

การศึกษาเพื่อหาความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศบริเวณต่าง ๆ ในเขต
กรุงเทพมหานคร โดยวิธีไอโอดิเมตริกประยุกต์

ปริญญานิพนธ์

ของ

จุฑารัตน์ พิบูลย์สวัสดิ์

สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ตงมวิท 23 พระโขนง กรุงเทพฯ 11 โทร. 3921575, 3915058

1 6.ค. 7524

เสนอต่อมหา วิทยา สัยศรีนครินทรวิโรฒ ประธานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

กุมภาพันธ์ 2524

ลิขสิทธิ์ เป็นของมหา วิทยา สัยศรีนครินทรวิโรฒ

86981

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิติได้พิจารณาปัญหานี้จนบัดนี้แล้ว
เห็นสมควรรับ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโททางการศึกษา
มหาวิทยาลัยของมหา วิทยาลัยศรีนครินทร วิโรฒได้

นางสาว ปณิศา

ประธาน

นางสาว ปณิศา

กรรมการ

ประกาศขอบคุณ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความรู้ความกรุณาในการให้คำแนะนำและความช่วยเหลือ
ทั้งทางวิชาการและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นอย่างดีจากประธานกรรมการ ผู้ช่วย
ศาสตราจารย์ ดร.นพดล ไชยคำ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล และ
กรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ รท.สมเกียรติ กรีกอง ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ คณะอาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร
วิโรฒ และ อาจารย์ เลิศชัย เมืองงาม ที่ช่วยให้คำปรึกษาในการทำปริญญานิพนธ์

สุทธรัตน์ วัฒนาลัยส์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
คำนำ	1
ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	3
ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	4
ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	4
นิยามศัพท์เฉพาะ	4
2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า	6
การวิจัยในประเทศ	6
งานวิจัยในประเทศไทย	12
ทฤษฎี	20
แหล่งกำเนิดของก๊าซซิลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ	22
ปฏิกิริยาเคมีของก๊าซซิลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ	24
ผลของก๊าซซิลเฟอร์ไดออกไซด์	25
การควบคุมปริมาณของก๊าซซิลเฟอร์ไดออกไซด์	29
ไอโอติเมตร	31
3 วิธีการดำเนินการศึกษาค้นคว้า	36
กลุ่มตัวอย่าง	36
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	38
หลักการทำงานของเครื่องมือ	43
วิธีดำเนินการทดลอง	45

บทที่	หน้า
4 การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการทดลอง	54
ผลการทดลอง	54
5 บทย่อ สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	71
* บทย่อ	71
ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	71
วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	71
สรุปผลการวิจัย	73
อภิปรายผลการวิจัย	74
ข้อผิดพลาดที่เกิดจากการวิจัย	76
ข้อควรระวัง	77
ข้อเสนอแนะ	77
บรรณานุกรม	79

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	ภัยพิบัติเนื่องจากอากาศเป็นพิษ	2
2	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ใน เดือนกรกฎาคม-กันยายน 2519 บริเวณถนนสุขุมวิท	12
3	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ใน เดือนมกราคม-เมษายน 2520 บริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสุขุมวิท	15
4	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ใน เดือนมกราคม-เมษายน 2520 บริเวณถนนสุขุมวิท	17
5	ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ใน เดือนเมษายน 2520 - เมษายน 2521 บริเวณถนนปิ่นเกล้า-สีลม-พญาไท	19
6	ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ กัน	23
7	ผลที่เกิดขึ้นเมื่อมนุษย์ได้รับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ	26
8	ผลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อพืช	28
9	ผลของสารเป็นพิษต่อสัตว์	29
10	ความสัมพันธ์ระหว่างสเกลของ โพลาร์มิเตอร์ 2 โพลาร์มิเตอร์เบอร์ 450 - 627 และอัตราการไหลของอากาศ	54
11	ความสัมพันธ์ระหว่างสเกลของ โพลาร์มิเตอร์ 1 โพลาร์มิเตอร์เบอร์ 450 - 627 และ อัตราการไหลของอากาศ	57
12	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไอโอดีนกับค่าความต้านทานของโพโตเซลล์	59
13	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 352 นาโนเมตร ของสารละลายมาตรฐานของไอโอดีน	61

14	ความเข้มข้นของก๊าซซิลเฟอร์ไดออกไซด์ในบริเวณที่อยู่ห่าง โรงงานอุตสาหกรรม ไม่เกิน 1 กิโลเมตร	63
15	ความเข้มข้นของก๊าซซิลเฟอร์ไดออกไซด์บริเวณริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่น	66
16	ความเข้มข้นของก๊าซซิลเฟอร์ไดออกไซด์ บริเวณริมถนนที่มีการจราจรเบาบาง	70

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แผนที่กรุงเทพมหานครแสดงถนนและบริเวณที่เก็บตัวอย่างอากาศ	37
2 รูปเครื่องมือ	41
3 รูปหลักการทำงานของเครื่องมือ	44
4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสเกลของโพลีมิเตอร์เบอร์ 450 - 627 กับ อัตราการไหลของอากาศ	55
5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสเกลของโพลีมิเตอร์เบอร์ 2 กับอัตราการไหลของ อากาศ	56
6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสเกลของโพลีมิเตอร์เบอร์ 1 กับอัตราการไหลของ อากาศ	58
7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ความ เข้มข้นของสารละลายไอโอดีน กับค่าความต้านทานของโฟโตเซลล์	60
8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน กับค่าการ ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 352 นาโนเมตร	62

บทที่ 1

บทนำ

คำนำ

ในปัจจุบันทุกประเทศต่างประสบปัญหาต่าง ๆ นานาประการ และปัญหาหนึ่งที่หลายประเทศกำลังวิตกอย่างยิ่งในขณะนี้คือ "ปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ" เช่น อากาศเป็นพิษ น้ำเป็นพิษ ดินเป็นพิษ

อากาศเป็นพิษเป็นอันตรายร้ายแรงที่สุด เพราะอากาศเป็นสิ่งแวดล้อมที่ใกล้ชิด และเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดต่อชีวิตมนุษย์ โดยปกติคนเราต้องหายใจเอาอากาศเข้าไปในร่างกาย 35 ปอนด์ต่อวัน ต้องการน้ำ 3 - 4 ปอนด์ต่อวัน และต้องการอาหาร 1.5 ปอนด์ต่อวัน (วิชา ตี๋ปิ่นตา 2521 : 99) ถ้าอากาศเป็นพิษก็จะทำให้เราหายใจเอาสารมีพิษเสียบนเข้าไปทำอันตรายต่อสุขภาพร่างกายของเราอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ อากาศบริสุทธิ์ในการหายใจเพื่อดำรงชีวิตนั้นประกอบด้วย ก๊าซ และอนุภาคต่าง ๆ ในสัดส่วนที่พอเหมาะดังนี้ คือ ก๊าซออกซิเจน ประมาณ 21 เปอร์เซ็นต์ ก๊าซไนโตรเจน 78 เปอร์เซ็นต์ และส่วนผสมอื่น ๆ เช่น ก๊าซเฉื่อย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ผุ่นละอองต่าง ๆ และไอน้ำอีกประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ในอดีตไม่มีใครคิดว่า ก๊าซและอนุภาคบางชนิดในอากาศที่เราหายใจนั้นจะเพิ่มปริมาณขึ้นได้จนถึงขั้นที่เป็นพิษ และก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิตได้ แต่ต่อมาความก้าวหน้าทางวิชาการและเทคโนโลยีเป็นไปอย่างรวดเร็ว ทำให้มีโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมน้ำมัน อุตสาหกรรมโลหะ อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรม การเกษตร ฯลฯ ละอองกัมมันตรังสีจากโรงงานพลังงานนิวเคลียร์ การทดลองระเบิดปรมาณู การใช้เครื่องยนต์ เครื่องยนต์ และการใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิง สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้เป็นสาเหตุสำคัญในการเกิดอากาศเป็นพิษขึ้น เนื่องจากมีการปล่อยก๊าซและพารติเคิลต่าง ๆ ออกมาโดยไม่มีการควบคุม และการป้องกันแก้ไข ทำให้สิ่งเสียบนทั้งหลายที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศและก่อให้เกิดอากาศเป็นพิษขึ้น มีทั้งก๊าซต่าง ๆ หยตของเหลว ผุ่นละออง และสารกัมมันตรังสี ที่สำคัญได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ตะกั่ว แคดเมียม ผุ่นละอองชนิดที่สามารถดูดซึมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไว้ในตัว เช่น ไซเตียมคลอไรด์ ละอองไอของแมงกานีส วาเนเดียม เป็นต้น

