เป็นจำนวนนับที่มากกว่า 1	8
	1.4 สมการพหุนาม	6
	สอบกลางภาค : สาระการเรียนรู้ที่ 1.1 – 1.4	2
2. เวกเตอร์ในสามมิติ	2.1 เวกเตอร์ นิเสธของเวกเตอร์ในสองมิติและสามมิติ	10
	2.2 การบวก การลบและการคูณเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์ ในสองมิติและสามมิติ	10
	2.3 ผลคูณเชิงสเกลาร์และผลคูณเชิงเวกเตอร์	8
	สอบปลายภาค : สาระการเรียนรู้ที่ 2 หัวข้อ 2.1 – 2.3	2
	รวม	60

จำนวนเชิงซ้อน (Complex Numbers)

บทนิยาม จำนวนเชิงซ้อน

จำนวนเชิงซ้อนจะเขียนในรูป $z = a + bi$ เมื่อ $a, b \in \mathbb{R}$ โดยที่ $i^2 = -1$

เราเรียก a ว่า ส่วนจริงของ z เขียนแทนด้วย Re(z)

เราเรียก b ว่า ส่วนจินตภาพของ z เขียนแทนด้วย Im(z)

ค่าของ i^n เมื่อ n เป็นจำนวนเต็มบวก

$$i^n = \begin{cases} i & \text{เมื่อ } n \text{ หารด้วย 4 เหลือเศษ 1} \\ -1 & \text{เมื่อ } n \text{ หารด้วย 4 เหลือเศษ 2} \\ -i & \text{เมื่อ } n \text{ หารด้วย 4 เหลือเศษ 3} \\ 1 & \text{เมื่อ } n \text{ หารด้วย 4 เหลือเศษ 0} \end{cases}$$

$$i + i^2 + i^3 + i^4 = 0$$
$$i^{4k} + i^{4k+1} + i^{4k+2} + i^{4k+3} = 0$$

การเท่ากัน และ การบวก การคูณของจำนวนเชิงซ้อน

กำหนดจำนวนเชิงซ้อน $z_1 = a + bi,\ z_2 = c + di$ เมื่อ $a, b, c, d \in \mathbb{R}$

(1) การเท่ากัน : $z_1 = z_2 \Leftrightarrow a = c \wedge b = d$

(2) การบวก : $z_1 \pm z_2 = (a \pm c) + (b \pm d)i$

(3) การคูณ : $z_1 z_2 = (ac - bd) + (ad + bc)i$

(4) การคูณด้วย k : $kz_1 = ka + kbi$

สมบัติการบวกและการคูณของจำนวนเชิงซ้อน

ถ้า z_1, z_2, z_3 เป็นจำนวนเชิงซ้อน

สมบัติ	การบวก	การคูณ
1. สมบัติปิด	$z_1 + z_2$ เป็นจำนวนเชิงซ้อน	$z_1 z_2$ เป็นจำนวนเชิงซ้อน
2. การสลับที่	$z_1 + z_2 = z_2 + z_1$	$z_1 z_2 = z_2 z_1$
3. การเปลี่ยนกลุ่ม	$(z_1 + z_2) + z_3 = z_1 + (z_2 + z_3)$	$(z_1 z_2) z_3 = z_1 (z_2 z_3)$
4. การมีเอกลักษณ์	มี 0 เป็นเอกลักษณ์ นั่นคือ $0 + z = z + 0 = z$	มี 1 เป็นเอกลักษณ์ นั่นคือ $1 \cdot z = z \cdot 1 = z$
5. การมีอินเวอร์ส	ถ้า $z = a + bi$, $a, b \in \mathbb{R}$ จะมี $-z = -a - bi$ เป็นอินเวอร์ส	ถ้า $z = a + bi \neq 0$, $a, b \in \mathbb{R}$ จะมี $z^{-1} = \frac{a}{a^2+b^2} - \frac{b}{a^2+b^2} i$ เป็นอินเวอร์ส
6. การกระจาย	$z_1(z_2 + z_3) = z_1 z_2 + z_1 z_3 = (z_2 + z_3) z_1$	

