บทที่ 3
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินการ

3.1 วัสดุอุปกรณ์

ในส่วนของการดำเนินการวิจัยในโครงการนี้สามารถแบ่งย่อยออกเป็นส่วนต่าง ๆ ได้หลายส่วน

3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการลดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเพื่อป้อนเป็นอากาศขาเข้าเซลล์โอโซไน-เซอร์

- เครื่องปั๊มอากาศรุ่น LP 20 ผลิตอากาศได้ 20 ลิตร/นาที (ความต่างศักย์ไฟฟ้า 220 V, ความถี่ 50 Hz, 35 W)
- เครื่องกรองอากาศแห้งและสารดูดความชื้นซิลิกาเจล
- เครื่องวัดควุมเร็วลม Testo รุ่น 435
- เครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) สำหรับเก็บข้อมูลอุณหภูมิ
- ท่อพีวีซีตรงและท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว
- ท่อพีวีซีพร้อมฝาปิดและท่อพีวีซีสามทางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 50 เซนติเมตร
- ท่อยางอ่อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร
- สายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K
- นาฬิกาจับเวลา
- หม้อแปลงไฟฟ้าแรงสูงขนาด 0-15 kV_{AC}
- ตัวปรับค่าความต่างศักย์ (Variac) 0- 240 V
- เซลล์โอโซไนเซอร์
- อุปกรณ์วัดความต่างศักย์ไฟฟ้าแรงสูง (High voltage probe) ของ บ. ฮิวเล็ตต์-แพคการ์ด รุ่น P2015B
- เครื่องออสซิโลสโคป Hitachi ความถี่ 50 Hz
- สายยางแข็งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร
- ขวดสุญญากาศ จำนวน 3 ขวด
- กระบอกฉีดยาขนาด 3 มิลลิลิตร และเข็มฉีดยาเบอร์ 23
- พาราฟิน
- ขวดสำหรับบรรจุน้ำตัวอย่างขนาด 5 ลิตร
- แก๊สโครมาโทกราฟี รุ่น HP 6890N ดีเทคเตอร์แบบมัลคอนดักทิวิตี

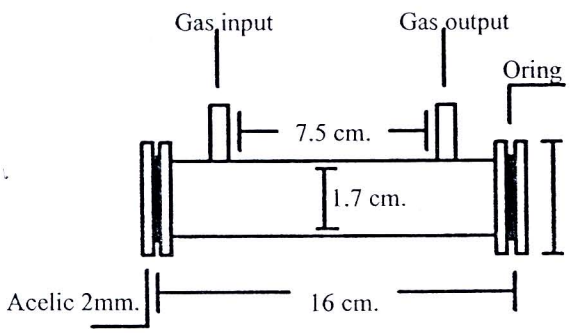
3.1.2 การหาความเข้มแสงสัมพัทธ์จากหลอดดิวทิเรียมในช่วงความยาวคลื่น 200 ถึง400 nm

- หลอดดิวทิเรียมและหัววัดความเข้มแสง

- สายยางอ่อนและสายยางแข็งขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 เซนติเมตรและ 0.5 เซนติเมตร ตามลำดับ
- วาล์วปิด-เปิด
- เครื่องยูวี-วิซิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

3.1.3 การออกแบบท่อผ่านก๊าซสำหรับตรวจหาความเข้มแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และท่อบำบัดก๊าซด้วยโอโซน

