หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
การดำเนินการศึกษา

3.1 แผนการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แผนการศึกษาได้กำหนดให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และขอบเขตของการศึกษา ดังนี้

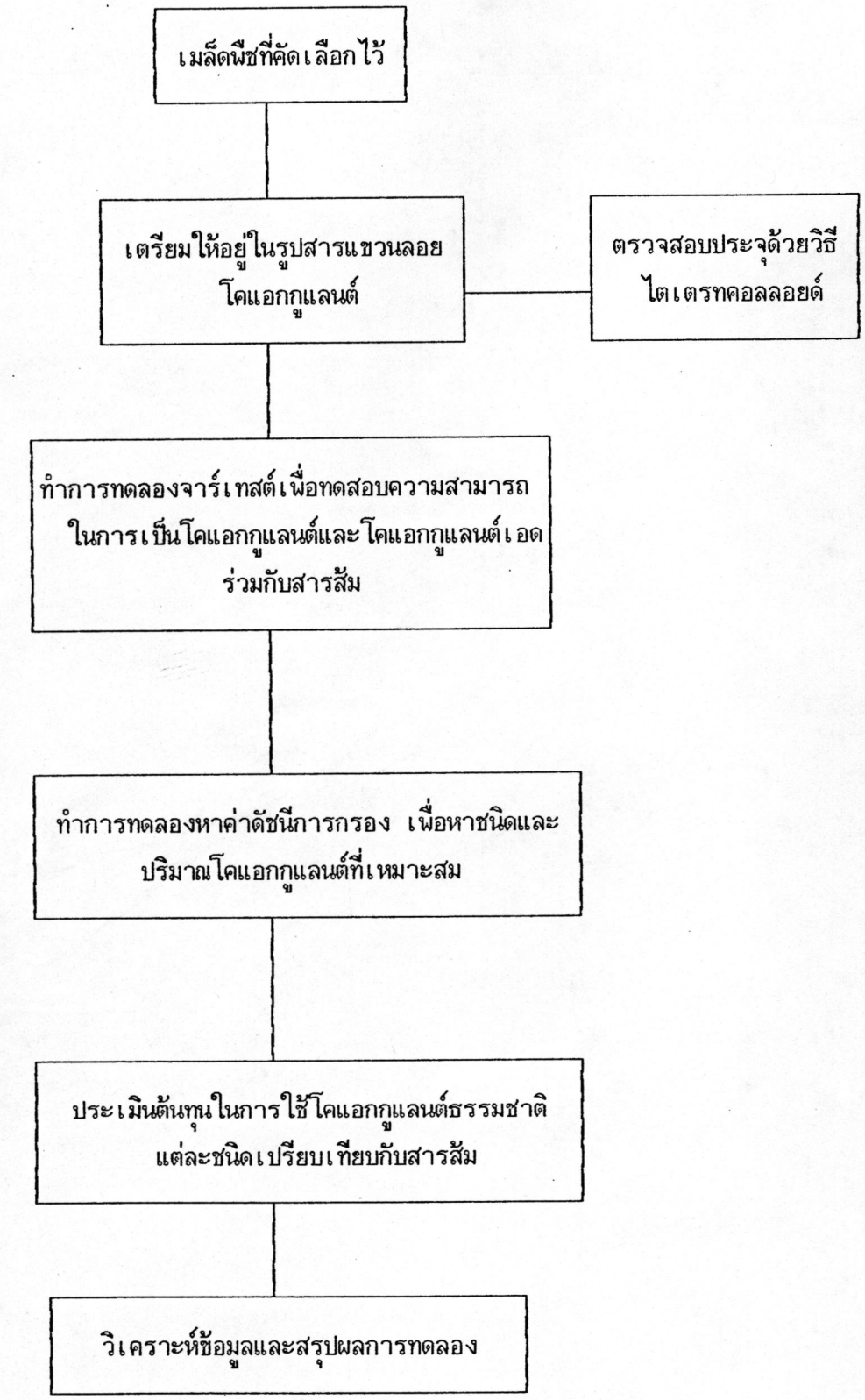
3.1.1 ลำดับขั้นตอนการศึกษา

การศึกษาแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่ การเตรียมการทดลอง การหาปริมาณโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสม การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายและเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้สารโคแอกกูแลนต์ธรรมชาติ ลำดับของการศึกษาได้แสดงไว้ในรูปที่ 3-1

รูปแบบและลักษณะของการศึกษาเป็นดังนี้

1. **การเตรียมการทดลอง** ได้แก่การสังเคราะห์น้ำขุ่นด้วยอนุภาคดินคาโอลิน การเตรียมสารแขวนลอยโคแอกกูแลนต์ธรรมชาติทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ มะรุม กระเจี๊ยบแดง ถั่วแดง ถั่วลิงสง และมะขาม ให้อยู่ในรูปที่เหมาะสม โดยนำวิธีการเตรียมของ Jahn(1981) มาประยุกต์ใช้ (ดูในหัวข้อ 3.3.1) และตรวจสอบประจุด้วยวิธีไตเตรทคอลลอยด์