ตัวอย่างที่ 1

1. กำหนดให้ $i^2 = -1$ จงหาค่าในแต่ละข้อต่อไปนี้

(1) $i + i^2 + i^3 + i^4 + \ldots + i^{2563}$

(2) $i^7 + i^8 + i^9 + i^{10} + \ldots + i^{1001}$

(3) $i^{11} + i^{13} + i^{15} + \ldots + i^{1999}$

(4) $i^{10} - i^{12} + i^{14} - i^{16} + \ldots + i^{120}$

(5) $i^{100} \cdot i^{101} \cdot i^{102} \cdot i^{103} \cdot \ldots \cdot i^{1001}$

(6) $i^{10} \cdot i^{12} \cdot i^{14} \cdot i^{16} \cdot \ldots \cdot i^{2010}$

(7) $i^n + i^{n+1} + i^{n+2} + i^{n+3} + \ldots + i^{n+113}$

(8) $i^n \cdot i^{n+1} \cdot i^{n+2} \cdot i^{n+3} \cdot \ldots \cdot i^{n+113}$

2. จงหาจำนวนจริง x ที่สอดคล้องกับสมการ $x^2 - 2x - 6i = 5xi + 8 + x^2 i$

3. จงหาจำนวนจริง x และ y ที่สอดคล้องกับสมการ $(1-i)x + (1+i)y = 1-3i$

4. จงหาจำนวนจริง x และ y ที่สอดคล้องกับสมการ $(2+3i)x^2 - (3-2i)y = 2x - 3y + 15i$

5. จงหาค่าแต่ละข้อต่อไปนี้ในรูป a + bi

(1) $(1-2i)^3(2-i)^2(1+2i)^3(2+i)^2$

(2) $[(1+i)(1-i)]^{12}$

(3) $(1+i)^{12}+(1-i)^{12}$

สังยุคของจำนวนเชิงซ้อน (Conjugate)

บทนิยาม กำหนด $z = a + bi$ เมื่อ $a, b \in \mathbb{R}$

สังยุคของ z เขียนแทนด้วย $\bar{z}$ และ $\bar{z} = a - bi$

สมบัติของสังยุคของจำนวนเชิงซ้อน

(1) $\bar{\bar{z}} = z$

(2) $\overline{z_1 \pm z_2} = \bar{z}_1 \pm \bar{z}_2$

(3) $\overline{z_1 z_2} = \bar{z}_1 \bar{z}_2$

(4) $\overline{\left(\frac{z_1}{z_2}\right)} = \frac{\bar{z}_1}{\bar{z}_2}$

(5) $\overline{(z^{-1})} = (\bar{z})^{-1} = \frac{1}{\bar{z}}$; $z \neq 0$

(6) $\overline{(kz)} = k(\bar{z})$; $k \in \mathbb{R}$

(7) $\overline{(z^n)} = (\bar{z})^n$; $n \in I$

(8) $\frac{1}{z} = \frac{\bar{z}}{z \cdot \bar{z}} = \frac{\bar{z}}{|z|^2}$

(9) $\frac{z_1}{z_2} = \frac{z_1 \cdot \bar{z}_2}{z_2 \cdot \bar{z}_2} = \frac{z_1 \cdot \bar{z}_2}{|z_2|^2}$ ** การหารในระบบจำนวนเชิงซ้อน **