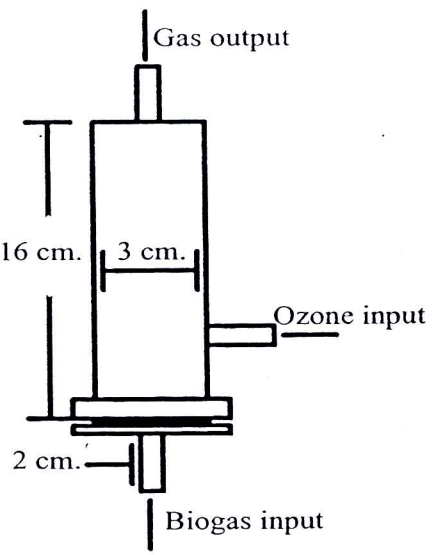
- ท่อผ่านก๊าซสำหรับตรวจหาความเข้มแสง



รูปที่ 3.1 การออกแบบท่อผ่านก๊าซ

ท่อที่ออกแบบเป็นท่อที่แสงสามารถส่งผ่านได้ ความเข้มแสงที่ส่งผ่านจะลดลงขึ้นอยู่กับความหนาของวัสดุ(พลาสติก)กั้นด้วย และมีวงแหวนยาง(O-ring) เพื่อกั้นการรั่วของก๊าซภายในท่อก๊าซ สำหรับวัสดุที่นำมาทำท่อเป็นอะลูมิเนียม เนื่องจากไฮโดรเจนซัลไฟด์ มีฤทธิ์ในการกัดกร่อนโลหะ

- ท่อบำบัดก๊าซ



รูปที่ 3.2 ท่อบำบัดก๊าซ

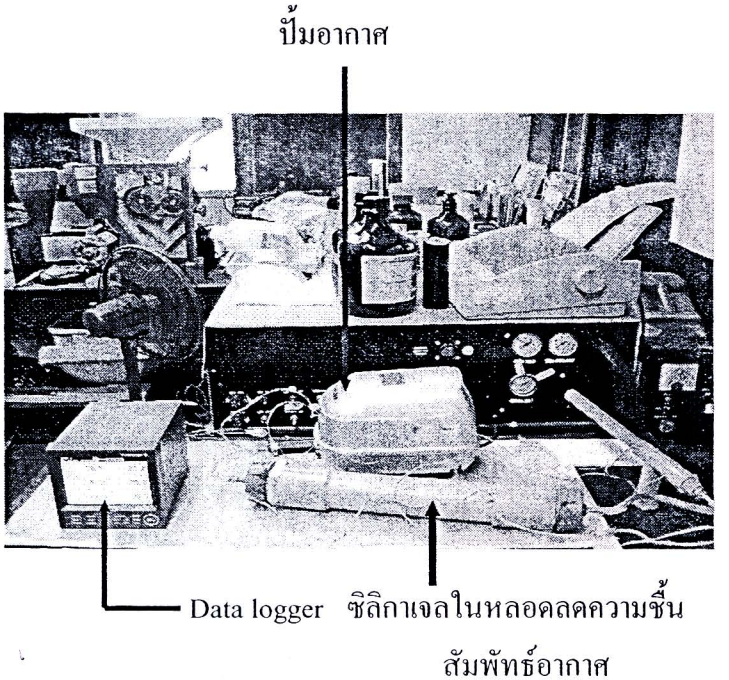
ท่อที่ออกแบบเป็นท่ออะลูมิเนียม ขนาดปริมาตร 113 ลูกบาศก์เซนติเมตร ภายในท่อ บรรจุลูกแก้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.75 เซนติเมตร จำนวน 17 ลูก ทำให้ปริมาตรของว่างภายในท่อเท่ากับ 3.76 ลูกบาศก์เซนติเมตร และมียางโอริงเพื่อป้องกันการรั่วของก๊าซภายในท่อบำบัดก๊าซ

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง

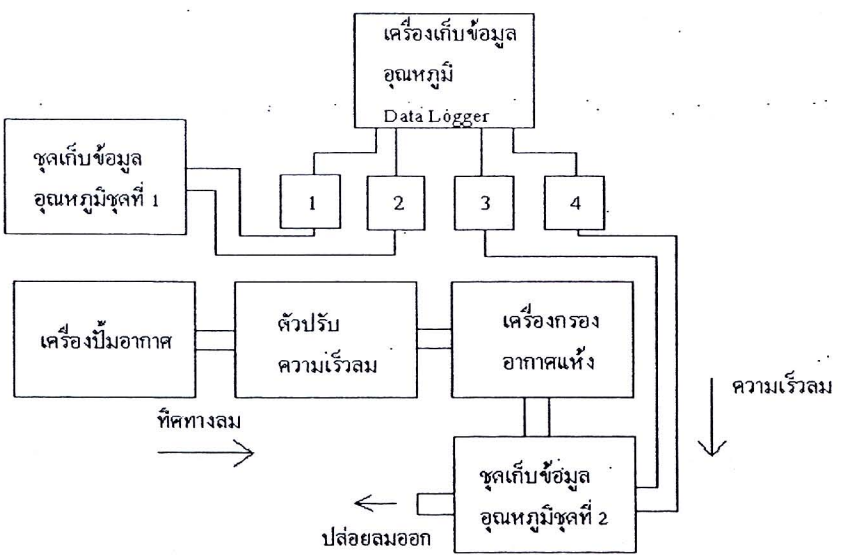
3.2.1 การหาความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม และที่ผ่านเครื่องกรองอากาศแห้ง ที่ความเร็ว