2. **การหาปริมาณโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสม** ได้แก่การนำเอาสารโคแอกกูแลนต์ธรรมชาติทั้ง 5 ชนิดมาทดสอบความสามารถในการเป็นโคแอกกูแลนต์ และโคแอกกูแลนต์เอดร่วมกับสารส้มเปรียบเทียบกับการใช้สารส้มเพียงอย่างเดียวโดยใช้วิธีจาร์เทสต์และวิธีการหาค่าดัชนีการกรอง เปรียบเทียบกัน วิธีจาร์เทสต์ทำตามวิธีการของ ASTM (1978) หาได้จากการวัดค่าความขุ่นของน้ำที่เหลือ ส่วนวิธีการหาค่าดัชนีการกรองทำตามวิธีการของ Ives(1978) หาได้จากการวัดความขุ่นของน้ำที่เหลือ และค่าการสูญเสียเฮด เพื่อนำไปคำนวณหาค่าดัชนีการกรอง (Filterability Index) ทั้งนี้เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งมีดังต่อไปนี้



รูปที่ 3-1 แผนผังแสดงขั้นตอนการศึกษา

- ตัวแปรอิสระ ได้แก่

1) ชนิดของโคแอกกูแลนต์ที่ใช้ ประกอบด้วยสารส้มและโคแอกกูแลนต์ธรรมชาติทั้ง 5 ชนิด (ดูตารางที่ 3-1)

2) ปริมาณของโคแอกกูแลนต์ที่ใช้

3) ความขุ่นของน้ำสังเคราะห์ (ดูตารางที่ 3-1)

ตารางที่ 3-1 โคแอกกูแลนต์ที่ใช้ และระดับความขุ่นของน้ำดิบสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลอง

โคแอกกูแลนต์ที่ใช้	น้ำดิบสังเคราะห์จากดินคาโอลิน ที่มีระดับความขุ่น (NTU)			
	50	100	200	300
- เติมสารโคแอกกูแลนต์ธรรมชาติอย่างเดียว	*	*	*	*
- เติมสารส้มอย่างเดียว	*	*	*	*
- เติมสารโคแอกกูแลนต์ธรรมชาติร่วมกับสารส้ม	*	*	*	*

- ตัวแปรตาม ได้แก่

1) ปริมาณความขุ่นของน้ำที่เหลือ

2) ค่าการสูญเสียเฮด (เฉพาะวิธีการหาค่าดัชนีการกรอง)

- ตัวแปรคงที่ได้แก่

1) ชนิดของน้ำขุ่นสังเคราะห์

2) ความเร็วเกรเดียน และเวลากักน้ำของการกวนเร็ว

3) อัตราน้ำล้นผิวของการตกตะกอน หรือ Surface overflow rate, SOR. (เฉพาะวิธีจาร์เทสต์)

3. **การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายและเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้สารโคแอกกูแลนต์ธรรมชาติ** เป็นการนำผลการศึกษาในตอนต้นมาทำการประเมินต้นทุนในการลดความขุ่นของน้ำ เพื่อเปรียบเทียบและเลือกชนิดของสารโคแอกกูแลนต์ที่มีประสิทธิภาพดี และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด รวมถึงการเสนอแนวทางการนำเอาสารโคแอกกูแลนต์ธรรมชาติไปใช้ในกระบวนการผลิตน้ำประปาในระดับท้องถิ่นต่อไป

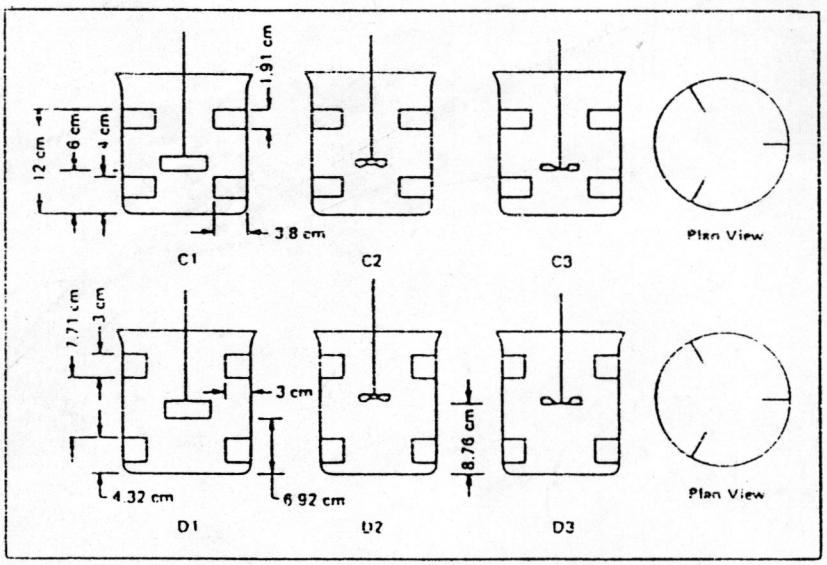
3.2 วัสดุ และอุปกรณ์ในการศึกษา

3.2.1 อุปกรณ์จาร์เทสต์

อุปกรณ์จาร์เทสต์ที่ใช้ในการทดลองเป็นของบริษัท Phipps & Bird, Inc. ซึ่งปรับความเร็วรอบได้ ประกอบด้วยใบผัดกวนขนาด 1x3 นิ้วจำนวน 6ชุด

