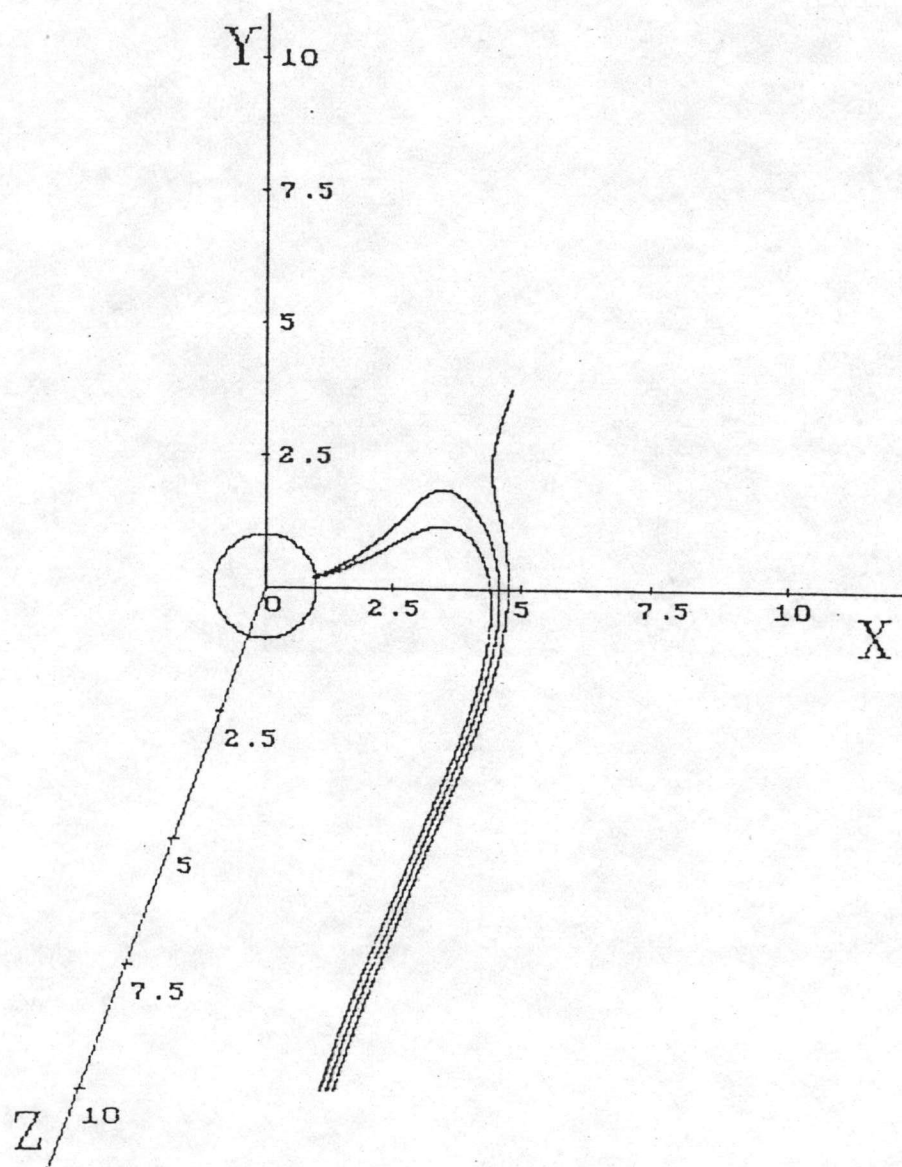


ผลการคำนวณและการวิเคราะห์

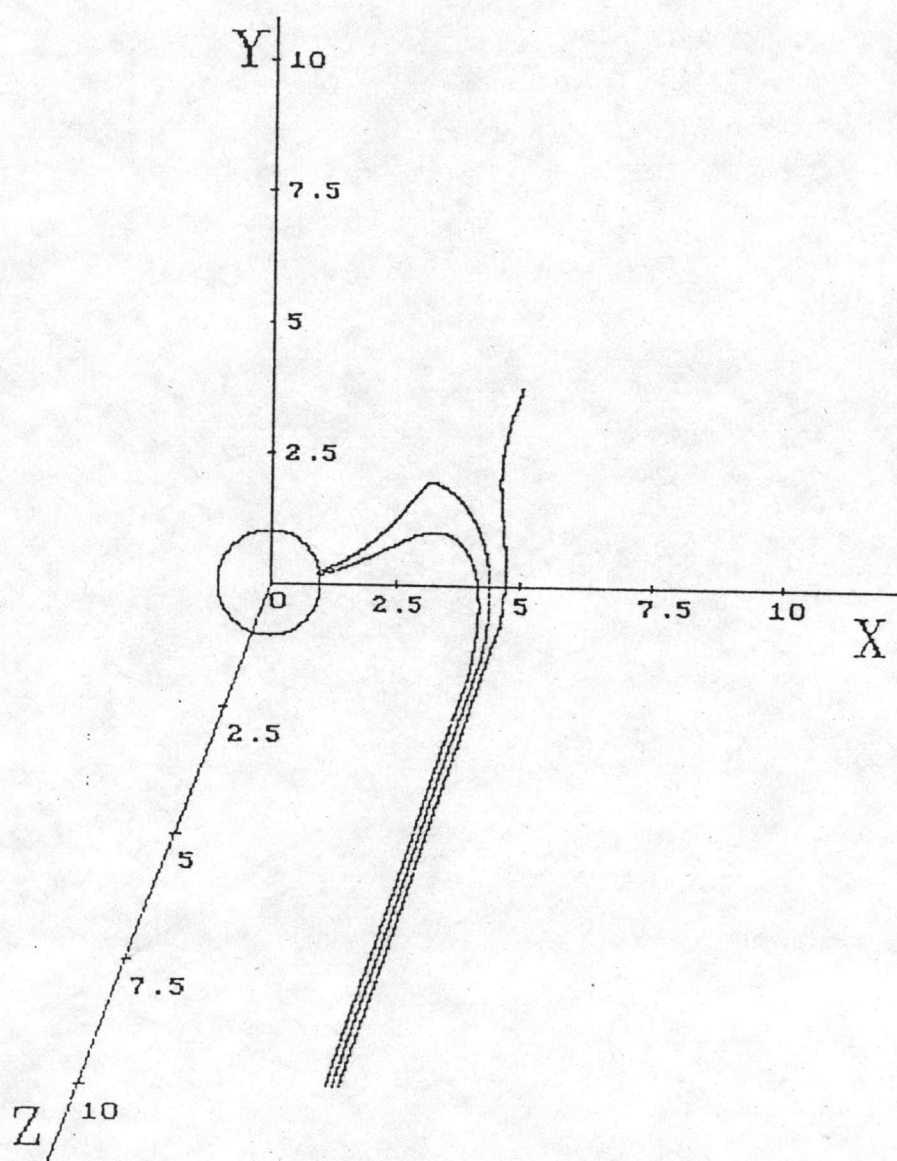
จากบทที่แล้ว เราได้สมการคำนวณหาตำแหน่งของอนุภาคแม่เหล็กขณะใดๆ ซึ่งทำให้ทราบเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กขณะเคลื่อนที่เข้ามาในระบบตัวกรอง ตำแหน่งของอนุภาคแม่เหล็กเหล่านี้คำนวณจากวิธีรังกัตตาอันดับที่ 4 (the fourth-order Runge-Kutta method) ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ค ตำแหน่งของอนุภาคแม่เหล็กที่คำนวณได้เหล่านี้เป็นแบบสามมิติ แตกต่างจากงานวิจัยของ C. Moyer และคณะ (1984) และ M. Natenapit (1993) ซึ่งศึกษาเฉพาะกรณีที่ตำแหน่งของอนุภาคแม่เหล็กขณะใดๆที่คำนวณได้เป็นแบบสองมิติเท่านั้น สำหรับบทนี้จะแสดงผลการคำนวณตำแหน่งของอนุภาคแม่เหล็กขณะใดๆ ในกรณีที่อนุภาคแม่เหล็กขณะเคลื่อนที่เข้ามาในระบบตัวกรองมีระนาบของความเร็วเริ่มต้น (ระนาบของ \vec{v}_0) ทำมุมต่างๆ (φ_0) กับระนาบสมมาตรหลัก (ระนาบ XZ ในรูปที่ 3.1) และเปรียบเทียบกับผลการคำนวณกรณีที่อนุภาคแม่เหล็กขณะเคลื่อนที่เข้ามาในระบบตัวกรอง มีระนาบของความเร็วเริ่มต้นอยู่ในระนาบสมมาตรหลัก ($\varphi_0 = 0$) กับงานของ C. Moyer และคณะ ต่อมาจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคกับสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก (γ^3) ในระบบตัวกรอง และค่าสนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอ (H_0) ตลอดจนแสดงพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กสำหรับอนุภาคแม่เหล็กที่เข้ามาทับของไหลแบบพาราแมกเนติก และไดอะแมกเนติกและในหัวข้อสุดท้าย จะแสดงประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง (ϵ) โดยมีสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก และค่าสนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอเป็นพารามิเตอร์

4.1 เส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็ก

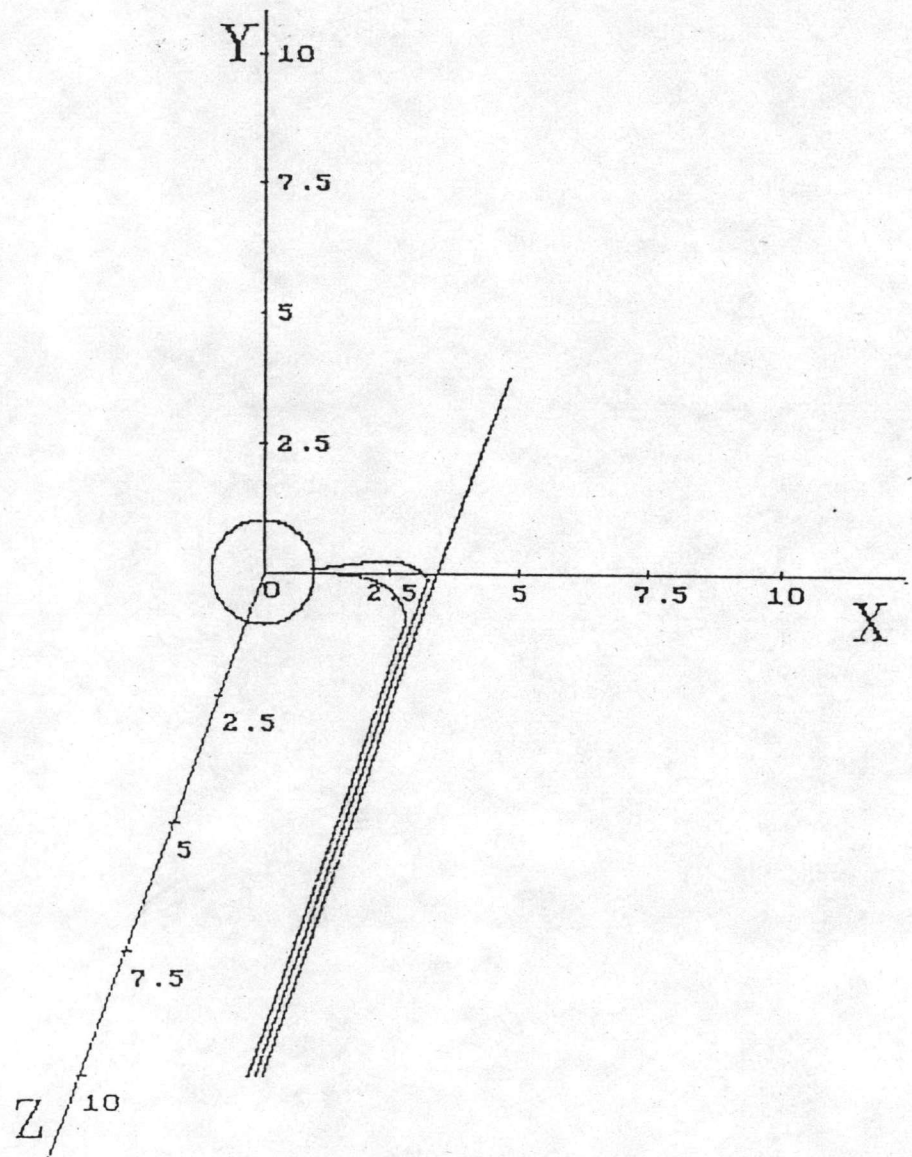
สำหรับในหัวข้อนี้ จะศึกษาเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กขณะเคลื่อนที่เข้ามาในระบบตัวกรองซึ่งมีระนาบของความเร็วเริ่มต้นทำมุมต่างๆ (φ_0) กับระนาบสมมาตรหลัก โดยแยกพิจารณาที่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ (สัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก , สนามแม่เหล็ก



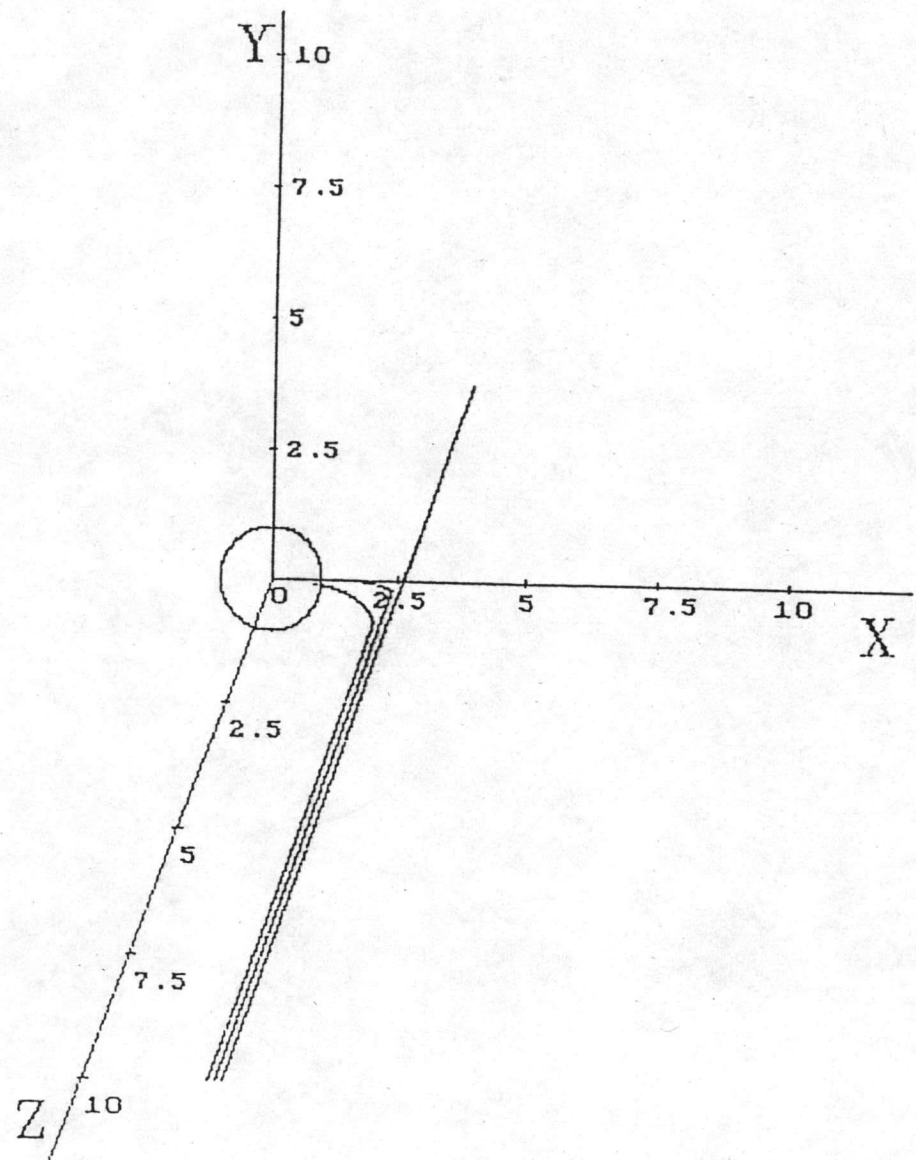
รูปที่ 4.1 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาถึงของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.1$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 4.70$ (ในหน่วยของ a)



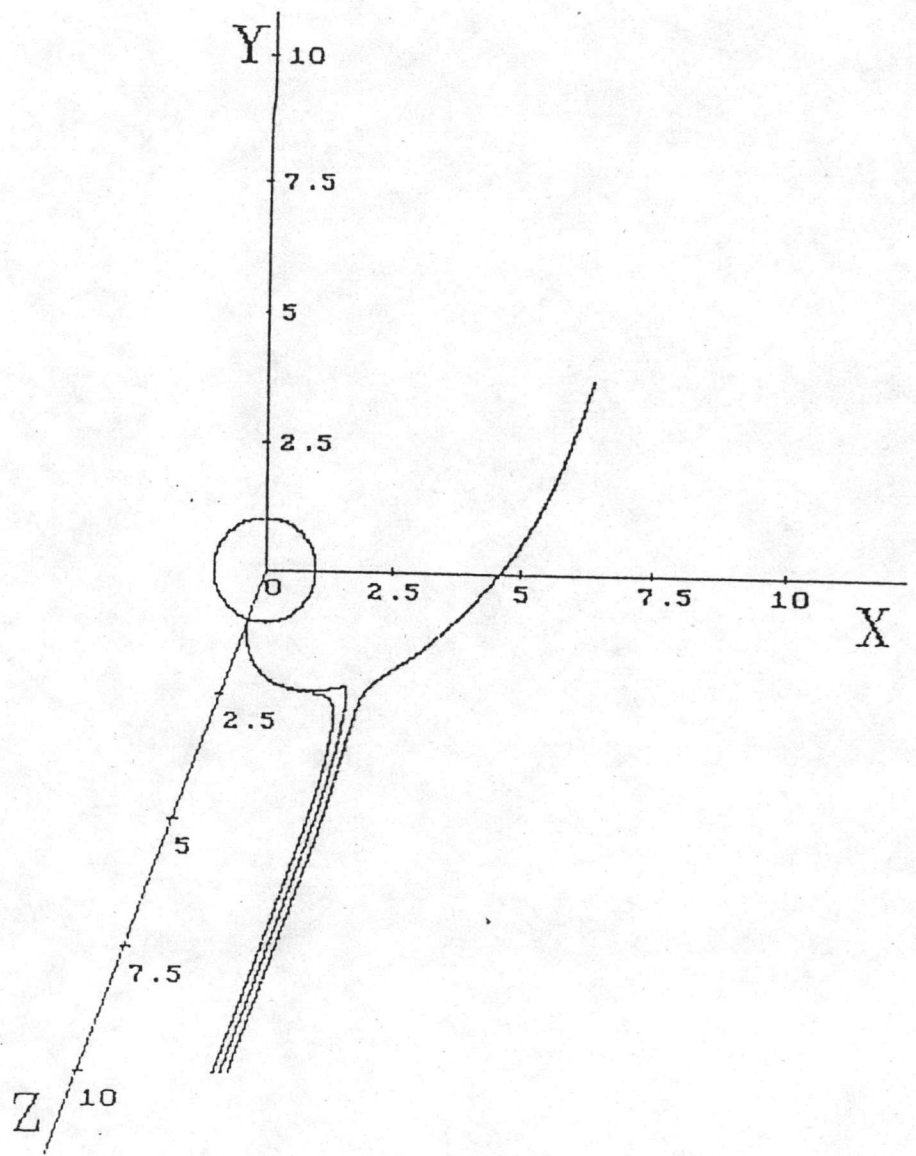
รูปที่ 4.2 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาใกล้ของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.2$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 4.75$ (ในหน่วยของ a)



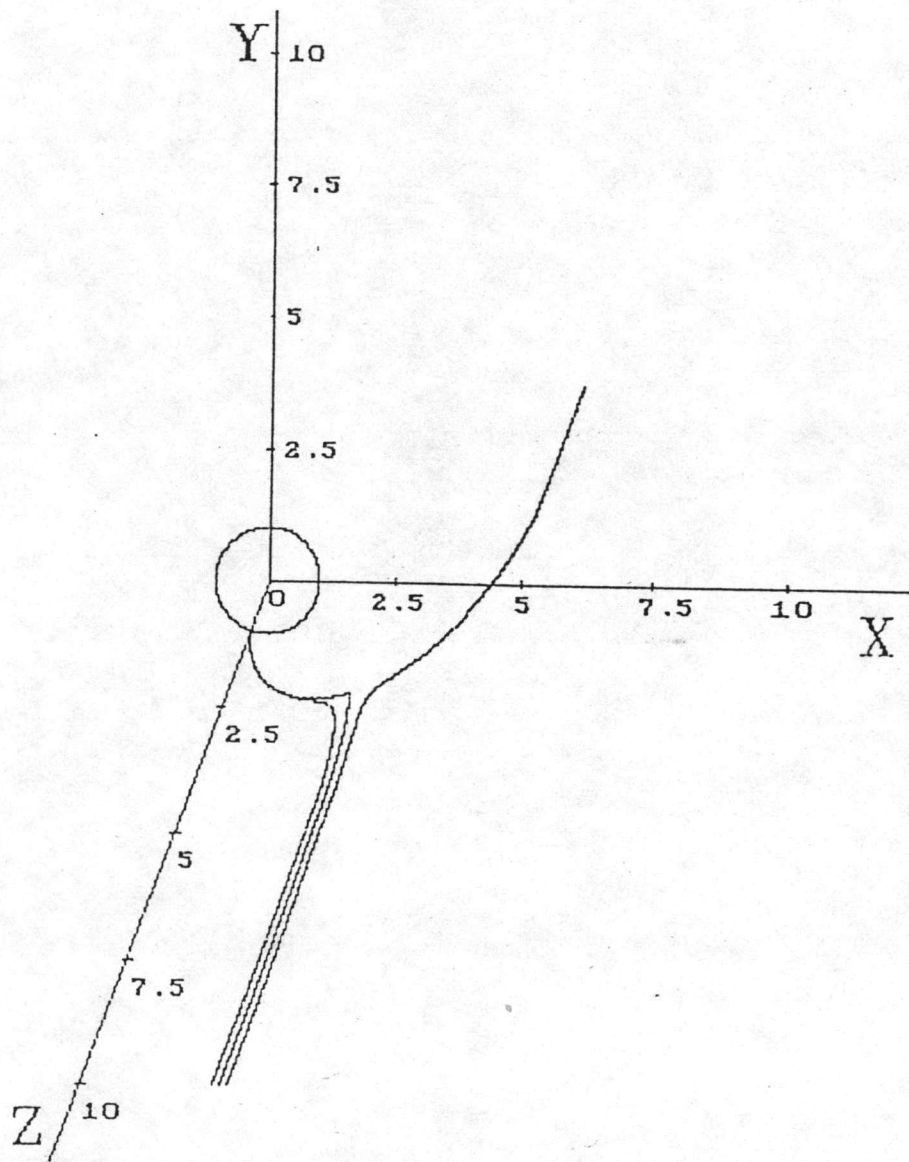
รูปที่ 4.3 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามากับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.3, v_{0a} = -6.65 \text{ s}^{-1}, v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}, K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 3.30$ (ในหน่วยของ a)



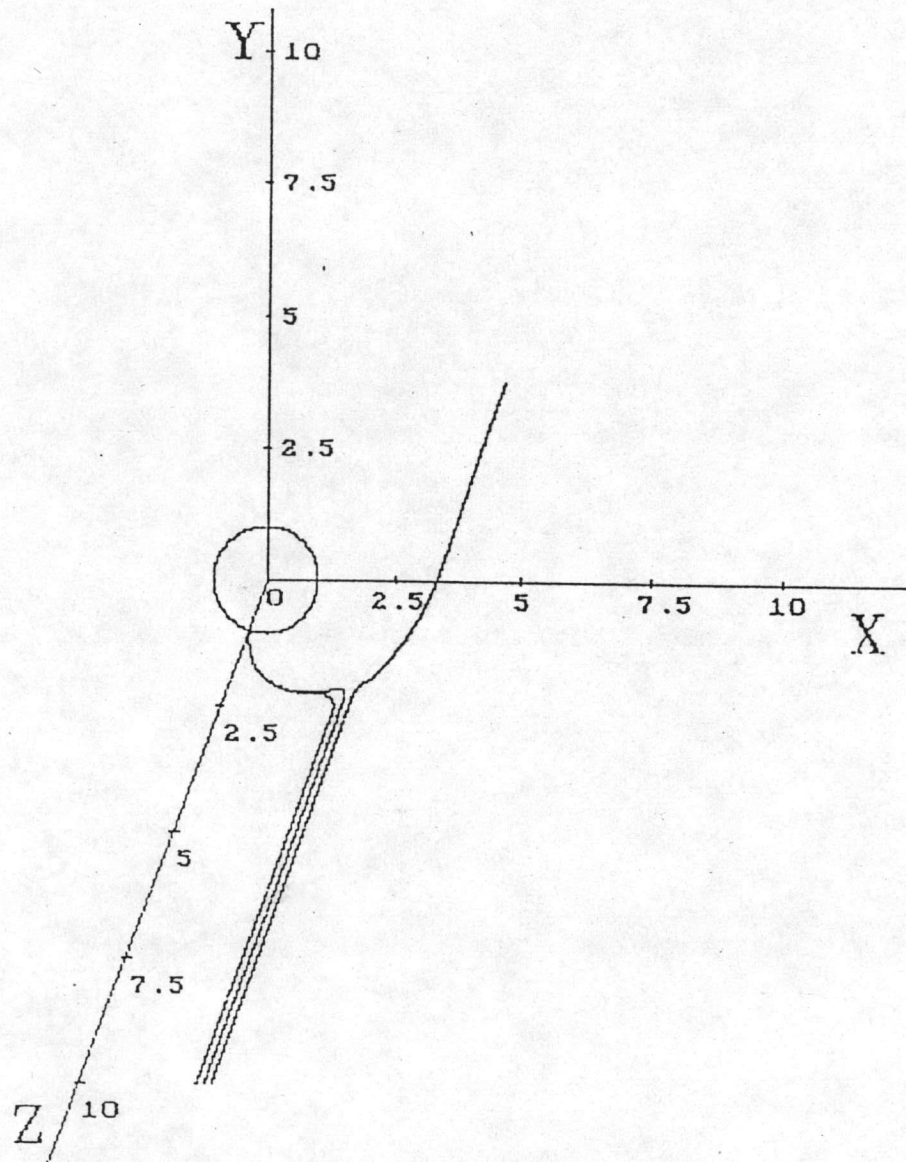
รูปที่ 4.4 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาใกล้ของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 2.45$ (ในหน่วยของ a)



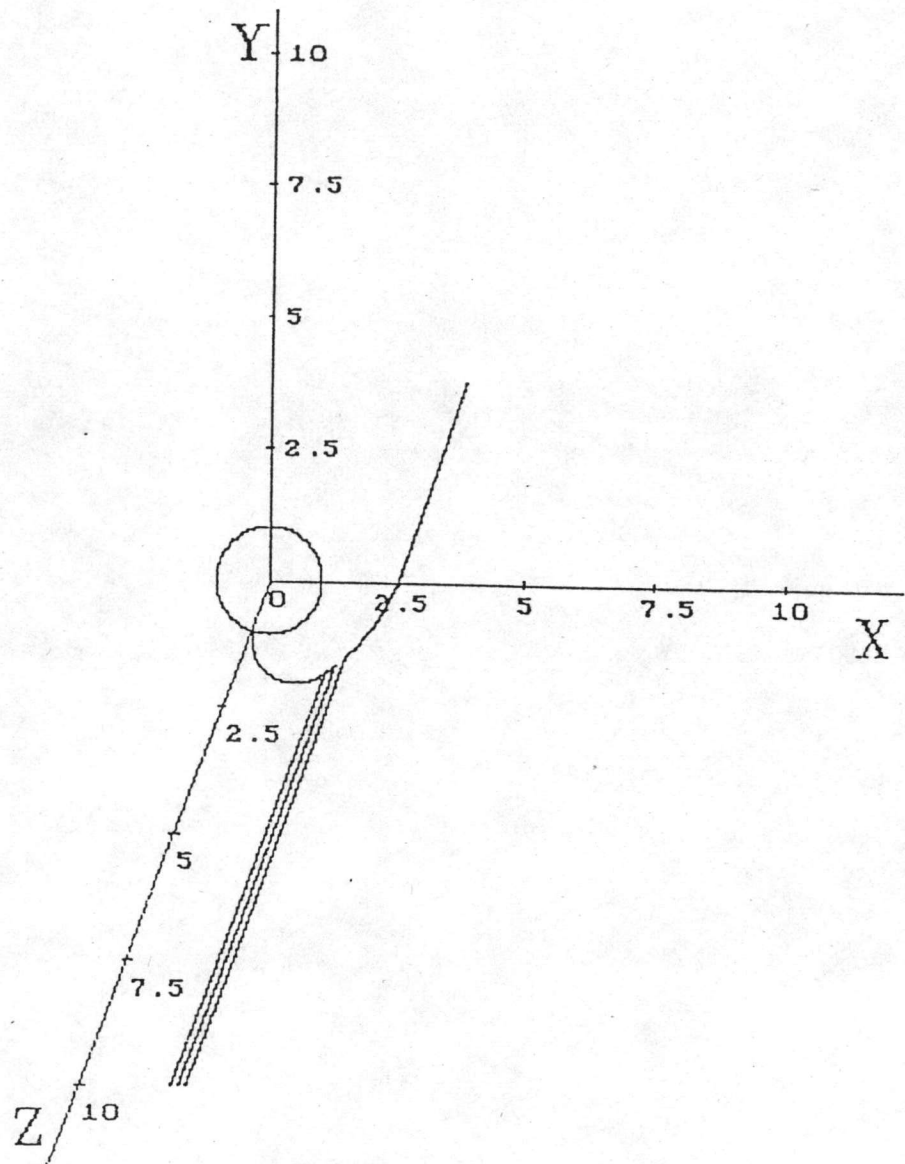
รูปที่ 4.5 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.1, v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}, v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}, K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 2.65$ (ในหน่วยของ a)