ลม 0.5 m/s เป็นเวลา 50 นาที เพื่อหา reliability ของหลอดลดความชื้นสัมพัทธ์อากาศ

รูปที่ 3.3 แสดงการต่อชุดอุปกรณ์ป้อนอากาศแห้งให้กับหลอดโอโซน โดยอุปกรณ์ชุดนี้ประกอบด้วยปั๊มอากาศและท่อลดความชื้นสัมพัทธ์อากาศก่อนเข้าเครื่องกำเนิดโอโซน โดยท่อพีวีซีจะใช้บรรจุซิลิกาเจลเพื่อดูดความชื้นในอากาศ สำหรับอากาศก่อนเข้าเครื่องปั๊มอากาศและอากาศขาออกจากท่อลดความชื้น จะทำการวัดอุณหภูมิทั้งอุณหภูมิกระเปาะแห้งและอุณหภูมิกระเปาะเปียกเพื่อใช้คำนวณหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ หรือหาค่าความชื้นสัมพัทธ์จากแผนภูมิความชื้น ขณะทำการทดลองนั้น ข้อมูลอุณหภูมิที่วัดได้ด้วยเทอร์โมคัปเปิลชนิด K จะส่งไปยังเครื่องบันทึกสัญญานเวลาและทำการบันทึกทุก ๆ 2 นาที รายละเอียดการต่อสายเทอร์โมคัปเปิลไปยังเครื่องบันทึกสัญญานเวลาแสดงดังรูปที่ 3.4 ในการทดลองนี้เลือกใช้ความเร็วลมของอากาศแห้งที่ 0.5 m/s [4]



รูปที่ 3.3 การหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม และอากาศที่ผ่านจากเครื่องกรองอากาศแห้ง, ความเร็วลม 0.5 m/s เป็นเวลา 50 นาที



1 แทนค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศแวดล้อม
2 แทนค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศแวดล้อม
3 แทนค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศแห้ง
4 แทนค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศแห้ง

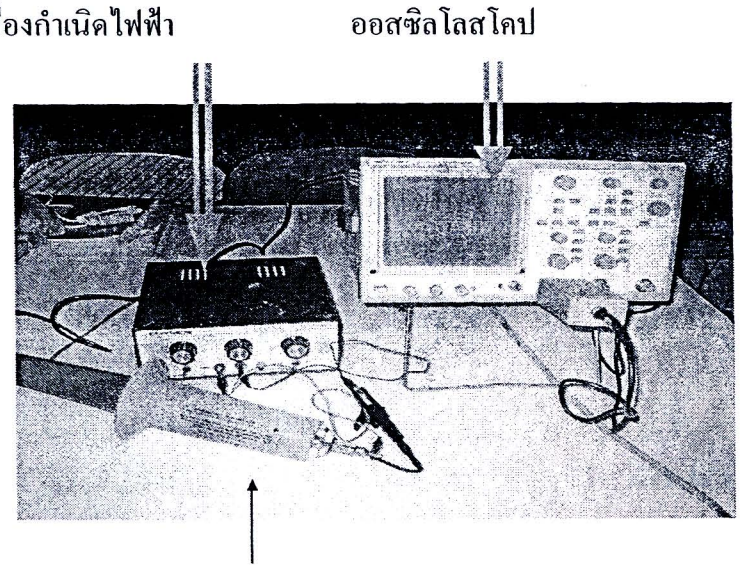
รูปที่ 3.4 การหาความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม และอากาศที่ผ่านจากเครื่องกรองอากาศแห้ง