ยูเอสเอชอีดับเบิลยู (USHEW. 1962 : 978) ได้รวบรวมรายงานเกี่ยวกับ
จำนวนผู้เสียชีวิต เนื่องจากอากาศเป็นพิษระหว่างปี ค.ศ. 1930 - 1962 ดังแสดงไว้
ในตาราง 1

ตาราง 1 ภัยพิบัติเนื่องจากอากาศเป็นพิษ

สถานที่	วัน เดือน ปี ค.ศ. ที่เกิดเหตุ	สารที่สงสัยว่า เป็นต้นเหตุ	ความเข้มข้นเป็น $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ppm)	จำนวน ผู้เสียชีวิต	ผู้รายงาน ปี ค.ศ.
หุบเขาเมมฟิส เบลเยียม	1-5 ธันวาคม 1930	SO_2 และ H_2SO_4	25,000 (~ 8)	63	ไฟร์เก็ต (Firket. 1936 : 1102-1197)
โคโรนา	ตุลาคม	หลายชนิด	$>1,140$ (~ 0.4)	20	ไฟร์เก็ต (Firket. 1951 : 683 - 739)
เพนซิลเวเนีย	1948	รวมทั้ง SO_2			
ลอนดอน	ธันวาคม	SO_2	4,000 (~ 1.34)	4,000	วิลกินส์ (Wilkins. 1954 : 267 - 271)
อังกฤษ	1952	ควัน	4,500 (~ 1.46)		
ลอนดอน	ธันวาคม	SO_2	$\sim 1,100$ (~ 0.42)	400	แบรลเลอร์ (Brasser. 1966)
อังกฤษ	1956	ควัน	$\sim 1,200$		
ลอนดอน	มกราคม	SO_2	~ 800 (~ 0.28)	200	แบรลเลอร์ (Brasser. 1966)
อังกฤษ	1959	ควัน	$\sim 1,200$		
นิวยอร์ก	23-25 กันยายน	SO_2	$\sim 1,460$ (~ 0.51)	168	แกรสเสท (Glasstet. 1967 : 684 - 694)
สหรัฐอเมริกา	1966		$\sim 1,344$ (~ 0.47)		
	(วันขอบคุณ พระเจ้า)		$\sim 1,175$ (~ 0.41)		
	ควัน		$\sim 2,915$ (~ 1.02)		
			>5 COHS		

หมายเหตุ* ความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดใน 24 ชั่วโมง

** ความเข้มข้นสูงสุดใน 1 ชั่วโมง

จากตาราง 1 จะเห็นได้ว่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นสาเหตุสำคัญของอากาศเป็นพิษ นอกจากจะมีผลโดยตรงต่อมนุษย์แล้ว ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ยังมีผลต่อสัตว์อีกด้วย กรอสส์ (Gross. 1967 : 315 - 321) รายงานว่าเกิดโรคปอดบวมในหนู เมื่อมีควันรวมอยู่กับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์หรือก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ผลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อพืช คือ ทำลายใบ ทำลายคลอโรฟิลล์ แล้วยับยั้งขบวนการสังเคราะห์แสง ทำให้ผลผลิตน้อยลง (Bockris. 1977 : 229 - 232) ผลต่อวัตถุ คือ ทำให้โลหะผุกร่อน ทำลายวัสดุก่อสร้างต่าง ๆ ถ้าในอากาศมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.12 ppm จะทำให้การผุกร่อนของเหล็กเพิ่มขึ้น 50 % (Uphom. 1967 : 398 - 402) ผลต่อบรรยากาศโลก คือ ทำให้เกิดหมอกและทัศนวิสัยจะลดลง ถ้าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศเท่ากับ 0.1 ppm ทัศนวิสัยจะลดลงประมาณ 0.5 ไมล์ (Bushtueva. 1960 : 193 - 196)

ในปี 2521 ที่ประชุมระหว่างชาติเรื่อง "อากาศบริสุทธิ์" ครั้งที่ 6 ณ เมืองบรัสเซลส์ ออสเตรเลีย ได้ข้อสรุปว่า ถ้าหากควันดำมีสารประกอบพวกก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และโพสิโซคลิกไฮโดรคาร์บอน แล้วจะเป็นสาเหตุให้เกิดโรคมะเร็งได้อย่างแน่นอน (ข่าวครอบครัววารสารสิ่งแวดล้อม 2521 : 104) จะเห็นว่า ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นก๊าซที่มีอันตราย และมีโทษมาก แต่ในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับก๊าซนี้อย่างจริงจัง เนื่องจากเครื่องมือเกี่ยวกับการวัดอากาศที่มีราคาแพงมากประมาณ 4 - 5 แสนบาท ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาหาความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยการประยุกต์วิธีการทางเคมีและฟิสิกส์ เพื่อที่จะได้เครื่องมือที่มีราคาไม่แพงนัก และได้ผลในการวิเคราะห์ดีพอสมควร วิธีที่ใช้ได้ผลวิธีหนึ่ง คือ ไอโอดิเมตรประยุกต์

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อประดิษฐ์ เครื่องมือกระเป๋าคือราคาถูกล้ำสำหรับวัดความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ
2. เพื่อหาความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศบริเวณต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้เครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้น

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. ทำให้ได้ เครื่องมือกระเป๋าดูราคาถูกสำหรับวัดความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ
2. เป็นการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์วิธีหนึ่งที่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย
3. ทำให้ทราบความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศบริเวณต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร
4. ทำให้ทราบว่าบริเวณใดสดเป็นบริเวณที่ถือว่าอากาศเป็นพิษโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลของมาตรฐานของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. ศึกษาทางด้านปริมาณวิเคราะห์เฉพาะก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยใช้เครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้น
2. ศึกษาเฉพาะบริเวณที่มีประชากรอยู่หนาแน่นในเขตกรุงเทพมหานคร โดยแบ่งออกเป็นสามบริเวณ คือ
 - 2.1 อากาศริมถนนบริเวณโรงงานอุตสาหกรรม
 - 2.2 อากาศริมถนนบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น
 - 2.3 อากาศริมถนนบริเวณที่มีการจราจรเบาบาง
3. การวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์บริเวณดังกล่าว จะวัดบริเวณริมถนนที่มีระดับความสูง 5 - 5 $\frac{1}{2}$ ฟุต
4. ในการวัดแต่ละครั้ง ใช้เวลาในการดูอากาศนาน 30 นาที

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. อากาศเป็นพิษ หรือมลพิษ ในอากาศ (Air pollution) หมายถึง สภาพของบรรยากาศที่มีสิ่งเจือปนตั้งแต่ 1 ชนิดขึ้นไป ในปริมาณและระยะเวลาที่สามารถก่อให้เกิดอันตรายทั้งทางตรงและทางอ้อมแก่มนุษย์ ทรัพย์สินของมนุษย์ สัตว์ และพืช หรือรบกวนความผาสุกของสิ่งมีชีวิต

2. สารมลพิษ (Pollutant) หมายถึง สารเคมี หรือกลุ่มสารเคมี ซึ่งเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต แบ่งเป็นสองชนิด คือ

2.1 ก๊าซ (Gas) ได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ โอโซน ฯลฯ

2.2 อนุภาคเล็ก หรืออนุภาค (Particulate or Particle) หมายถึง สารที่เป็นของแข็งและของเหลวในอากาศ เช่น ตะกั่ว แคดเมียม ฯลฯ และพวกสารกัมมันตรังสีต่าง ๆ

3. สิ่งเจือปน (contaminants) หมายถึง ก๊าซชนิดต่าง ๆ ของเหลว คาร์บอนมอนอกไซด์ และอื่น ๆ ในอากาศ

4. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulphur dioxide, SO_2) หมายถึง ก๊าซซึ่งเป็นอันตรายชนิดหนึ่งที่อยู่ในอากาศ แต่ละโมเลกุลประกอบด้วยซัลเฟอร์ 1 อะตอม กับออกซิเจน 2 อะตอม

5. สารละลายมาตรฐาน (Standard solution) หมายถึง สารละลายที่รู้ความเข้มข้นและปริมาณที่แน่นอน ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบกับสารละลายตัวอย่างเพื่อหาความเข้มข้นและปริมาณของสารตัวอย่าง