รูปที่ 4.6 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาใกล้ของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.2$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 2.60$ (ในหน่วยของ a)



รูปที่ 4.7 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.3$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 2.30$ (ในหน่วยของ a)



รูปที่ 4.8 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 1.85$ (ในหน่วยของ a)

ภายนอกความเข้มข้นสม่ำเสมอ และมุม (φ_0) ดังนี้

ก. ระนาบของความเร็วเริ่มต้นอยู่ในระนาบสมมาตรหลัก

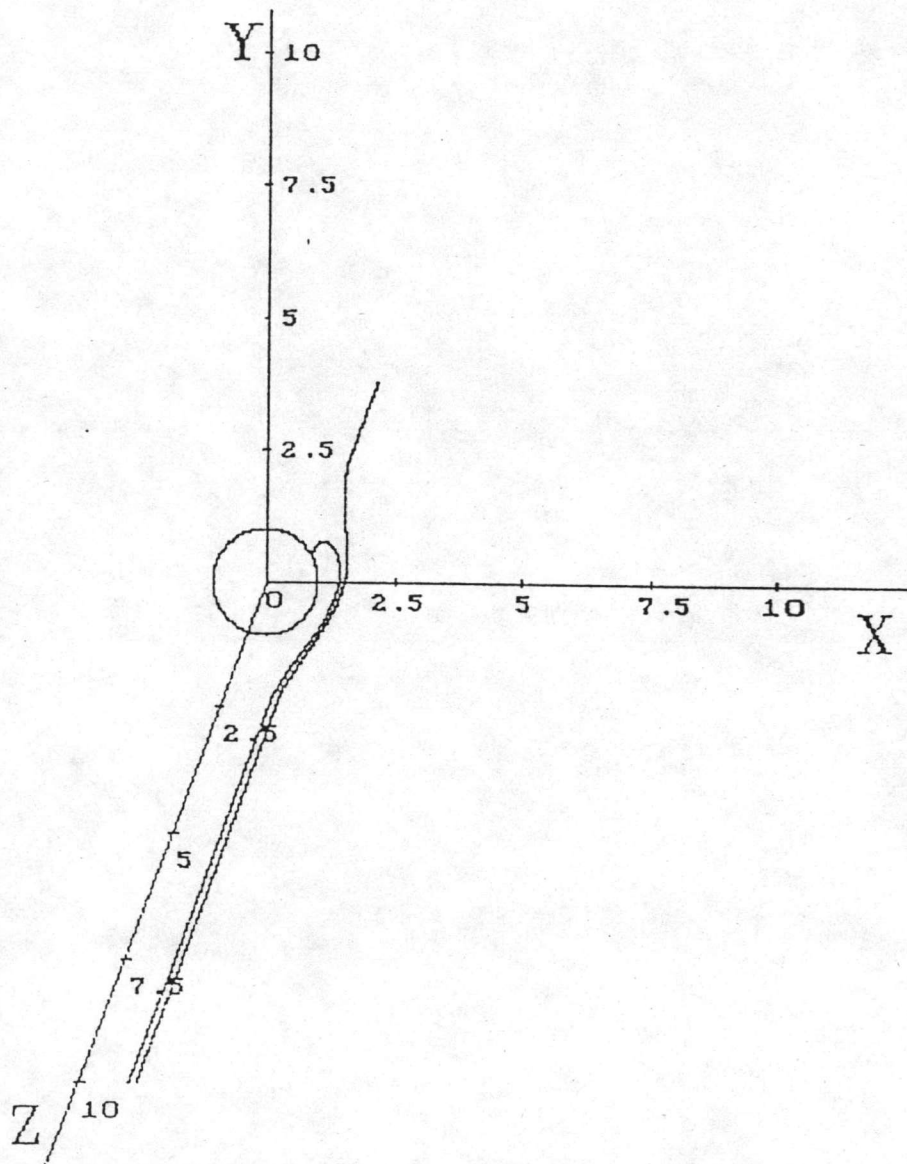
พิจารณากรณีที่อนุภาคแม่เหล็กขณะเริ่มเคลื่อนที่เข้ามาในตัวทรง ซึ่งมีระนาบของความเร็วเริ่มต้นอยู่ในระนาบสมมาตรหลัก ($\varphi_0 = 0$) และระบบตัวทรงมีพารามิเตอร์แยกพิจารณาออกเป็น 2 กรณี คือ

1. สัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็กเป็นพารามิเตอร์

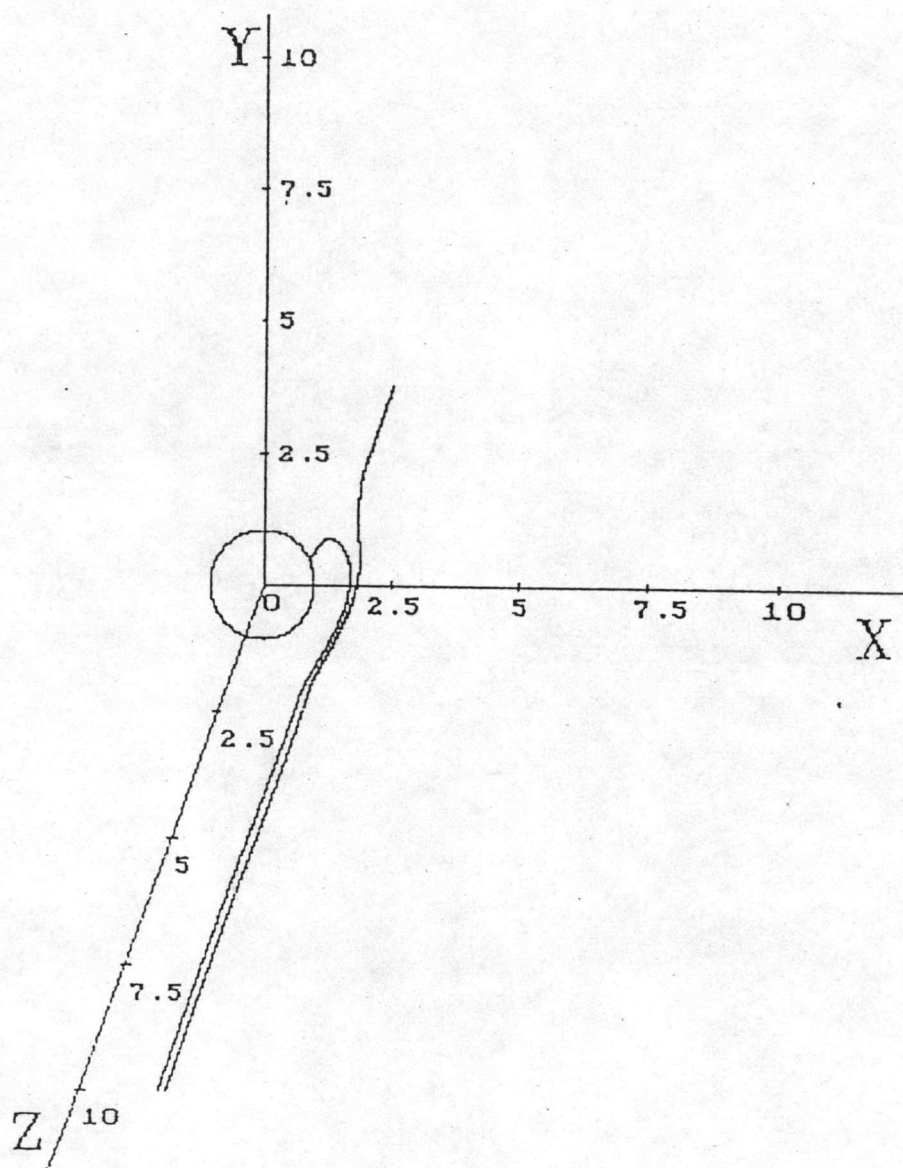
พิจารณารูปที่ (4.1) - (4.4) และรูปที่ (4.5) - (4.8) ซึ่งแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กที่เข้ามาจับของไหล แบบพาราแมกเนติกและไดอะแมกเนติก ตามลำดับ กรณีนี้สัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก (γ^3) เปลี่ยนแปลง แต่พารามิเตอร์อื่นๆ (v_{oa} , v_{ma} และ K_s) คงที่ โดยกำหนดพารามิเตอร์คงที่ต่างๆ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ ซึ่ง $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก และ $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก เมื่อพิจารณาอนุภาคแม่เหล็กแต่ละแบบ พบว่า สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก อนุภาคแม่เหล็กจะถูกจับบริเวณด้านข้างของตัวจับ และสำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก อนุภาคจะถูกจับบริเวณด้านหน้าและหลังของตัวจับ

2. สนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มข้นสม่ำเสมอเป็นพารามิเตอร์

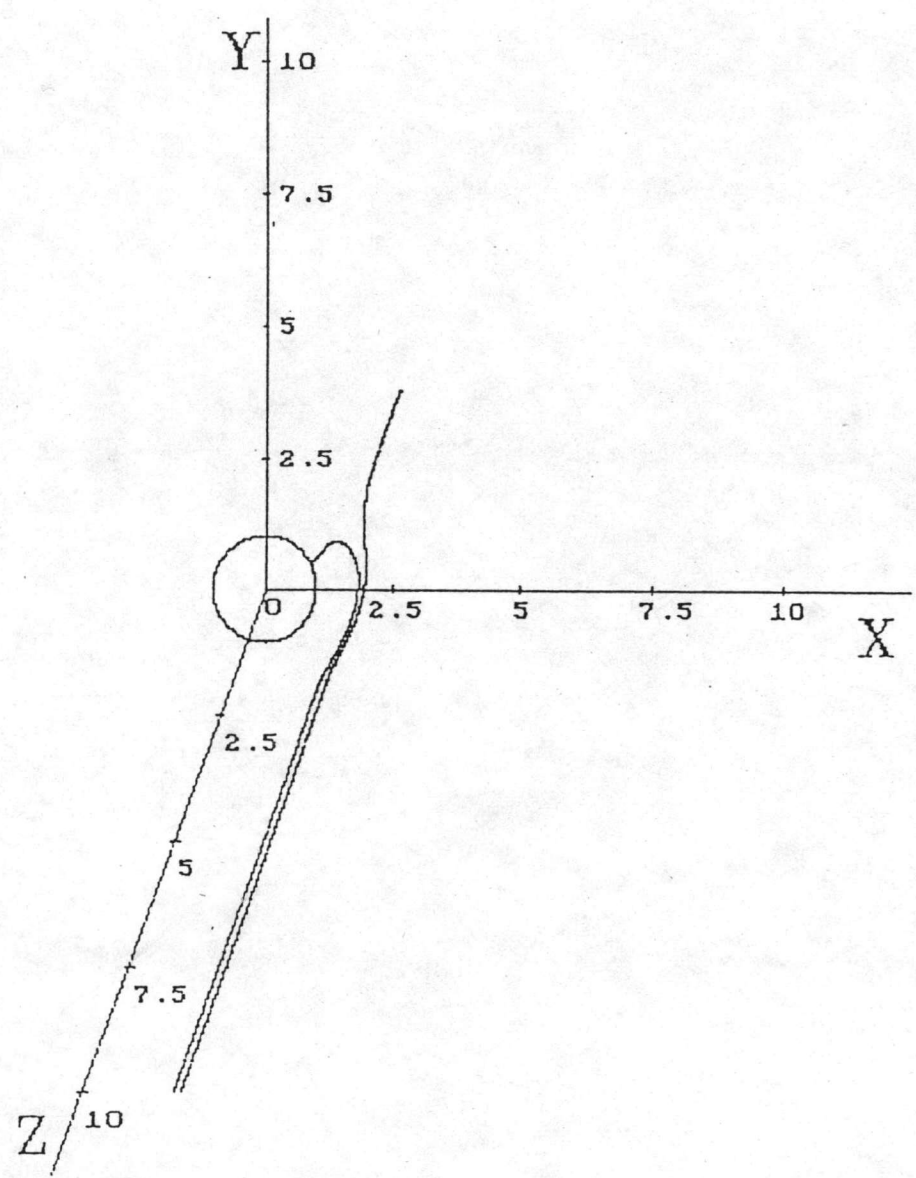
พิจารณารูปที่ (4.9) - (4.12) และรูปที่ (4.13) - (4.16) ซึ่งแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กที่เข้ามาจับของไหล แบบพาราแมกเนติกและไดอะแมกเนติก ตามลำดับ กรณีนี้ค่าสนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มข้นสม่ำเสมอเปลี่ยนแปลง (H_0) แต่พารามิเตอร์อื่นๆ (v_{oa} , K_s และ γ^3) คงที่ โดยกำหนดพารามิเตอร์คงที่ต่างๆ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\gamma = 0.4$ จากรูปที่แสดง สำหรับอนุภาคแม่เหล็กทั้งสองแบบ พบว่า เมื่อค่าสนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มข้นสม่ำเสมอเพิ่มขึ้น (v_{ma} เพิ่ม, แต่ γ คงที่) รัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กจะเพิ่มขึ้น ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดยิ่งขึ้นในหัวข้อที่ 4.2 ต่อไป



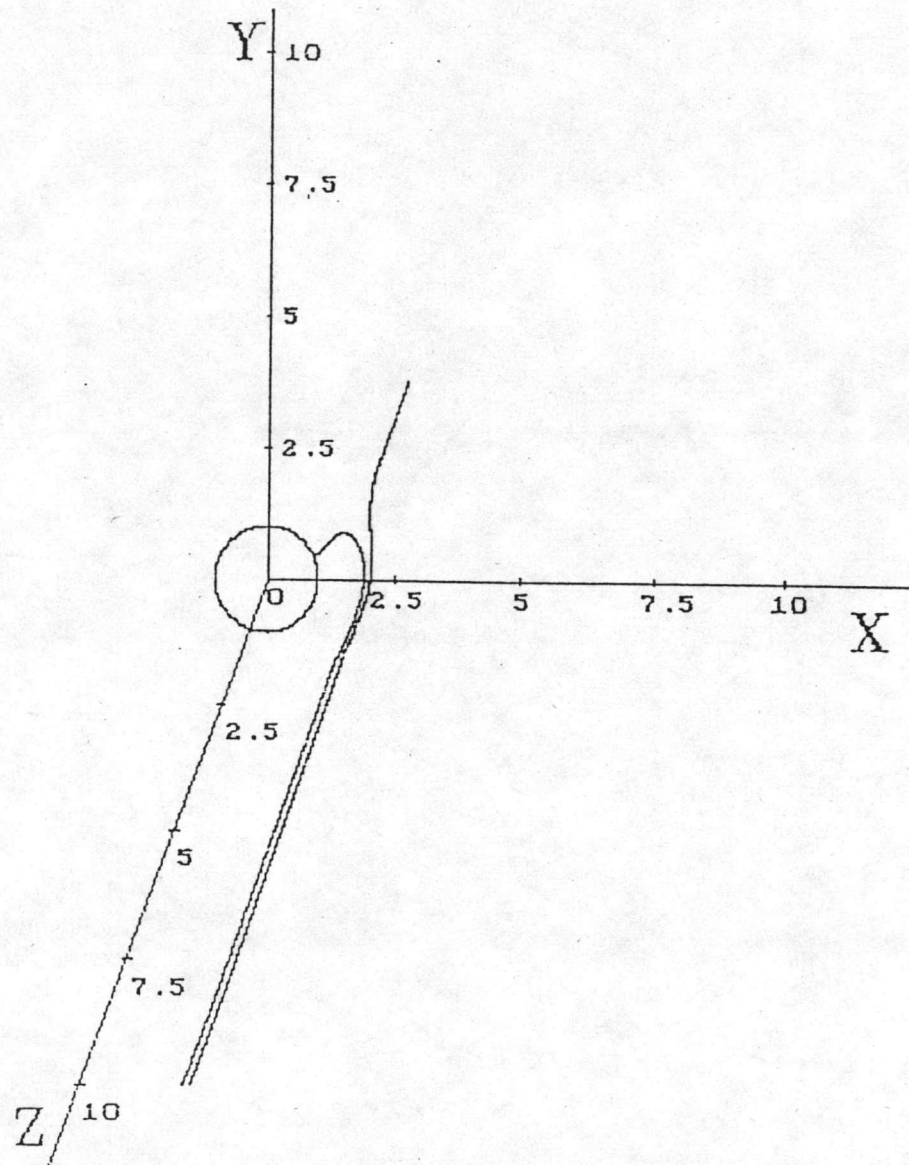
รูปที่ 4.9 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาใกล้ของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma}^* = 1.66 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 0.90$ (ในหน่วยของ a)



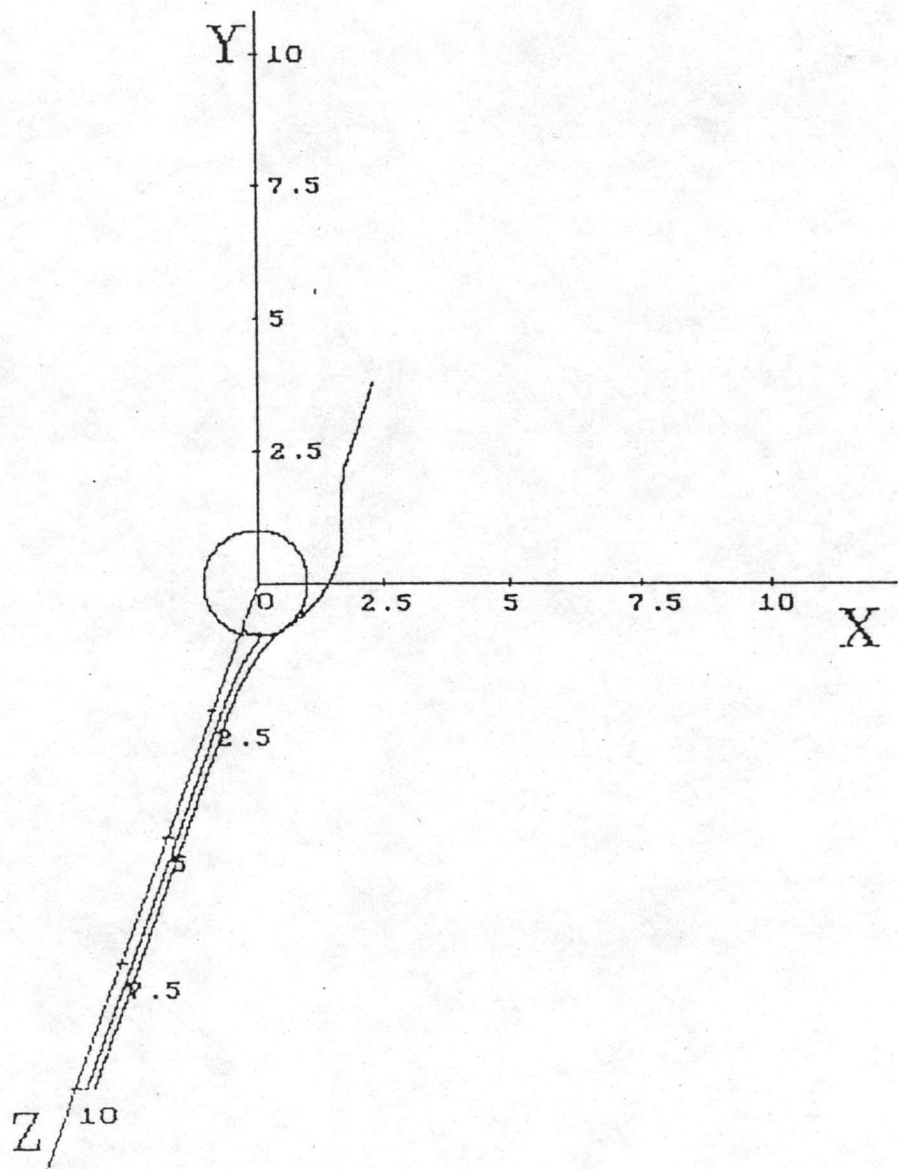
รูปที่ 4.10 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$, $v_{0a} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma}^* = 6.65 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 1.55$ (ในหน่วยของ a)



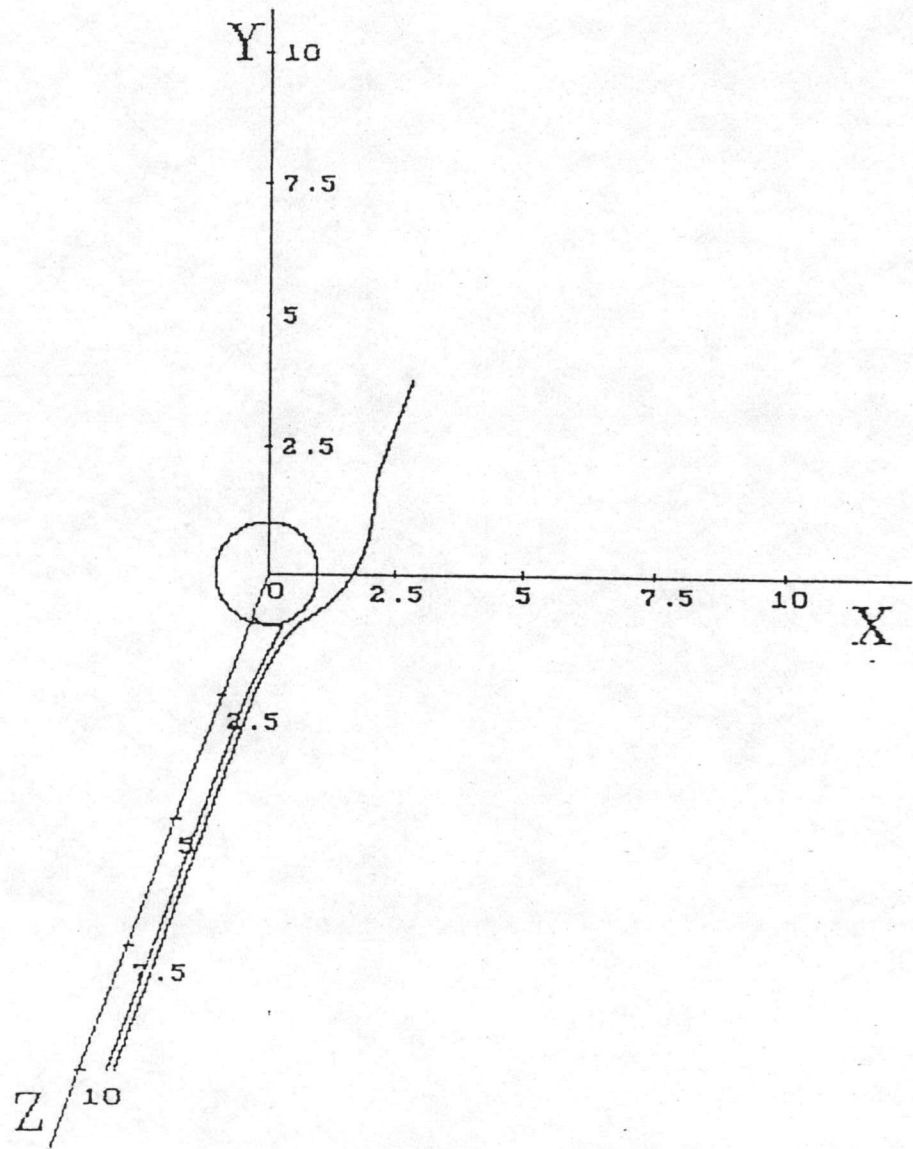
รูปที่ 4.11 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4, v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}, v_{ma}^* = 10.39 \text{ s}^{-1}, K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 1.70$ (ในหน่วยของ a)



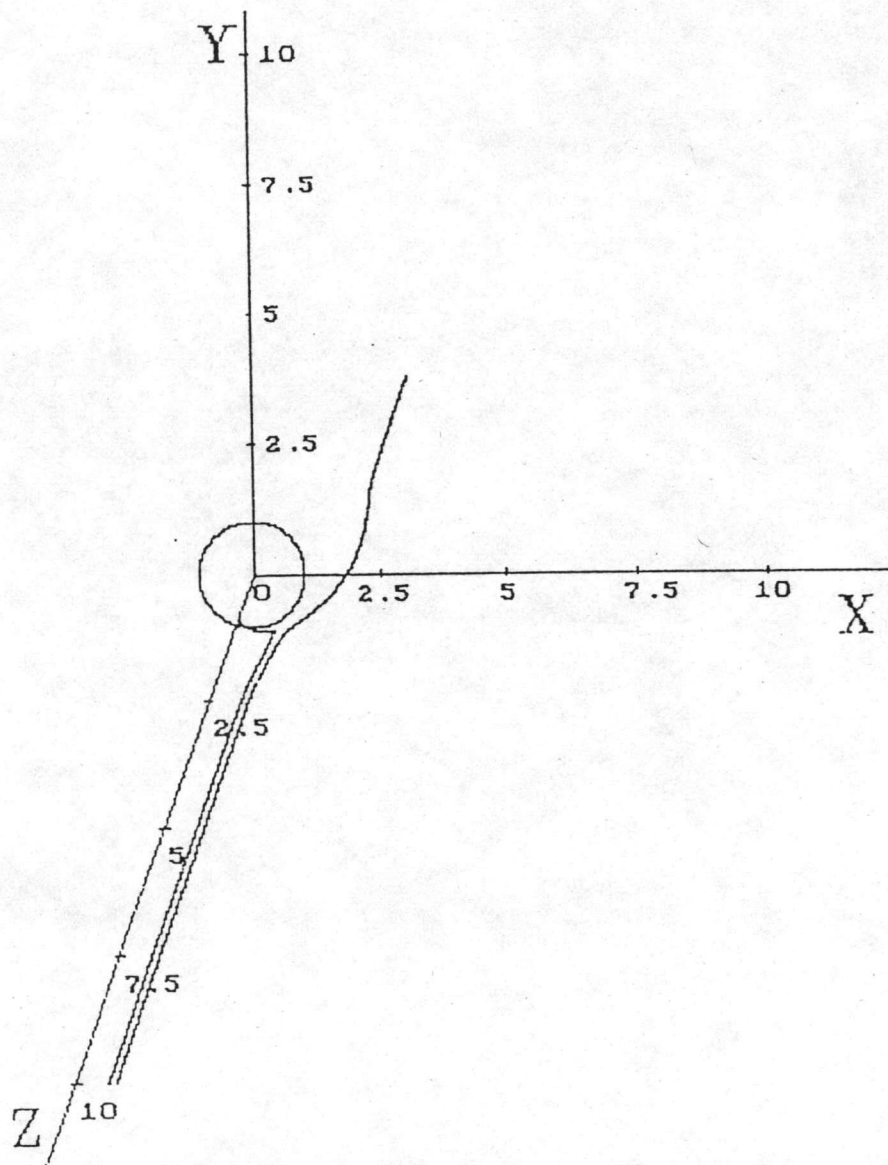
รูปที่ 4.12 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาถึงของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma}^* = 14.96 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 1.90$ (ในหน่วยของ a)