วิธีการทดลองหาค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศ แบ่งเป็นลำดับขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

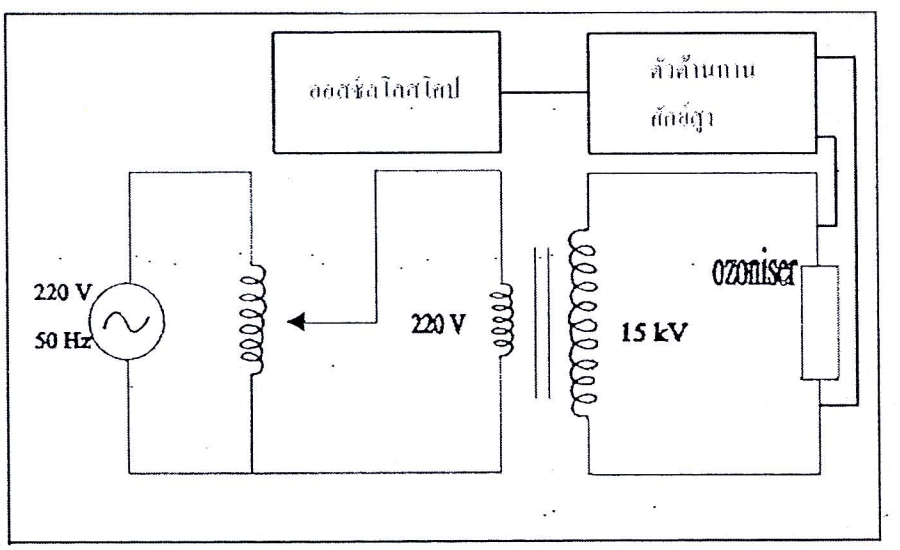
1. จัดเตรียมอุปกรณ์ตามรูปที่ 3.3 ที่มีการต่อปั๊มอากาศเข้ากับท่อลดความชื้นอากาศ โดยปั๊มอากาศให้อัตราการไหลของอากาศขาออกที่ความเร็วลม 0.5 m/s
2. ใช้เครื่องบันทึกสัญญานเวลา (Data logger) ซึ่งมีสายเทอร์โมคัปเปิล 4 เส้นเป็นตัววัดค่าอุณหภูมิในการทดลองที่เวลาต่าง ๆ 4 ค่า ดังนี้
    a. วัดค่าอุณหภูมิของกระเปาะเปียก และกระเปาะแห้งของเครื่องผลิตอากาศแห้ง
    b. วัดค่าอุณหภูมิของกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งของอากาศแวดล้อม เพื่อเป็นตัวอ้างอิงในการทดลอง
3. จัดเก็บข้อมูลของใส่การ์ดหน่วยความจำ เพื่อเตรียมนำข้อมูลมาใช้คำนวณหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาได้

3.2.2 การหาความสัมพันธ์การปรับเทียบไฟฟ้าจากตัวปรับค่าความต่างศักย์ 0 - 240 โวลต์ แปลงเป็นศักย์ไฟฟ้าแรงสูง

รูปที่ 3.5 แสดงการจัดอุปกรณ์กำเนิดคลื่นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อทดสอบอุปกรณ์วัดศักย์ไฟฟ้าแรงสูง Tektronix รุ่น 6015A และต่อสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์ไปยังเครื่องออสซิลโลสโคป



รูปที่ 3.5 การจัดอุปกรณ์เพื่อทดสอบอุปกรณ์วัดความต่างศักย์ไฟฟ้าแรงสูง 6015A



รูปที่ 3.6 แผนภาพวงจรไฟฟ้าสมมูลย์เพื่อวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าแรงสูง จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงสูงขนาด 0-15 kV_{ac}

วิธีการวัดค่าลักษณะเฉพาะทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดโอโซน

(ก) หาอัตราส่วนค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้จากเครื่องออสซิลโลสโคปต่อความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับที่วัดได้จริง โดยวัดคร่อมตัวต้านทานศักย์สูงขนาด 100 MΩ 1,000 W ดำเนินการทดลองดังต่อไปนี้

1. ต่อวงจรไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.6

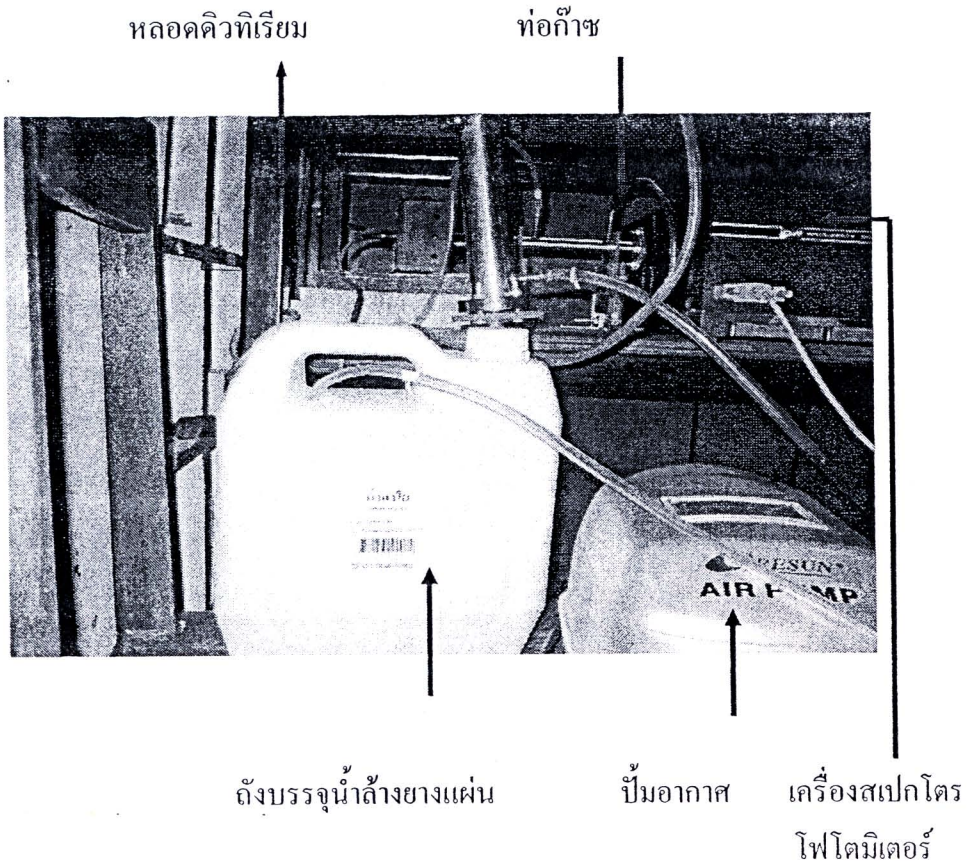
2. อ่านค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจากเครื่องออสซิลโลสโคป ต่อตัวต้านทานศักย์สูงกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
3. คำนวณอัตราส่วนค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงสูง กับความต่างศักย์หลังผ่านตัวต้านทานศักย์สูง

(ข) หาความสัมพันธ์ตัวปรับค่าความต่างศักย์ กับความต่างศักย์ที่ป้อนให้เซลล์โอโซไนเซอร์ เพื่อเป็นจ่ายพลังงานให้กับเซลล์โอโซไนเซอร์