6. ppm (parts per million) หมายถึง หน่วยที่ใช้วัดปริมาณของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ โดยนับเป็นส่วนต่อล้านส่วนโดยปริมาตร

7. Calibration curve หมายถึง เส้นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศกับความต้านทานของโพเทนชิโอเมตริกเซลล์ที่วัดได้

8. ไอโอดิเมตรี (Iodimetry) เป็นวิธีหาปริมาณของสารโดยการไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานไอโอดีน เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณของสารอินทรีย์ที่เป็นรีดิวซิงเอเจนต์

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยในต่างประเทศ

ในปี 1958 ได้มีการวัดปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลอนดอน เปรียบเทียบกับอัตราการตายและเจ็บป่วยในแต่ละวันในช่วง 7 วัน และ 14 วัน พบว่า ถ้าปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาก จะมีอัตราการตายและเจ็บป่วยเพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ (Higgins and Arbor. 1971 : 584)

ลอว์เทอร์ (Higgins and Arbor. 1971 : 585 citing Lawther. 1958 : 262 - 264) ได้ทำการศึกษาโดยใช้เทคนิคการจดบันทึกประจำวัน โดยจดอาการของคนที่โรคหอบหืดเรื้อรังว่าดีขึ้น เลวลง หรือไม่เปลี่ยนแปลง และพบว่าคนไข้จะมีอาการทรุดลง ถ้ามีความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์มากขึ้น

ในปี ค.ศ. 1961 เฟลทเชอร์ แอนเจิล และ ฮิลล์ (Fletcher, Angel and Hill. 1965 : 66 - 80) ได้ทำการสังเกตแบบเดียวกัน โดยสุ่มตัวอย่างคนไข้ 1,000 คน ในช่วงอายุ 30 - 39 ปี ทางเหนือของลอนดอน พบว่าโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจมีความสัมพันธ์กับระดับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่สูงกว่าปกติ คือ ประมาณ 400 - 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

แม็คแครอลล์ คาสเซลล์ และ วอลท์เตอร์ (McCarroll, Cassell and Wolter. 1967 : 178 - 184) ศึกษาในนิวยอร์กพบว่า อาการระคายเคืองหรืออาการไอบ่อย ๆ มีความเกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ

คาร์โนว์ และ เลปเปอร์ (Carnow and Lepper. 1969 : 768 - 776) ได้ศึกษาในฮังการี โดยวิธี Lung function test พบว่า อาการเจ็บป่วยจะมากขึ้น ถ้ามีความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์มากขึ้น

กลาสเซอร์ และ กรุนเบิร์ก (Tioh. 1976 : 69 citing Glasser and Grunberg. 1971 : 194) ได้ทำการวิจัยพบว่า ถ้าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูง จะทำให้การสร้าง DNA ลดน้อยลง และทำให้ chromosome ผิดปกติไปได้ นอกจากนี้ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ยังร่วมกับเกลือโซเดียมของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ยังเป็นตัวยับยั้งการสร้าง cell line

แจกกีโล โลน และ ดูเคเยน (Tioh. 1971 : 70 citing Jagiello, Line and Ducayen. 1975 : 84) ได้สังเกตว่า ซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีผลกระทบต่อโครโมโซมของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยทำให้การสร้างโครโมโซมในอณาเพลล่าช้าไป

เทียว (Tioh. 1976 : 99 - 105) ได้ทำการวิจัยหาความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ ในช่วงเวลา 7.00 น. - 21.00 น. ของวันที่ 15 มกราคม - 14 กุมภาพันธ์ ที่เมือง Dunedin ประเทศนิวซีแลนด์ โดยใช้หลักการ Coulometric titration คือ ผ่านกระแสไฟฟ้าลงไปในสารละลายที่ใช้ดูดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำให้เกิดไอโอดีนขึ้น ทำปฏิกิริยากับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จากการทดลองพบว่า เวลา 21.00 น. มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยเฉลี่ย $7.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.0027 ppm) มีความเบี่ยงเบนมาตรฐาน $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (อ่านได้สูงสุด $9.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และต่ำสุด $4.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) นับว่าปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีระดับต่ำมาก เมื่อเทียบกับระดับมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาในแต่ละวันด้วย ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะมีระดับสูงอยู่สองช่วง คือ 8.00 - 11.00 น. และ 18.00 - 21.00 น. การที่ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็นเพราะโรงงานอุตสาหกรรมเปิด และมีการประกอบอาหารในตอนเช้า และยังพบว่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะลดลงเมื่อฝนตกหรือลมพัดแรง ทั้งนี้เนื่องจากน้ำฝนละลายเอาก๊าซชนิดต่าง ๆ ในอากาศลงมาด้วย และลมพัดแรงทำให้ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลดลง

จากการวิจัยดังกล่าวเกี่ยวกับการวัดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศนั้น จะเห็นว่าเริ่มขึ้นหลายปีมาแล้ว โดยเฉพาะประเทศอุตสาหกรรมที่มีโรงกลั่นน้ำมัน โรงถลุงแร่ และโรงงานอุตสาหกรรมหนักประเภทอื่น ๆ ทำให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งทราบกันว่ามีพิษร้ายแรงถึงแก่ชีวิต จึงได้มีการคิดค้นสร้างเครื่องมือต่าง ๆ เพื่อใช้วัดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ดังนี้

มาร์ลสัน และ เวลล์ (Katz. 1950 : 1040 citing Holmes and Franklin) ได้คิดค้นและปรับปรุงวิธีหาปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์จำนวนน้อย ๆ ในอากาศจากงานของ โฮล์มส์ แฟรงคลิน และ กุลด์ (Griffin and Skinner. 1932 : 862 citing Holmes, Franklin and Gould. 1915) ได้กระทำไว้ด้วยวิธีที่เรียกว่า Selby method for the determination of sulphur dioxide in the Atmosphere ทำการทดลองโดยดูดอากาศที่ทราบปริมาตรแน่นอนลงใน Aspirator bottle ขนาด 24 ลิตร ที่ทำให้เป็นสูญญากาศบางส่วน แล้วเติมสารละลายของน้ำเบงที่ทราบปริมาตรพร้อมทั้งมีไอโอดีน ผสมอยู่ที่จะทำให้มีสีน้ำเงินตามต้องการลงไป และเขย่าขวดอย่างแรงให้อากาศสัมผัสสารละลาย ให้มากที่สุด ตั้งทิ้งไว้ครู่หนึ่งสารละลายจะมีสีจางลงแล้วเติมสารละลายมาตรฐานของไอโอดีนลงไป ทีละน้อยจนกระทั่งมีสีเหมือนกับสารละลายที่ใช้เป็น blank จากนั้นก็คำนวณหาปริมาณของซัลเฟอร์ ไดออกไซด์ได้ วิธีนี้อาจผิดพลาดได้ประมาณ 20 - 25 เปอร์เซ็นต์ และสามารถตรวจสอบหา ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ปริมาณน้อยถึง 0.1 ppm

แมคเคย์ และ แอ็คเคอร์แมน (Griffin and Skinner. 1932 : 863 citing McKay and Ackerman. 1928) ได้ปรับปรุงวิธี Selby โดยให้ชื่อว่า An Improved method for the determination of small amounts of Sulphur dioxide in Air) ซึ่งเขาทำการทดลองโดยผ่านก๊าซที่ทราบปริมาตรแล้วลงไปใส่สารละลายซึ่งทำหน้าที่ ดูดซึมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ได้แก่ สารละลายของไอโอดีน (ความเข้มข้นประมาณ 0.00003 N) ในสารละลายโพแตสเซียมไอโอไดด์เติมน้ำเบงเล็กน้อย ตั้งทิ้งไว้ครู่หนึ่งแล้วนำสารละลายที่ได้มา เติเรดกับสารละลายของโซเดียมไรโอซัลเฟตเข้มข้น 0.0010 - 0.0015N วิธีนี้สามารถ ตรวจสอบหาซัลเฟอร์ไดออกไซด์ปริมาณน้อยถึง 0.05 ppm แต่มีปัญหาว่าเกิดความผิดพลาดในการ เติเรดได้ง่าย เพราะใช้สารละลายเจือจางมาก