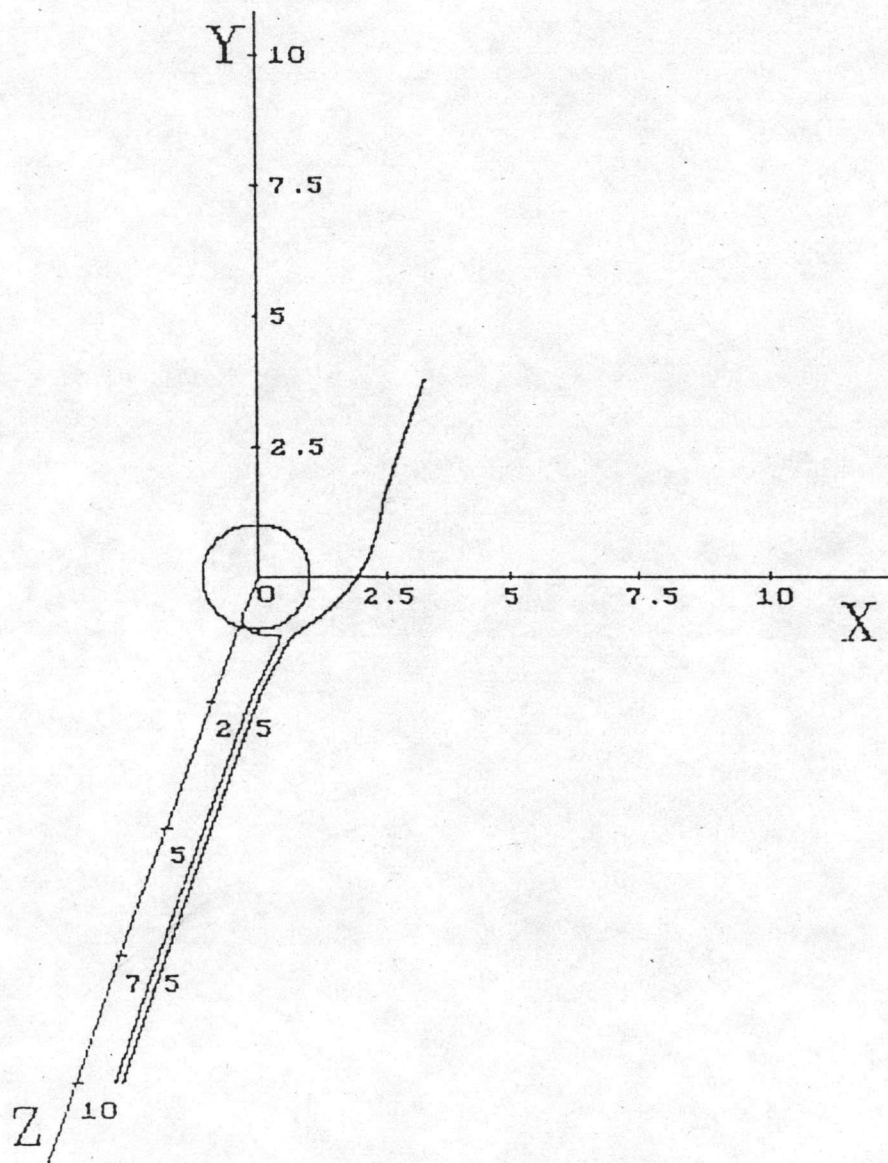
รูปที่ 4.13 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับ
 ของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma}^* = -1.66 \text{ s}^{-1}$
 $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 0.15$ (ในหน่วยของ a)



รูปที่ 4.14 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาถึงของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma}^* = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 0.45$ (ในหน่วยของ a)



รูปที่ 4.15 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาถึง
 ของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$, $v_{0a} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma}^* = -10.39 \text{ s}^{-1}$
 , $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 0.60$ (ในหน่วยของ a)



รูปที่ 4.16 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาถึงของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma}^* = -14.96 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 0.70$ (ในหน่วยของ a)

ข. ระนาบของความเร็วเริ่มต้นไม่อยู่ในระนาบสมมาตรหลัก

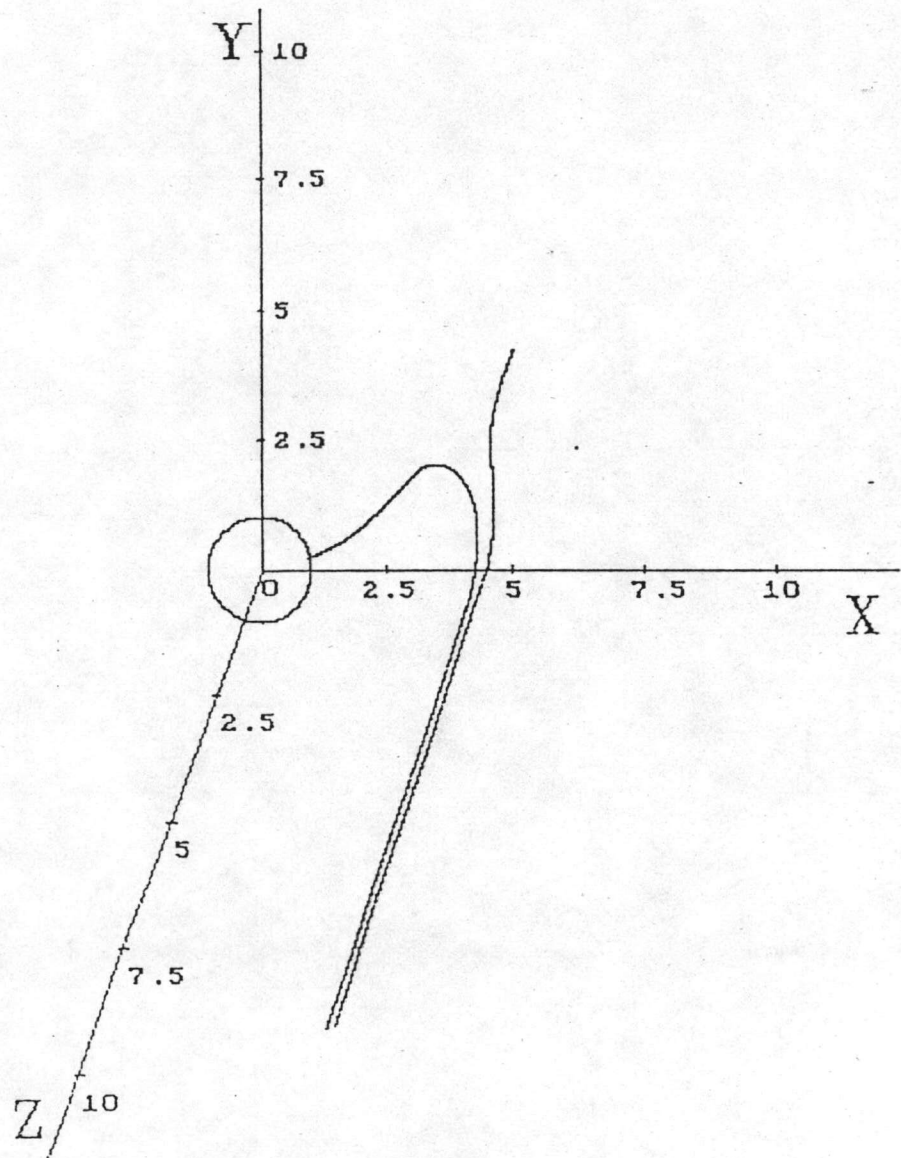
พิจารณากรณีที่อนุภาคแม่เหล็กขณะเริ่มเคลื่อนที่เข้ามาในตัวกรอง ซึ่งมีระนาบของความเร็วเริ่มต้นไม่อยู่ในระนาบสมมาตรหลัก ($\varphi_0 \neq 0$) และระบบตัวกรองมีพารามิเตอร์แยกพิจารณาได้เป็น 3 กรณี คือ

1. มุม φ_0 เป็นพารามิเตอร์

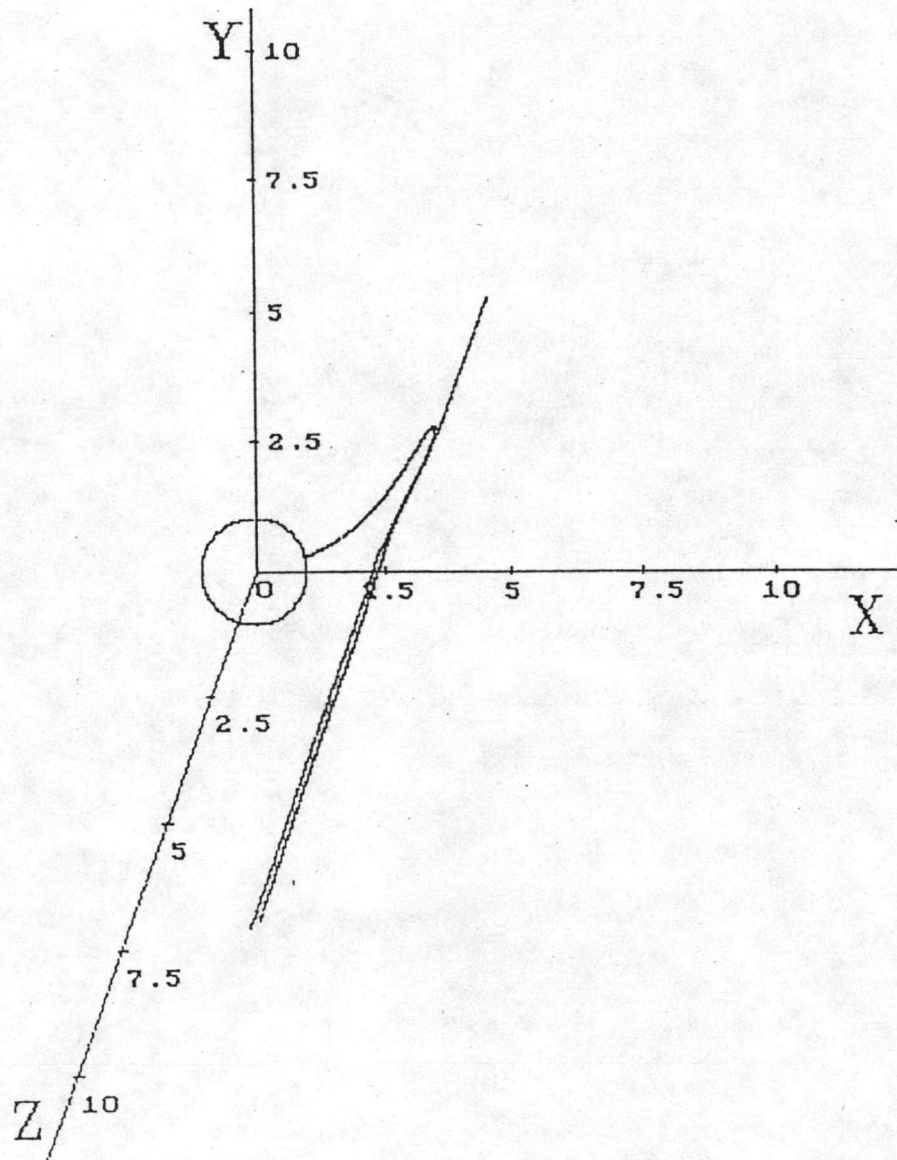
พิจารณารูปที่ (4.17) - (4.20) และรูปที่ (4.21) - (4.24) ซึ่งแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กที่เข้ามาทับของไหล แบบพาราแมกเนติกและไดอะแมกเนติก ตามลำดับ กรณีนี้มุม φ_0 เปลี่ยนแปลง แต่พารามิเตอร์อื่นๆ (v_{oa}, v_{ma}, K_s และ γ^3) คงที่ โดยกำหนดพารามิเตอร์คงที่ต่างๆ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$, $\gamma = 0.2$ ซึ่ง $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก และ $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก จากรูปที่แสดง สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแต่ละแบบ พบว่า เมื่อมุม $\varphi_0 \neq 0$ เส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กจะไม่อยู่ในระนาบใดระนาบหนึ่งเท่านั้น แตกต่างกับกรณีที่มุม $\varphi_0 = 0$ (ระนาบของ \vec{v}_0 อยู่ในระนาบสมมาตรหลัก) ซึ่งพบว่า เส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กจะอยู่ในระนาบสมมาตรหลักเดิมเท่านั้น (C. Moyer และคณะ , 1984)

2. สนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอเป็นพารามิเตอร์

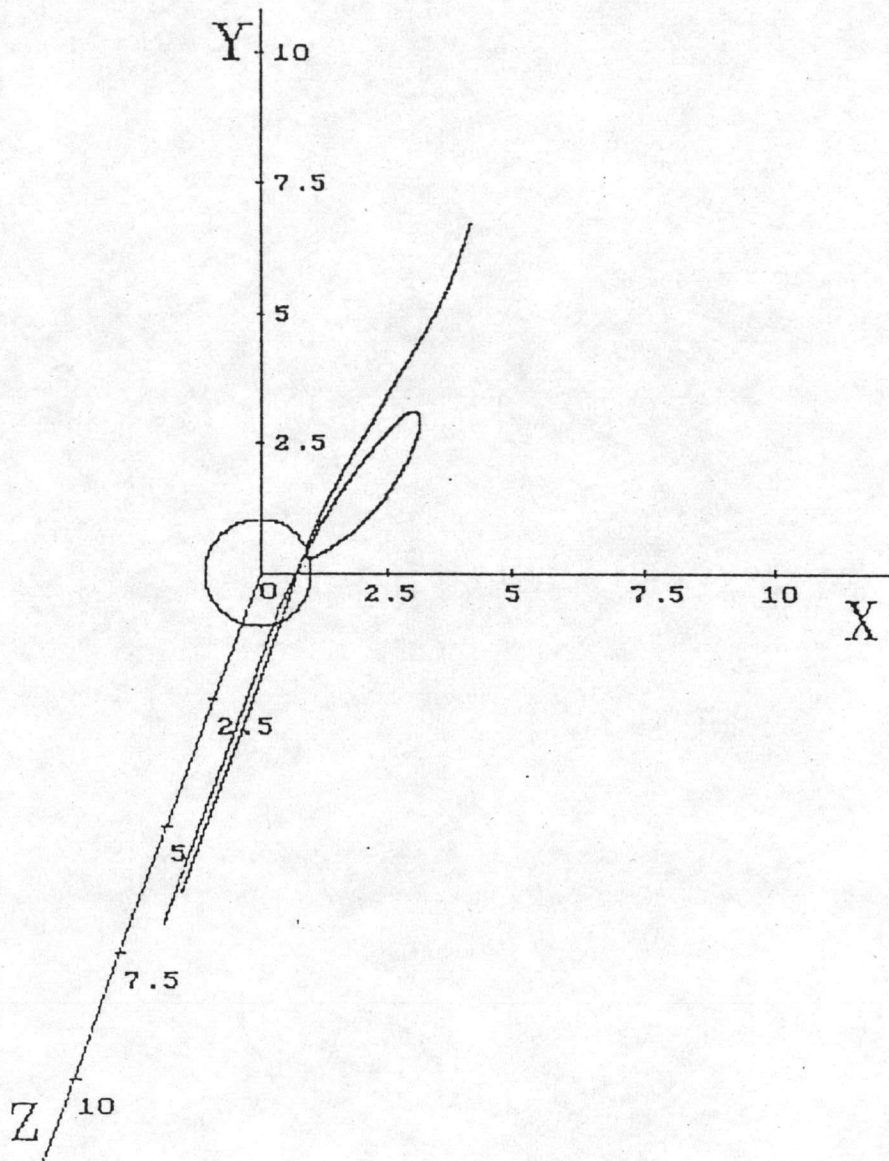
พิจารณารูปที่ (4.25) - (4.27) และรูปที่ (4.28) - (4.30) ซึ่งแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กที่เข้ามาทับของไหล แบบพาราแมกเนติกและไดอะแมกเนติก ตามลำดับ กรณีนี้สนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอ (H_0) เปลี่ยนแปลง แต่พารามิเตอร์อื่นๆ (v_{oa}, K_s, γ^3 และมุม φ_0) คงที่ โดยกำหนดพารามิเตอร์คงที่ต่างๆ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$, $\gamma = 0.4$ และมุม $\varphi_0 = 40$ องศา จากรูปที่แสดง สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแต่ละแบบ จะพบว่า เมื่อสนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอเพิ่มขึ้น (v_{ma} เพิ่มขึ้น) รัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็ก (r_c) จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย เช่น สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก เมื่อ $v_{ma}^* = 1.65 \text{ s}^{-1}$ ($v_{ma}^* = A^2 v_{ma}$ เมื่อ A คือค่าคงที่ในสมการที่ (2.42)) จะได้ $r_c = 1.00$ และเมื่อ $v_{ma}^* = 14.95 \text{ s}^{-1}$ จะได้ $r_c = 2.10$ เป็นต้น



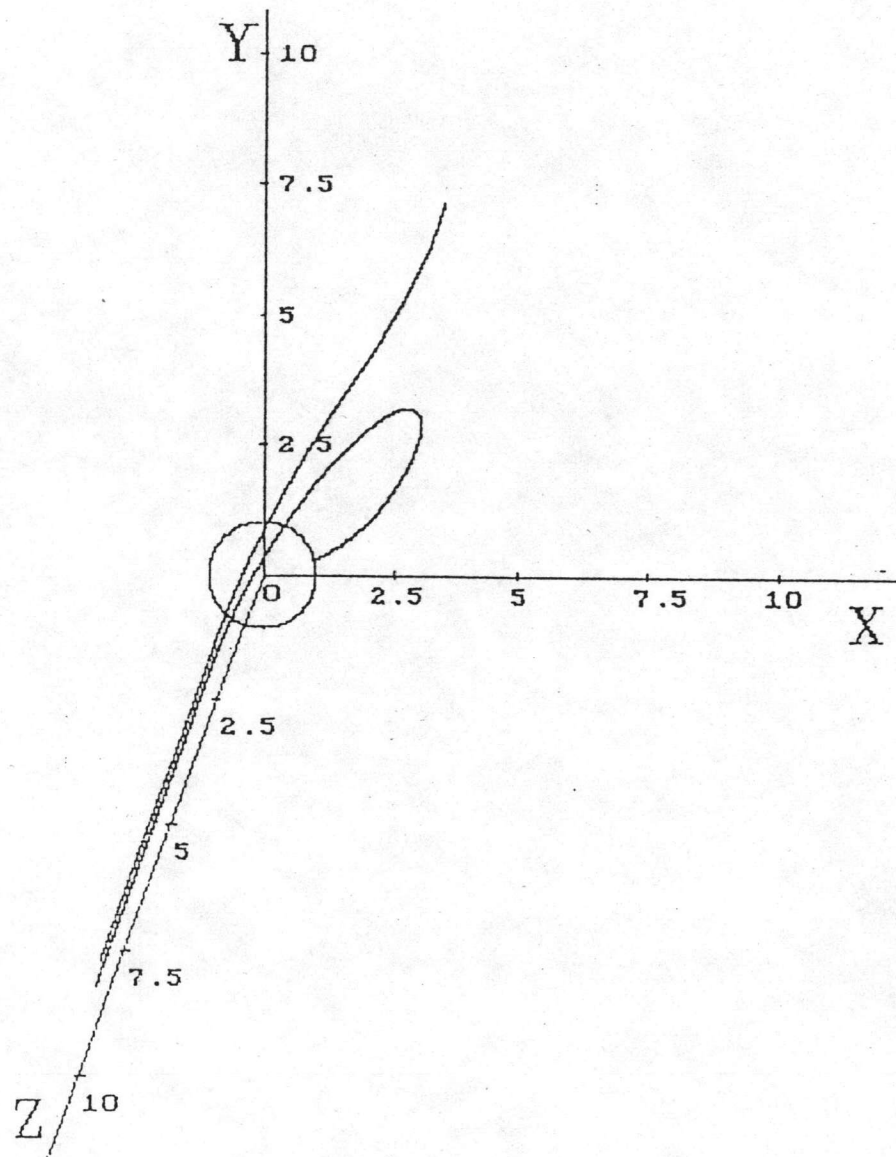
รูปที่ 4.17 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.2$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 10^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 4.75$ (ในหน่วยของ a)



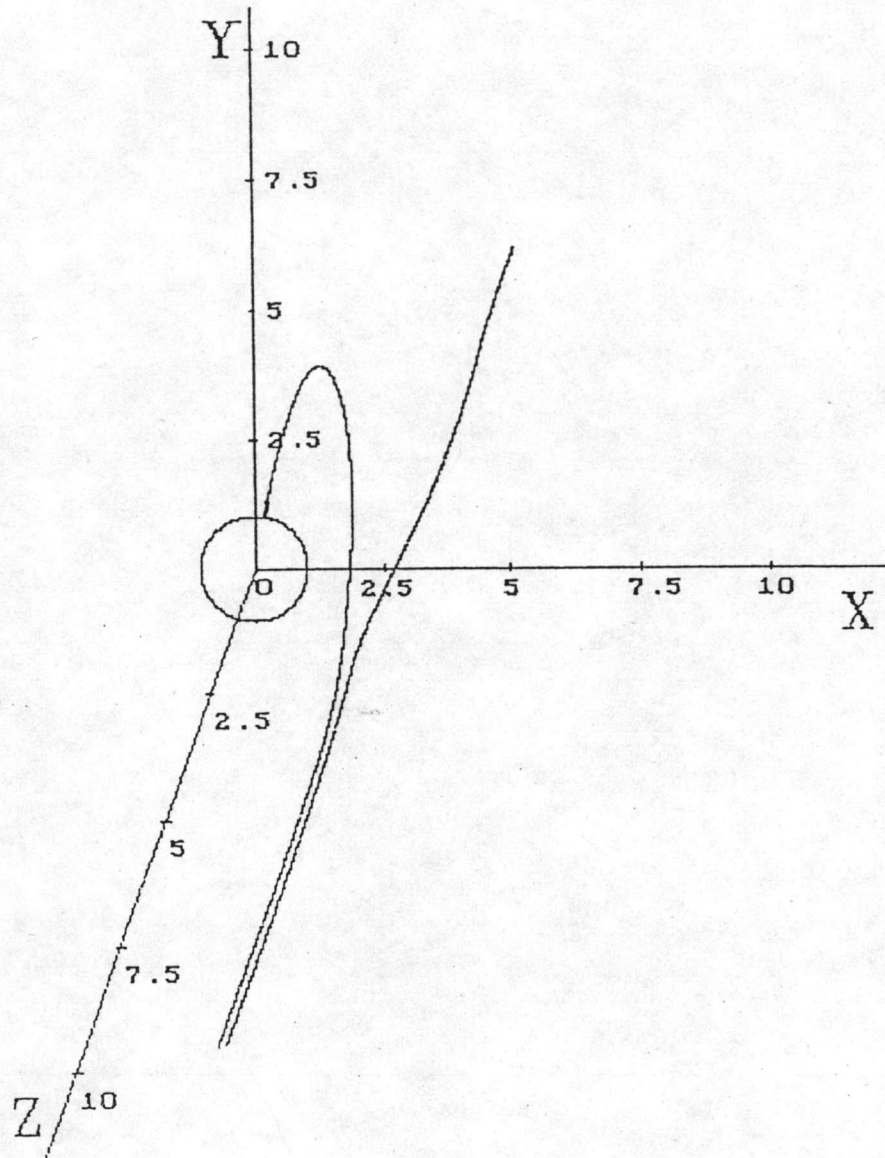
รูปที่ 4.18 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาถึงของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.2$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 4.25$ (ในหน่วยของ a)



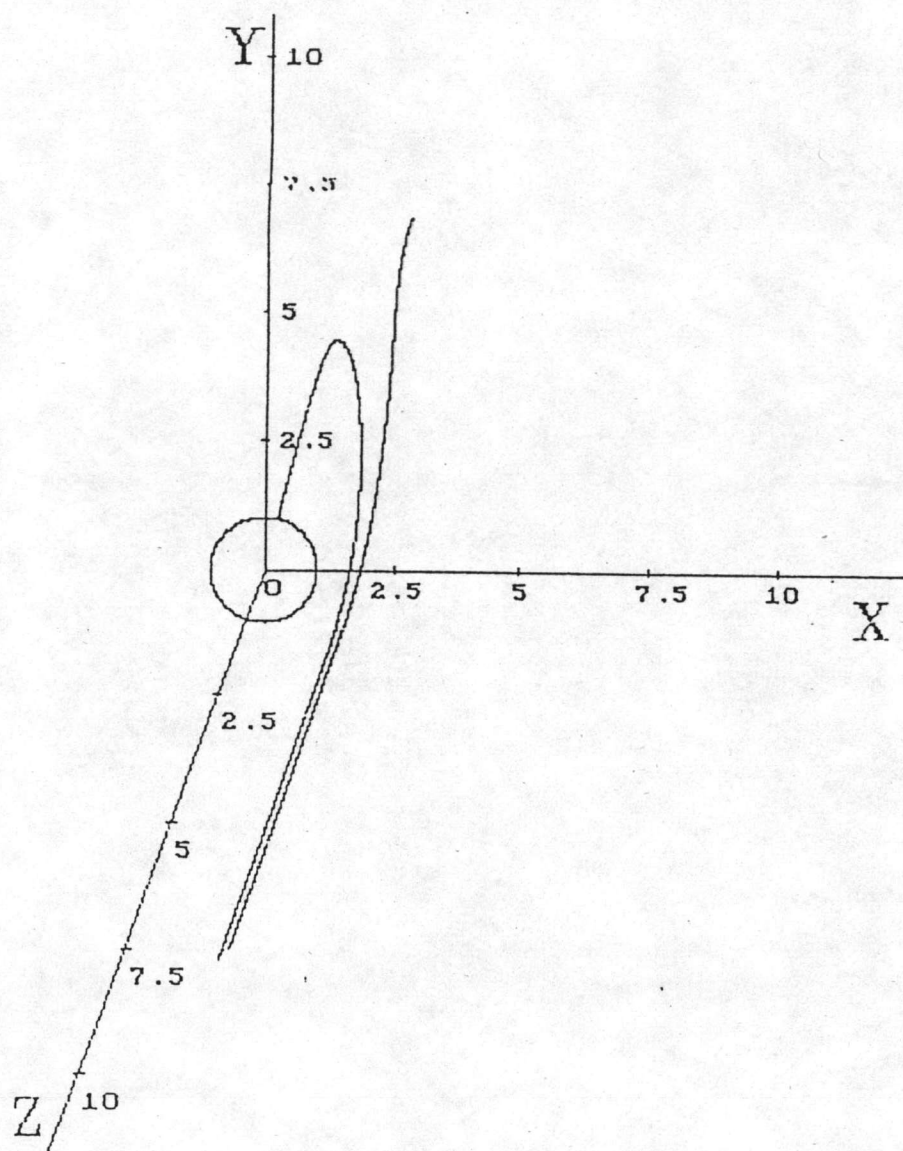
รูปที่ 4.19 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาถึงของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.2$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 60^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 3.30$ (ในหน่วยของ a)



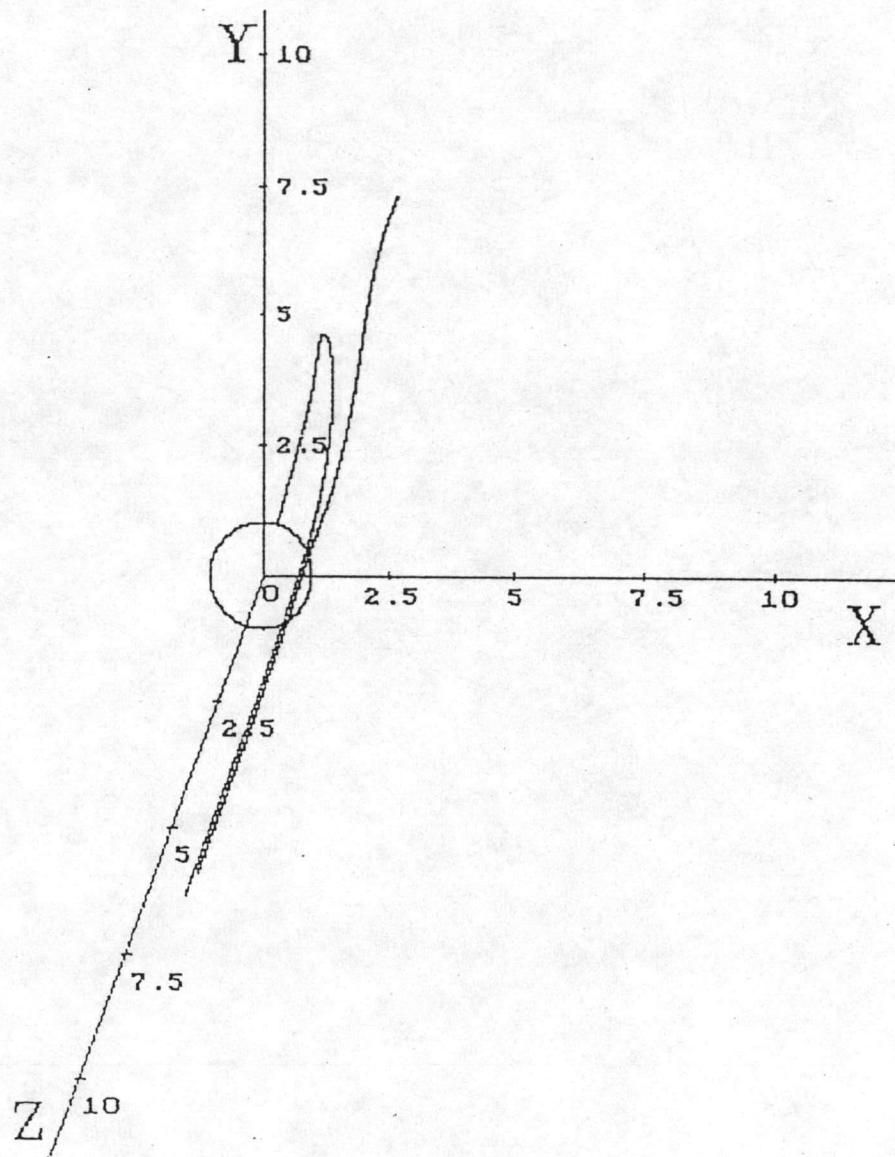
รูปที่ 4.20 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาถึงของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.2$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 80^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 1.65$ (ในหน่วยของ a)