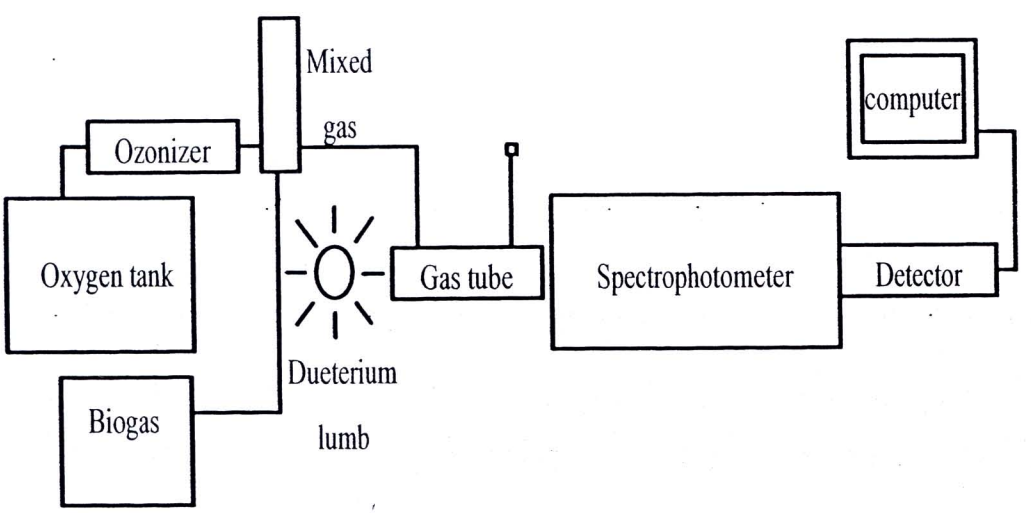
1. ต่อวงจรไฟฟ้า ดังรูปที่ 3.6
2. ปรับศักย์ไฟฟ้า 0 – 240 โวลต์จากเครื่องแปลงศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบอัตราส่วน 1:1 [ซึ่งเรียกอีกชื่อว่า แวลิแอค (Variac)] แก่หม้อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับแรงสูง 0-15 kV_{AC} ทำการทดสอบโดยปรับค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทีละ 10 V
3. อ่านค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นจากเครื่องออสซิลโลสโคป
4. หาความสัมพันธ์ตัวปรับค่าความต่างศักย์ กับความต่างศักย์ที่ป้อนให้โอโซไนเซอร์

3.2.3 การหาความเข้มแสงของหลอดดิวทิเรียมที่ช่วงความยาวคลื่น 200- 400 นาโนเมตร

รูปที่ 3.7 แสดงรายละเอียดการจัดเตรียมอุปกรณ์เพื่อทำการทดลองบำบัดก๊าซที่ผลิตออกมาจากน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้นในพื้นที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา



รูปที่ 3.7 การหาความเข้มแสงของหลอดดิวทิเรียมเมื่อผ่านท่อที่ผ่านก๊าซจากน้ำล้างยาง
หลังบำบัดด้วยก๊าซโอโซน



รูปที่ 3.8 แผนภาพการหาความเข้มรังสีสัมพัทธ์ของหลอดดิวทิเรียมเมื่อผ่านท่อผสมก๊าซ
จากน้ำล้างยางก่อนและหลังบำบัดด้วยก๊าซโอโซน