โทมัส และ ครอสส์ (Griffin and Skinner. 1932 : 864 citing Thomas and Cross. 1928) พยายามปรับปรุงการทดลอง โดยพิจารณาว่าไอโอดีนระเหยได้ดี ถึงแม้จะอยู่ในสารละลายโพแตสเซียมไอโอไดด์ก็ตาม นอกจากนี้ยังมีผลจากสภาพแวดล้อมอย่างอื่น ที่อาจทำให้ระเหยได้เร็วหรือช้า เช่น อุณหภูมิ อัตราเร็วในการผ่านอากาศลงไปในสารละลาย

และความกดดันของอากาศ เป็นต้น ดังนั้น โทลล์ และ ครอลล์ จึงทำ blank test ในบรรยากาศที่ไม่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์เทียบกับการวัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์จริง ๆ ทำให้ได้ผลการทดลองที่ละเอียดแม่นยำขึ้น

เอลลิส (Katz. 1950 : 1041 citing Ellis. 1931 : 38 - 49) ทดลองหาความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธี Acidimetry โดยเอาตัวอย่างอากาศผ่านลงในสารละลายไอโตรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะถูกดูดไว้แล้วถูกออกซิไดส์เป็นกรดซัลฟูริก ซึ่งหาปริมาณได้โดยไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานของยูเรีย (Urea) แล้วคำนวณกลับหาความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศได้ในที่สุด

สมิทท์ และ ฟรีส (Katz. 1950 : 1041 citing Smitt and Friis. 1931 : 338 - 342) ได้ทำการทดลองโดยผ่านซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลงใน 50 ml. ของ 0.1 N. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) แล้วทำโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่เหลือให้เป็นกลางโดยเติม 1 N. HCl 6 ml เติมน้ำแบ่งลงไป 1 ml แล้วไตเตรตกับสารละลาย 0.001 N. ไอโอดีน และคำนวณหาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์เปรียบเทียบกับ blank

กริฟฟิน และ สกินเนอร์ (Katz. 1950 : 1041 citing Griffin and Skinner. 1932 : 862 - 867) ได้คิดค้นต่อไปว่า การทำ blank test ให้ได้ผลดีนั้น ควรทำในสภาวะเดียวกันหมด เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เชื่อถือได้ ซึ่งหมายความว่า การทำ blank test จะต้องทำในสถานที่เดียวกับการวัดซัลเฟอร์ไดออกไซด์นั่นเอง ความคิดแบบนี้ทำให้เกิดเทคนิคการทดลองใหม่เรียกว่า soda lime tower for the establishment of collectblank วิธีทำ คือผ่านอากาศที่จะวัดเข้าไปในหอคอย (tower) ซึ่งบรรจุ soda lime ไว้หลวม ๆ soda lime จะดูดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไว้ ก๊าซที่ผ่านไปก็จะมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่อผ่านเข้าสารละลายซึ่งทำหน้าที่ดูดเก็บก๊าซเพื่อวิเคราะห์ก็จะได้ blank test ที่ถูกต้อง ต่อมาได้มีการปรับปรุงวิธีหาปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ขึ้นอีกวิธีหนึ่ง เรียกว่า An Improved Iodine method of Sulphur dioxide determination (Griffin and Skinner. 1932 : 864) โดยผ่านอากาศลงไป 100 ml สารละลาย

เชื้อจากของน้ำแป้ง + โปแตสเซียมไฮไดรด์ + ไฮโดรเจน ด้วยอัตราเร็ว 7.5 ลิตร/นาที เป็นเวลา 4 นาที รวมได้อากาศมีปริมาตร 30 ลิตร หลังจากนั้นนำเอาสารละลายนี้ออกมา ใส่ใน conical flask ขนาด 250 ml เติมโซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO_3) ลงไป แล้วไทเทรตด้วยโซเดียมโรโอซีลเฟต ความเข้มข้นประมาณ 0.0013 N จนถึงจุดยุติ และ เทียบสีกับสารละลายมาตรฐาน

ทอมัส (Katz. 1950 : 1041 citing Thomas. 1932) ได้ทำการทดลอง หาปริมาณซิลเฟอไรต์ไดออกไซด์โดยใช้หลอด 2 หลอด บรรจุสารละลายไฮโดรเจน น้ำแป้ง โปแตสเซียมไฮไดรด์ วางอยู่ 2 ข้างของแหล่งกำเนิดแสงด้วยระยะห่างเท่ากัน ภายใน กล้องมืดและเป็นฉนวน และใช้โฟโตเซลล์ วัดแสงที่ผ่านออกมาจากสารละลาย จากนั้นดูดอากาศ ผ่านลงในสารละลายในหลอดเพียงหลอดเดียว ซิลเฟอไรต์ไดออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจน ทำให้ปริมาณไฮโดรเจนลดลง และสีของสารละลายจางลง แสงที่ผ่านสารละลายจะมากขึ้นเมื่อ เทียบกับสารละลายในอีกหลอดหนึ่ง ดังนั้น เมื่อใช้โฟโตเซลล์วัดแสงที่ผ่านสารละลายทั้งสอง หลอดออกมา ก็จะสามารหหาปริมาณของซิลเฟอไรต์ไดออกไซด์ได้จาก calibration curve ที่สร้างขึ้นจากสารละลายไฮโดรเจนที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

ทอมัส ไอวี และ ฟิตต์ (Katz. 1950 : 1041 citing Thomas, Ivie and Fitt. 1946 : 383 - 387) ได้ปรับปรุงวิธีของเฮลลิส (Acidimetric method) โดยอาศัยสมบัติในการนำไฟฟ้าของสารละลายซึ่งประกอบด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 0.003% และกรดซัลฟูริก 0.0005% ซิลเฟอไรต์ไดออกไซด์จะถูกดูดซับโดยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ แล้วถูกออกซิไดส์ ออกซิไดส์เป็นกรดซัลฟูริก ดังนั้นค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) ของ สารละลายจะสูงขึ้น แล้วหาปริมาณของซิลเฟอไรต์ไดออกไซด์ โดยใช้ calibration curve ของกรดซัลฟูริก ซึ่งรู้ความเข้มข้น ข้อเสียของวิธีนี้ คือ conductivity ที่เพิ่มขึ้นอาจจะไม่ได้ เกิดจากซิลเฟอไรต์ไดออกไซด์อย่างเดียว อนุมูลซัลเฟต (SO_4^{2-}) หรือกรดซัลฟูริกในอากาศอาจ ทำให้เกิดผลเช่นเดียวกับซิลเฟอไรต์ไดออกไซด์ได้

สเตรทแมน (Tsch. 1976 : 74 citing Stratzmann. 1954 : 668) ได้วิธีวัดกับซิลเฟอไรต์ไดออกไซด์ด้วย Silica gel แล้ววัดด้วยให้เป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยใช้

H_2Pt เป็นตัวเร่ง แล้วผ่านไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ได้ลงในสารละลายซึ่งประกอบด้วยแอมโมเนียมโมลิบเดต 2% ในกรดซัลฟูริก 0.2 mol dm^{-3} ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีม่วงน้ำเงินของโมลิบดัม แล้วหาปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ด้วยวิธี colorimetry วิธีนี้ใช้ได้ไม่ตันัก ถ้ามีไอน้ำในอากาศมาก

พอสส์ ฟลอยด์ และ โบเออร์ส (Tich. 1976 : 76 citing Paulus, Floyd and Byers. 1954 : 4) ดูดอากาศผ่านสารละลายเข้มข้น 2% ของ glycerol ใน 0.05 mol dm^{-3} โซเดียมไฮดรอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะถูกดูดไว้แล้วหาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในสารละลายด้วยวิธี polarography

ดิกคินสัน (Tich. 1976 : 76 citing Dickinson. 1956 : 19) ใช้วิธีดูดอากาศผ่านสารละลายโบรมีนที่ทำให้เป็นกรด ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นระหว่างซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับโบรมีน ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในสารละลาย ถ้ามีสิ่งรบกวนในอากาศพวกไฮโดรเจนซัลไฟด์ เมอร์แคปแทน หรือ Organic Sulphides ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่คำนวณได้จากการวัดกระแสไฟฟ้าจะสูงกว่าความเป็นจริง แต่สิ่งรบกวนพวกคลอรีนหรือโบรมีน จะทำให้ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำกว่าปกติ วิธีนี้เรียกว่า Electrolytic method