3.2.2 ภาชนะที่ใช้สมานตะกอน

ภาชนะที่ใช้สมานตะกอน ใช้บีกเกอร์ 2 ลิตรยี่ห้อ Pyrex ทำการติดตั้งแผ่นกั้น (Stators) พลาสติกตามแบบของ Hudson (Hudson et. al, 1975) โดยเลือกแบบ D_1 แล้วเจาะรูเก็บตัวอย่างที่ระดับต่ำกว่าระดับน้ำ 2 ลิตร ลงมาเท่ากับ 10.2 ซม. (ดูรูปที่ 3-2)



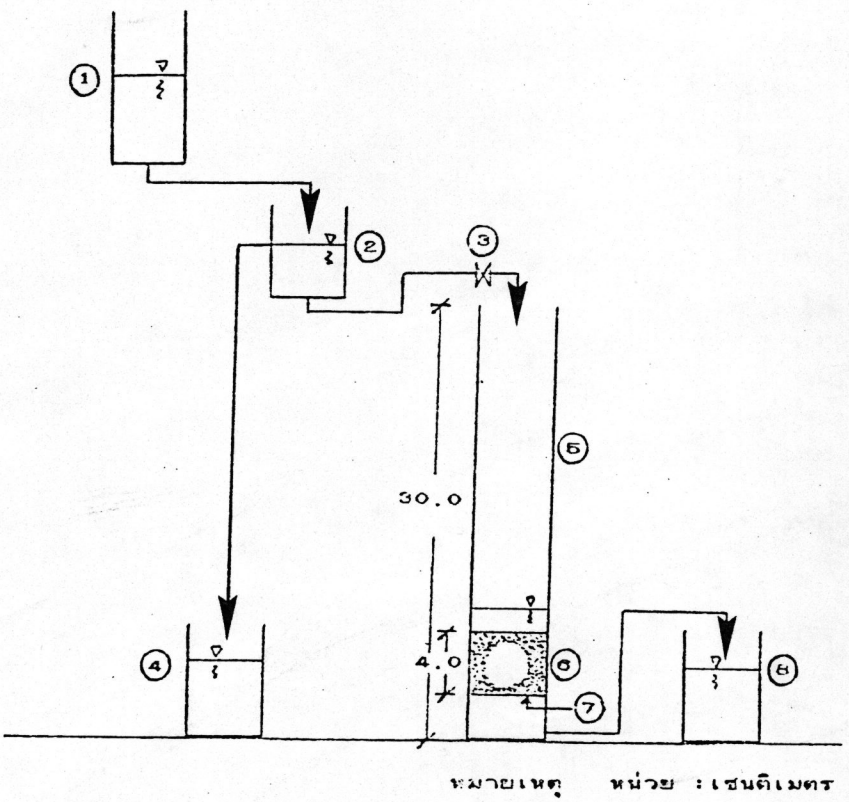
Configurations Used in Series C and D

รูปที่ 3-2 แสดงรายละเอียดของภาชนะที่ใช้สมานตะกอน

3.2.3 อุปกรณ์หาค่าดัชนีการกรองขนาดมาตราส่วนเล็ก

เครื่องกรองของอุปกรณ์หาค่าดัชนีการกรองทำด้วยพลาสติกใสรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 44 มม. สูง 30 ซม. และมีสเกลด้านข้างของทรงกระบอกสำหรับอ่านค่าการสูญเสียเฮด รายละเอียดต่างๆ แสดงอยู่ในรูปที่ 3-3

ทรายกรองที่ใช้ในการหาค่าดัชนีการกรองมีขนาดสัมฤทธิ์ 0.235 มม.และมีสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ 1.5ในการทดลองนี้บรรจุทรายลงในเครื่องกรองหนา 4 ซม.



(1) กระบอกใส่น้ำที่จะกรอง

(2) Constant head tank

(3) วาล์วปิด - เปิด

(4) บีกเกอร์รองรับน้ำล้น เมื่อหมุนเวียนกลับ

(5) กระบอกกรอง

(6) ทรายกรอง

(7) แผ่นพลาสติกเจาะรู วางทับด้วยผ้าตะแกรงไยสังเคราะห์

(8) บีกเกอร์รองรับน้ำที่กรองได้

รูปที่ 3-3 อุปกรณ์หาค่าดัชนีการกรองขนาดมาตราส่วนเล็ก

I 10311464

3.2.4 เครื่องปั่นน้ำผลไม้

เครื่องมือที่ใช้ในการกวนผสมสารแขวนลอยโคแอกกูแลนต์ที่เตรียมขึ้น ใช้เครื่องปั่นน้ำผลไม้ ซึ่งจำหน่ายโดยบริษัท เนชั่นแนล(ประเทศไทย) จำกัด ใช้เครื่องหมายเนชั่นแนล (National) หมายเลขรุ่น MX-110PN ขนาด 700 วัตถ์ อัตราความเร็ว 12,000 รอบ/นาที