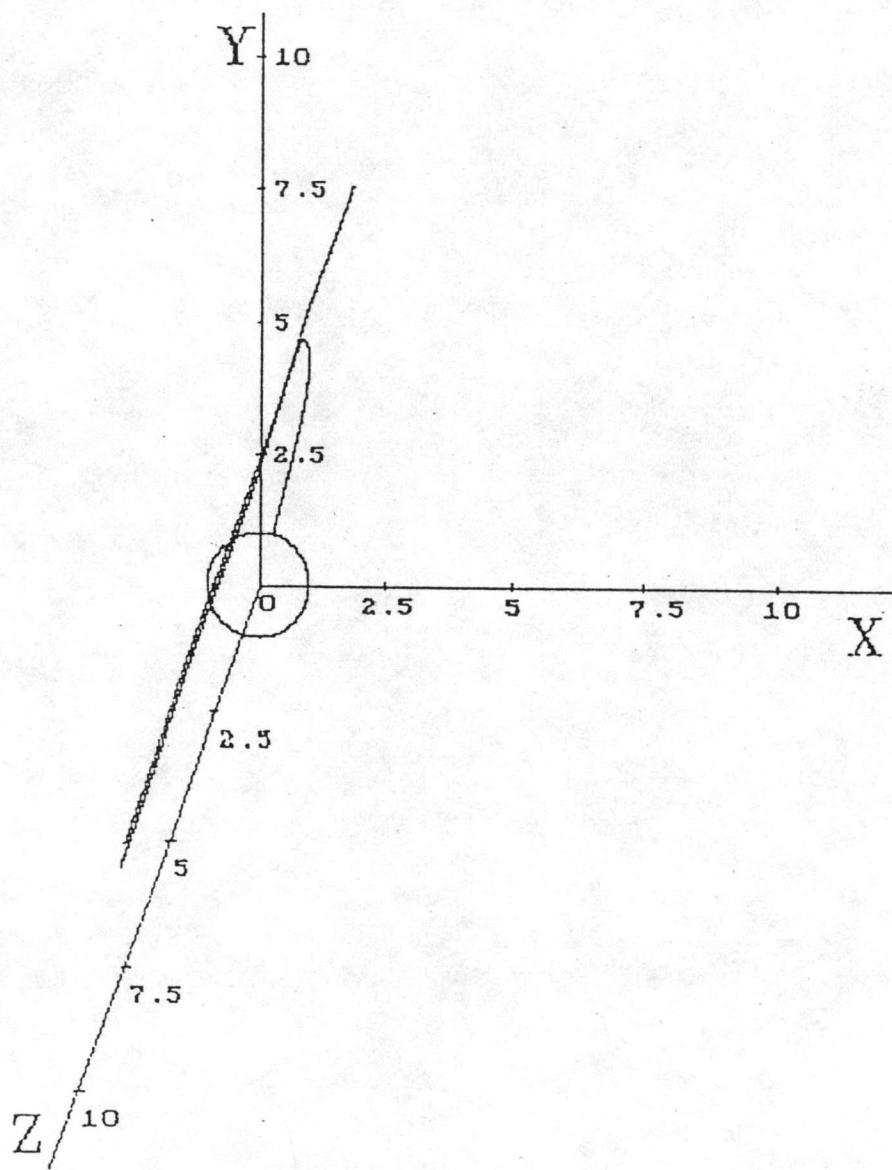
รูปที่ 4.21 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาถึงของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.2$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 10^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 2.65$ (ในหน่วยของ a)



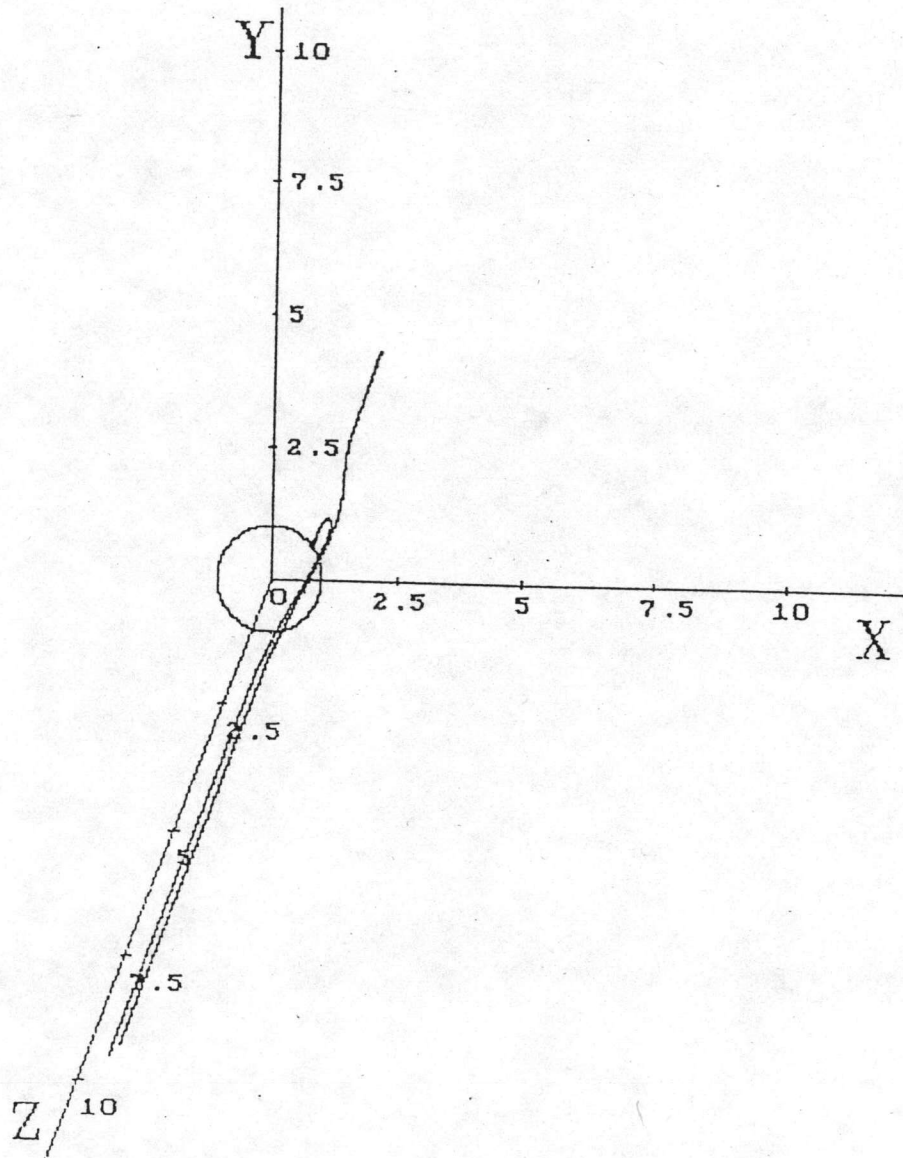
รูปที่ 4.22 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาใกล้ของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.2$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 3.35$ (ในหน่วยของ a)



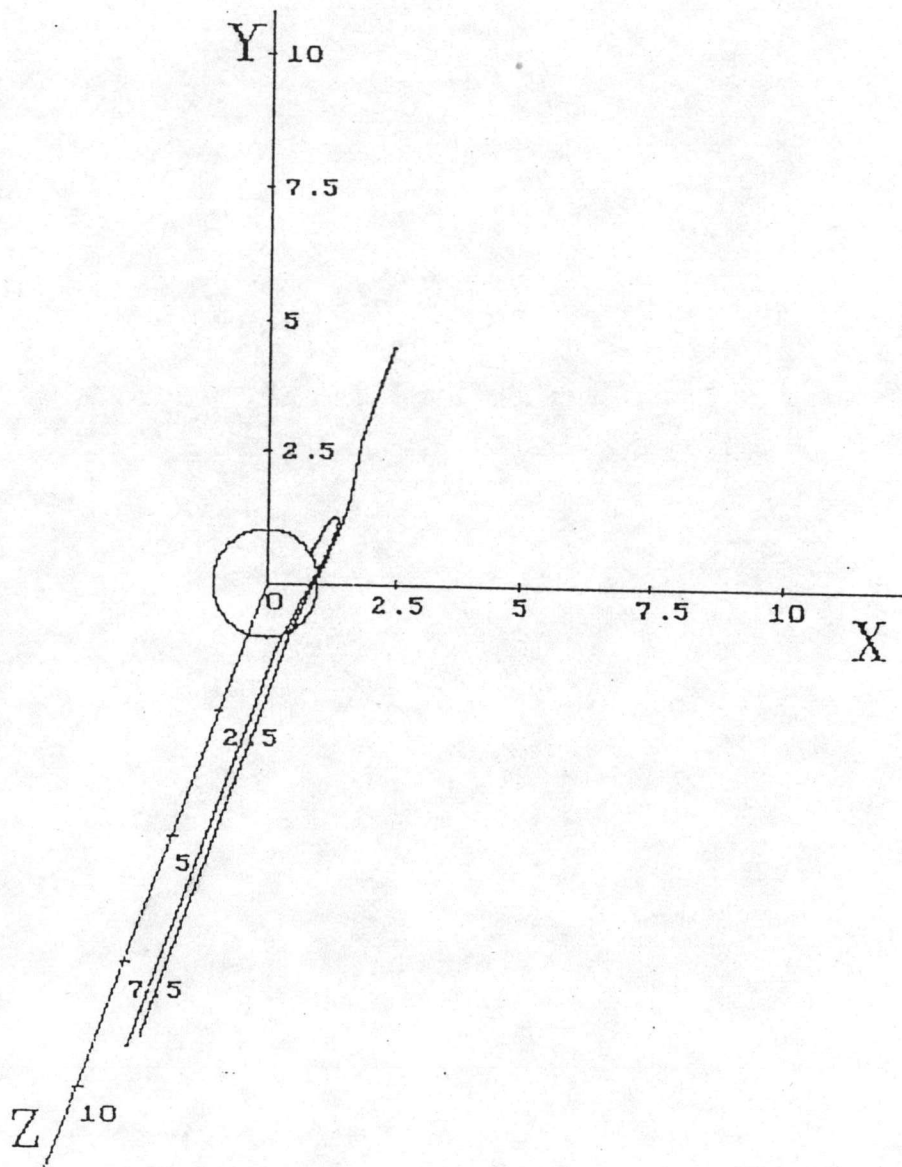
รูปที่ 4.23 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.2$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 60^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 3.90$ (ในหน่วยของ a)



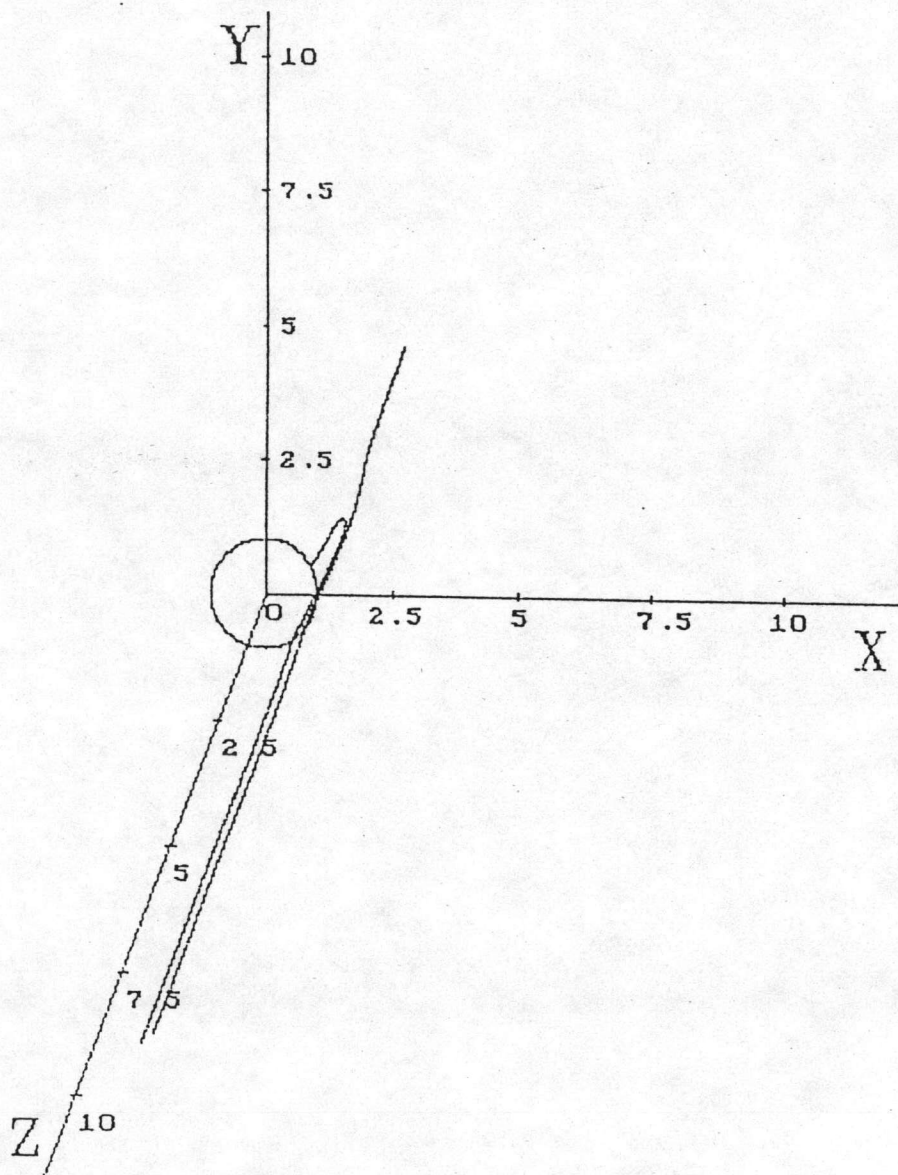
รูปที่ 4.24 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับ
ของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.2$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$
, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 80^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 4.25$ (ในหน่วยของ a)



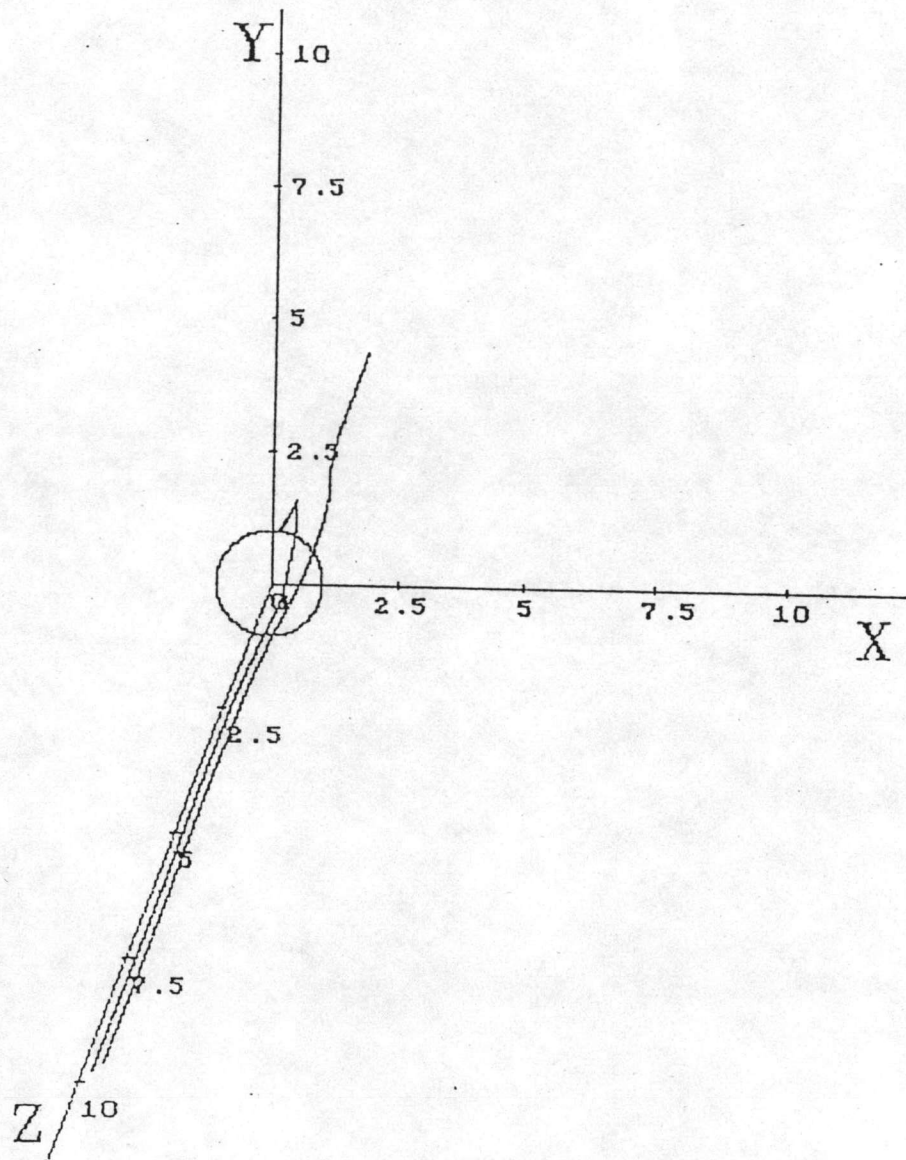
รูปที่ 4.25 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma}^* = 1.66 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 0.30$ (ในหน่วยของ a)



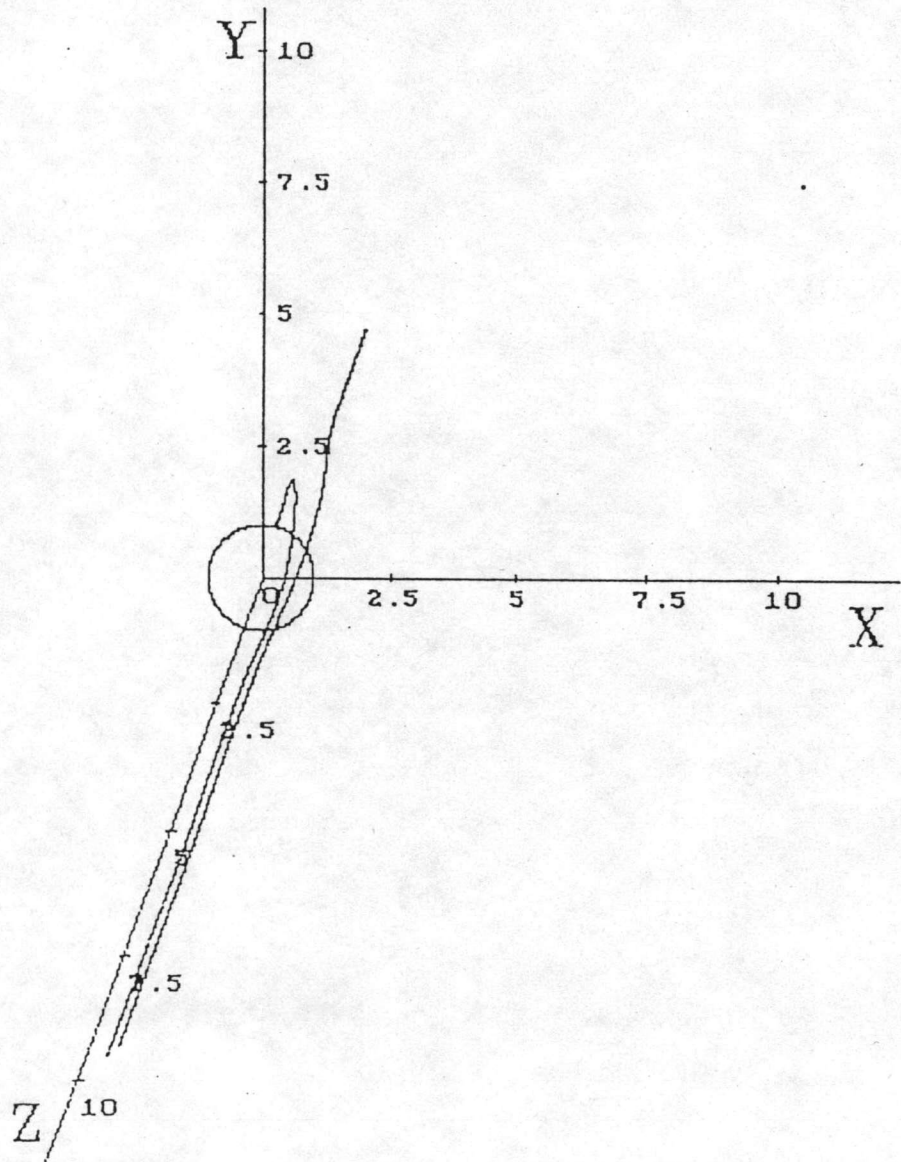
รูปที่ 4.26 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาใกล้ของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$, $v_{0a} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma}^* = 6.65 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 0.70$ (ในหน่วยของ a)



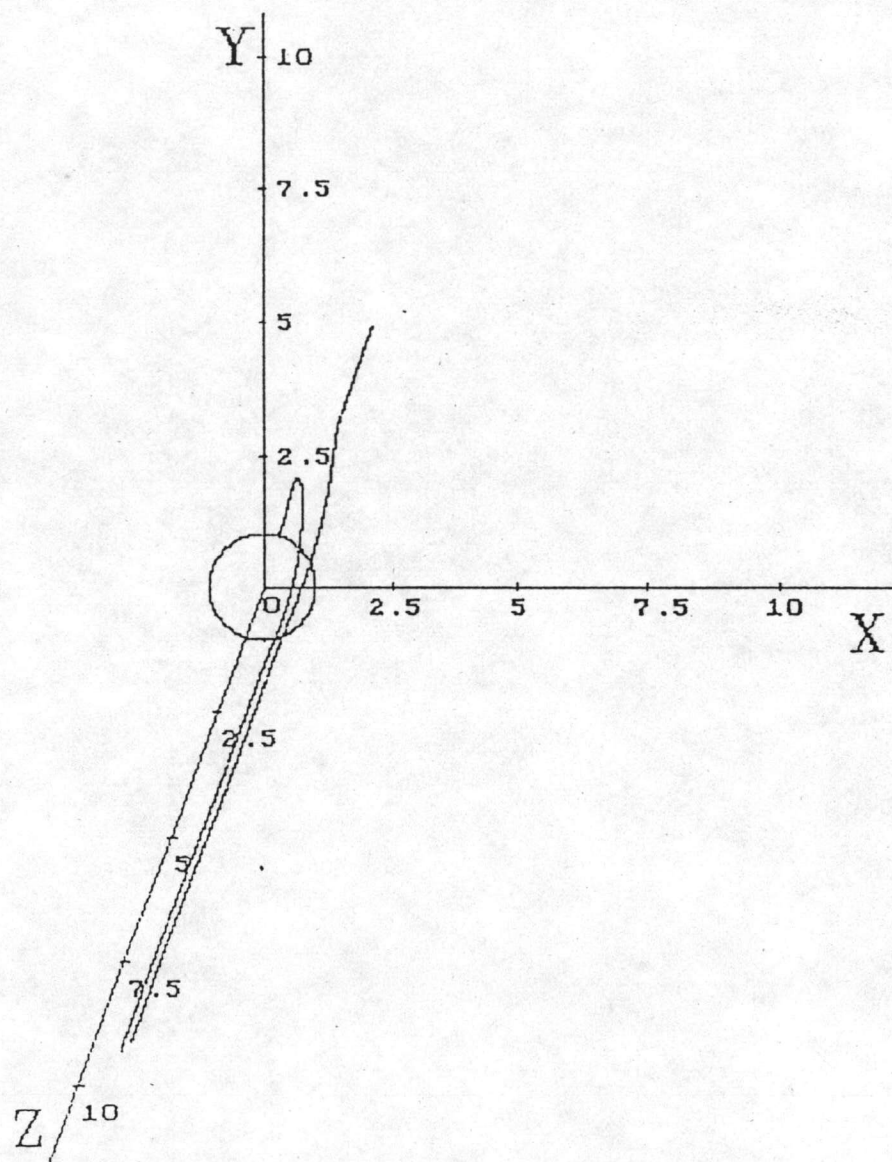
รูปที่ 4.27 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาถึงของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma}^* = 14.96 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 1.00$ (ในหน่วยของ a)



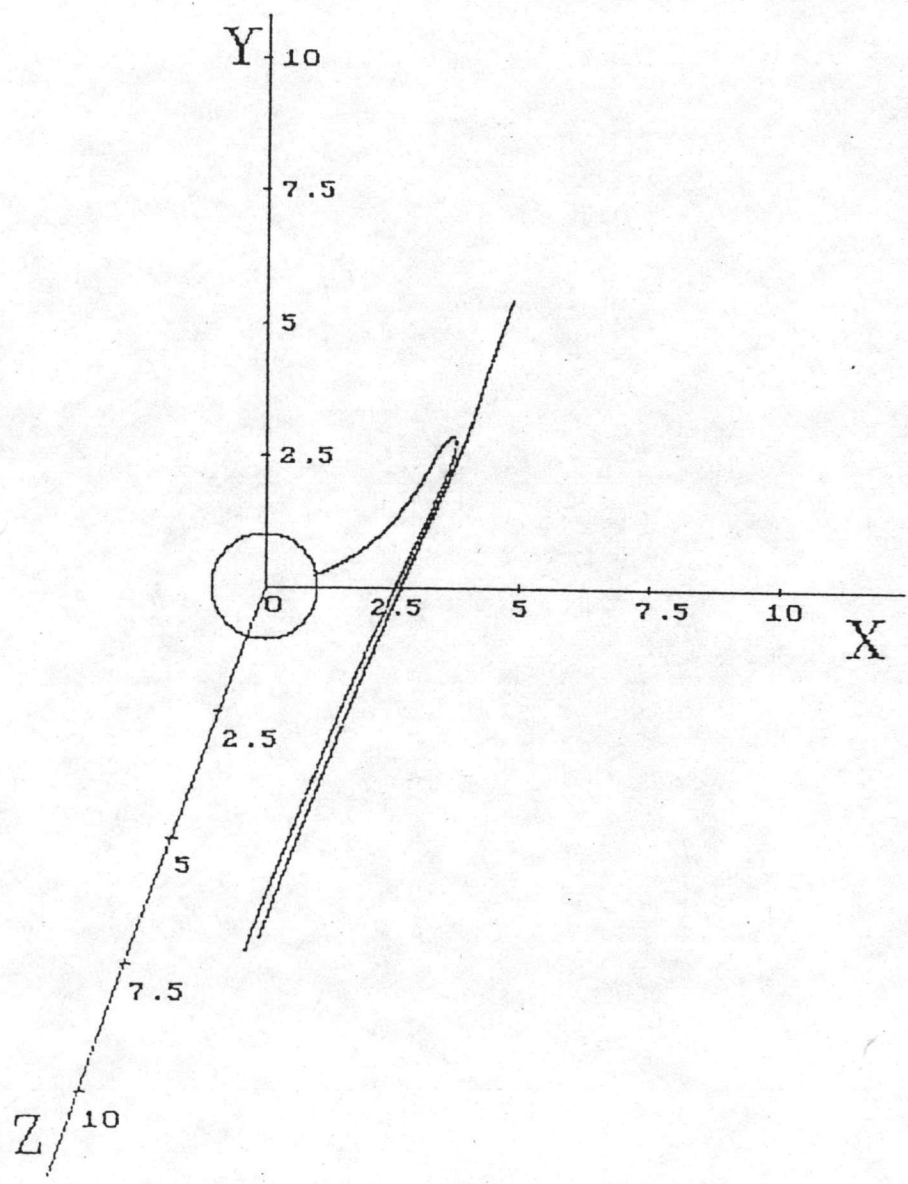
รูปที่ 4.28 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$, $v_{0a} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma}^* = -1.66 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 0.70$ (ในหน่วยของ a)