วิธีการทดลองวัดความเข้มแสงของก๊าซที่ผ่านการบำบัด

1. ตั้งความกว้างของสลิตของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ในทางทดลองดังนี้ คือ ความกว้างหน้าต่างสลิตขาเข้า สลิตตัวกลาง (ในเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์) และสลิตขาออก คือ 1500 1500 และ 1500 ไมโครเมตร
2. วางหลอดดิวทิเรียมให้รังสีจากหลอดผ่านเข้าทางสลิตขาเข้า โดยวางที่ระยะห่างจากหน้าต่างสลิตเป็นระยะทาง 16.5 เซนติเมตร เพื่อเว้นระยะไว้สำหรับวางท่อผสมก๊าซ และปรับแนวคลื่นให้รังสีพุ่งผ่านหน้าต่างท่อผสมก๊าซทะลุผ่าน เข้าไปยังหน้าต่างสลิตทางเข้าของสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
3. เปิดการทำงานของโปรแกรมมาตรฐานของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เพื่อดึงข้อมูลจากการวัดความเข้มรังสีสัมพัทธ์ที่ได้จากหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (ต่อตรงสลิตขาออกที่ต่อกับเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์) และหาความสัมพันธ์ของความเข้มแสงที่ช่วงความยาวคลื่น 200-400 นาโนเมตร โดยเปลี่ยนความยาวคลื่นทีละ 1 นาโนเมตร เพื่อให้เครื่องสแกนข้อมูลความเข้มรังสีสัมพัทธ์ที่ผ่านท่อผสมก๊าซแสดงผลได้อย่างละเอียด
4. บันทึกผลการทดลอง
5. ปล่อยโอโซนจากเครื่องผลิตโอโซนผ่านท่อด้วยอัตราเร็ว 0.5 m/sจากเครื่องผลิตโอโซนที่ศักย์ไฟฟ้า 9 10 และ 11 kV_{AC} เปลี่ยนเวลาที่ผลิตโอโซน 40 60 และ 80 s ที่แต่ละความต่างศักย์ไฟฟ้า บันทึกสัญญานที่ได้จากจอแสดงผลในเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง
6. ปล่อยก๊าซที่เกิดจากน้ำเสียจากน้ำยางข้นในแกลลอน ผ่านเข้าไปในท่อผสมก๊าซเป็นเวลา 40 s ปล่อยก๊าซโอโซนจากเซลล์โอโซไนเซอร์ผ่านท่อผสมก๊าซด้วยอัตราเร็ว 0.5 m/s โดยเลือกศักย์ไฟฟ้าที่ผลิตก๊าซโอโซน 9 kV_{AC} และใช้เวลาที่ผลิตโอโซน 40 s บันทึกผลการทดลองจากความเข้มรังสีสัมพัทธ์ที่ผ่านไปยังหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (Photomultipier) โดยเลือกที่ช่วงความยาวคลื่น 200-400 นาโนเมตร และเปลี่ยนความยาวคลื่นทีละ 1 นาโนเมตร สแกนตลอดช่วงความยาวคลื่นดังกล่าว บันทึกผลการทดลองที่ได้จากผลที่แสดงหน้าจอของคอมพิวเตอร์ที่ได้จากการประมวลผลจากโปรแกรม
7. ทำการทดลองซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 6 แต่เปลี่ยนเวลาที่ปล่อยก๊าซจากน้ำล้างยางแผ่น 60 และ 80 s
8. ทำการทดลองซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 6-7 แต่เปลี่ยนเวลาที่ผลิตโอโซน 60 และ 80 s
9. ทำการทดลองซ้ำเช่นเดียวกับข้อ 6-8 แต่เปลี่ยนค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็น 10 และ 11 kV_{AC}

3.2.4 การเก็บก๊าซตัวอย่างเพื่อหาชนิดของก๊าซจากน้ำล้างยางก่อน-หลังการบำบัดด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