3.3 สารโคแอกกูแลนต์ธรรมชาติ น้ำขุ่นสังเคราะห์และสารเคมี

3.3.1 สารโคแอกกูแลนต์ธรรมชาติ

สารโคแอกกูแลนต์ที่ผลิตได้จากวัสดุธรรมชาติทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ เมล็ดมะรุม กระเจี๊ยบแดง ถั่วแดง ถั่วลิสงและมะขาม (รายละเอียดเกี่ยวกับพืชที่นำมาทดลองทั้ง 5 ชนิด ดูในภาคผนวก ข) สำหรับในการทดลองนี้ทำการคัดเลือกพันธุ์ เพียงชนิดเดียวคือ ถั่วลิสง ซึ่งเลือกใช้พันธุ์ขอนแก่น 60-1 มีวิธีการเตรียมให้อยู่ในรูปของสารแขวนลอยโคแอกกูแลนต์ โดยนำเอาวิธีการเตรียมของ Jahn(1981) มาประยุกต์ใช้ดังต่อไปนี้

3.3.1.1 สารแขวนลอยมะรุม

วิธีเตรียม

1. นำเมล็ดที่แก่จัดไปผึ่งจนแห้งในการทดลองนี้นำไปตากแดด 1 วัน โดยแกะเปลือกหุ้มเมล็ด (Seed Coat) ออกเสียก่อน
2. นำไปบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้าจนเป็นผงละเอียดแล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาดช่องเปิด 0.5 มม.
3. นำผงมะรุมที่ได้มาเติมน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้น 2% โดยน้ำหนัก กวนผสมให้เข้ากันดีแล้วนำไปปั่นในเครื่องปั่นน้ำผลไม้ประมาณ 30 วินาที
4. นำไปกรองผ่านตะแกรงช่องเปิดขนาด 100 ไมโครเมตร สารแขวนลอยที่เตรียมได้สามารถเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นได้นาน 1 สัปดาห์ โดยไม่เสื่อมคุณภาพอาจเจือจางจนมีความเข้มข้นที่สะดวกต่อการนำไปใช้

3.3.1.2 สารแขวนลอยโคแอกกูแลนต์กระเจี๊ยบ ถั่วแดง ถั่วลิสง และมะขาม

วิธีเตรียม

1. ทำความสะอาดเมล็ด โดยเฉพาะเมล็ดถั่วแดง ถั่วลิสง และมะขาม นำไปแช่น้ำเป็นเวลา 1 คืน จนเยื่อหุ้มเมล็ดอ่อนนุ่มดีแล้วจึงแกะเยื่อหุ้มเมล็ดออกเสียก่อนโดยใช้เฉพาะเนื้อด้านในของเมล็ดส่วนที่มีสีขาว (kernel) เท่านั้น
2. นำเมล็ดที่ได้ไปตากแดดจัดๆ 1 วัน จนแห้งสนิทดี
3. นำไปบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้าจนเป็นผงละเอียด แล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาดช่องเปิด 0.5 มม.
4. นำผงที่ร่อนผ่านตะแกรงแล้วไปผสมกับโซเดียมคาร์บอเนตในอัตราส่วน 9 : 1 โดยน้ำหนัก
5. นำสารผสมที่ได้จากหัวข้อที่ 4 ปริมาณ 1 กรัม เติมลงในน้ำกลั่น 500 มล. กวนผสมให้เข้ากันดีแล้วนำไปปั่นในเครื่องปั่นน้ำผลไม้ประมาณ 30 วินาที
6. นำไปตั้งไฟอุ่นที่อุณหภูมิประมาณ 70-80 องศาเซลเซียส ประมาณ 2-3 นาที ในขณะที่อุ่นบนเตาให้คนไปเรื่อยๆเพื่อไม่ให้สารผสมจับตัวกันเป็นก้อน จนของเหลวที่ได้มีความหนืดคล้ายน้ำเชื่อม จึงเปิดไฟและยกลงจากเตา จะสังเกตุได้ชัดในกรณีของมะขามซึ่งถ้าหากไม่ทำการคนในขณะตั้งไฟจะจับตัวเป็นก้อนเหนียวคล้ายแป้งเปียก ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรเป็น 1000 มล. สารแขวนลอยที่เตรียมได้ 1 มล. คิดเป็น 1 มก. ของปริมาณโคแอกกูแลนต์ธรรมชาติที่ใช้

หมายเหตุ โซเดียมคาร์บอเนต มีคุณสมบัติเป็นสารกันบูด แต่ไม่สามารถกันมิให้สารแขวนลอยมะรุมบูดได้ จึงไม่จำเป็นต้องเติมในการเตรียมสารแขวนลอยมะรุม