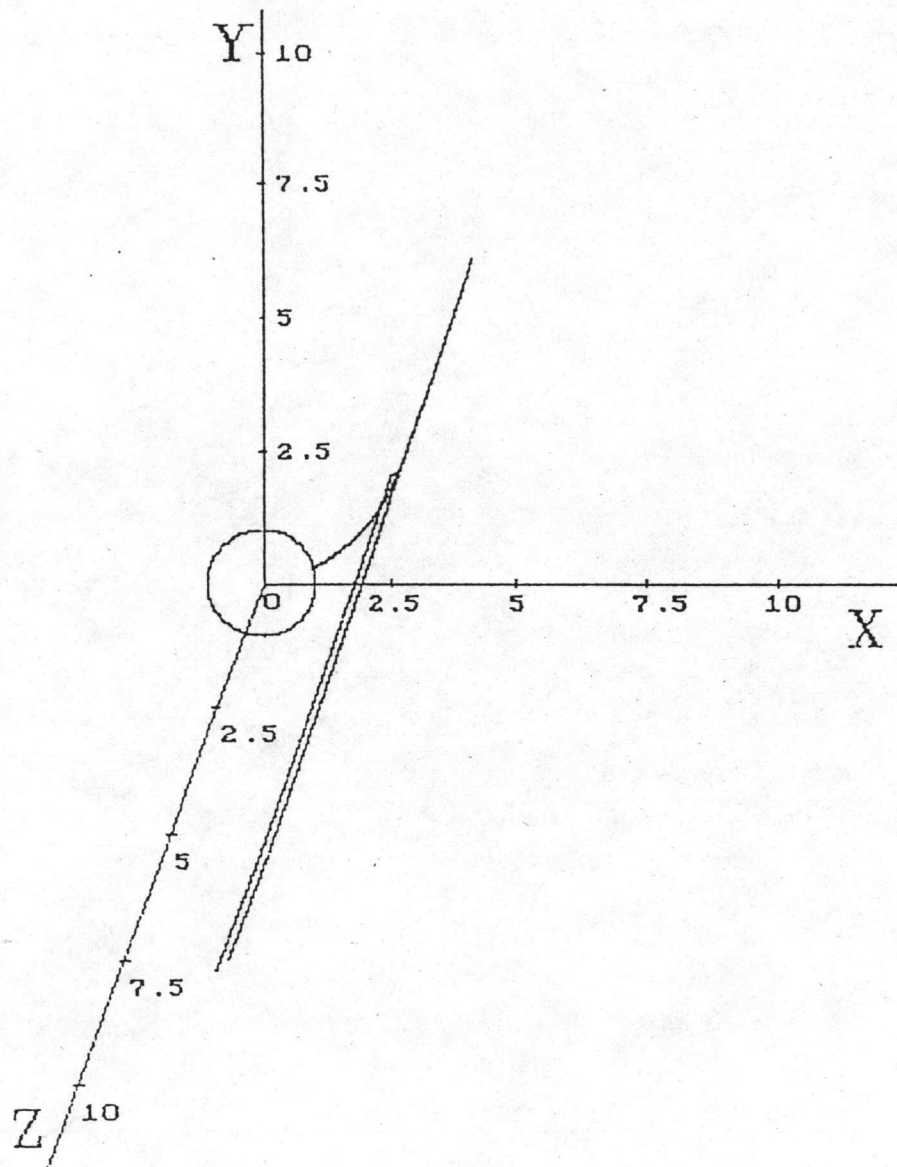
รูปที่ 4.29 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาถึงของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma}^* = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 1.20$ (ในหน่วยของ a)



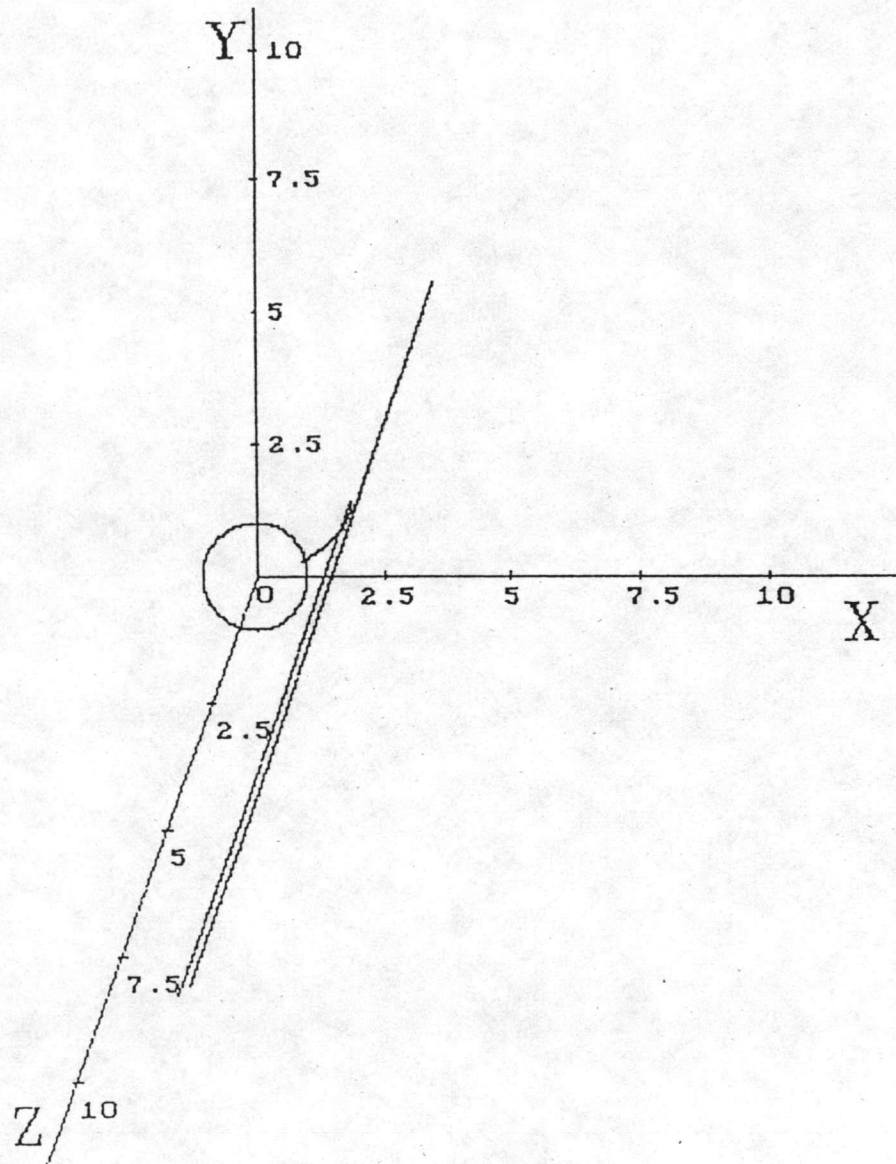
รูปที่ 4.30 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาถึงของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$, $v_{0a} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma}^* = -14.96 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 1.55$ (ในหน่วยของ a)



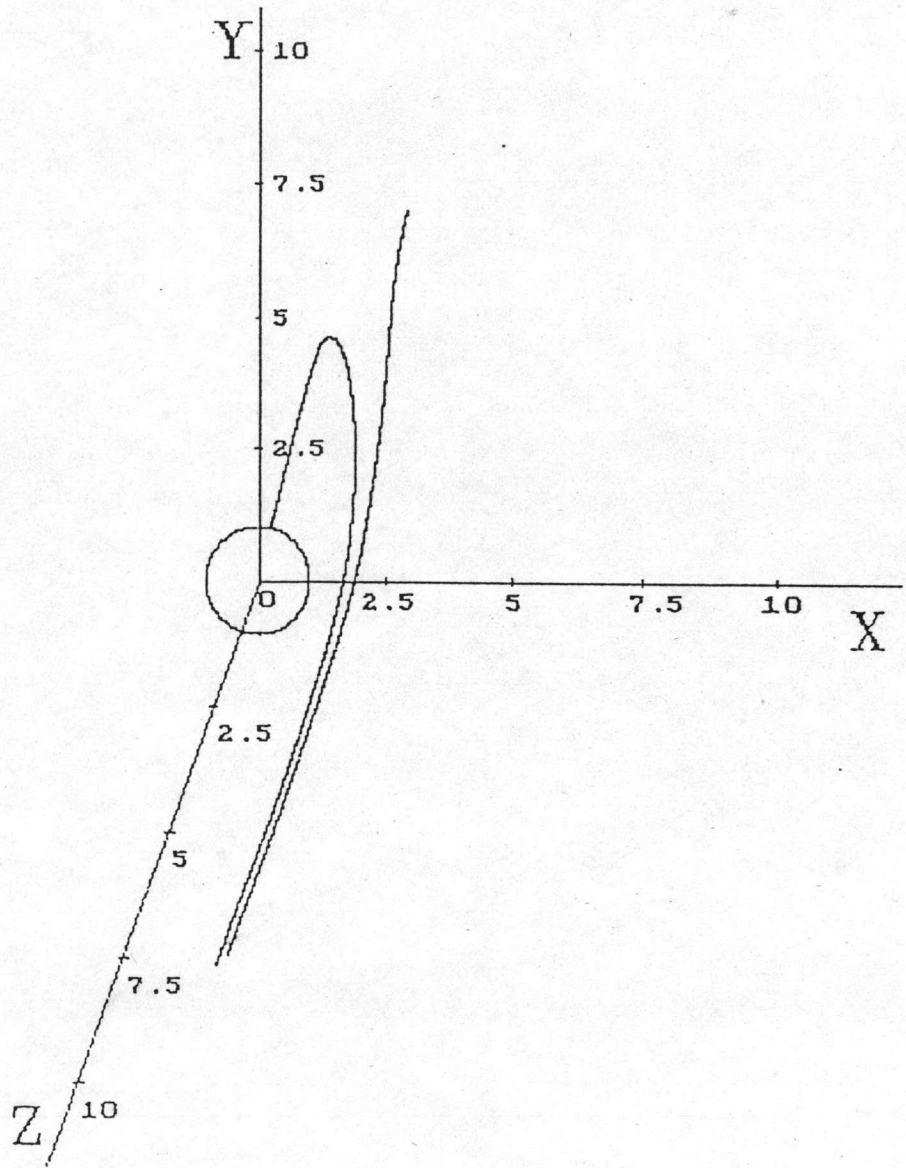
รูปที่ 4.31 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาถึงของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.1, v_{0a} = -6.65 \text{ s}^{-1}, v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}, K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 4.00$ (ในหน่วยของ a)



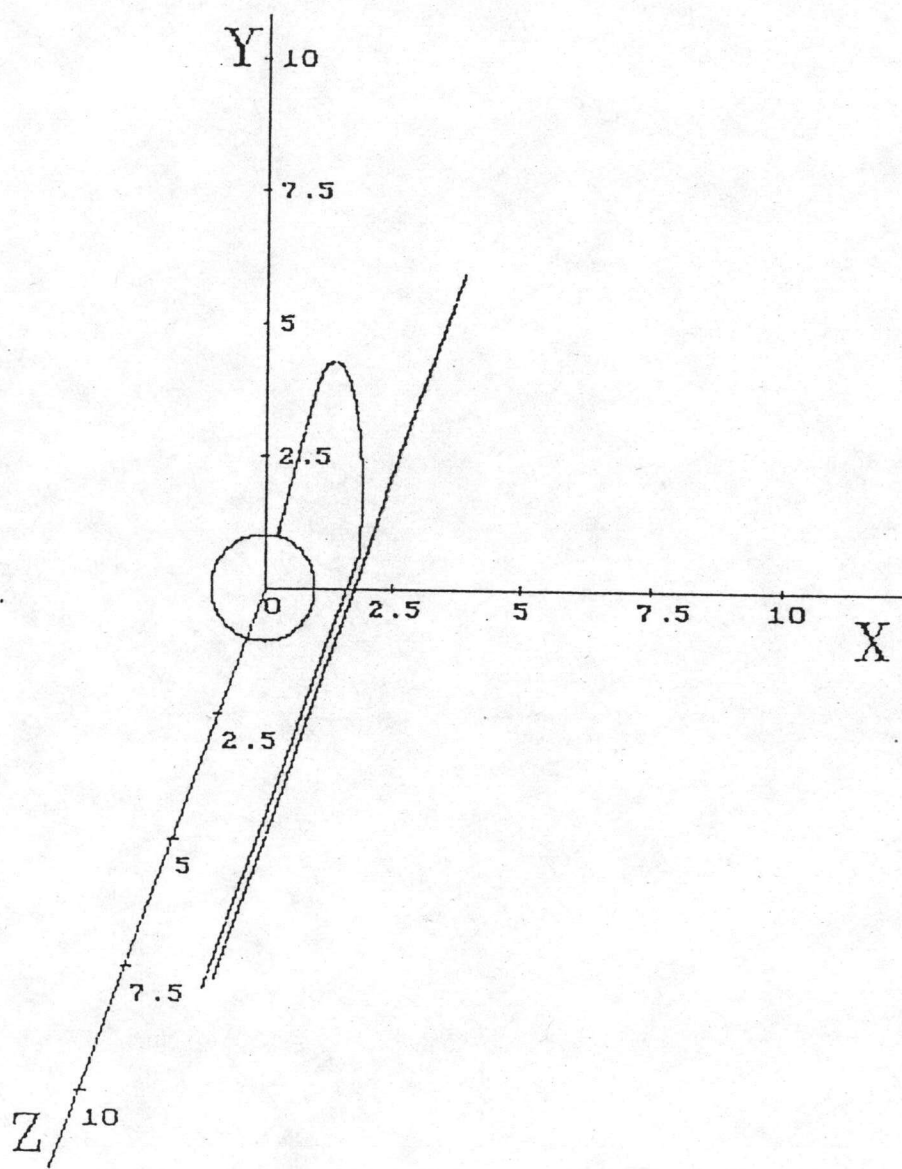
รูปที่ 4.32 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.3$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 3.30$ (ในหน่วยของ a)



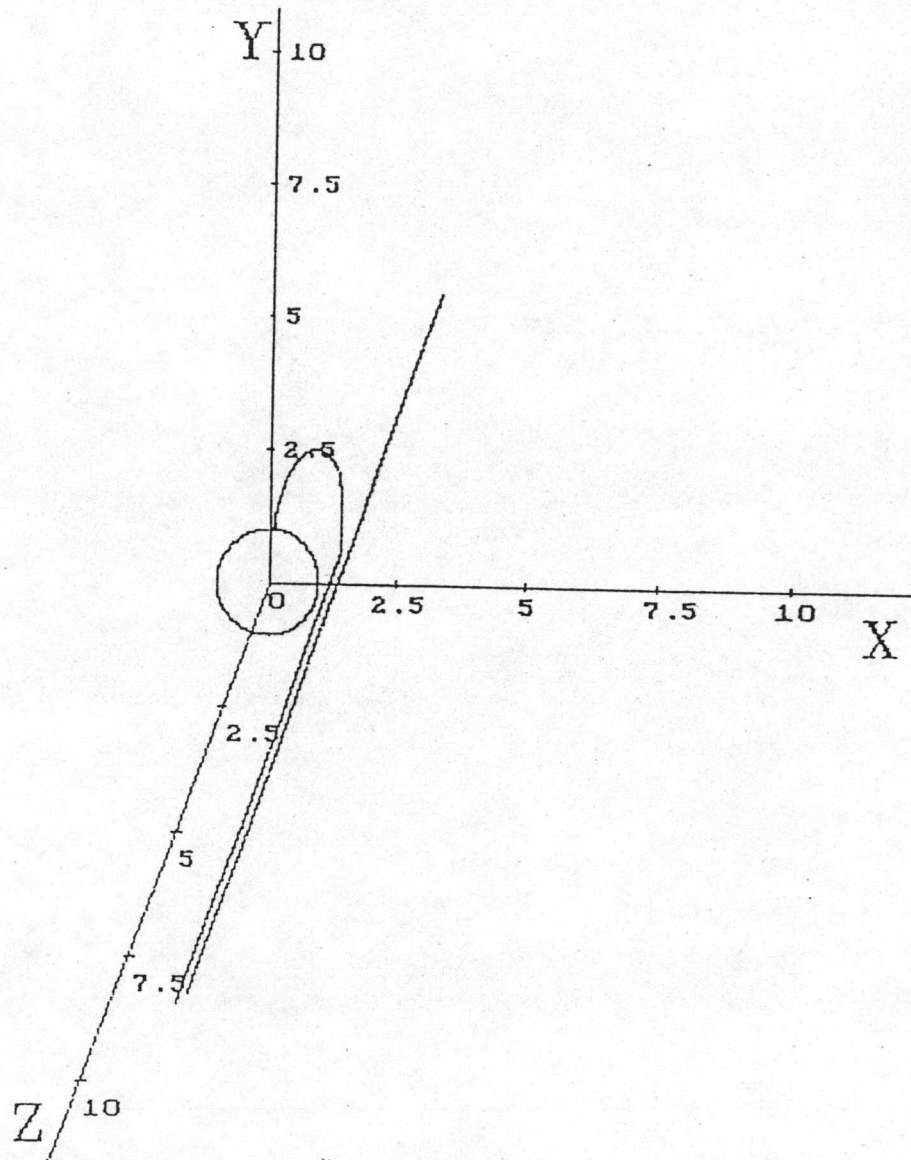
รูปที่ 4.33 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ที่เข้ามาทับ
 ของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$
 $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 2.45$ (ในหน่วยของ a)



รูปที่ 4.34 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.1, v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}, v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}, K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 3.40$ (ในหน่วยของ a)



รูปที่ 4.35 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาถึงของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.3$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 3.00$ (ในหน่วยของ a)



รูปที่ 4.36 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ที่เข้ามาทับของไหล กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 40^\circ$ ซึ่งได้ค่า $r_c = 2.25$ (ในหน่วยของ a)

3. สัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็กเป็นพารามิเตอร์

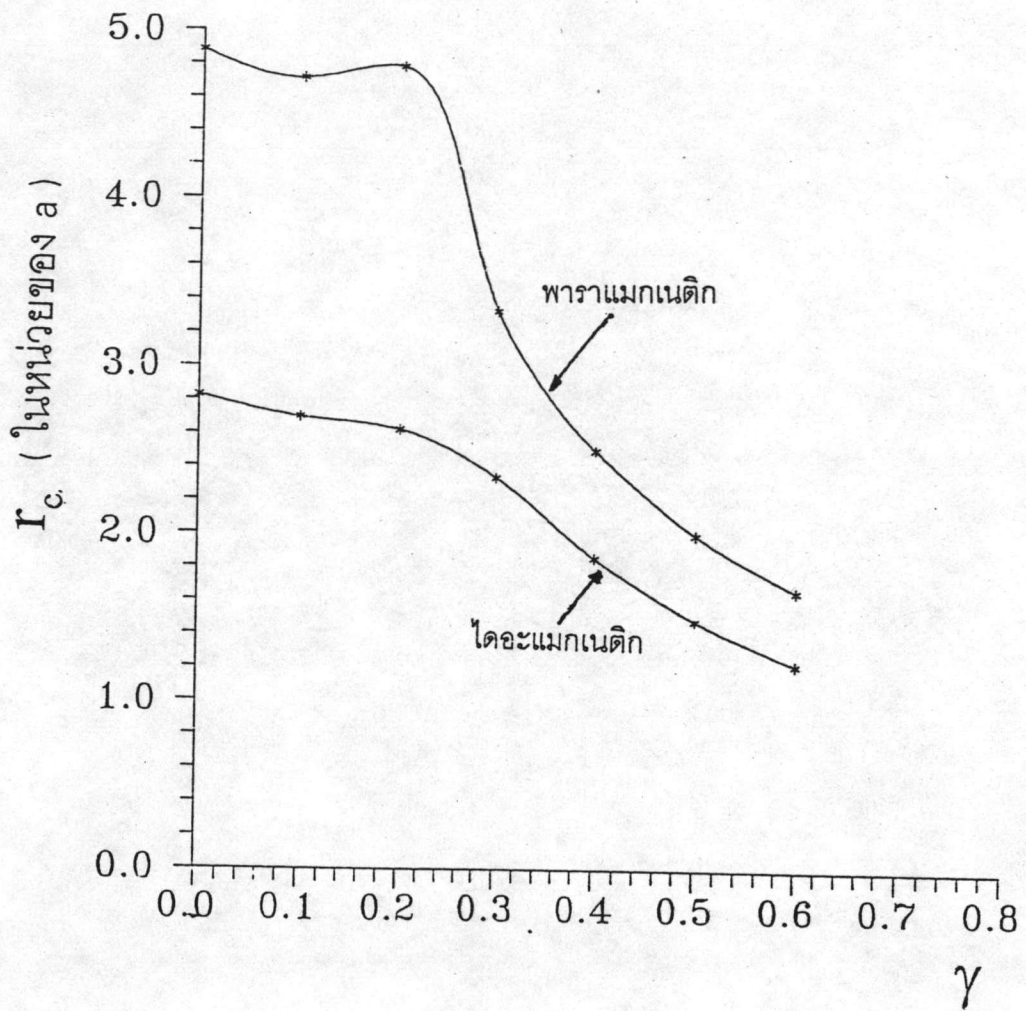
พิจารณารูปที่ (4.31) - (4.33) และรูปที่ (4.34) - (4.36) ซึ่งแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคแม่เหล็กที่เข้ามาถึงของไหล แบบพาราแมกเนติกและไดอะแมกเนติก ตามลำดับ กรณีนี้สัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก (γ^3) เปลี่ยนแปลง แต่พารามิเตอร์อื่นๆ (v_{oa}, K_s, v_{ma} และมุม ϕ_0) คงที่ โดยกำหนดพารามิเตอร์คงที่ต่างๆ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และมุม $\phi_0 = 40$ องศา ซึ่ง $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก และ $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก จากรูปที่แสดง พบว่า เมื่อสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็กมีค่ามากขึ้น รัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กทั้งสองแบบมีแนวโน้มลดลง เช่น สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก เมื่อ $\gamma = 0.1$, $r_c = 2.50$ เป็นต้น

4.2 รัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็ก

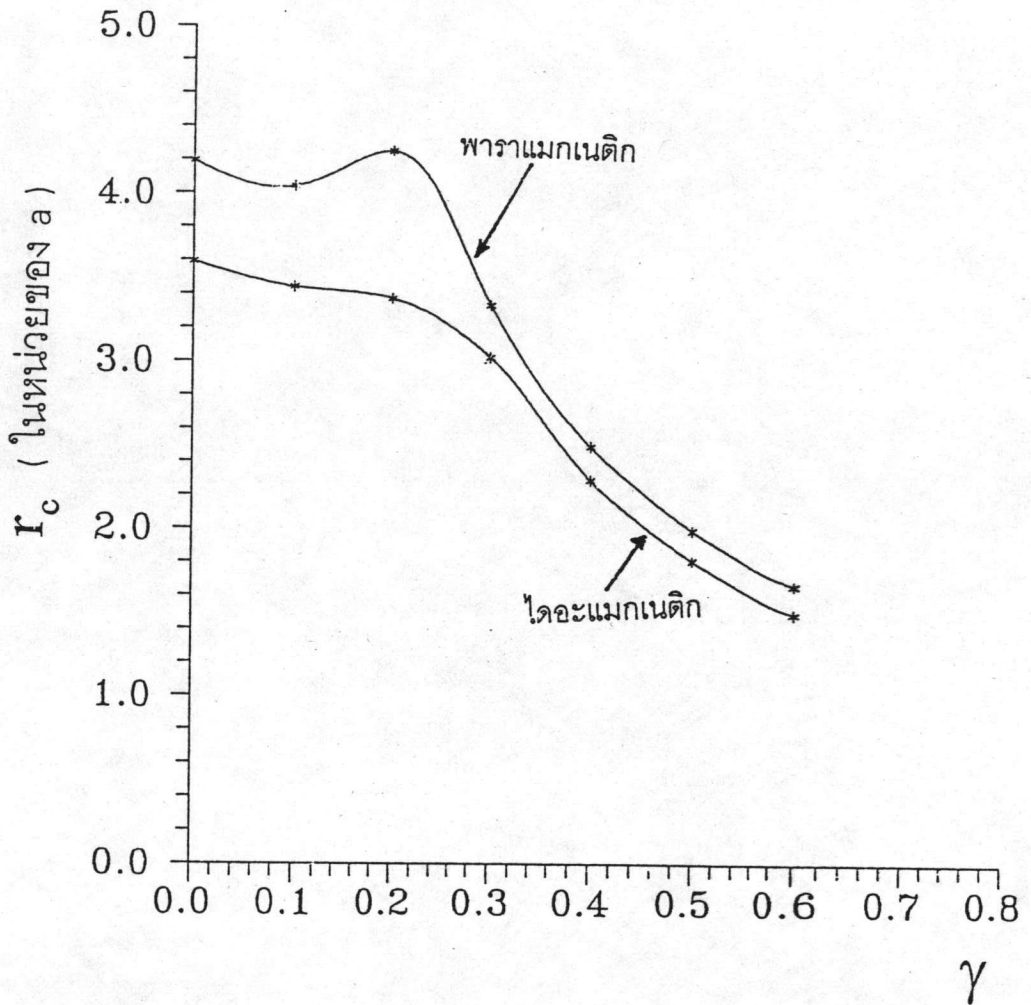
สำหรับในหัวข้อนี้ จะเปรียบเทียบรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กระหว่างอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติกกับไดอะแมกเนติก เมื่อมีสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็กและสนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอเป็นพารามิเตอร์ ซึ่งจะพิจารณาที่มุม ϕ_0 ต่างๆกัน ดังนั้นสามารถแยกพิจารณาที่พารามิเตอร์ต่างๆได้ 2 กรณี คือ

ก. สัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็กและมุม ϕ_0 เป็นพารามิเตอร์

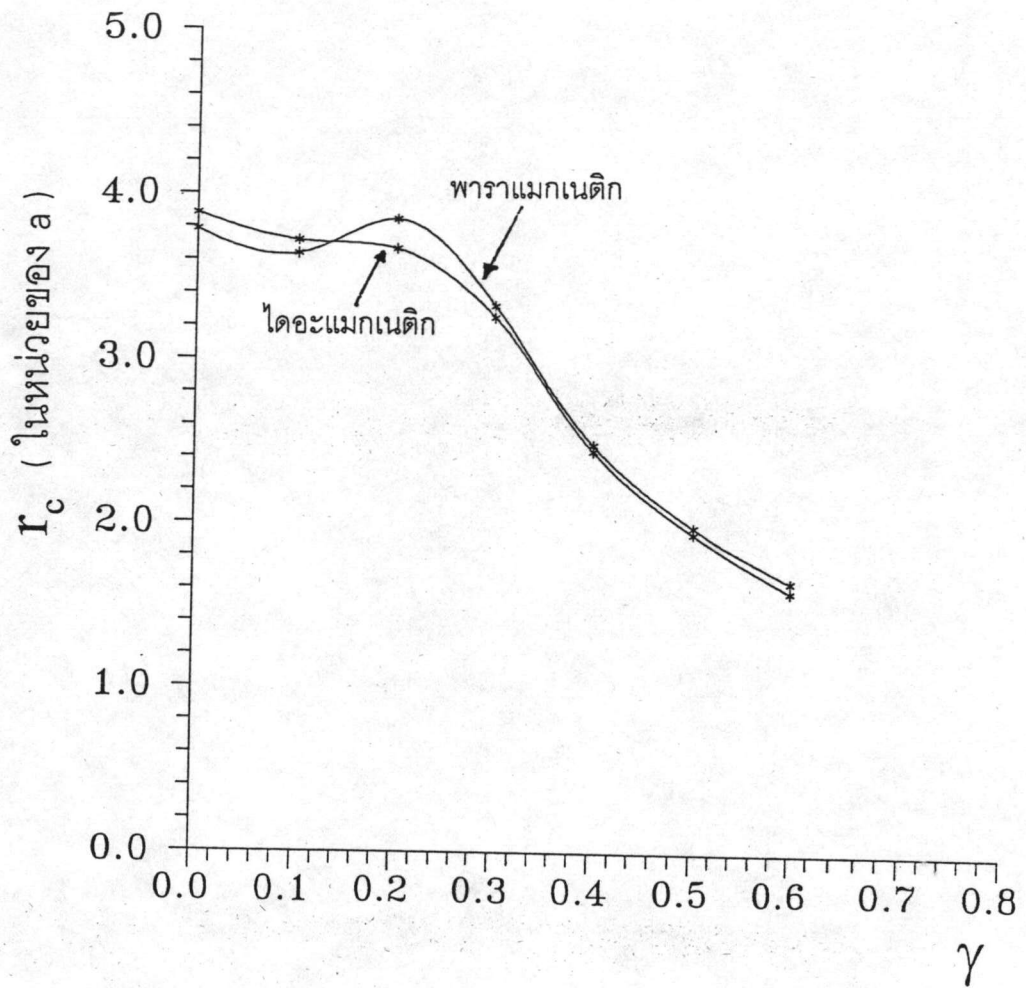
พิจารณารูปที่ (4.37) - (4.41) ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กกับสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก โดยเปรียบเทียบรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กระหว่างอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติกกับไดอะแมกเนติกที่ค่ามุม ϕ_0 ต่างๆกัน กำหนดให้พารามิเตอร์คงที่ต่างๆคือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ ซึ่ง $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก และ $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ซึ่งเมื่อพิจารณาที่มุม ϕ_0 ใดๆ พบว่า เมื่อสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็กมีค่ามากขึ้น ($\gamma \geq 0.3$ โดยประมาณ) รัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กจะมีค่าลดลง และรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติกกับไดอะแมกเนติก จะเข้ามาใกล้กันมากยิ่งขึ้น จากรูปที่