เวสต์ และ เกค (Tich. 1976 : 73 citing West and Gaeke. 1956 : 1816) ศึกษาวิธี Pararosaniline ใช้หลักว่าจะดูดเก็บซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากอากาศด้วยสารละลายของโซเดียม เททราคลอโรเมอร์คิวเรท ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อน ไดคลอโรซัลไฟโต เมอร์คิวเรทขึ้น ซึ่งทำปฏิกิริยากับพาราโรซานิลีน และฟอร์มาลดีไฮด์ เกิดสารที่เรียกว่า Pararosaniline methyl sulfonic acid ซึ่งมีสีม่วงแดงเข้ม ความเข้มข้นของสีที่เกิดขึ้นวัดได้ด้วยวิธี colorimetry หรือ spectrophotometry ความเข้มข้นของสีจะเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ (เทียบกับ calibration curve) แต่วิธีนี้จะใช้ไม่ได้ ถ้ามี Sulphide, Thiol, Thiosulphate อยู่ในอากาศ

เบอร์โกลาซินี และ บาร์นีย์ (Tich. 1976 : 74 citing Bertolacini and Barney. 1957 : 2181) ทดลองโดยผ่านอากาศลงในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 0.5% ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะเปลี่ยนเป็น SO_4^{2-} เมื่อทำปฏิกิริยากับ Chloranilate ที่ pH 4 ใน 50% เอธิลแอลกอฮอล์ (C_6H_5OH) จะได้ acid chloranilate ion ซึ่งเป็นสารสีเข้ม แล้วหาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยวิธี colorimetry สิ่งรบกวนในวิธีนี้ ได้แก่ สารพวกฟอสเฟต คาร์บอเนต และฟลูออไรด์

งานวิจัยในประเทศไทย

สถาบันสิ่งแวดล้อมที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ทำการวิจัยหามลพิษประเภท gas โดยใช้ Gas Detector Tube ซึ่งมีสารที่ทำปฏิกิริยาเฉพาะกับ gas ที่ทำการทดสอบนั้น แล้วทำการดูดอากาศ ปริมาตรของอากาศที่ดูดในช่วงระยะเวลาหนึ่ง จะมีกำหนดไว้ในหนังสือคู่มือการใช้ Gas detector tube ชนิดนั้น จากนั้นก็สังเกตสีใน Gas Detector tube ว่ามีการเปลี่ยนแปลงถึงขีดสีเกลไต สีเกลไตบอกไว้จะเป็น ppm หรือเป็นเปอร์เซ็นต์ก็ได้ (แต่ส่วนมากเป็น ppm) หรือบางครั้งก็วัดซิลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยการวิเคราะห์ทางเคมีทั่วไป ซึ่งวิธีนี้มีความผิดพลาดได้มาก เพราะต้องเก็บตัวอย่างอากาศแล้วนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

จากการวิเคราะห์ปริมาณของซิลเฟอร์ไดออกไซด์ ในบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กลุ่มวิฑู ถนนปู่เจ้าสมิงพราย อำเภอพระประแดง โดย อาจารย์เพ็ชรพรรณ คณะธารณา และคณะ พบว่าปริมาณซิลเฟอร์ไดออกไซด์ในบริเวณต่าง ๆ มีดังนี้ คือ

ในเดือนกุมภาพันธ์-มิถุนายน 2519

อากาศในบริเวณสยามสแคว์ ซอย 3 มี $SO_2 \leq 0.03$ ppm

อากาศในบริเวณสี่แยกปทุมวัน มี $SO_2 \leq 0.03$ ppm

แต่การวิจัยในช่วงฤดูฝน ซึ่งเป็นอุปสรรค

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์ในเดือน กรกฎาคม - กันยายน 2519 บริเวณกลุ่มวิฑู

บริเวณที่วัด	วัน เดือน ปี เวลา	ความเข้มข้นของซิลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)
1. ย่างป้อมตำรวจ ตรงข้ามโรงหนังสือสยาม	เสาร์ 10 กรกฎาคม 2519 เวลา 10.30 - 15.00	0.06

ตาราง 2 (ต่อ)

บริเวณที่วัด	วัน เดือน ปี เวลา	ความเข้มข้นของ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)
2. สี่แยกราชประสงค์	เสาร์ 19 มิถุนายน 2519	
	เวลา 10.05 - 12.25	0.03
	14.00 - 16.15	0.04
	อาทิตย์ 4 กรกฎาคม 2519	
3. หน้าบริษัทอุตสาหกรรม พรมไทย ตรงข้าม ที่จอดรถเอ็นทรอสิตคอม	เสาร์ 3 กรกฎาคม 2519	
	เวลา 10.25 - 11.55	0.06
	13.45 - 15.15	0.12
	อาทิตย์ 11 กรกฎาคม 2519	
	เวลา 10.20 - 11.50	ไม่พบ
4. หน้าบริษัท Gestetner (ซอยอโศก)	เสาร์ 27 สิงหาคม 2519	
	เวลา 10.30 - 12.30	0.10
	เสาร์ 4 กันยายน 2519	
	เวลา 10.35 - 12.35	0.06
	13.24 - 15.24	0.05
5. ปากซอยสุขุมวิท 40 คู่มือรถกันไฟแดง	เสาร์ 25 กันยายน 2519	
	เวลา 10.40 - 12.10	0.08
	13.00 - 14.00	ไม่พบ

ตาราง 2 (ต่อ)

บริเวณที่วัด	วัน เดือน ปี เวลา	ความเข้มข้นของ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)
6. ซอยสายน้ำทิพย์ โรงเรียนสายน้ำผึ้ง	อาทิตย์ 26 กันยายน 2519	
	เวลา 9.38 - 11.38	0.08
	13.20 - 14.20	0.03
	เสาร์ 18 กันยายน 2519	
	เวลา 10.30 - 12.30	ไม่พบ
	13.20 - 15.20	ไม่พบ
	อาทิตย์ 19 กันยายน 2519	
	เวลา 10.00 - 12.00	ไม่พบ
	12.50 - 14.50	ไม่พบ

ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์ไนโตรเจนรวม - เมษายน 2520 บริเวณสุสานกรมทหารบก
และสุสานวิท

บริเวณที่วัด	วัน เดือน ปี เวลา	ความเข้มข้นของ ไนโตรเจนที่สกัดได้ (ppm)
1. หลังตึกเคมี 2	อาทิตย์ 25 มกราคม 2520 เวลา 13.40 - 15.45	0.02
2. ทางระหว่างตึกเคมี 1 และ 3	อาทิตย์ 8 กุมภาพันธ์ 2520 เวลา 10.00 - 12.00	0.02
3. หน้าตึกพาณิชย์ค้าสัตว์และ การป้อน ข้างสนามฟุตบอล ถนนพญาไท	จันทร์ 4 กุมภาพันธ์ 2520 เวลา 10.00 - 12.00	0.06
4. ตึกครูค้าสัตว์	จันทร์ 21 กุมภาพันธ์ 2520	ไม่พบ
5. หน้าตึกสัตวแพทย์ ถนนอังรีดูนังค์	พฤหัสบดี 24 กุมภาพันธ์ 2520 เวลา 9.45 - 11.40 12.50 - 14.50	0.10 ไม่พบ
6. ข้างตึกรัฐศาสตร์ สนามบาสเกตบอล ถนนอังรีดูนังค์	ศุกร์ 25 กุมภาพันธ์ 2520 เวลา 9.40 - 11.40 13.10 - 12.00	ไม่พบ 0.08
7. ใต้สะพานพระโขนง บริเวณริมคลอง	พุธ 30 มีนาคม 2520 เวลา 10.00 - 12.00 12.55 - 14.25	0.02 0.03
8. ซอยสุสานวิท 93 หน้าบริษัทค้าบางจาก	เสาร์ 2 เมษายน 2520 เวลา 10.20 - 11.50 12.45 - 14.10	0.07 0.03

ตาราง 3 (ต่อ)

บริเวณที่วัด	วัน เดือน ปี เวลา	ความเข้มข้นของ อัลเฟรไดออกไซด์ (ppm)
9. หน้าตลาดกุดมสุย ร้านส้มใจ ซอยสุขุมวิท 103	พธ 6 เมษายน 2520 เวลา 10.05 - 11.35	0.10
10. โกดังตรงข้ามโรงงาน สมบูรณ์ผ้าเบรค (บางนาถนนสุขุมวิท)	เสาร์ 9 เมษายน 2520 เวลา 10.30 - 11.30 13.00 - 14.00	0.80 0.10
11. ซอยเทพารักษ์ ช่วงโรงงานท่าแปร่ง	อาทิตย์ 24 เมษายน 2520 เวลา 10.05 - 11.55	0.07