3.3.2 น้ำขุ่นสังเคราะห์

อนุภาคแร่ดินเหนียว เช่น คาโอลิไนท์ (Kaolinite) เบนโทไนท์ (Bentonite) และเวอร์มิคูไลท์ (Vermiculite) เป็นสาเหตุสำคัญของความขุ่นในน้ำผิวดินที่นำมาผลิตเป็นน้ำประปา จากการสำรวจพบว่า แร่ดินที่พบมากในแหล่งน้ำของประเทศไทยได้แก่ คาโอลิไนท์ (จุมพล และคณะ,2524) ดังนั้นเพื่อให้ใกล้เคียงกับความจริงจึงใช้ดินคาโอลิน (Kaolin clay) ที่มีส่วนผสมของแร่ดินคาโอลิไนท์และสารอินทรีย์มาเป็นตัวสร้างความขุ่น

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้น้ำขุ่นสังเคราะห์ โดยผสมดินคาโอลินลงไปสร้างความขุ่นและทำการปรับให้มีความขุ่นตามความต้องการ สำหรับการศึกษาครั้งนี้เลือกศึกษาที่ระดับความขุ่น 50, 100, 200, และ300 NTU เนื่องจากขนาดอนุภาคที่อยู่ในช่วงของอนุภาคคอลลอยด์ มีขนาด

0.001 ถึง 1 ไมครอน ดังนั้น เพื่อให้ได้ขนาดของอนุภาคของน้ำขุ่นสังเคราะห์อยู่ในช่วงอนุภาคคอลลอยด์จึงต้องทำการคัดขนาด โดยปล่อยให้อนุภาคดินคาโอลินตกตะกอนในน้ำนิ่งตามเวลา และความลึกที่ประมาณได้จากสมการทั่วไปของการตกตะกอนแบบโดด (Discrete settling) ที่ประยุกต์จากกฎของสโตค (Stoke's law) ดังนี้

$$V = g (g_s - q) d^2/(18 u)$$

เมื่อ

V คือ ความเร็วในการจมตัวแบบอิสระของอนุภาค, ม./วินาที^{2}

g คือ อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก, ม./วินาที^{2}

g_s คือ ความหนาแน่นของอนุภาค, กก.(มวล)/ลบ.ม.

q คือ ความหนาแน่นของน้ำ, กก.(มวล)/ลบ.ม.

d คือ ขนาดของอนุภาค, ม.

u คือ ความหนืดของน้ำ, นิวตัน-วินาที/ม.^{2}

ในกรณีของดินคาโอลิน ซึ่งมีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.38 ก็คือ มีความหนาแน่น 2,380 กก.(มวล)/ลบ.ม. เมื่อแทนค่าในสมการ จะได้ความเร็วในการจมตัวเท่ากับ 8.45×10^{-7} ม./วินาที หรือ 0.3 ซม./ชม. เมื่อให้เวลาจมตัว 48 ชม. อนุภาคที่ลอยอยู่ในระดับ 14.4 ซม. จากผิวน้ำจะมีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน การเตรียมน้ำขุ่นสังเคราะห์เตรียมได้ดังนี้

1) นำดินคาโอลินมาผสมน้ำแล้วกวนให้เป็นเนื้อเดียวกัน เพื่ออนุภาคดินคาโอลินกระจายอย่างทั่วถึง
2) ปล่อยให้ตกตะกอนเป็นเวลา 48 ชม.
3) ดูดน้ำออกด้วยวิธีกาลักน้ำ โดยเริ่มดูดจากตำแหน่งที่ลึกจากผิวน้ำเท่ากับ 14.4 ซม.
4) เจือจางน้ำขุ่นสังเคราะห์ด้วยน้ำประปา จนกระทั่งได้ความขุ่นตามต้องการ

3.3.3 สารเคมี

3.3.3.1 สารส้ม

สารส้มที่ใช้ในการวิจัยนี้ เป็นระดับที่ใช้ทดลองในห้องปฏิบัติการ (Laboratory grade) ที่ผลิตโดยบริษัท May & Baker Ltd. มีลักษณะเป็นผงสีขาว มีสูตรทางเคมีว่า $Al_2 (SO_4)_3 .14H_2O$

สารละลายสารส้ม 1% เตรียมได้โดยทำการละลายสารส้ม $Al_2(SO_4)_3.14\ H_2O$ 10 กรัม ในน้ำกลั่น และเจือจางให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

3.3.3.2 สารละลายกรดเกลือ

ทำการเจือจางกรดเกลือ (hydrochloric acid) ที่มีความเข้มข้น 36.0 N ปริมาตร 27 มล. ลงในน้ำที่มีปริมาตรสุดท้าย 1,000 มล. จะได้ความเข้มข้นของกรดเกลือประมาณ 1.0 N หลังจากนั้นทำการเจือจางกรดเกลือที่มีความเข้มข้น 1.0 ปริมาตร 100 มล. ลงในน้ำที่มีปริมาตรสุดท้าย 1,000 มล. จะได้ความเข้มข้นของกรดเกลือที่มีความเข้มข้นประมาณ 0.1 N