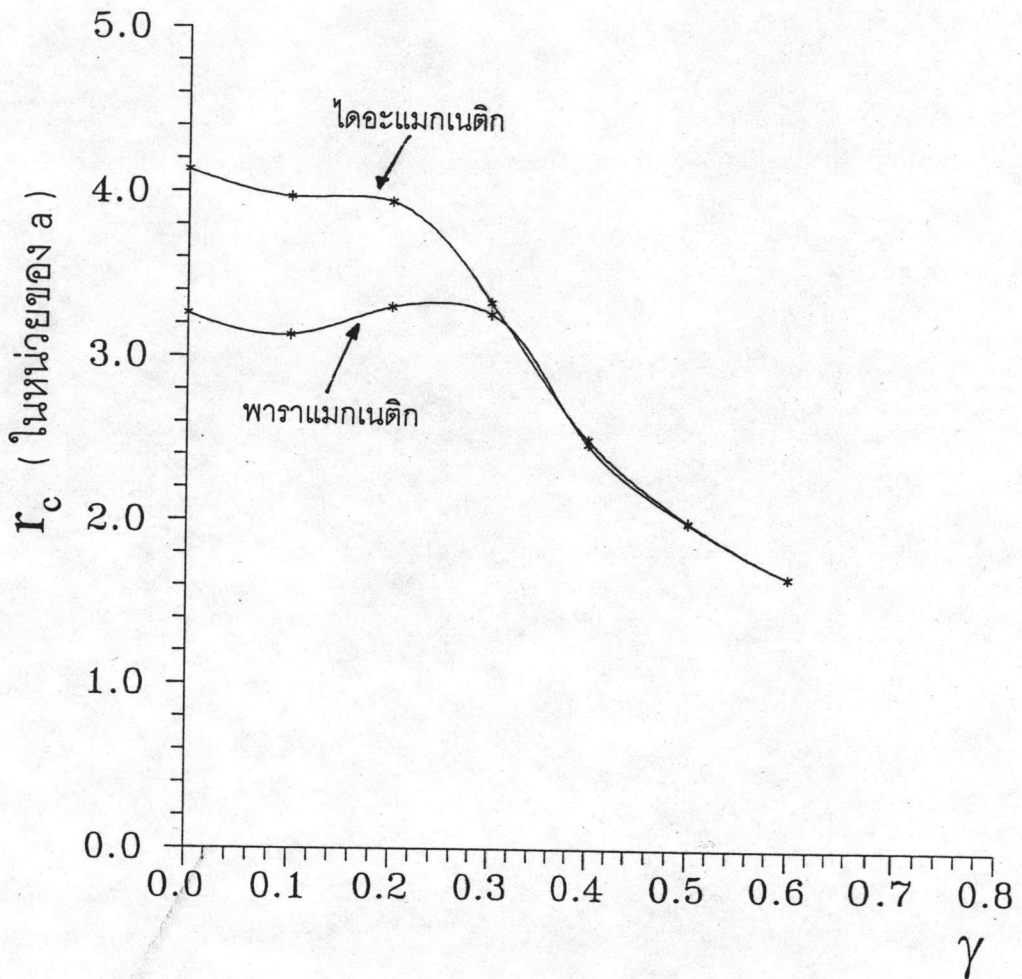
รูปที่ 4.37 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กกับสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{0a} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = \pm 571.5 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0^\circ$



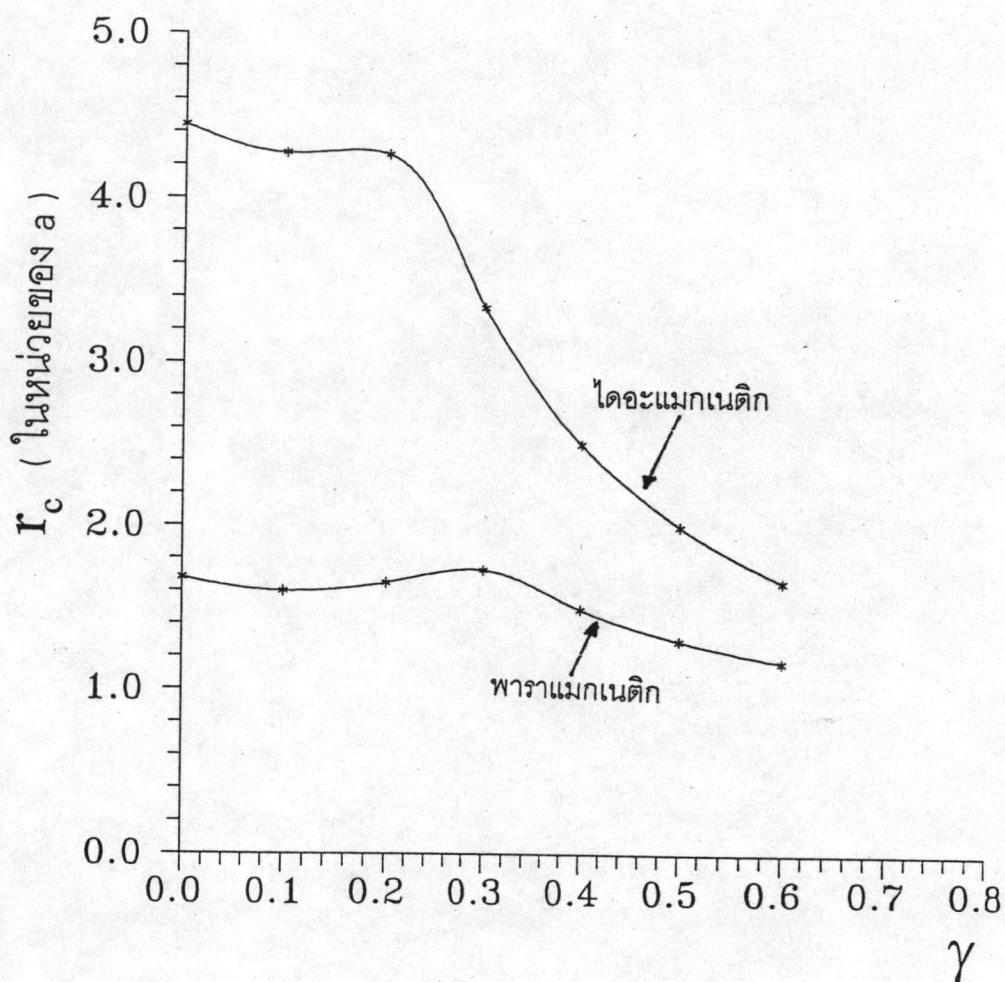
รูปที่ 4.38 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กกับสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = \pm 571.5 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 40^\circ$



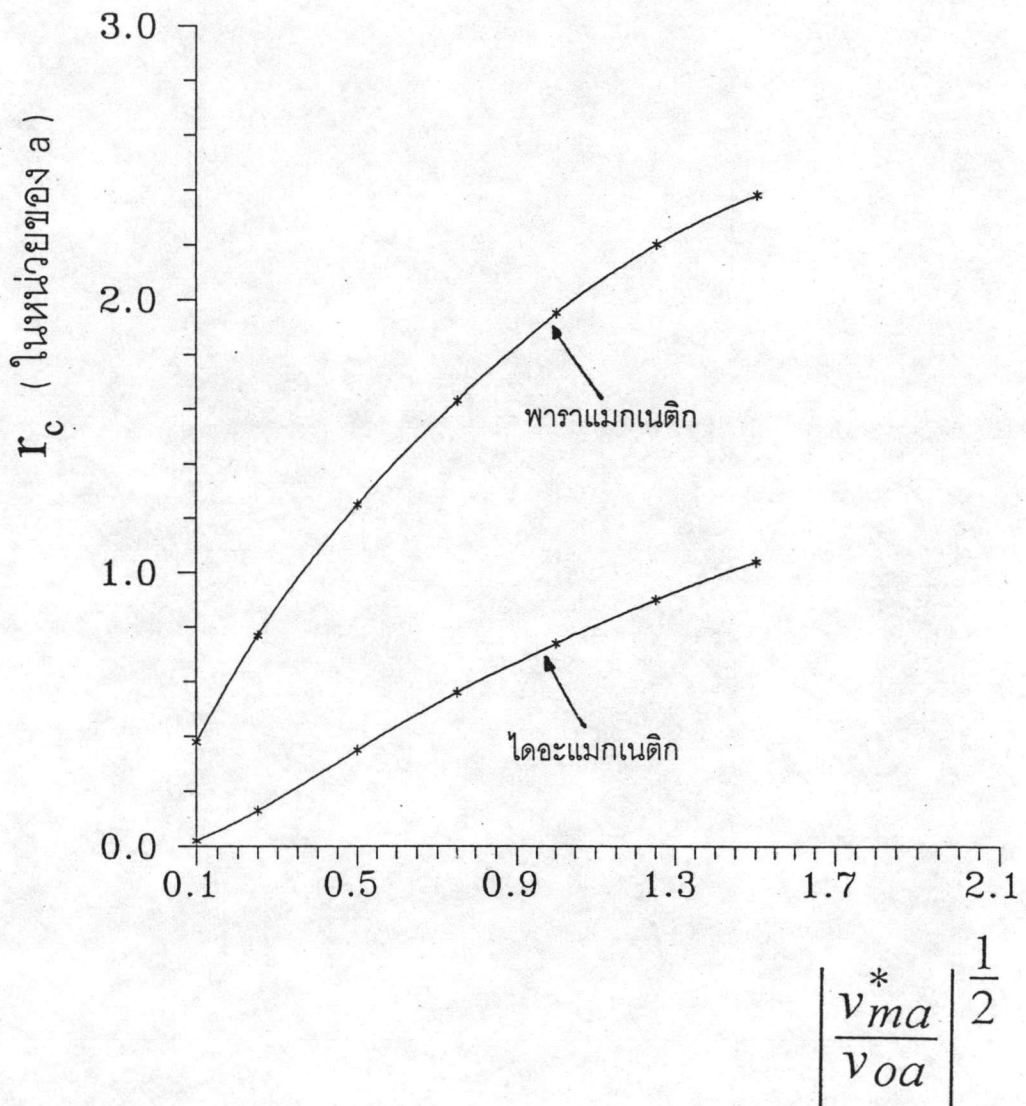
รูปที่ 4.39 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กกับสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = \pm 571.5 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 50^\circ$



รูปที่ 4.40 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กกับสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = \pm 571.5 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 60^\circ$



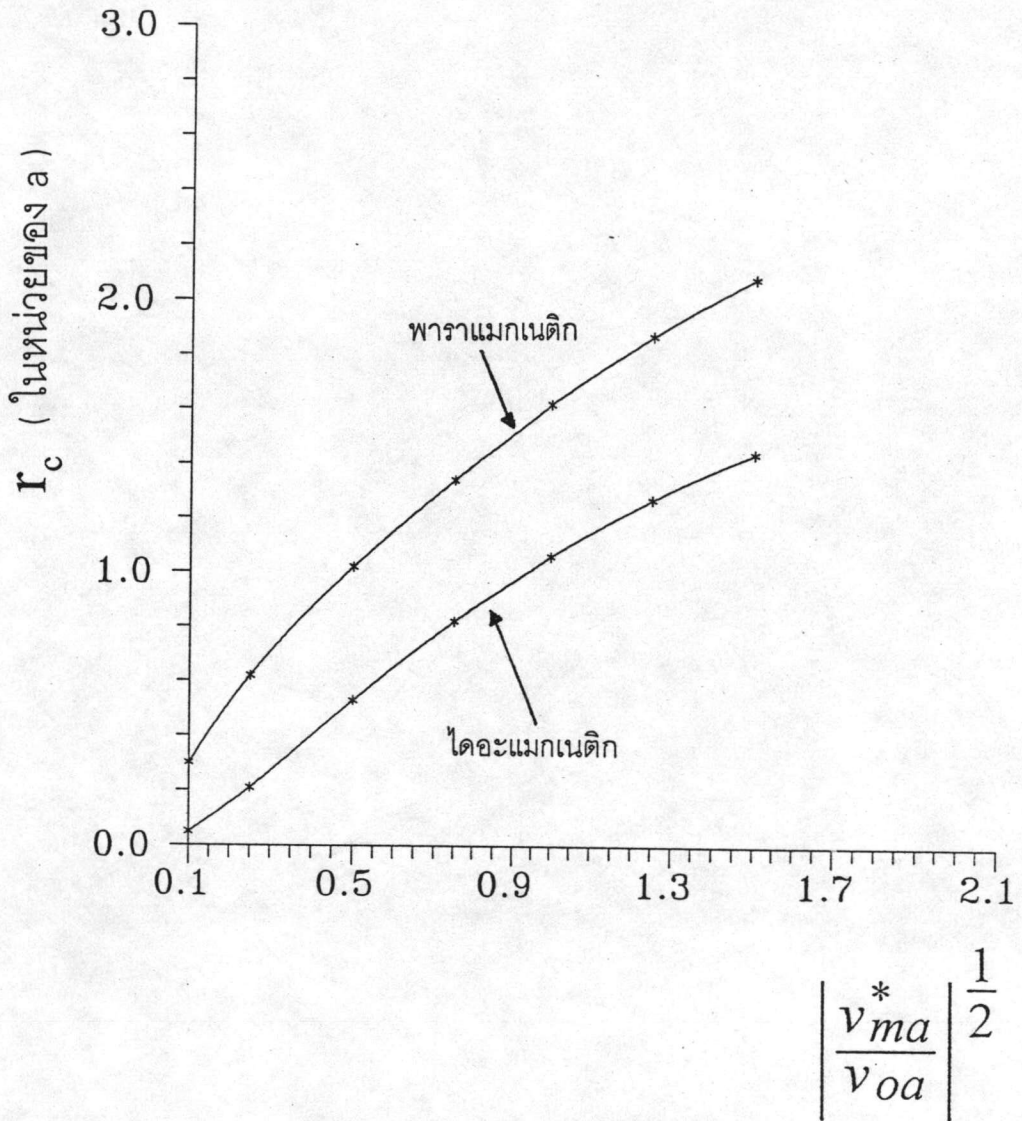
รูปที่ 4.41 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กกับสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = \pm 571.5 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_o = 80^\circ$



รูปที่ 4.42 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กกับสนามแม่เหล็กภายนอก

ความเข้มข้นสม่ำเสมอ ($\left| \frac{v_{ma}^*}{v_{oa}} \right|^{1/2}$) กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$

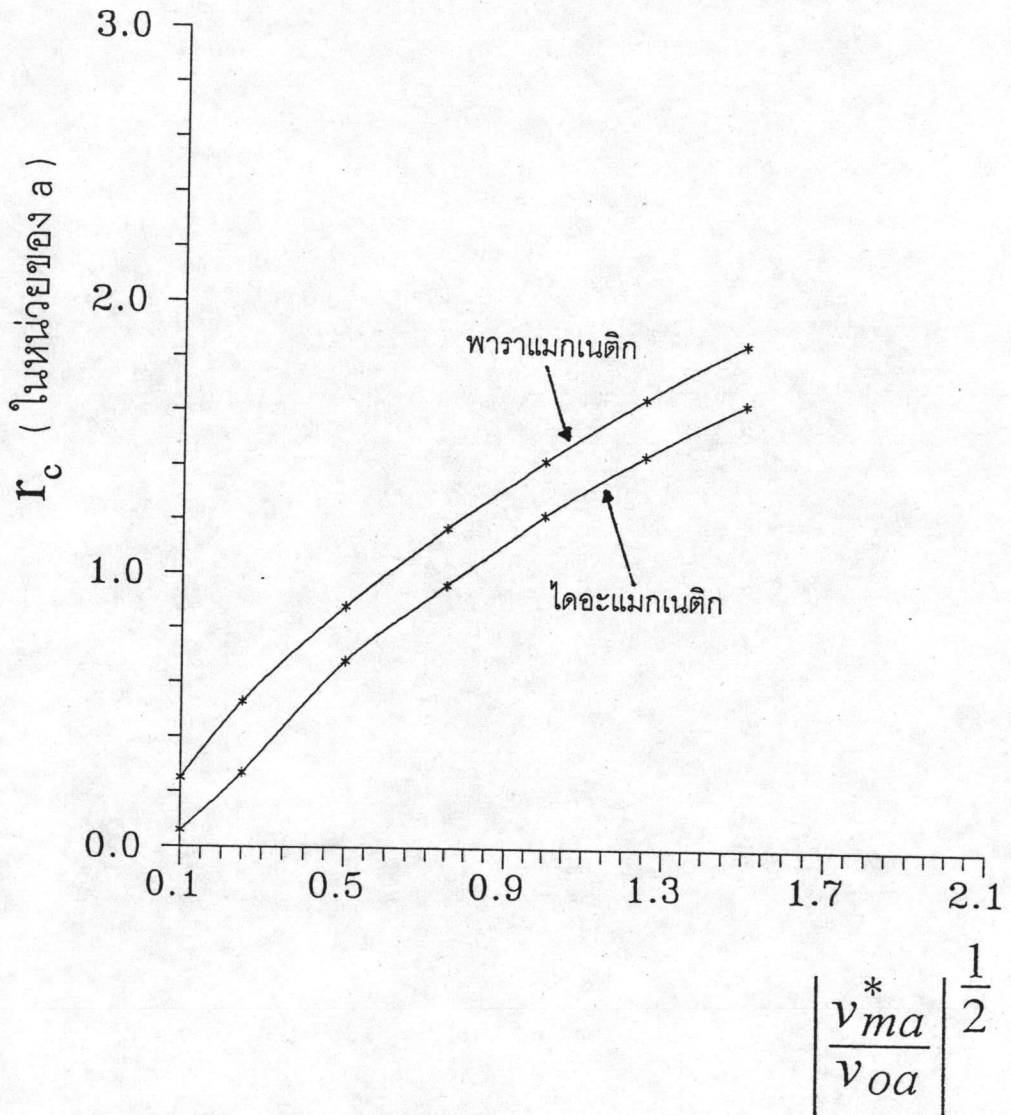
$\gamma = 0.4$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 0^\circ$



รูปที่ 4.43 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กกับสนามแม่เหล็กภายนอก

ความเข้มข้นสม่ำเสมอ ($\left| \frac{v_{ma}^*}{v_{oa}} \right|^{1/2}$) กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$

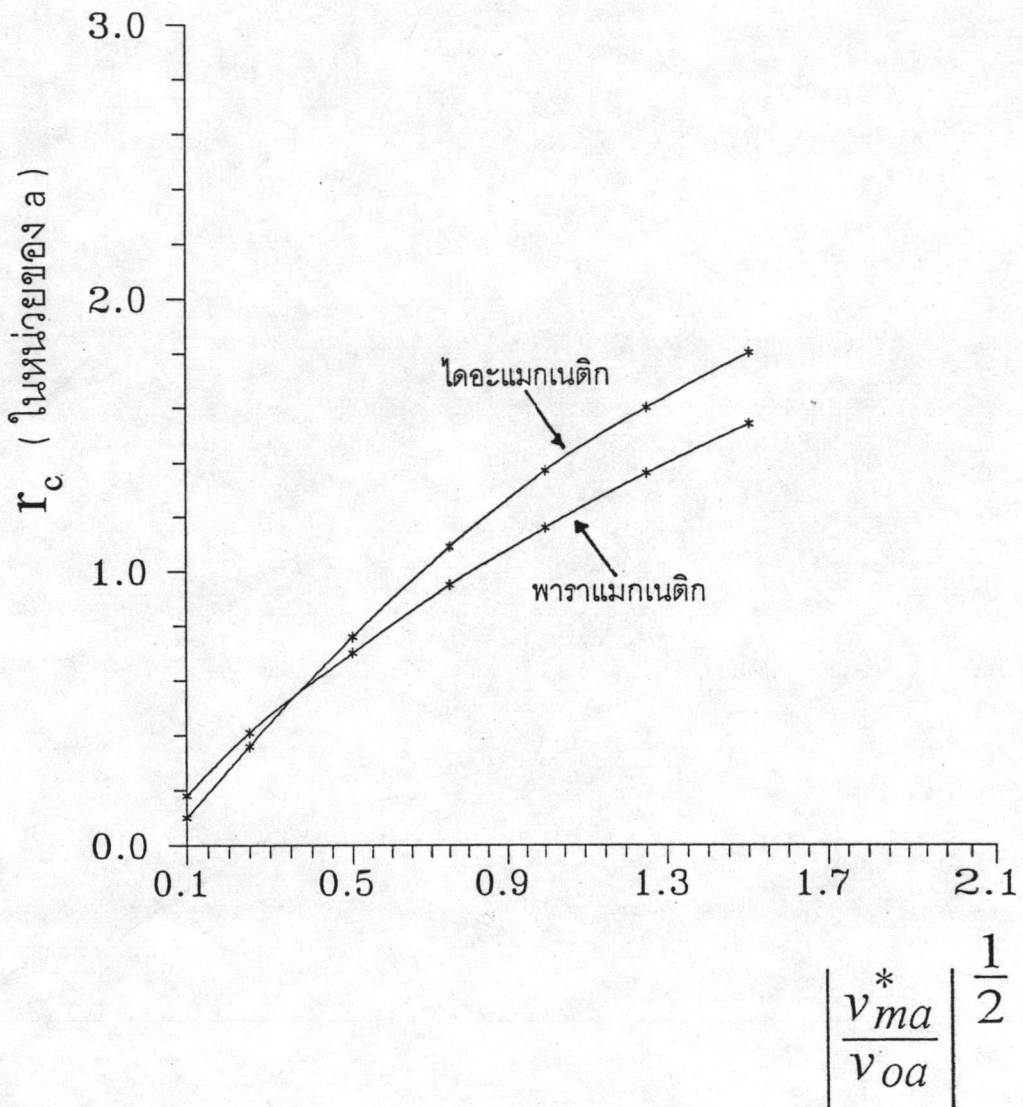
$\gamma = 0.4$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 40^\circ$



รูปที่ 4.44 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กกับสนามแม่เหล็กภายนอก

ความเข้มข้นสม่ำเสมอ ($\left| \frac{v_{ma}^*}{v_{oa}} \right|^{1/2}$) กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$

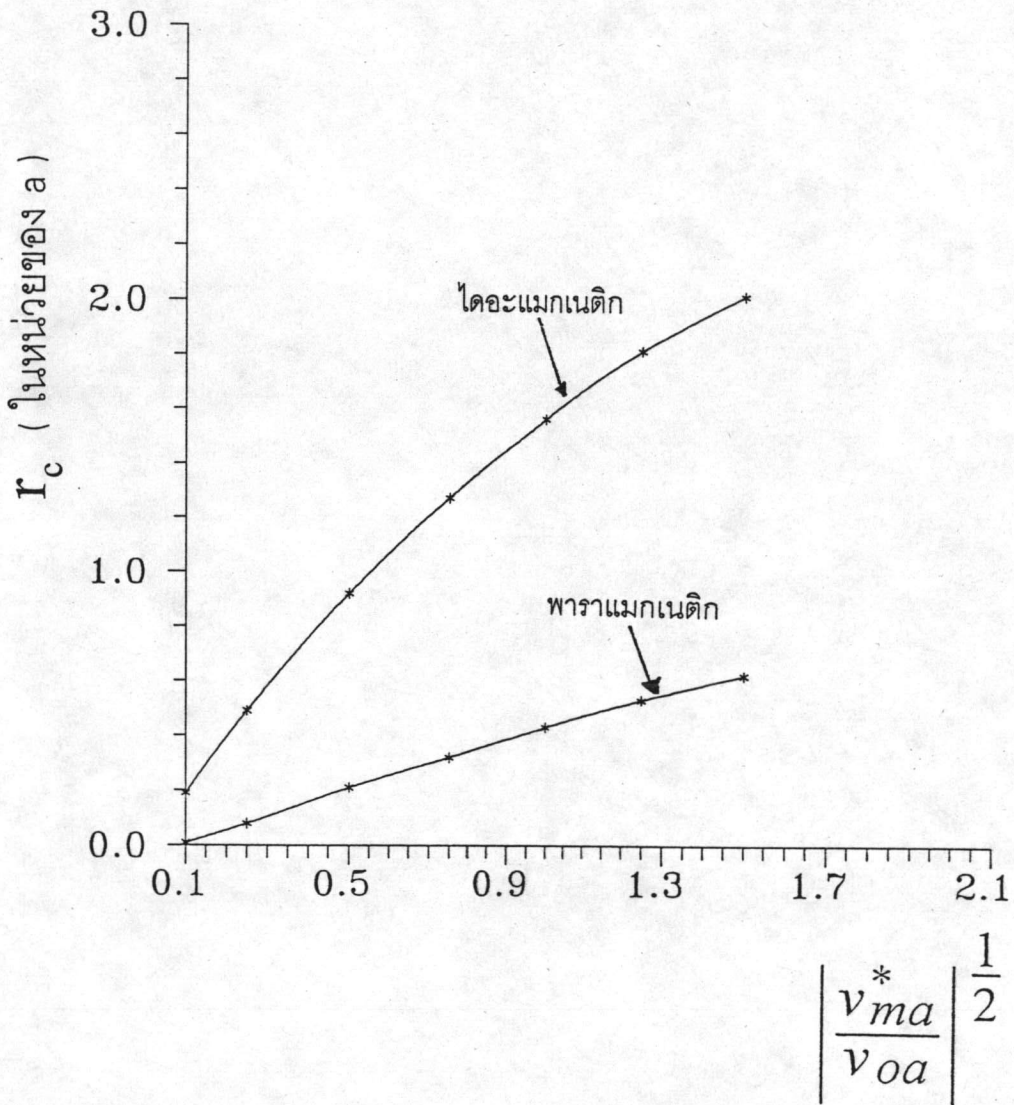
$\gamma = 0.4$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 50^\circ$



รูปที่ 4.45 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กกับสนามแม่เหล็กภายนอก

ความเข้มสนามแม่เหล็ก $\left(\left| \frac{v_{ma}^*}{v_{oa}} \right|^{1/2} \right)$ กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$

$\gamma = 0.4$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 60^\circ$



รูปที่ 4.46 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กกับสนามแม่เหล็กภายนอก

ความเข้มสม่ำเสมอ $\left(\left| \frac{v_{ma}^*}{v_{oa}} \right|^{1/2} \right)$ กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$

$\gamma = 0.4$, $K_s = 0.58$ และ $\varphi_0 = 80^\circ$

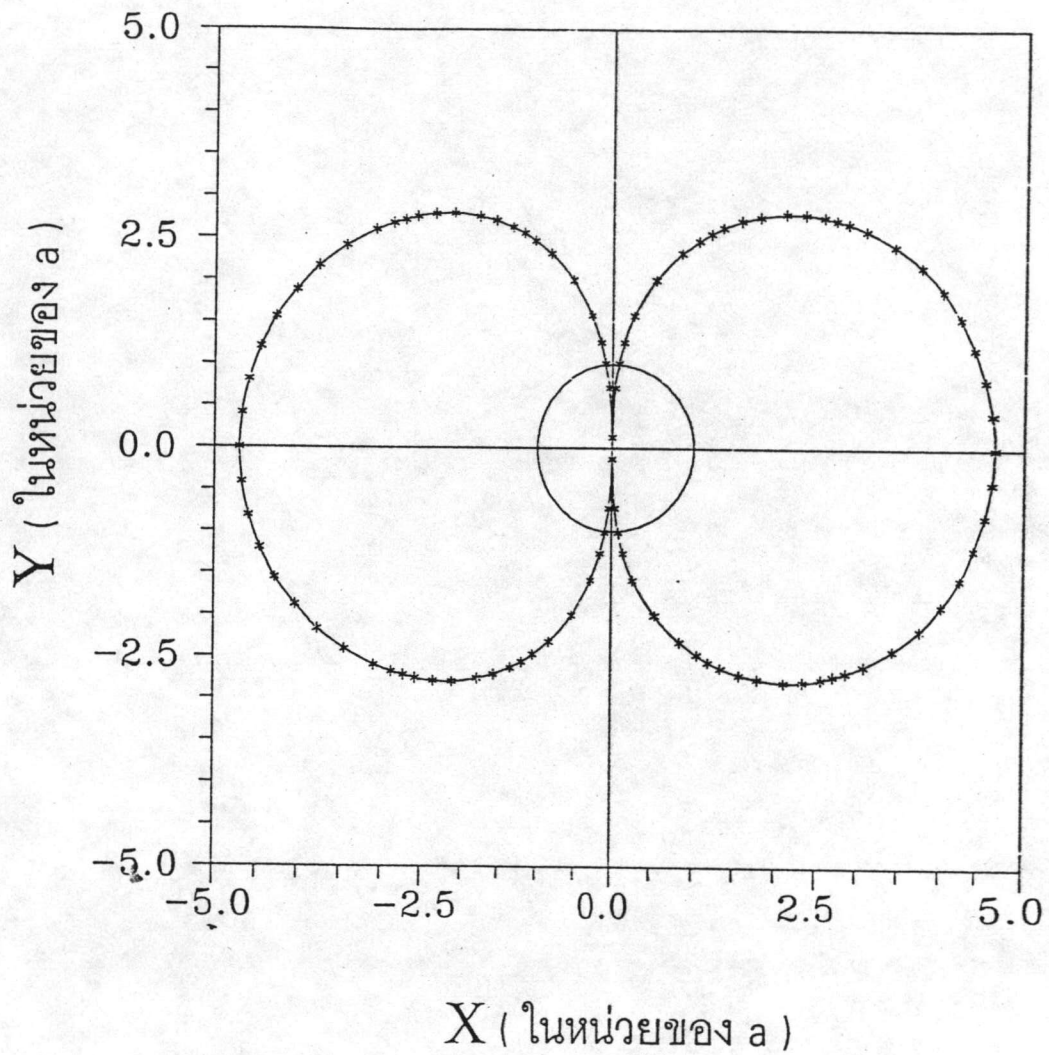
แสดง ที่ค่ามุม $\varphi_0 < 50$ องศา โดยประมาณ รัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก จะมีค่ามากกว่ารัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก และเมื่อมุม φ_0 มีค่ามากขึ้น (มุม $\varphi_0 \geq 50$ องศา โดยประมาณ) รัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติกจะมีค่ามากกว่ารัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก

ข. สนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอและมุม φ_0 เป็นพารามิเตอร์

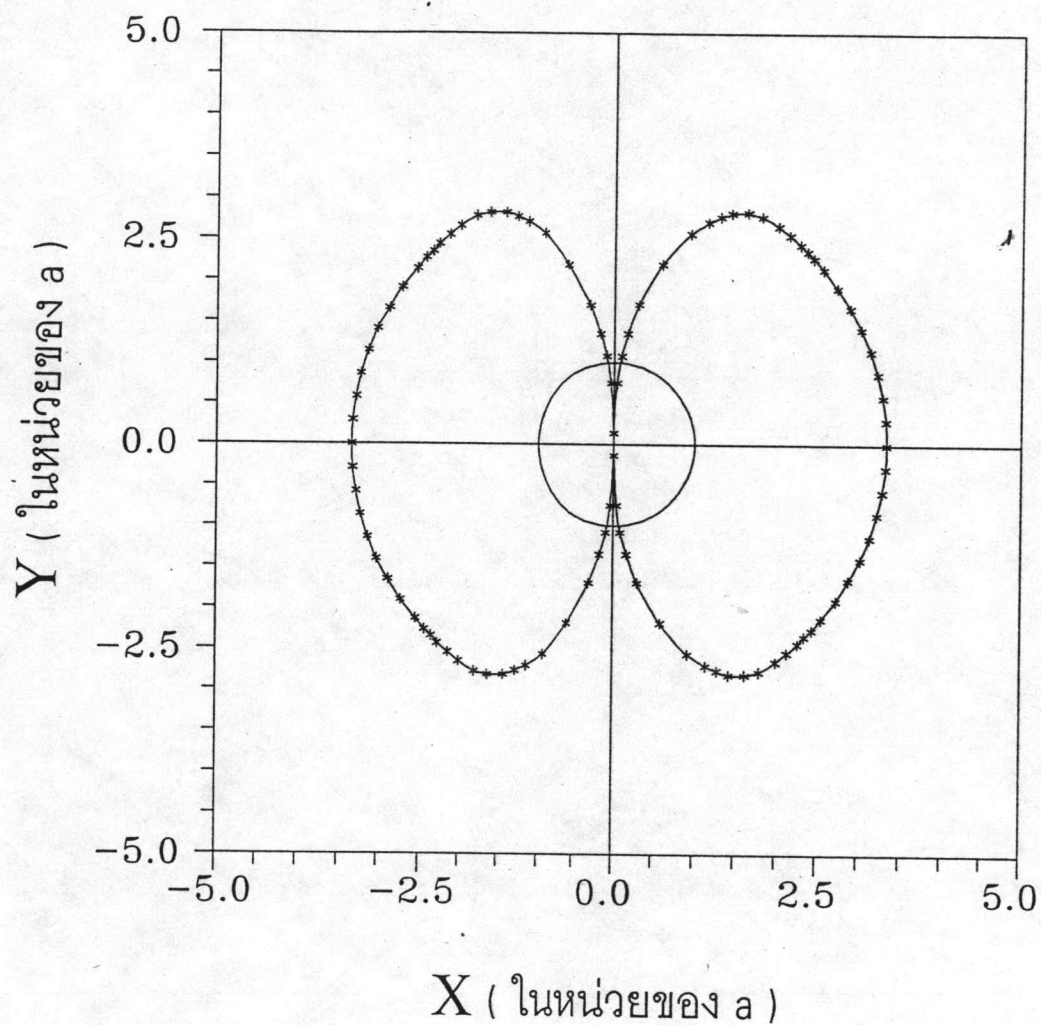
พิจารณารูปที่ (4.42) - (4.46) ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กกับสนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอ โดยเปรียบเทียบรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติกกับไดอะแมกเนติก ที่มุม φ_0 ต่างๆกัน กำหนดให้พารามิเตอร์คงที่ต่างๆ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\gamma = 0.4$ พิจารณาที่มุม φ_0 ใดๆ เมื่อสนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอเพิ่มขึ้น ($\left| \frac{v_{ma}^*}{v_{oa}} \right|^{\frac{1}{2}}$ เพิ่มขึ้น) รัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กทั้งสองแบบจะเพิ่มขึ้น และที่มุม $\varphi_0 < 60$ องศา โดยประมาณ รัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก จะมีค่ามากกว่ารัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก และเมื่อมุม φ_0 มีค่ามากขึ้น (มุม $\varphi_0 \geq 60$ โดยประมาณ) รัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก จะมีค่ามากกว่ารัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก

4.3 พื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็ก

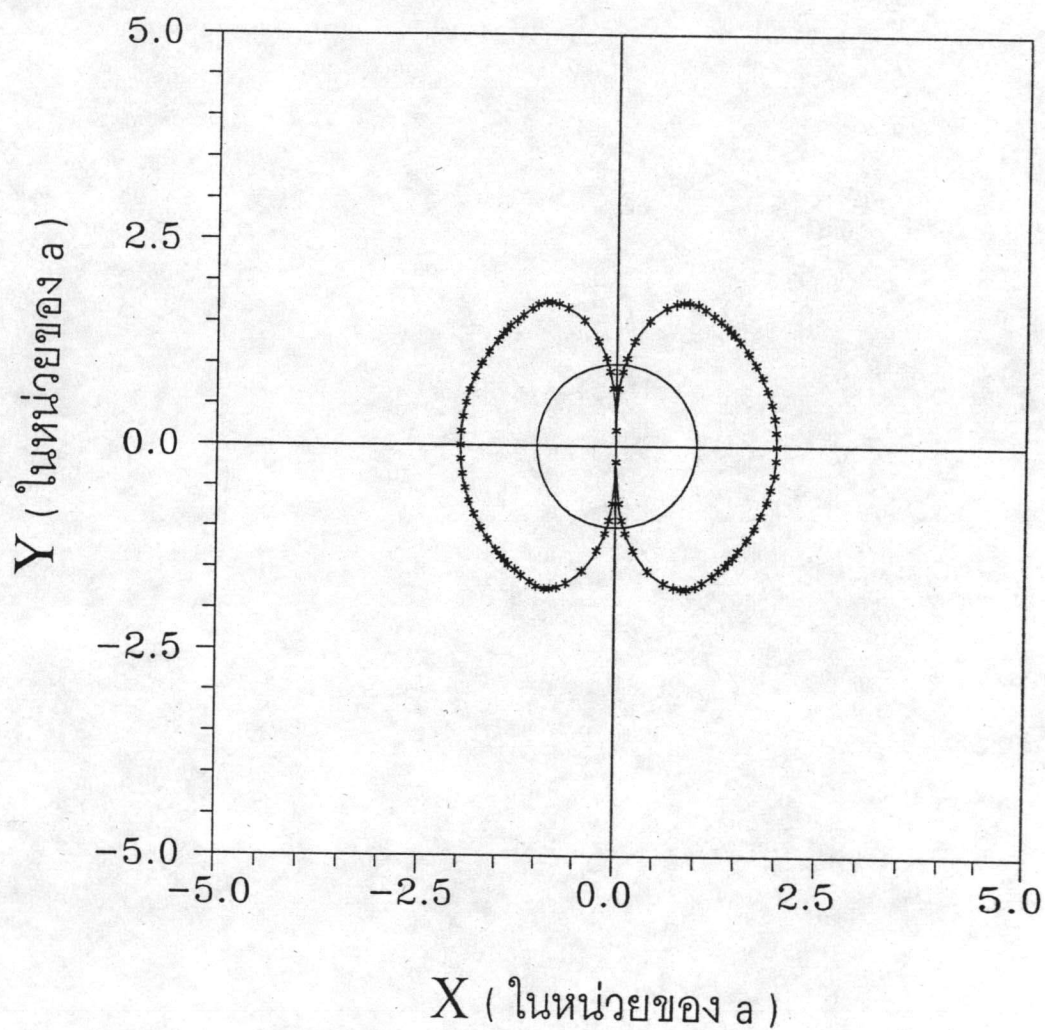
ในการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว พบว่า พื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็ก (A_c) มีลักษณะเป็นวงกลม (C. Moyer และคณะ, 1984) ทั้งนี้เนื่องจากรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กมีค่าเท่ากันตลอดทุกค่ามุม φ_0 ใดๆ ทำให้สะดวกในการคำนวณหาพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กซึ่งคำนวณได้จากพื้นที่วงกลม ($A_c = \pi r_c^2$) แต่ในการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวางนี้ พื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กที่ได้จะไม่เป็นวงกลม ทั้งนี้เนื่องจากรัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กที่มุม φ_0 ต่างๆ มีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กที่ได้คำนวณจากวิธีการอินทิเกรตเชิงตัวเลข (numerical integration method) โดยในส่วนของโปรแกรมแสดงไว้ในภาคผนวก ง และในหัวข้อนี้ จากลักษณะของพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กที่เราสามารถจะแยกพิจารณาพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กออกเป็น 2 แบบ คือ



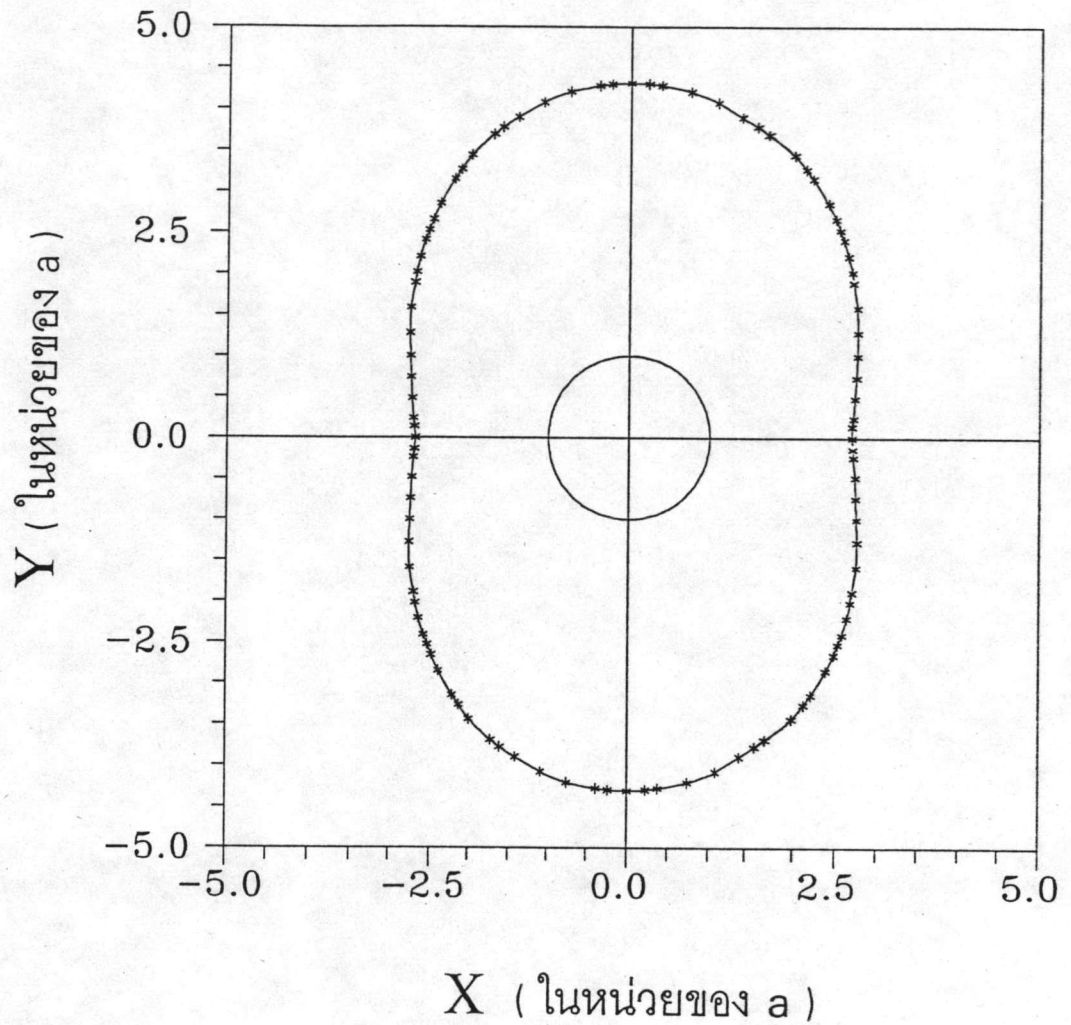
รูปที่ 4.47 แสดงลักษณะพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติกในการกรอง
ชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.1$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$
 $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$ และ $K_s = 0.58$



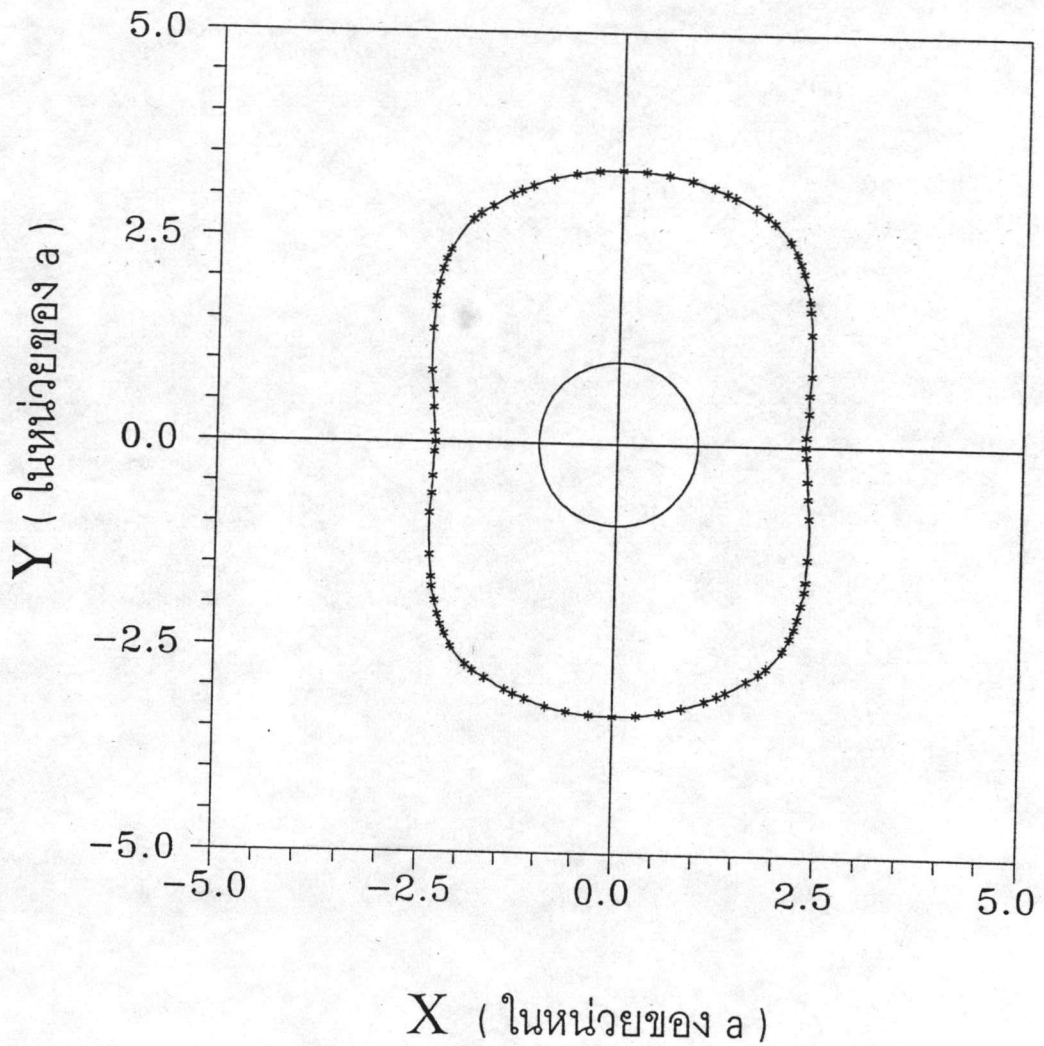
รูปที่ 4.48 แสดงลักษณะพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติกในการกรอง
ชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.3$, $v_{0a} = -6.65 \text{ s}^{-1}$
 $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$ และ $K_s = 0.58$



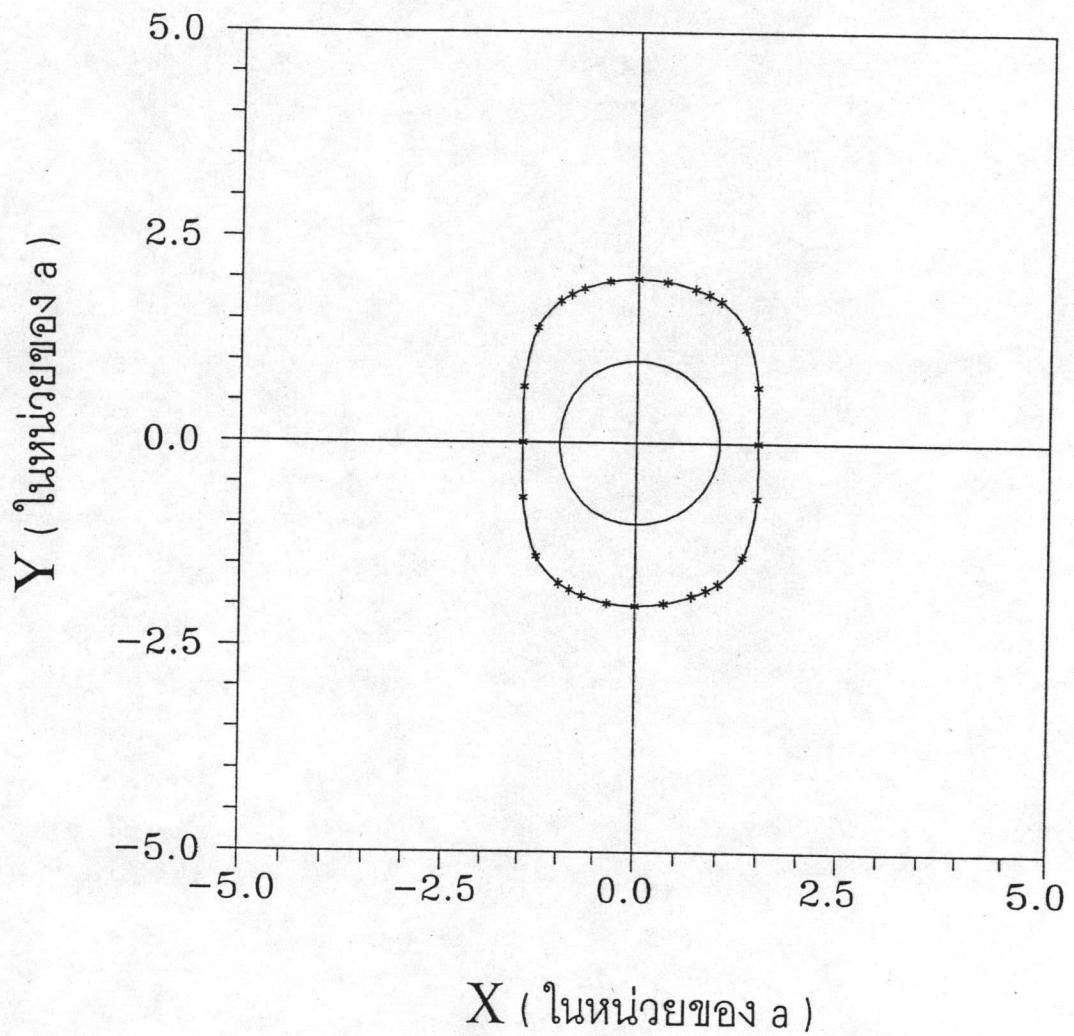
รูปที่ 4.49 แสดงลักษณะพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติกในการกรอง
ชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.5$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$
 $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$ และ $K_s = 0.58$



รูปที่ 4.50 แสดงลักษณะพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติกในการกรอง
ชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.1$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$
 $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ และ $K_s = 0.58$



รูปที่ 4.51 แสดงลักษณะพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติกในการทรง
 ชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.3$, $v_{0a} = -6.65 \text{ s}^{-1}$
 $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ และ $K_s = 0.58$



รูปที่ 4.52 แสดงลักษณะพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติกในการกรอง
ชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.5$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$
 $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ และ $K_s = 0.58$

ก. พื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก

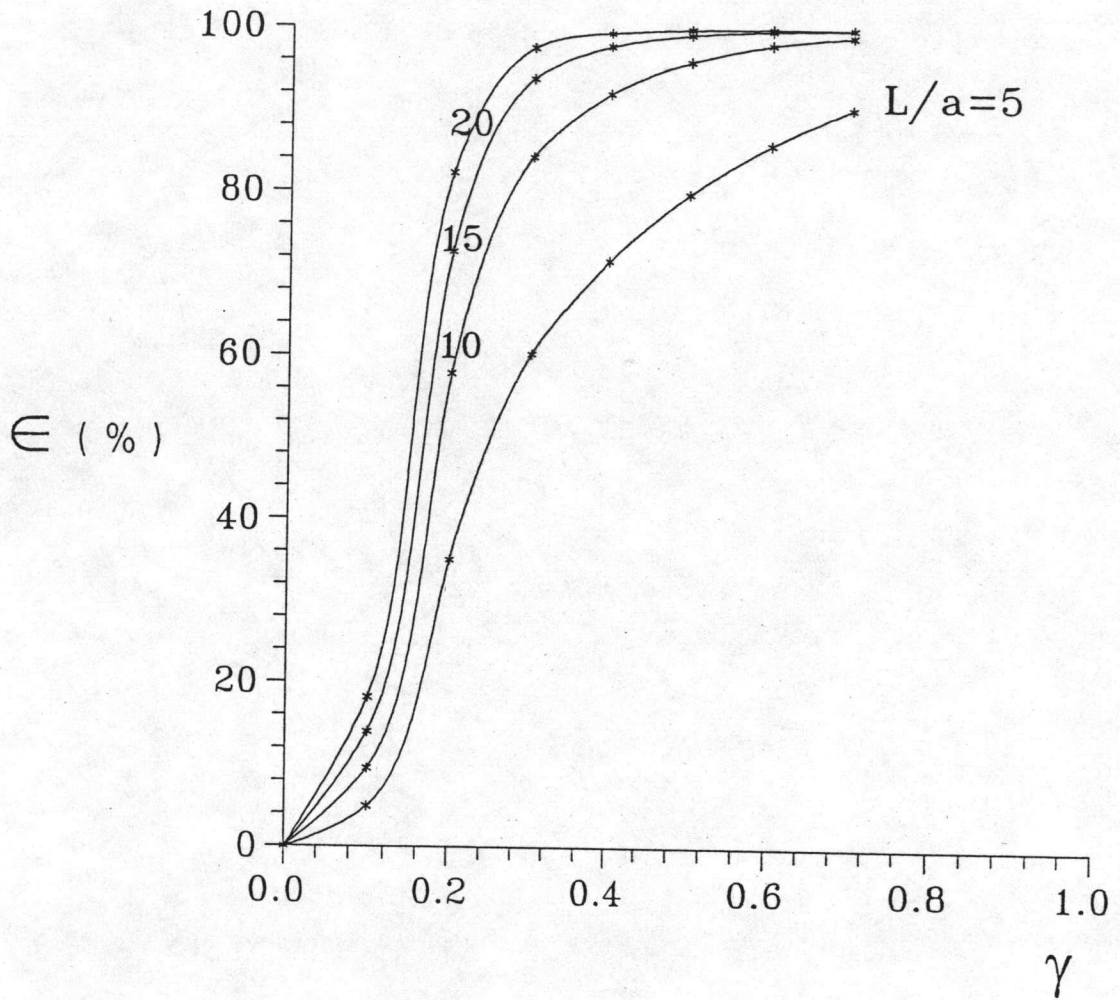
พิจารณารูปที่ (4.47) - (4.49) ซึ่งแสดงพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก กำหนดให้พารามิเตอร์ที่ใช้คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$ จากรูปที่แสดง พบว่า พื้นที่การจับที่ได้มีลักษณะคล้ายรูปไต และที่ค่าสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็กค่าหนึ่ง เมื่อมุม $\varphi_0 = 0$ รัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กจะมีค่ามากที่สุด แต่เมื่อมุม φ_0 เพิ่มขึ้น รัศมีการจับที่ได้จะลดลง และจะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อมุม φ_0 เข้าใกล้ 90 องศา สำหรับที่ค่ามุม φ_0 ใดๆ เมื่อสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็กเพิ่มขึ้น รัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กจะเล็กลง ซึ่งลักษณะของพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กในกรณีนี้มีลักษณะคล้ายรูปลูกกรอกที่ติดกันอยู่

ข. พื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก

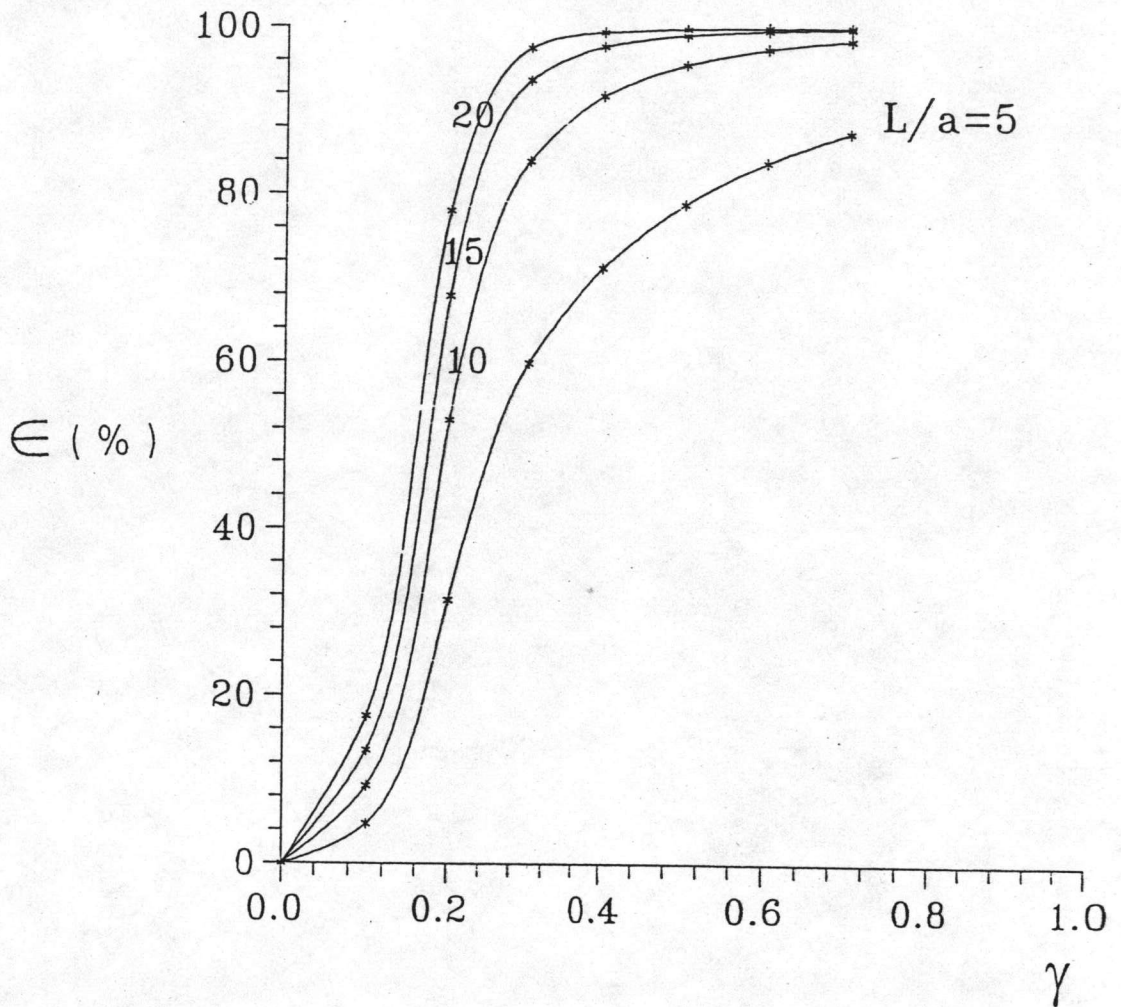
พิจารณารูปที่ (4.50) - (4.52) ซึ่งแสดงพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก กำหนดให้พารามิเตอร์ที่ใช้คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ จากรูปที่แสดง พบว่า พื้นที่การจับที่ได้มีลักษณะคล้ายตัวกีตาร์โปร่ง และที่ค่าสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็กค่าหนึ่ง เมื่อมุม $\varphi_0 = 0$ รัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กจะมีค่าน้อยที่สุด แต่เมื่อมุม φ_0 เพิ่มขึ้น รัศมีการจับที่ได้จะเพิ่มขึ้น และจะมีค่ามากที่สุดเมื่อมุม $\varphi_0 = 90$ องศา สำหรับที่ค่ามุม φ_0 ใดๆ เมื่อสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็กเพิ่มขึ้น รัศมีการจับอนุภาคแม่เหล็กจะลดลง และลักษณะพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กยังคงคล้ายกับพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กในกรณีที่สัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็กมีค่าน้อยๆ