ตัวอย่างที่ 2

1. กำหนดให้ $z_1 = 1 + 2i$, $z_2 = 2 - i$ จงหาค่าแต่ละข้อต่อไปนี้

(1) $\bar{z}_1 + 2\bar{z}_2$

(2) $\overline{(2z_1 - \bar{z}_2)}$

(3) $(z_1\bar{z}_1)^8 - (\bar{z}_2 z_2)^8$

(4) $\bar{z}_1^{\,2} - 2z_1\overline{\bar{z}_2} - 8z_2^{\,2}$

2. กำหนดให้ $z = i^{23} + i^{24} + i^{25} + \ldots + i^{218}$ จงหา $4z^{-1}$

3. กำหนดให้ $z = \left(\frac{\sqrt{3}+i}{2}\right)^{3} + \left(\frac{\sqrt{3}+i}{2}\right)^{6} + \left(\frac{\sqrt{3}+i}{2}\right)^{9} + \ldots + \left(\frac{\sqrt{3}+i}{2}\right)^{102}$ จงหา $(z^{-1} + \overline{z})\cdot z$

4. กำหนดให้ $z = \left(\frac{1-i}{1+i}\right)^{10} - \left(\frac{1-i}{1+i}\right)^{11} + \left(\frac{1-i}{1+i}\right)^{12} - \left(\frac{1-i}{1+i}\right)^{13} + \ldots - \left(\frac{1-i}{1+i}\right)^{203}$ จงหา $2(\overline{z}^{-1})$

ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเชิงซ้อน (Absolute Value)

บทนิยาม กำหนด $z = a + bi$ เมื่อ $a, b \in \mathbb{R}$

ค่าสัมบูรณ์ของ z เขียนแทนด้วย $|z|$ และ $|z| = \sqrt{a^2 + b^2}$

สมบัติของค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเชิงซ้อน

(1) $z\overline{z} = |z|^2$

(2) $|z| = |\overline{z}| = |-z|$

(3) $|z| = 0 \Leftrightarrow z = 0$

(4) $|z_1 z_2| = |z_1||z_2|$

(5) $|z^n| = |z|^n$

(6) $|z^{-1}| = \dfrac{1}{|z|}$

(7) $\left|\dfrac{z_1}{z_2}\right| = \dfrac{|z_1|}{|z_2|}$ เมื่อ $z_2 \neq 0$

(8) $|z| \geq \mathrm{Re}(z)$ และ $|z| \geq \mathrm{Im}(z)$

(9) $|z_1 + z_2| \leq |z_1| + |z_2|$

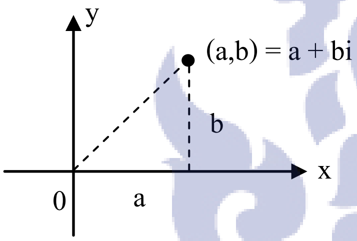
(10) $|z_1 - z_2| \geq ||z_1| - |z_2||$

(11) $|i^n| = 1 ; n \in \mathrm{N}$

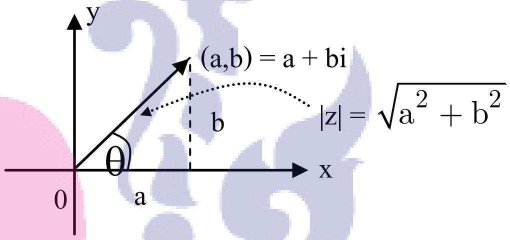
(12) $|z_1 \pm z_2|^2 = (z_1 \pm z_2)\overline{(z_1 \pm z_2)}$

กราฟของจำนวนเชิงซ้อน

กำหนด $z = a + bi$ จะได้การแทน z ด้วยกราฟได้ดังนี้



ในระนาบระบบพิกัดฉาก z แทนด้วยจุด (a, b)



ในระนาบระบบพิกัดเชิงขั้ว z แทนด้วยเวกเตอร์ ซึ่งมีจุดเริ่มต้นที่ (0,0) และจุดสิ้นสุดที่ (a, b)