3.3.3.3 สารละลายด่าง

นำสารโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ไปอบในเตาที่อุณหภูมิ 103 °C การละลาย Na_2CO_3 ปริมาณ 5.3 กรัม ลงในน้ำที่มีปริมาตรสุดท้าย 1,000 มล. จะได้สารละลาย Na_2Co_3 ที่มีความเข้มข้น 0.1 N

3.3.3.4 สารละลายเอ็มจีซี

สารเอ็มจีซี (MGC, Methyl Glycol Chitosan) เป็นสารที่ใช้ในการทดลองเพื่อหาประจุของคอลลอยด์ มีลักษณะเป็นผงสีเหลืองอ่อน มีสูตรทางเคมีว่า $C_{11}H_{22}O_5NI$ มีคุณสมบัติเป็นคอลลอยด์ประจุบวก

สารละลายเอ็มจีซีที่ใช้มีความเข้มข้น $5x10^{-4}$ นอร์แมล (normal) มีวิธีการเตรียมดังนี้คือ

ก. ละลาย เอ็มจีซี 3.75 กรัม ในน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวม 1 ลิตร จะได้สารละลายความเข้มข้น 0.01 นอร์แมล

ข. นำสารละลายในข้อ ก. มา 200 มล. เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตรรวม 1 ลิตร จะได้สารละลายความเข้มข้น $2x10^{-3}$ นอร์แมล

ค. นำสารละลายในข้อ ข. มา 250 มล. เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตรรวม 1 ลิตร จะได้สารละลายความเข้มข้น $5x10^{-4}$ นอร์แมล ตามต้องการ

3.3.3.5 สารละลายพีวีเอสเอเค

สารพีวีเอสเอเค (PVSAK, Polyvinyl sulfuric Acid Potassium Salt) เป็นสารที่ใช้ในการทดลองเพื่อหาประจุของคอลลอยด์มีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลอ่อน มีสูตรทางเคมีว่า $[CH_2CH\ (OS_3K)]X$ ผลิตโดยบริษัท Kodak สหรัฐอเมริกา มีคุณสมบัติเป็นคอลลอยด์ประจุลบ

วิธีการเตรียมสารละลายพีวีเอสเอเค $5x10^{-4}$ นอร์แมล ทำได้โดยละลายสารพีวีเอสเอเค 1.6221 กรัมในน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวม 1 ลิตร ก็จะได้สารละลายความเข้มข้น 0.01 นอร์แมล จากนั้นจึงทำการเจือจางตามข้อ ข. และ ค. เช่นเดียวกับการเตรียมสารละลายเอ็มจีซี ก็จะได้สารละลายพีวีเอสเอเค ความเข้มข้น $5x10^{-4}$ นอร์แมลตามต้องการ

3.3.3.6 สารละลายทีบี

สารทีบี (TB, Toluidine blue) เป็นสารที่ใช้เป็นดัชนี (Indicator) ในการทดลองเพื่อหาประจุของคอลลอยด์ มีลักษณะเป็นผงสีน้ำเงินเข้ม ผลิตโดยบริษัท Gurr ประเทศอังกฤษ เตรียมให้อยู่ในรูปสารละลายโดย ละลายทีบี 1.0 กรัมในน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวม 1 ลิตร ก็จะได้สารละลายทีบีความเข้มข้น 1,000 มก./ล.

3.4 การดำเนินการทดลอง

ในการศึกษาได้แบ่งงานทดลองออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

3.4.1 การทดลองหาชนิดและปริมาณโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสม โดยการทดลองจาร์เทสต์

การทดลองนี้เป็นการหาชนิดและปริมาณโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสม เพื่อใช้ในการลดความขุ่นของน้ำ โดยใช้โคแอกกูแลนต์จากวัสดุธรรมชาติที่เตรียมได้ทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ มะรุม มะขาม กระเจี๊ยบแดง ถั่วแดง และถั่วลิสง โดยนำมาทดสอบความสามารถในการเป็นโคแอกกูแลนต์ และโคแอกกูแลนต์เอดร่วมกับสารส้ม เปรียบเทียบกับการใช้สารส้มภายใต้สภาวะการทดลองเดียวกัน โดยทำการทดลองจาร์เทสต์ตามแบบของ ASTM(1978) ดังต่อไปนี้

1) เติมน้ำขุ่นสังเคราะห์ที่ใช้ในการทดลองปริมาณ 2,000 มล. ลงในถ้วยทดลอง
2) เปิดเครื่องกวนโดยใช้ความเร็ว 100 รอบต่อนาที แล้วเติมสารโคแอกกูแลนต์ที่เตรียมให้

อยู่ในรูปที่เหมาะสมลงไป ใช้เวลาในการกวนเร็ว 1 นาที

3) ปรับเครื่องกวนให้มีความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที ใช้เวลาในการกวนช้า 20 นาที

4) หยุดเครื่องกวน และตั้งถ้วยทดลองทิ้งไว้ให้ตกตะกอนที่เวลาต่าง ๆ กันในช่วง 4-60 นาที โดยเก็บตัวอย่างน้ำที่ความลึก 10 ซม. จากผิวน้ำ เพื่อหาเวลาในการตกตะกอนที่เหมาะสม