4.4 ประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็ก

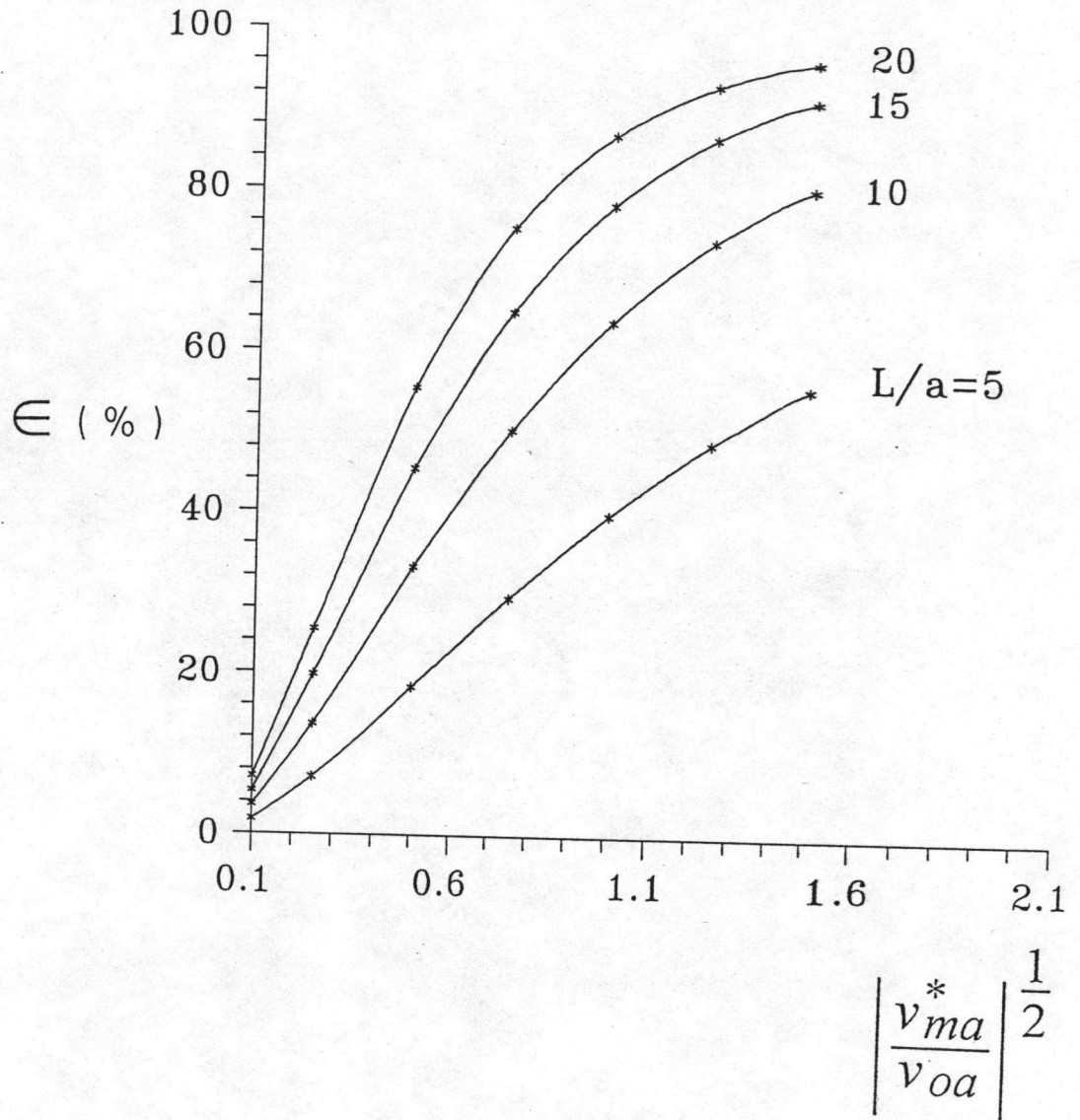
ประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็ก (ϵ) เป็นอัตราส่วนระหว่างอนุภาคแม่เหล็กที่ไม่ถูกจับในการกรองกับอนุภาคแม่เหล็กที่เข้ามาในระบบตัวกรอง ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (ข.4) ในภาคผนวก ข ประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กที่ได้ มีสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก (γ^3) และค่าสนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอ (H_0) เป็นพารามิเตอร์ ซึ่งจะแยกพิจารณาผลการคำนวณออกเป็น 3 กรณี คือ



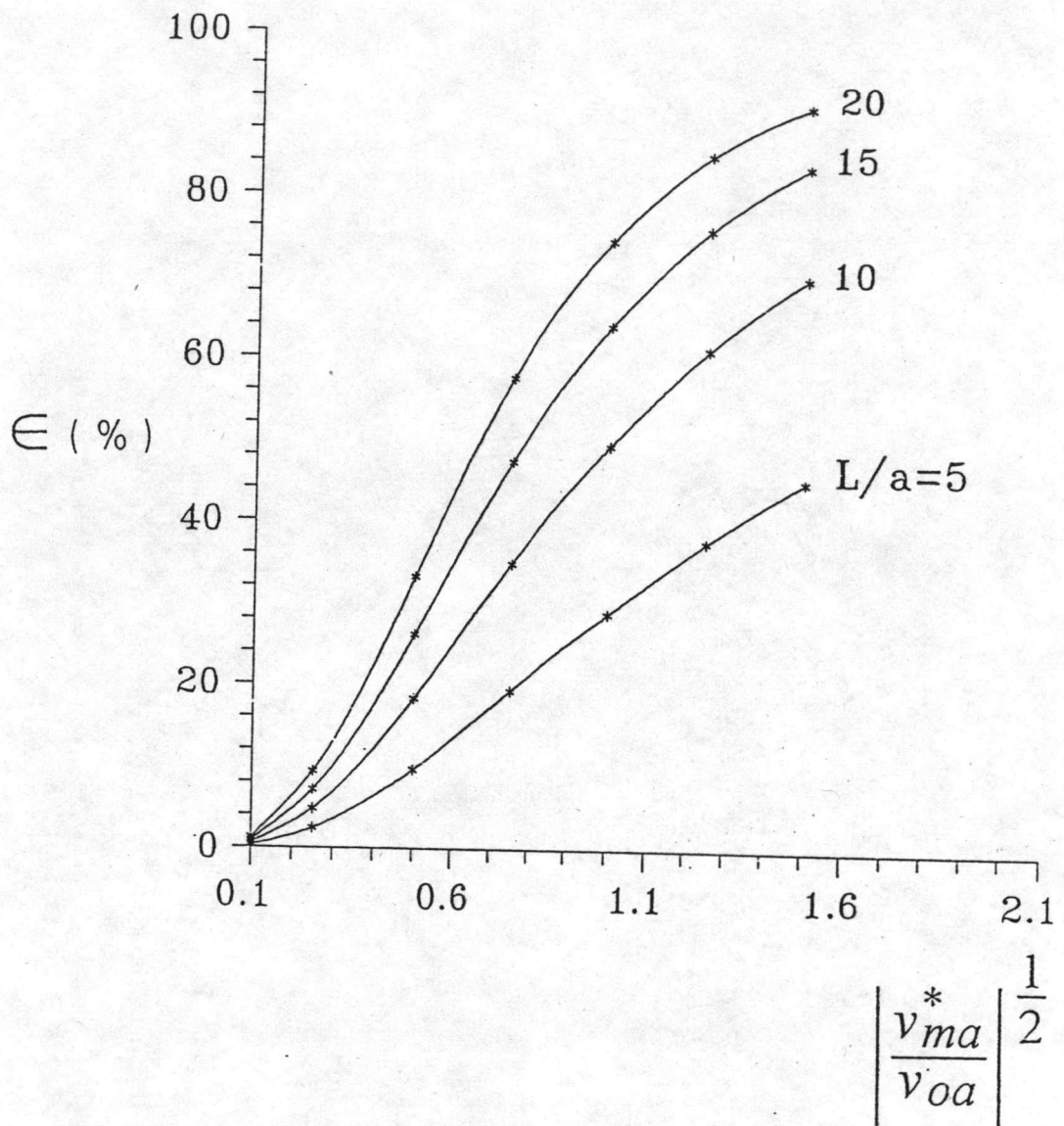
รูปที่ 4.53 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวางกับสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก ซึ่งพิจารณาที่ความหนาต่างๆของระบบตัวกรอง (L) กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 s^{-1}$, $v_{ma} = 571.5 s^{-1}$ และ $K_s = 0.58$



รูปที่ 4.54 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวางกับสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็ก สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก ซึ่งพิจารณาที่ความหนาต่างๆของระบบตัวกรอง (L) กำหนดให้พารามิเตอร์คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ และ $K_s = 0.58$



รูปที่ 4.55 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของกรรกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวางกับ
 สนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอ ($\left| \frac{v_{ma}^*}{v_{oa}} \right|^{1/2}$) สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบ
 พาราแมกเนติก ซึ่งพิจารณาที่ความหนาต่างๆของระบบตัวกรอง (L) กำหนดให้
 พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4, v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ และ $K_s = 0.58$



รูปที่ 4.56 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวางกับ
 สนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มข้นสม่ำเสมอ ($\left| \frac{v_{ma}^*}{v_{oa}} \right|^{1/2}$) สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบ
 ไดอะแมกเนติก ซึ่งพิจารณาที่ความหนาต่างๆของระบบตัวกรอง (L) กำหนดให้
 พารามิเตอร์ คือ $\gamma = 0.4$, $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$ และ $K_s = 0.58$

ก. ประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง

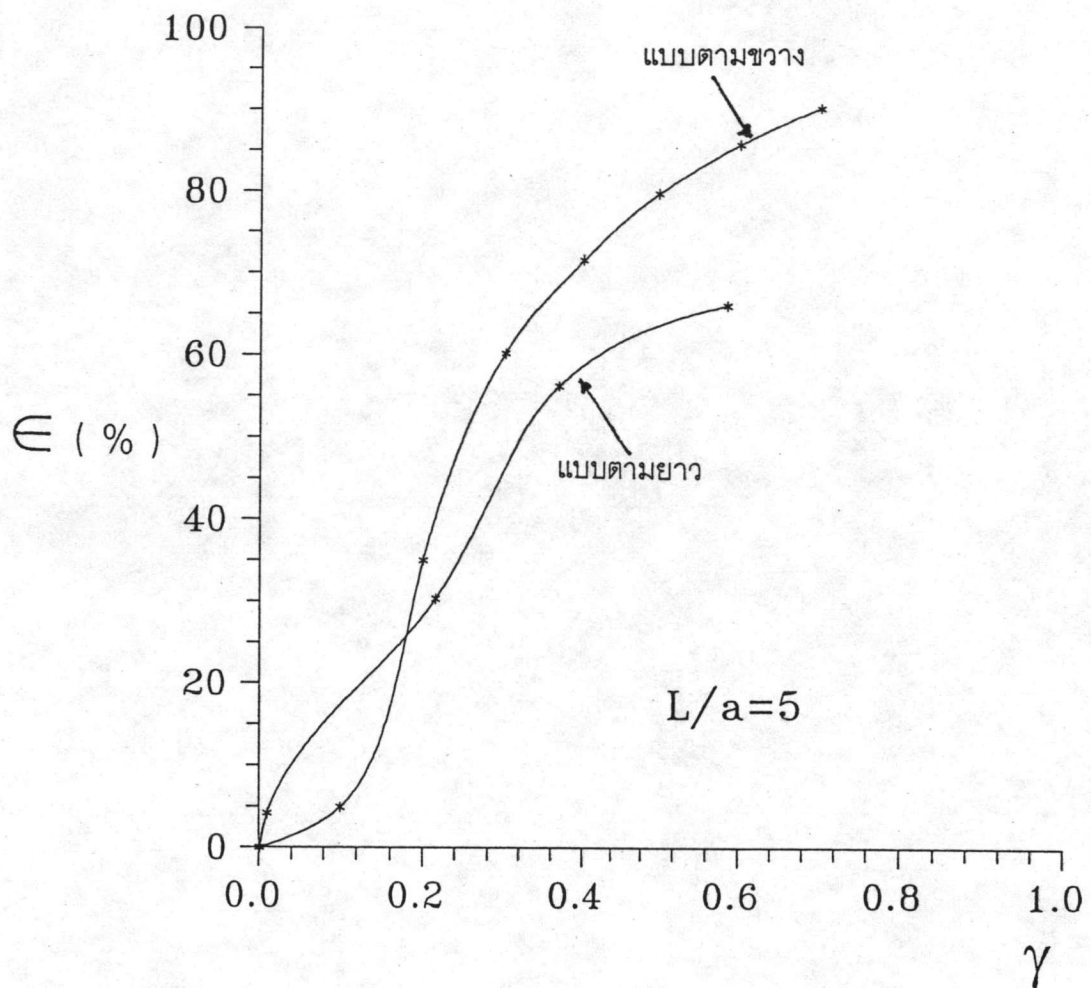
เราสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง (ϵ) ได้จากพื้นที่การจับอนุภาคแม่เหล็กที่ได้ในหัวข้อที่ 4.3 ซึ่งจะพิจารณาในกรณีอนุภาคแม่เหล็กทั้งแบบพาราแมกเนติกและไดอะแมกเนติก โดยมีพารามิเตอร์แยกพิจารณาออกเป็น 2 กรณี คือ

1. สัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็กเป็นพารามิเตอร์

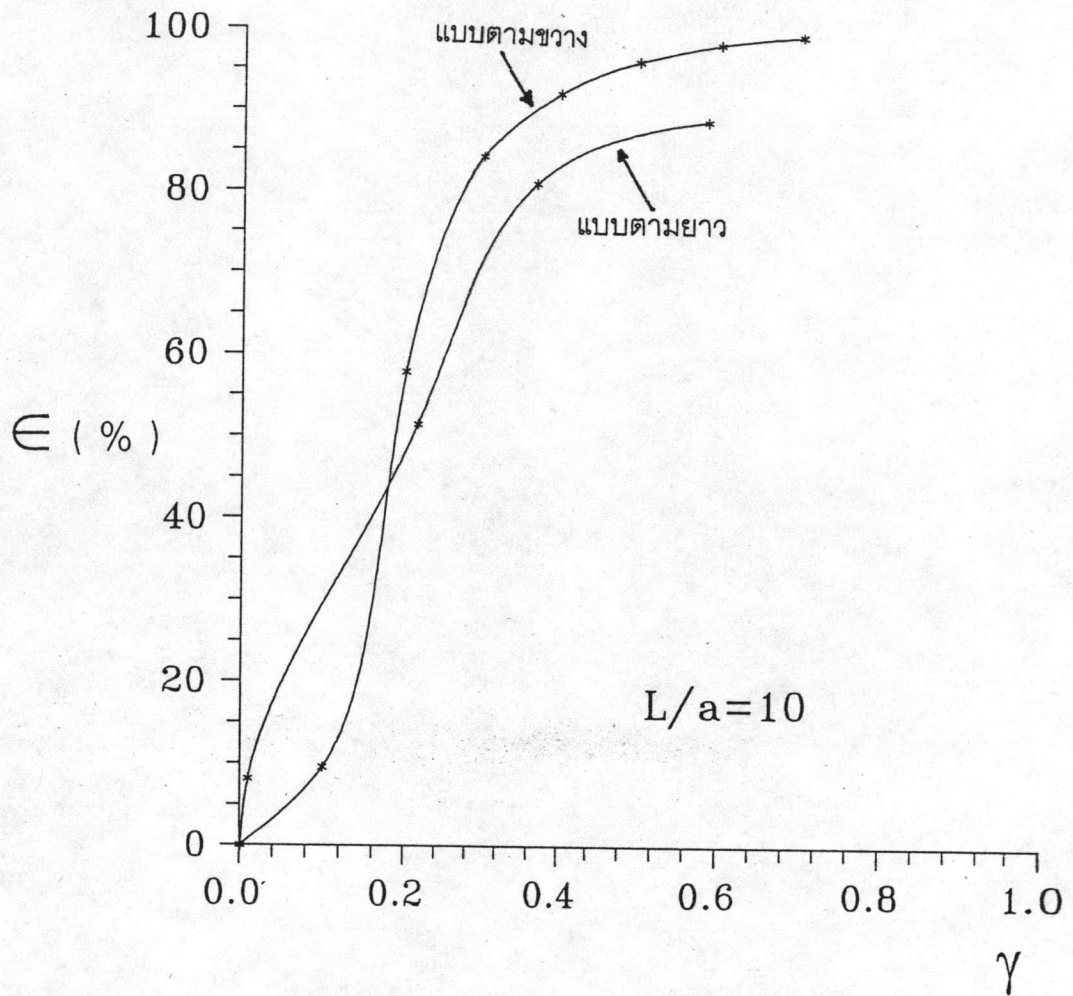
พิจารณารูปที่ (4.53) และ (4.54) ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ϵ กับ γ โดยกำหนดพารามิเตอร์คงที่ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ ซึ่ง $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก และ $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก จากรูปที่แสดง เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง ϵ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กทั้งสองแบบพบว่า ที่ค่า γ เดียวกัน ϵ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก จะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ ϵ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก และ ϵ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กทั้งสองแบบ จะเท่ากันตลอด โดยประมาณ เมื่อ $\gamma < \gamma_0$ ค่าหนึ่ง เช่น ที่ค่า $L = 5a$ พบว่า $\gamma_0 \cong 0.13$ ที่ค่า $L = 15a$ พบว่า $\gamma_0 \cong 0.09$ เป็นต้น เมื่อ L คือความหนาของระบบตัวกรอง และ a คือ รัศมีของตัวจับอนุภาค และเมื่อพิจารณาที่ค่า L/a คงที่ พบว่า เมื่อค่า γ เพิ่มขึ้น ϵ จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงแรก และเมื่อถึงค่า $\gamma \cong 0.3$ ค่า ϵ เริ่มเพิ่มช้าลง และมีแนวโน้มคงที่ เมื่อ γ มากขึ้น และเมื่อพิจารณาที่ค่า γ ค่าเดียวกัน พบว่า เมื่อค่า L/a เพิ่มขึ้น ϵ จะมีค่ามากขึ้นตาม ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่าง ϵ กับ L/a ไม่เป็นแบบเชิงเส้น

2. สนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอเป็นพารามิเตอร์

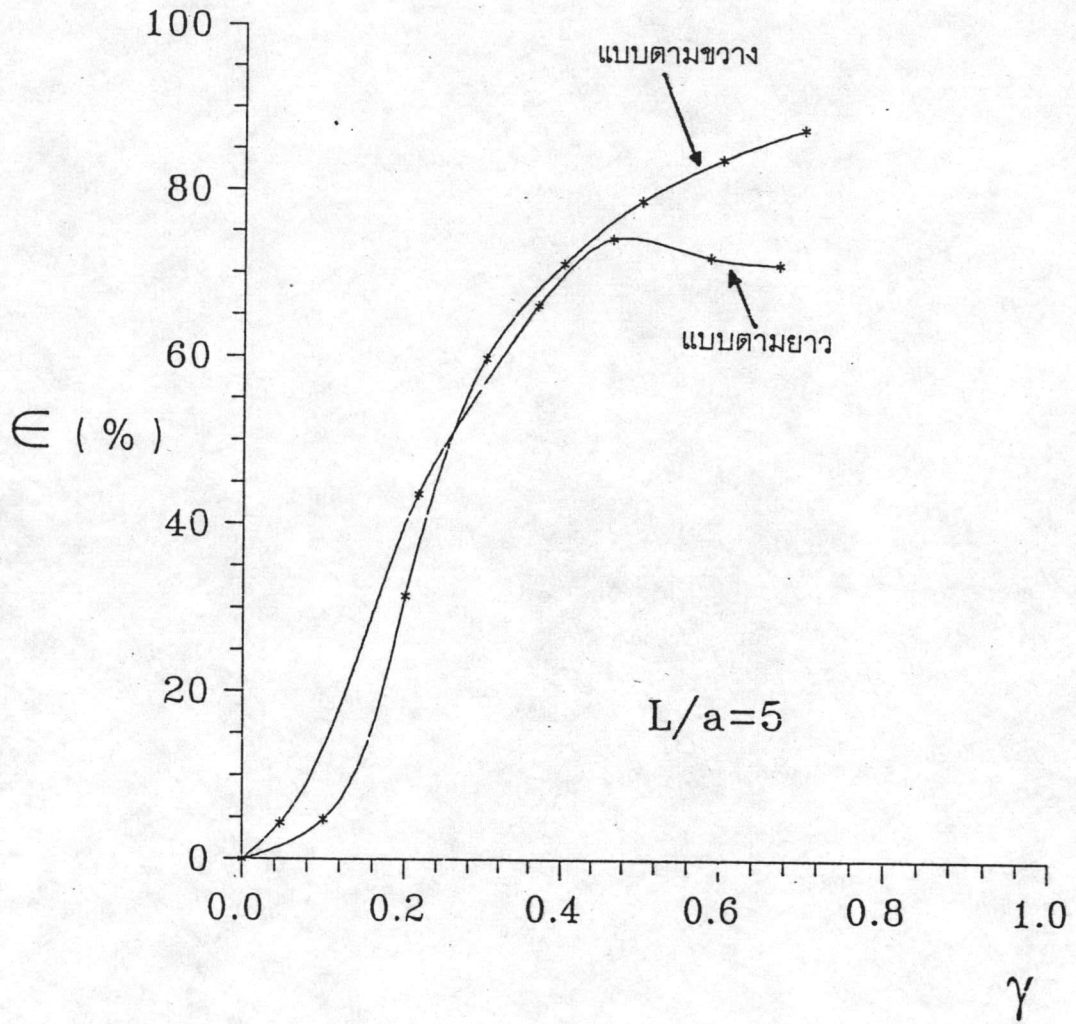
พิจารณารูปที่ (4.55) และ (4.56) ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ϵ กับ $\left| \frac{v_{ma}^*}{v_{oa}} \right|^{\frac{1}{2}}$ โดยกำหนดพารามิเตอร์คงที่ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $K_s = 0.58$ และ $\gamma = 0.4$ เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง ϵ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กทั้งสองแบบ ที่ค่า $\left| \frac{v_{ma}^*}{v_{oa}} \right|^{\frac{1}{2}}$ เดียวกัน พบว่า ϵ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก จะมีค่ามากกว่า ϵ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก เสมอ พิจารณาสำหรับอนุภาคแม่เหล็กแต่ละแบบ เมื่อค่า $\left| \frac{v_{ma}^*}{v_{oa}} \right|^{\frac{1}{2}}$ เพิ่มขึ้น



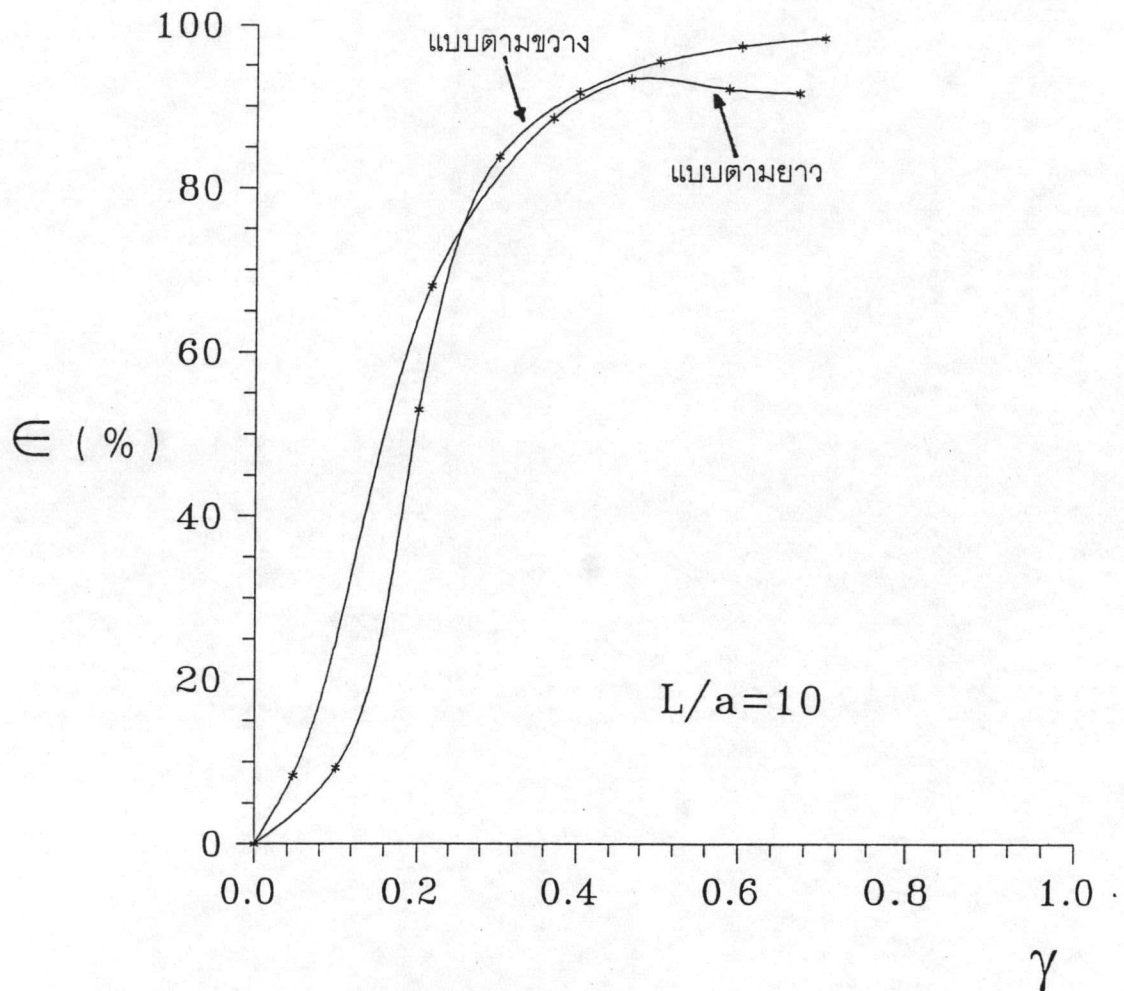
รูปที่ 4.57 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง กับประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว ซึ่งพิจารณาที่ค่าสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็กต่างๆ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$, $L = 5a$ และ $K_s = 0.58$



รูปที่ 4.58 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง กับประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว ซึ่งพิจารณาที่ค่าสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็กต่างๆ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = 571.5 \text{ s}^{-1}$, $L = 10a$ และ $K_s = 0.58$



รูปที่ 4.59 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง กับประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว ซึ่งพิจารณาที่ค่าสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็กต่างๆ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$, $L = 5a$ และ $K_s = 0.58$



รูปที่ 4.60 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง กับประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว ซึ่งพิจารณาที่ค่าสัดส่วนการบรรจุตัวจับอนุภาคแม่เหล็กต่างๆ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก กำหนดให้พารามิเตอร์ คือ $v_{oa} = -6.65 \text{ s}^{-1}$, $v_{ma} = -571.5 \text{ s}^{-1}$, $L = 10a$ และ $K_s = 0.58$

(ค่าสนามแม่เหล็กภายนอกความเข้มสม่ำเสมอ (H_0) เพิ่มขึ้น) ค่า ϵ จะเพิ่มขึ้น ซึ่งลักษณะการเพิ่มจะคล้ายกับการเพิ่มของ ϵ ในหัวข้อที่กล่าวมาแล้วข้างต้น และในทำนองเดียวกัน พิจารณาว่า ϵ ที่ค่า $\left| \frac{v_{ma}^*}{v_{oa}} \right|^2$ เดียวกัน เมื่อค่า L/a เพิ่มขึ้น ค่า ϵ จะเพิ่มขึ้นตาม

ข. ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวางกับแบบตามยาว

พิจารณารูปที่ (4.57) และ (4.58) ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ϵ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบพาราแมกเนติก กับค่า γ ที่ค่า $L = 5a$ และ $L = 10a$ ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบ ϵ ของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง กับ ϵ ของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว พบว่า ที่ค่า $\gamma \cong 0.18$ ค่า ϵ ของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวางเท่ากับ ϵ ของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว พิจารณารูปที่ (4.59) และ (4.60) ซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ϵ สำหรับอนุภาคแม่เหล็กแบบไดอะแมกเนติก กับค่า γ ที่ค่า $L = 5a$ และ $L = 10a$ ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบ ϵ ของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวาง กับ ϵ ของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว พบว่า ที่ค่า $\gamma \cong 0.25$ ค่า ϵ ของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามขวางเท่ากับ ϵ ของการกรองชนิดแม่เหล็กแบบตามยาว