ตัวอย่างที่ 3

1. ดูหนังสือแบบฝึกหัดหน้าที่ 19

2. จงหาค่าสัมบูรณ์ของจำนวนเชิงซ้อน z ที่กำหนดแต่ละต่อไปนี้

(1) $z = \dfrac{i^2 + 2i^3 + 3i^3 + 4i^4}{4 - 3i}$

(2) $z = \dfrac{1 - i}{\sqrt{3} + i}$

3. กำหนดให้ $z = (1 - i)^{10}$ จงหา $|z^{-1} + z|$

4. กำหนดให้ $z^2 = 7 - 24i$ จงหาค่าของ $|z^{-1} + \bar{z}|$

5. ถ้า z เป็นจำนวนเชิงซ้อนซึ่ง $|z| = |3 - 4i|$ และ $|z - 1| = \sqrt{30}$ แล้ว Re(z) เท่ากับเท่าใด

การหารากที่ 2 ของจำนวนเชิงซ้อน (Square Root of Complex Number)

กำหนดให้ $z = a + bi$ เมื่อ $a,\ b \in \mathbb{R}$ และ $r = \sqrt{a^2 + b^2}$

รากที่ 2 ของ z คือ

$$\pm\left(\sqrt{\frac{r+a}{2}} + \sqrt{\frac{r-a}{2}}\,i\right),\ b \geq 0$$

$$\pm\left(\sqrt{\frac{r+a}{2}} - \sqrt{\frac{r-a}{2}}\,i\right),\ b < 0$$

คำตอบของสมการพหุนามกำลังสอง

สมการพหุนามดีกรีสอง $ax^2 + bx + c = 0$, $a \neq 0$

สมการ**มี**คำตอบในระบบจำนวนจริง เมื่อ $b^2 - 4ac \geq 0$

สมการ**ไม่มี**คำตอบในระบบจำนวนจริง เมื่อ $b^2 - 4ac < 0$

จะได้ $$x = \frac{-b \pm (\sqrt{|b^2 - 4ac|})i}{2a}$$

ตัวอย่างที่ 4 จงหารากที่สองของจำนวนเชิงซ้อน z ในแต่ละข้อต่อไปนี้ (ใช้สูตร $\pm\left(\sqrt{\frac{|z|+a}{2}} \pm \sqrt{\frac{|z|-a}{2}}\,i\right)$)

(1) z = −4

(2) z = 16i

(3) $z = \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}i$ (4) $z = -5 + 12i$

ตัวอย่างที่ 5 แบบฝึกหัดหน้า 30. – 32.

จำนวนเชิงซ้อนในรูปเชิงขั้ว (Polar Form)

กำหนดให้ $z = a + bi$ เมื่อ $a,\ b \in \mathbb{R}$ โดยที่ $z \neq 0$ จะสามารถหารูปเชิงขั้วของ z ได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

Step 1 : หา r จาก $r = |z| = \sqrt{a^2 + b^2}$

Step 2 : หา θ จาก $\tan\theta = \frac{a}{b}$

จะได้

$$z = r(\cos\theta + i\sin\theta)$$

$$\bar{z} = r(\cos(-\theta) + i\sin(-\theta))$$

$$z^{-1} = r^{-1}(\cos(-\theta) + i\sin(-\theta))$$

ตัวอย่างที่ 6 จงเขียนจำนวนเชิงซ้อน z ต่อไปนี้ในรูปเชิงขั้ว

(1) $z = \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}i$ (2) $z = \sqrt{3} - i$

(3) $z = -2+2\sqrt{3}\,i$

(4) $z = -\sqrt{2}-\sqrt{2}i$

(5) $z = -3i$

(6) $z = \sqrt{5}$

การคูณและการหารจำนวนเชิงซ้อนในรูปเชิงขั้ว

กำหนด $z_1 = r_1(\cos\theta_1 + i\sin\theta_1)$ และ $z_2 = r_2(\cos\theta_2 + i\sin\theta_2)$ จะได้ว่า

(1) $z_1z_2 = r_1r_2\,(\cos(\theta_1+\theta_2) + i\sin(\theta_1+\theta_2))$

(2) $\dfrac{z_1}{z_2} = \dfrac{r_1}{r_2}(\cos(\theta_1-\theta_2) + i\sin(\theta_1-\theta_2))$