ตาราง 4 ผลการวิเคราะห์ในเดือนมกราคม - เมษายน 2520 บริเวณถนนสุขุมวิท

บริเวณที่วัด	วัน เดือน ปี เวลา	ความเข้มข้นของ อัลเฟรไดออกไซด์ (ppm)
1. หมู่บ้านกองขยะอ่อนนุช ปากซอยกองขยะ	พุธ 23 มีนาคม 2520 เวลา 11.00 - 12.00	ไม่พบ
2. วัดสะพานพระโยนง	อังคาร 26 มีนาคม 2520 เวลา 10.10 - 11.40	ไม่พบ
	พุธ 30 มีนาคม 2520 เวลา 10.00 - 12.00	0.02
	12.55 - 14.25	0.03
3. หน้าบริษัทถ้วยและจาน สุขุมวิท 93 บางจาก	เสาร์ 2 เมษายน 2520 เวลา 10.20 - 11.50	0.07
	12.45 - 14.45	0.03
4. เทหะนคร 1 ซอย 2 สุขุมวิท 103 (จุดมั่ว)	อาทิตย์ 3 เมษายน 2520 เวลา 10.45 - 11.55	ไม่พบ
	13.00 - 14.30	ไม่พบ
5. หน้าตลาดจุดมั่ว ร้านส้มใจ ซอย 103	พุธ 6 เมษายน 2520 เวลา 10.05 - 11.35	0.10
6. เบื้องตลาดจุดมั่ว	พุธ 6 เมษายน 2520 เวลา 12.45 - 14.15	0.02
7. ปากซอยสุขุมวิท 56 ซอยน้ำทิพย์	พฤหัสบดี 7 เมษายน 2520 เวลา 9.55 - 11.25	0.02
	13.00 - 14.30	ไม่พบ

ตาราง 4 (ต่อ)

บริเวณที่วัด	วัน เดือน ปี เวลา	ความเข้มข้นของ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)
8. โกดังไม้ตรงข้าม โรงงานสมุทรฉิมไพบรค สุ่มวิธี ผักตบชว	เสาร์ 9 เมษายน 2520 เวลา 10.30 - 11.30 13.00 - 14.00	0.08 0.10
เพลลา เกียร์ สปริง	อาทิตย์ 10 เมษายน 2520 เวลา 10.05 - 11.05	0.02
9. หลังโรงงาน S.K.M. เคมีกล ปล่อยแบเร็กซ์ ถนนสุ่มวิธี	เวลา 13.20 - 14.02	0.02
10. ข้างบริษัทสินแสง อุตสาหกรรม หลัง อุโมงค์ขาว ปล่อย เทพารักษ์ ถนนสุ่มวิธี ตำบลสำโรง	เสาร์ 23 เมษายน 2520 เวลา 13.25 - 14.25 อาทิตย์ 24 เมษายน 2520 เวลา 13.20 - 14.20	ไม่พบ ไม่พบ
11. ข้างโรงงานท่าแปร่ง ตรงข้ามบริษัท ไทยไข่หินท์ เยื้อง Clinited Milk ปล่อยเทพารักษ์	พฤหัสบดี 21 เมษายน 2520 เวลา 10.05 - 11.35 13.00 - 14.30 อาทิตย์ 24 เมษายน 2520 เวลา 10.05 - 11.35	ไม่พบ ไม่พบ 0.07

ตาราง 5 ผลการวิเคราะห์ดินเดือนเมษายน 2520 - เมษายน 2521 บริเวณปูเจ้าสังพราย

บริเวณที่วัด	วัน เดือน ปี เวลา	ความเข้มข้นของ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)
1. ซอยสัญญา ถนน ปูเจ้าสังพราย	เสาร์ 20 เมษายน 2520	
	เวลา 10.00 - 12.00	ไม่พบ - 0.07
	อาทิตย์ 1 พฤษภาคม 2520	
	เวลา 13.00 - 15.00	ไม่พบ - 0.07
2. ซอยที่มีการทำ ถ่านไฟฉาย หมู่ที่ 17 ถนนปูเจ้าสังพราย	พุธ 11 พฤษภาคม 2520	
	เวลา 10.00 - 12.00	0.02
	13.00 - 15.00	0.03
3. ซอยกลางวัดลำโรง เหนือ	พฤหัสบดี 12 พฤษภาคม 2520	
	เวลา 10.00 - 12.00	0.10
	13.00 - 15.00	0.13
4. ซอยโรงงานอุตสาหกรรม สำกรยาน หมู่ที่ 22 ถนนปูเจ้าสังพราย	เสาร์ 14 สิงหาคม 2520	
	เวลา 10.00 - 12.00	0.07
	13.00 - 15.00	0.27
5. ซอยซอยแสงตะวัน หมู่ที่ 22	อาทิตย์ 15 พฤษภาคม 2520	
	เวลา 10.00 - 12.00	0.03
	เสาร์ 25 มิถุนายน 2520	
	เวลา 13.00 - 15.00	0.03
6. ซอยวัดถ่านลัม ลูขาริบาล	ศุกร์ 15 กรกฎาคม 2520	
	เวลา 10.00 - 12.00	0 - 0.05
	พฤหัสบดี 22 มกราคม 2521	
	เวลา 13.00 - 15.00	0 - 0.05

ตาราง 5 (ต่อ)

บริเวณที่วัด	วัน เดือน ปี เวลา	ความเข้มข้นของ ซิลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)
7. ปล่อยโรงงาน กระต่ายไทยและไซโล หมู่ที่ 6	เสาร์ 13 มกราคม 2520 เวลา 10.00 - 12.00	0.02
	พฤหัสบดี 12 มกราคม 2521 เวลา 13.00 - 15.00	0.10
	พฤหัสบดี 2 กุมภาพันธ์ 2521 เวลา 10.00 - 12.00	0.01
8. หน้าท่าว่าการท่าเรือ พระประแดง	พฤหัสบดี 15 กุมภาพันธ์ 2521 เวลา 13.00 - 15.00	0.03

หมายเหตุ

ซิลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่ติดไฟ ไม่ทำให้เกิดการระเบิด น้ำหนักโมเลกุล 64 ถ้ามีในอากาศ 0.3 ppm จะเริ่มมีรส ถ้าเข้มข้น 0.5 ppm จะเริ่มมีกลิ่น ถ้าเข้มข้น 1.5 ppm เราจะเริ่มหายใจลำบาก ถ้ามีมากกว่า 3 ppm จะมีกลิ่นและรสก่อให้เกิดความระคายเคือง (เบาวา คู่มือช่าง 2521 : 60)

อากาศสะอาดมีซิลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ประมาณ 0.001 - 0.01 ppm ถ้ามีซิลเฟอร์ไดออกไซด์ประมาณ 0.02 ppm ขึ้นไป ถือว่าอากาศเป็นพิษ ในบรรยากาศปกติระดับน้ำทะเลมีซิลเฟอร์ไดออกไซด์เข้มข้นประมาณ 0.002 ppm (Herber. 1969 : 44 - 45)

ซิลเฟอร์ไดออกไซด์จะก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ เช่น หลอดลมอักเสบเรื้อรัง โรคทางเดินหายใจ โรคปอด (Petrilli. 1966 : 733-740) ก๊าซนี้จะสลายตัว