5) วิเคราะห์น้ำใส เพื่อหาค่าพีเอชและความขุ่นที่เหลือ

6) ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ 1-5 โดยเปลี่ยนชนิดของโคแอกกูแลนต์ และความขุ่นของน้ำดิบเปรียบเทียบกับการใช้สารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์

หมายเหตุ ในกรณีที่ทดลองใช้สารโคแอกกูแลนต์ธรรมชาติเป็นเอดร่วมกับสารส้ม จะเติมในขั้นตอนกวนเร็ว โดยเติมก่อนสารส้มประมาณ 30 วินาที

3.4.2 การทดลองหาชนิดและปริมาณโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสมโดยวิธีการหาค่าดัชนีการกรอง

การทดลองนี้เป็นการหาชนิดและปริมาณโคแอกกูแลนต์ที่เหมาะสม โดยใช้อุปกรณ์การกรองขนาดมาตราส่วนเล็ก และใช้ค่าดัชนีการกรองเป็นค่าเปรียบเทียบ โดยทำการทดลองตามแบบของ Ives(1978) แล้วนำผลการทดลองที่ได้เปรียบเทียบกับการทดลองจาร์เทสต์

วิธีการหาค่าดัชนีการกรอง

1. ตวงน้ำสังเคราะห์ที่เตรียมไว้ 2 ลิตร ลงในบีกเกอร์ของอุปกรณ์จาร์เทสต์
2. ปรับความเร็วรอบของการหมุนให้ได้ 100 รอบ/นาที
3. เติมโคแอกกูแลนต์แล้วปล่อยให้มีระยะเวลากวนเร็ว 1 นาที แล้วทำการเก็บตัวอย่างน้ำไว้ประมาณ 50 มล. เพื่อนำไปวิเคราะห์ หาค่าความขุ่นของน้ำก่อนเข้าเครื่องกรอง
4. นำน้ำที่ได้จากข้อ 3 ผ่านเครื่องกรองขนาดมาตราส่วนเล็ก ซึ่งถูกเตรียมไว้เรียบร้อยแล้ว (โดยตวงน้ำประปาใส่กระบอกตวงปริมาตร 150 ลบ.ซม. และเททรายกรองหนัก 90.93 กรัม ซึ่งเทียบเท่าความสูง 4 ซม. ลงในกระบอกกรอง)
5. การทำงานจะอาศัย Constant head tank ในการควบคุมอัตราการกรองให้คงที่ประมาณ 100 ลบ.ซม./นาที (3.95 ลบ.ม./ตร.ม-ชม.)
6. จับเวลาการกรอง 10 นาที แล้วอ่านค่าการสูญเสียเฮดจากสเกลข้างกระบอกกรอง และบันทึกปริมาตรของน้ำที่กรองได้ หลังจากนั้นจึงนำน้ำสุดท้ายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หาค่าความขุ่นของน้ำที่กรองได้
7. คำนวณค่าดัชนีการกรอง จากสูตร

$$F = (C*H)/C^{\circ}*V*t)$$

โดยที่ F คือ ค่าดัชนีการกรอง

C คือ ค่าความขุ่นของน้ำที่กรองได้, NTU

C° คือ ค่าความขุ่นของน้ำก่อนเข้าเครื่องกรอง,NTU

H คือ ค่าการสูญเสียเฮด, ซม.

V คือ ปริมาตรของน้ำที่กรองได้ต่อเวลาต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัด ซม./นาที

t คือ ระยะเวลาการกรอง, นาที

ตัวอย่างการคำนวณการหาค่าดัชนีการกรอง

ใช้ทรายกรองมีค่า porosity = 0.425

เส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกกรอง = 44 มม.

พื้นที่ในแนวราบ $= \frac{\pi 44^2}{4}$

$= 1521.14$ มม.^{2}

$= 15.21$ ซม.^{2}

ความยาวของแท่งทรายกรอง = 4.0 ซม.

ปริมาตรของแท่งทรายกรอง = 4x15.21

$= 60.84$ ซม.^{2}

ถพ. ของทราย = 2.60 ก/ซม.^{2}

ปริมาตรของทราย = (1.0 - 0.425)x60.84

$= 34.98$ ซม.^{3}

น้ำหนักทรายที่ต้องการ = 34.98x2.6

= 90.93 กรัม

สำหรับความขุ่นเริ่มแรก 50 NTU ที่ปริมาณสารส้ม 2.5 มก./ล. คำนวณได้ว่า

C° = 50 NTU, C = 1.4 NTU, H = 5.0 ซม.