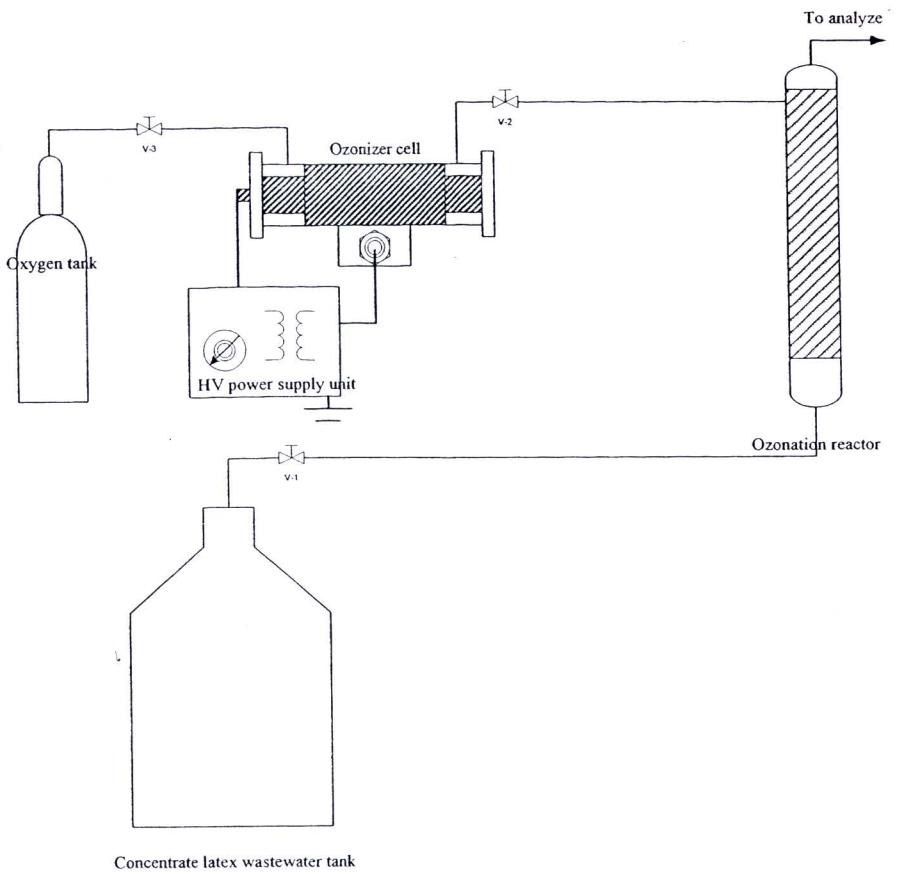
ทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองในตอนที่ 3.2.3 แต่จะสุ่มเก็บตัวอย่างก๊าซที่หลังผ่านท่อผสมก๊าซด้วยขวดสุญญากาศ เพื่อนำไปตรวจสอบหาก๊าซเสียหลังการบำบัดด้วยก๊าซโอโซนเทียบกับก๊าซอ้างอิง

5 การวัดปริมาณก๊าซเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยก๊าซโอโซนด้วยเทคนิคการเชิงทัศน์

1. ปล่อยโอโซนจากเครื่องผลิตโอโซนผ่านท่อด้วยอัตราเร็ว 0.5 m/sจากเครื่องผลิตโอโซนที่ศักย์ไฟฟ้า 9 10 และ 11 kV_{AC} เปลี่ยนเวลาที่ผลิตโอโซน 10 20 และ 30 นาทีที่ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าต่าง ๆ บันทึกสัญญานที่ได้จากจอแสดงผลในเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง
2. ปล่อยก๊าซที่เกิดจากน้ำเสียจากน้ำยางข้นในแกลลอน ผ่านเข้าไปในท่อผสมก๊าซและ ปล่อยก๊าซโอโซนจากเซลล์โอโซไนเซอร์ผ่านท่อผสมก๊าซด้วยอัตราเร็ว 0.5 m/s โดยเลือกศักย์ไฟฟ้าที่ผลิตก๊าซโอโซน 9 10 และ 11 kV_{AC} และใช้เวลาที่ผลิตโอโซน 10 20 และ 30 นาที จากนั้นใช้เครื่องวัดปริมาณก๊าซของ Testto รุ่น 350-XLวัดปริมาณก๊าซต่าง ๆ บันทึกผลการทดลองและนำมาวิเคราะห์ต่อไป

6 การทดลองการกำจัดก๊าซเสียจากน้ำเสียของโรงงานน้ำยางข้นด้วยโอโซน

1. นำน้ำเสียตัวอย่างจากโรงงานน้ำยางข้นปริมาณครั้งละ 25 ลิตร มาทดสอบโดยบรรจุอยู่ในถังปิดพร้อมต่อท่อและวาล์วดังรูปที่ 3.9
2. ต่อท่อนำก๊าซโอโซนจากเครื่องกำเนิดโอโซนมายังท่อปฏิกิริยา ดังรูปที่ 3.9
3. ปล่อยก๊าซจากถังน้ำเสียให้ไหลเข่าสู่ท่อปฏิกิริยาและปล่อยก๊าซโอโซนข้าท่อปฏิกิริยา



รูปที่ 3.9 แผนภาพการต่อระบบโอโซไนเซชันเพื่อการทดสอบการบำบัดก๊าซที่ปล่อยออกจากน้ำเสียจากโรงงานน้ำยางข้น

รูปที่ 3.10 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณก๊าซยี่ห้อ Testo รุ่น 350-XL