มากขึ้น ถ้าฝุ่นละออง (Particulate matter) บางชนิดอยู่ร่วมด้วย เช่น โซเดียมคลอไรด์ ละอองไอของไอรอน (II) แอมโมเนีย ซึ่งพวกนี้จะเป็นพาหะนำก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้าไป ในถุงลมในปอด และทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) กลายเป็นกรดซัลฟูริก ซึ่งเป็นอันตรายอย่างรุนแรง และทำให้เกิดการเพิ่มความต้านทานการเคลื่อนที่ของอากาศภายในทางเดิน หายใจ (Amdur. 1968 : 460 - 468) ผลของซัลเฟอร์ไดออกไซด์และฝุ่นละออง เมื่ออยู่ ร่วมกันในบรรยากาศต่อร่างกายคนเราจะมีลักษณะส่งเสริมกันในรูปแบบผลคูณ (Brasses. 1967) โดยแสดงออกเป็นในรูปสมการเส้นตรง ได้ดังนี้

$$D = 0.6 SP \quad \dots (1)$$

$$D = \text{จำนวนคนตายที่เพิ่มขึ้น}$$

$$S = \text{ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm)}$$

$$P = \text{ความเข้มข้นของฝุ่นละออง (}\mu\text{g/m}^3\text{)}$$

คณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญขององค์การอนามัยโลกได้สรุปลงความเห็นว่ามีมาตรฐานระดับ ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และฝุ่นละอองในบรรยากาศเฉลี่ยตลอด 24 ชั่วโมง ไม่ ควรเกิน $600 \mu\text{g/m}^3$ (0.21 ppm) และ $300 \mu\text{g/m}^3$ ตามลำดับ สำหรับประเทศไทย คณะ ทำงานสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ มีความเห็นว่าควรกำหนดมาตรฐานของก๊าซ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ให้ต่ำกว่าขององค์การอนามัยโลก และมาตรฐานของฝุ่นละออง ให้สูงกว่า ขององค์การอนามัยโลก เนื่องจากเหตุผลดังต่อไปนี้

1. แหล่งปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ออกมาในบรรยากาศ ซึ่งได้แก่ ยววนการ เผาไหม้ต่าง ๆ ในประเทศไทยมีน้อย เมื่อเทียบกับทางยุโรปและอเมริกา และพบว่าปัญหา ฝุ่นละอองในประเทศไทย เป็นปัญหาที่ควบคุมยาก พบว่ามีปริมาณตั้งแต่ $100 - 1,500 \mu\text{g/m}^3$
2. ผลของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ต่อคนรุนแรงกว่าฝุ่นละอองโดยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะมีผลเรื้อรัง และเกิดโรคแทรกได้ง่าย
3. ผลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และฝุ่นละอองอยู่ในลักษณะส่งเสริมกันในรูปแบบ ผลคูณ ดังสมการที่ 1 ดังนั้น ถ้าลดความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว ต้องเพิ่ม ความเข้มข้นฝุ่นละอองขึ้น ก็จะสามารถคงค่า D ให้คงที่ได้

ดังนั้น จึงกำหนดมาตรฐานระดับความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และฝุ่นละอองในบรรยากาศเฉลี่ยตลอด 24 ชั่วโมง เป็น $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.126 ppm) และ $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ และเฉลี่ยตลอดปีเป็น $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.035 ppm) และ $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ ซึ่งเมื่อแทนค่าลงในสมการที่ 1 จะได้ค่า $D = 37.8$ ซึ่งเท่ากับค่าที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก

แหล่งกำเนิดของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ

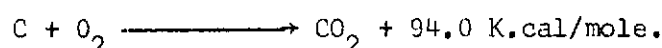
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นก๊าซที่เป็นพิษร้ายแรงมาก ดังนั้นจึงมีการศึกษาถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดก๊าซนี้ขึ้นอย่างกว้างขวาง พบว่ามีสาเหตุที่สำคัญดังนี้

1. แหล่งเคลื่อนที่ ได้แก่ รถยนต์ รถไฟ การเผาไหม้บ้านทุก ๆ 1,000

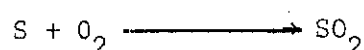
แกลลอน จะให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 17 ปอนด์ (สูตรหาค่า: $2522 : 16$)

2. แหล่งไม่เคลื่อนที่ ได้แก่

2.1 การเผาไหม้เชื้อเพลิง เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ ซึ่งองค์ประกอบส่วนใหญ่ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และมีไนโตรเจนกับซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบเล็กน้อย สารพวกนี้เมื่อมีออกซิเจนและความร้อนเพียงพอ จะเกิดการเผาไหม้ให้พลังงานออกมาดังปฏิกิริยา



ซัลเฟอร์ที่มีเป็นส่วนน้อยก็จะเกิดปฏิกิริยาให้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ดังปฏิกิริยา



ตัวอย่างของการเผาไหม้ ได้แก่ การหุงต้ม การเผาไหม้ในโรงงานอุตสาหกรรมถ่านหิน โรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นต้น

2.2 การกำจัดขยะ ได้แก่ ขยะจากบ้านเรือน จากอุตสาหกรรมและจากการเกษตร จากข้อมูลในประเทศสหรัฐอเมริกา มีขยะประมาณ 4.5 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ถ้าใช้วิธีเผาทำลายในเตาปิด จะมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมา 1.25 กิโลกรัมต่อวัน

2.3 อุตสาหกรรมเคมี เช่น การผลิตดินระเบิด มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมา 15 กิโลกรัมต่อตัน เป็นต้น

2.4 อุตสาหกรรมถลุงโลหะ เช่น ในขบวนการถลุงทองแดง จะมี
ซัลเฟอร์ ออกมา 1 - 2% ของโลหะที่ถูกถลุง และจะถูกออกไซด์เป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์
(Bockris. 1977 : 184 - 186)

2.5 อุตสาหกรรมน้ำมัน ในการกลั่นน้ำมันเชื้อเพลิงไม่ว่าชั้น separating,
converting, trating หรือ blending ก็ตาม จะมีเขม่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์พร้อมทั้ง
มีพิษอื่น ๆ ออกมาด้วย

การศึกษาสาเหตุที่ทำให้เกิดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทำให้สรุปได้ดังแสดงในตาราง 6

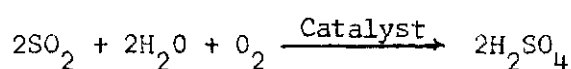
ตาราง 6 ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ กัน

แหล่งกำเนิด	ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมา (ppm)
การขนส่ง	
รถยนต์ชนิดต่าง ๆ	0.3
อื่น ๆ	0.1
รวมทั้งหมด	0.4
การสันดาปเชื้อเพลิง	
โรงงานไฟฟ้า	14.0
อุตสาหกรรม	5.5
บ้านเรือน	1.8
อื่น ๆ	0.7
รวมทั้งหมด	22.0
การถลุงแร่	7.2
การบดของเสียที่บ่มวางแข็ง	0.1
เบ็ดเตล็ด	0.6
รวมทั้งหมด	30.3

ปฏิกิริยาเคมีของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ

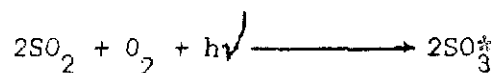
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่ออยู่ในอากาศจะถูกเปลี่ยนเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์หรือกรดซัลฟูริก หรือเกลือซัลเฟต โดยขบวนการดังต่อไปนี้

1. ขบวนการเร่งปฏิกิริยา (Catalytic process) วิธีการนี้จะเกิดได้ดีที่ความชื้นสูง ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะถูกหยดน้ำ ดูดซับเอาไว้ แล้วเกิดออกซิเดชันขึ้นโดยมีเกลือของโลหะในหยดน้ำเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น เกลือของไอโรน (III) และเกลือของแมงกานีส

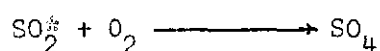


เกลือของโลหะเหล่านี้อยู่ในอากาศในรูปของสิ่งแขวนลอย (suspended-matter) ทั่วพื้นที่เป็นจุดศูนย์กลางในการกลั่นตัว เมื่อมีความชื้นสูงแล้วจะดูดซับซัลเฟอร์ไดออกไซด์และออกซิเจนไว้แล้วเกิดปฏิกิริยาในสภาพของเหลว การเกิดออกซิเดชันจะช้าลงถ้าหยดน้ำมีความเป็นกรดสูง เพราะเมื่อความเป็นกรดสูง การละลายของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในหยดน้ำจะลดลง แต่ถ้าหยดน้ำมีแอมโมเนีย ออกซิเดชันจะเกิดเร็วขึ้นเพราะแอมโมเนียจะทำปฏิกิริยากับ H_2SO_4 ที่เกิดขึ้น และเพิ่มการละลายของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในหยดของเหลว (Amdur. 1963 : 315 - 321)

2. ปฏิกิริยาเชิงแสง (Photochemical process) ปฏิกิริยานี้เกิดได้ดี เมื่อมีแสงแดดและความชื้นต่ำ เป็นขบวนการที่ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยการกระตุ้นของแสงสว่าง



กลไกของปฏิกิริยาแต่ละขั้น คือ



เมื่อ SO_2^* คือโมเลกุลของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งอยู่ในสภาวะถูกกระตุ้น (Bockris. 1977 : 316)