(3) $z_1^n = r_1^n\,(\cos n\theta_1 + i\sin n\theta_1)$ เมื่อ $n \in \mathbb{Z}$

*[*** กฎของเดอมัวร์ ***]*

ตัวอย่างที่ 7 จงเขียนจำนวนเชิงซ้อนต่อไปนี้ในรูปของ $z = a + bi$ เมื่อ $a,\ b \in \mathbb{R}$

(1) $(\cos 18^{\circ} + i\sin 18^{\circ})(\cos 12^{\circ} + i\sin 12^{\circ})$

(2) $[\sqrt{2}(\cos 60^{\circ} + i\sin 60^{\circ})](\sin 60 + i\cos 60)$

(3) $[2(\cos 15^{\circ} - i\sin 15^{\circ})][3(\cos 70^{\circ} + i\sin 70^{\circ})](\sin 35^{\circ} - i\cos 35^{\circ})$

(4) $\dfrac{3(\cos 15^{\circ} + i\cos 75^{\circ})}{2\sin 45^{\circ} - 2i\sin 45^{\circ}}$

(5) $(\cos 15^{\circ} + i\sin 15^{\circ})^{3}$

(6) $[8(\cos 135^{\circ} + i\sin 135^{\circ})]^{\frac{1}{3}}$

ตัวอย่างที่ 8 จงเขียนจำนวนเชิงซ้อนต่อไปนี้ในรูปของ $z = a + bi$ เมื่อ $a,\ b \in \mathbb{R}$

(1) $(-1+\sqrt{3}\mathrm{i})^5$

(2) $(\sqrt{2}+\sqrt{2}\,\mathrm{i})^{20}$

(3) $\left(\dfrac{\sqrt{3}-\mathrm{i}}{\sqrt{3}+\mathrm{i}}\right)^{20}$

(4) $\left(\dfrac{1-\sqrt{3}\,i}{1+\sqrt{3}\,i}\right)^{5}\left(\dfrac{1+i}{1-i}\right)^{15}$

การหารากที่ n ของจำนวนเชิงซ้อน

<u>ทฤษฎีบท</u> ถ้า $z = r(\cos\theta + i\sin\theta)$

แล้ว รากที่ n ของ $z = \sqrt[n]{r}\left[\cos\left(\dfrac{\theta}{n}+\dfrac{360^{\circ}}{n}k\right) + i\sin\left(\dfrac{\theta}{n}+\dfrac{360^{\circ}}{n}k\right)\right]$

เมื่อ $k \in \{0,\ 1,\ 2,\ \ldots,\ n-1\}$

ตัวอย่างที่ 9 แบบฝึกหัดหน้า 37. – 40.

การแก้สมการพหุนาม

กำหนดให้ P(x) = $a_nx^n + a_{n-1}x^{n-1} + a_{n-2}x^{n-2} + \ldots + a_1x + a_0$ เมื่อ $a_n \neq 0$

โดยที่ $n \in I^+$ และ $a_n, a_{n-1}, a_{n-2}, \ldots, a_0$ เป็นจำนวนจริง

เรียก P(x) = 0 ว่าสมการพหุนามดีกรี n

เรียกจำนวนเชิงซ้อน a ที่ทำให้ P(a) = 0 ว่า คำตอบของสมการ

ทฤษฎีบทที่เกี่ยวกับการใช้แก้สมการพหุนาม

(1) จำนวนเชิงซ้อน a เป็นคำตอบของสมการ P(x) = 0 ก็ต่อเมื่อ x – a เป็นตัวประกอบของ P(x)

(2) สมการพหุนาม P(x) = 0 มีคำตอบเสมอในระบบจำนวนเชิงซ้อน

(3) ถ้า P(x) = 0 เป็นสมการพหุนามที่มี ส.ป.ส. เป็นจำนวนเชิงซ้อนและมีกำลังเป็น n เมื่อ n ≥ 1 แล้วสมการนี้มีคำตอบเป็นจำนวนเชิงซ้อน n คำตอบเท่านั้น