V = 1090 ซม.^{3}, A = 15.21 ซม.^{2},

v = Q/A

t = V/Q

$$F = \frac{H*C}{v*C^{\circ}*t} = \frac{H*C*A}{V*C^{\circ}} = \frac{15.21x5.0x1.4}{1090x50}$$

$F = 19.6x10^{-4}$

3.4.3 การทดลองหาชนิดและวัดปริมาณประจุคอลลอยด์โดยใช้เทคนิคการไตเตรทคอลลอยด์

การทดลองนี้เป็นการตรวจสอบชนิด และคำนวณหาปริมาณประจุคอลลอยด์ของโคแอกกูแลนต์ที่ใช้ในการทดลอง โดยอาศัยเทคนิคการไตเตรทคอลลอยด์แบบไตเตรทย้อนกลับ โดยมีวิธีการทดลองดังนี้

สารเคมีที่ใช้ประกอบด้วย

1) เอ็มจีซี, Methyl glycol chitosan (MGC) มีคุณสมบัติเป็นคอลลอยด์ประจุบวก
2) พีวีเอสเอเค, Potassium polyvinyl alcohol sulfate (PVSAK) มีคุณสมบัติเป็นคอลลอยด์ประจุลบ
3) ทีบี, Toluidine blue (TB) เป็น indicator ที่มีสีน้ำเงินในคอลลอยด์ประจุบวก และมีสีม่วงในคอลลอยด์ประจุลบ

ขั้นตอนการไตเตรท และการคำนวณค่าประจุ

1) นำน้ำตัวอย่างที่เก็บได้จากการทดลองตอนที่ 1 มาประมาณ 100 มล. เติมลงในบีกเกอร์ขนาด 250 มล.
2) เติมสารละลายเอ็มจีซีลงไปปริมาณหนึ่ง แล้วหยดสารละลายทีบีลงไป 1-3 หยด
3) ไตเตรทด้วยสารละลายพีวีเอสเอเค โดยใช้บิวเรต (bulette) ขนาด 50 มล. จนสีของน้ำตัวอย่างเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสีม่วง
4) ทำการวิเคราะห์แบบเดียวกันกับน้ำกลั่น เพื่อใช้เป็นแบลงค์ (blank)
5) นำปริมาตรของพีวีเอสเอเค ที่ใช้กับตัวอย่างน้ำมาลบด้วยปริมาตรที่ใช้กับน้ำกลั่น

ผลลัพธ์ที่ได้จากข้อ 5 จะเป็นปริมาตรของพีวีเอสเอเค ที่มีสมมูลย์ของประจุเท่ากับตัวอย่างน้ำ และเครื่องหมายผลลัพธ์จะแทนชนิดของประจุของอนุภาคคอลลอยด์ในน้ำที่ใช้วิเคราะห์ จึงสามารถคำนวณความเข้มข้นของประจุคอลลอยด์ได้จากสมการ

$$C = \frac{(S-B)N \times 10^{7}}{M}$$

เมื่อ C คือ ประจุในตัวอย่างน้ำ, มิลลิอิควิวาเลนซ์/ลิตร x 10^{4} (meq/1)
S คือ ปริมาตรสารละลายพีวีเอสเอเคที่ใช้ไตเตรทตัวอย่างน้ำ, มล.
B คือ ปริมาตรสารละลายพีวีเอสเอเคที่ใช้ไตเตรทน้ำกลั่น, มล.
N คือ ความเข้มข้นของสารละลายพีวีเอสเอเค, มิลลิอิควิวาเลนซ์/ลิตร
M คือ ปริมาตรของน้ำตัวอย่าง, มล.

การไตเตรทย้อนกลับนี้สามารถเปลี่ยนแปลงปริมาณสารละลายเอ็มจีซีได้ตามความเหมาะสม และไม่จำเป็นต้องรู้ความเข้มข้นที่แท้จริงของสารละลายเอ็มจีซีด้วย เพราะการทำแบลงค์จะแก้ไขความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ได้

ในการทดลองได้ทำการแปรค่าความเข้มข้น และพีเอช ของสารแขวนลอยโคแอกกูแลนต์ธรรมชาติทั้ง 5 ชนิดและสารละลายสารส้มที่ใช้ในการทดลอง เพื่อศึกษาถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงปริมาณประจุคอลลอยด์ในสภาวะต่าง ๆ ตามตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น และพีเอชของสารแขวนลอยโคแอกกูแลนต์และสารละลายสารส้ม ในการไตเตรทคอลลอยด์

พีเอช	ความเข้มข้น (มก./ล.)
4	2 4 6 8 10
7	2 4 6 8 10
9	2 4 6 8 10

3.5 การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำ และการสูญเสียเฮด

ข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ วิธีหรือเครื่องมือในการวิเคราะห์ และหน่วยที่ใช้มีดังนี้คือ

1. ความขุ่น ใช้เครื่องวัดความขุ่น (Turbidimeter 2100 A : Hach) หน่วยที่วัดได้เป็น NTU

2. ประจุไฟฟ้า ของสารโคแอกกูแลนต์ใช้วิธีไตเตรทคอลลอยด์ (Colloid Titration Technique)หน่วยที่วัดได้เป็น มิลลิอิควิวาเลนซ์/ลิตร x 10^4

3. พีเอช ใช้เครื่องวัดพีเอช (pH Meter : Bechman)

4. การสูญเสียเฮด ได้จากการอ่านค่าจากสเกลบน Manometer board หรือข้างกระบอกกรอง ซึ่งมีความละเอียดถึงมิลลิเมตร