(4) กำหนด P(x) = 0 เป็นสมการพหุนามที่มี **ส.ป.ส. เป็นจำนวนจริง**
ถ้า z เป็นคำตอบของสมการนี้ แล้ว $\overline{z}$ เป็นคำตอบของสมการด้วย ***

(5) กำหนด P(x) = 0 เป็นสมการพหุนามที่มี **ส.ป.ส. เป็นจำนวนตรรกยะ**
ถ้า a + $\sqrt{b}$ เมื่อ a, b ∈ $\mathbb{Q}$ และ $\sqrt{b} \in \mathbb{Q}^c$ เป็นคำตอบหนึ่งของสมการนี้
แล้ว a – $\sqrt{b}$ เป็นคำตอบของสมการนี้ด้วย ***

(6) ถ้า n เป็นจำนวนคี่ จะได้ว่าสมการ P(x) = 0 มีจำนวนคำตอบที่เป็นจำนวนจริงเป็นจำนวนคี่จำนวน และมีคำตอบที่ไม่ใช่จำนวนจริงเป็นจำนวนคู่จำนวน ***

ความสัมพันธ์ระหว่างคำตอบของสมการของพหุนามดีกรี 2 และ ดีดรี 3 ***

(1) สมการพหุนามดีกรีสอง $ax^2 + bx + c = 0$, a ≠ 0

จะได้ $x = \dfrac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ab}}{2a}$

จะมี ผลบวกของคำตอบ = $\dfrac{-b}{a}$

ผลคูณของคำตอบ = $\dfrac{c}{a}$

(2) สมการพหุนามดีกรีสาม $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$, $a \neq 0$

จะมี ผลบวกของคำตอบ $= \dfrac{-b}{a}$

ผลบวกของผลคูณทีละ 2 ราก $= \dfrac{c}{a}$

ผลคูณของคำตอบ $= -\dfrac{d}{a}$

(3) สมการพหุนามดีกรี n $a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + a_{n-2} x^{n-2} + \ldots + a_1 x + a_0 = 0$

จะมี ผลคูณของคำตอบ $= \dfrac{(-1)^n a_0}{a_n}$

ผลบวกของคำตอบ $= -\dfrac{a_{n-1}}{a_n}$

ตัวอย่าง

1. จงแก้สมการในแต่ละข้อต่อไปนี้

(1) $x^2 + 9 = 0$

(2) $x^2 + x + 1 = 0$

(3) $x^2 + 3x + 6 = 0$

(4) $x^3 + 8 = 0$

(5) $x^3 - i = 0$

(6) $x^4 - 1 = 0$

(7) $x^6 + 81 = 0$

(8) $x^4 + 10x^2 + 9 = 0$

(9) $2x^3 - 5x^2 + 6x = 2$

2. ถ้า $2+\sqrt{3}i$ เป็นรากหนึ่งของสมการ $x^4-7x^2+20x+14=0$ จงหาเซตคำตอบของสมการ

3. ถ้า $-\frac{1}{2}+\frac{\sqrt{3}}{2}i$ เป็นคำตอบหนึ่งของสมการ $x^3+2x^2+2x+1=0$
จงหารากที่เป็นจำนวนจริงของสมการนี้

4. จงหาผลบวกของรากทุกรากของสมการ $x^5+9x^3-8x^2-72=0$

5. จงหาสมการดีกรีสามที่มีสัมประสิทธิ์เป็นจำนวนเต็ม โดยมี 2 และ $1 + i$ เป็นรากหนึ่งของสมการ

6. กำหนดให้ $P(x)$ เป็นพหุนามดีกรีสี่ที่มีสัมประสิทธิ์เป็นจำนวนจริง และมี $2 - i$ และ $1 + i$ เป็นคำตอบของสมการ $P(x) = 0$ แต่ $P(0) = 125$ จงหา $P(-2)$