แบลคเช (Blacet. 1952 : 1339) รายงานว่าปฏิกิริยานี้เกิดได้น้อยเนื่องจากประสิทธิภาพควันตัม (quantum efficiency) ต่ำ

3. ปฏิกิริยาการรวมตัว (Addition Reaction) ขบวนการที่เกิดขึ้นคือ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์รวมตัวกับน้ำในอากาศได้กรดซัลฟูรัสซึ่งจะถูกออกซิไดส์โดยออกซิเจน ดังปฏิกิริยา



ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศทำให้เกิดผลต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ผลต่อสุขภาพของมนุษย์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ทั้งนี้เนื่องจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีความสามารถในการละลายสูง ดังนั้น ส่วนใหญ่ของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งหายใจเข้าไป 99% จะละลายในเยื่อเมือก (mucous membrane) ภายในจมูกและทางเดินหายใจส่วนบนเกิดเป็นกรดซัลฟูรัส และกรดซัลฟูริกจะก่อให้เกิดการระคายเคือง และนอกจากนี้ยังถูกดูดซึมเข้าไปในเลือดด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ส่วนน้อยเท่านั้น ที่ผ่านเข้าไปถึงปอดโดยตรง แต่ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ในเลือดบางส่วนก็อาจถูกขับออกมาอยู่ในถุงลมในปอดได้ ผลของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อสุขภาพมนุษย์นั้นมิได้ทั้งอย่างเฉียบพลันและอย่างเรื้อรัง ผลอย่างเฉียบพลันคือ ถ้ามีความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูง ให้ร่างกายรับเอาสารเป็นพิษเข้าไปมากในช่วงเวลาสั้น ๆ ก็อาจเกิดการเจ็บป่วยล้มตายดังตัวอย่างในตาราง 1 ผลอย่างเรื้อรังคือ ถ้ามีความเข้มข้นไม่สูง แต่ร่างกายได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทีละน้อยเป็นเวลานานและสะสมไว้ ก็อาจเป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ โรคเกี่ยวกับ

หลอดลม มะเร็งในปอด ถุงลมในปอดขยายตัว ทำให้เป็นอันตรายถึงตายได้ (Ross.. 1972 :

32) อ้างอิงในการร่างที่ 7

ตาราง 7 ผลที่เกิดขึ้นเมื่อมนุษย์ได้รับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์	ผลต่อสุขภาพ	ผู้รายงาน และปี ค.ศ.
105 - 265 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.037 - 0.092 ppm)	เพิ่มความถี่ของอาการของโรค เกี่ยวกับระบบหายใจและปอด	เพตริลลี แอกเนส และ คานิทซ์ (Petrilli, Agnese and Kanity. 1966 : 733 - 740)
130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.046 ppm)	เพิ่มความถี่และความรุนแรง ของโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดิน หายใจของเด็กในวัยเรียน	ดักลาสและวอลเตอร์ (Douglas and Walter. 1966 : 1 - 8)
190 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.068 ppm)	เพิ่มความถี่และความรุนแรง ของโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดิน หายใจของเด็กในวัยเรียน	ลันน์ โนเวลเดน และ แฮนดีไซด์ (Lunn, Knowelden and Handyside. 1967 : 7 - 16)
140 - 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.05 - 0.09 ppm)	คนชราที่เป็นโรคหลอดลม อักเสบเรื้อรังมีจำนวนสูงขึ้น	คาร์โนว์ เลปเปอร์ เชคเกิล และสแตมเลอร์ (Carnow, Lepper, Shekile and Stamler. 1969 : 768 - 776)

ตาราง 7 (ต่อ)

ความเข้มข้นของซิลิเฟอไรต์ไดออกไซด์	ผลต่อสุขภาพ	ผู้รายงาน และปี ค.ศ.
300 - 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.11 - 0.19 ppm)	จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคทางเดินหายใจมากขึ้น และคนสูงอายุขาดงานมากขึ้น	บราสเซอร์ จอสติง และชุยเลน (Brasser, Jossting and Zuilen. 1967)
0.3 mg/m^3 (0.114 ppm)	เพิ่มอัตราการตายของคนที่อายุเกิน 50 ปี	ริงเกลสไตน์ (Winkelstein. 1970)
630 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.22 ppm)	คนไข้ที่เป็นโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง มีอาการรุนแรงขึ้น	ลอเธอร์ (Lawther. 1958 : 262 - 264)

2. ผลของซิลิเฟอไรต์ไดออกไซด์ต่อพืช ผลอย่างละเอียดพบ คือทำให้เนื้อเยื่อของใบแห้งและย่ำ ทำให้ใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง ส่วนผลอย่างเรื้อรัง ได้แก่ การสะสมซิลิเฟอไรต์ในเนื้อเยื่อของใบมากเกินไป ทำให้ใบร่วง สีของใบซีดและขาดคลอโรฟิลล์ การเจริญเติบโตของพืชช้าลง ผลผลิตต่ำลง ใบเป็นจุด แหว่ง ทะลุเป็นรู (Bockris. 1977 : 229 - 232)

จาคอปสัน และ ฮิลล์ (Jakobson and Hill. 1970 : 126 - 130) ได้สรุปผลของซิลิเฟอไรต์ไดออกไซด์ต่อพืช ดังแสดงไว้ในตาราง 8

ตาราง 8 ผลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อพืช

แหล่งกำเนิด	อาการ	ชนิดของใบ ที่มีผลกระทบ กระเทือน	ส่วนของใบ ที่มีผลกระทบ กระเทือน	ความเข้มข้นของ ก๊าซซัลเฟอร์ ไดออกไซด์ (ppm)
การถลุงปิโตรเลียม การผลิต H_2SO_4 การหลอม S การเผาไหม้ เชื้อเพลิง	เกิดคลอโรซิส (Chlorosis) การผลิตน้อยลง การเจริญเติบโต ลดน้อยลงใบเป็นจุด	ใบที่มีอายุ ปานกลาง	มีโซฟิลล์ (Mesophyll cell)	0.3

3. ผลต่อวัตถุต่าง ๆ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่อถูกความชื้นในอากาศจะกลายเป็นกรดซัลฟูริก ซึ่งทำให้โลหะเกิดการผุกร่อน และทำลายวัสดุก่อสร้าง เช่น หินปูน หินอ่อน กระเบื้อง มุงหลังคา ทำให้สีจางลง และมีผลทำให้ผลงานทางศิลปหัตถกรรมความสวยงาม (เขาวงกต) ได้รับความเสียหาย (เขาวงกต) 2521 : 9) ดังแสดงไว้ในตาราง 9

ตาราง 9 ผลของสารเป็นพิษต่อวัตถุ

วัตถุ	ผลที่เกิดขึ้น	สารเป็นพิษที่เป็นต้นเหตุ
โลหะ	ทำลายผิว รุญเสียโลหะ	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กรด
วัสดุก่อสร้าง	สีเปลี่ยน	SO ₂ , กรด, particulate
สี	สีเปลี่ยนทำให้อ่อนลง	SO ₂ , H ₂ S, particulate
หนังสือตัว	ทำลายผิวเป็นผง ทำให้หนังสืออ่อนลง	SO ₂ , กรด
กระดาษ	กระดาษกรอบ	SO ₂ , gaseous acid
ผ้า	ทำให้ผ้าเปื่อยเป็นจุดต่างสี	SO ₂ , gaseous acid
สีย้อม	สีตก	SO ₂ NO ₂ , oxidant

จากการศึกษาของ อูฟแฮม (Upham, 1967 : 398 - 402) พบว่า ถ้ามีความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.12 ppm (345 µg/m³) จะทำให้แผ่นเหล็กผุกร่อนเร็วกว่าปกติถึง 50%

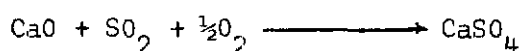
4. ผลต่อบรรยากาศโลก เรายังพบเสมอว่าในฤดูหนาวในเมืองมักมีหมอกมากกว่าในชนบท โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดบนผิวหน้าของอนุภาคในอากาศ ในอากาศที่เย็นจะทำให้เกิดหมอกขึ้น บัสตูวา (Bushtueva, 1960 : 40) พบว่า บริเวณที่มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้มข้น 0.1 ppm จะมีควันวิสัยไม่เกิน 0.5 ไมล์

การควบคุมปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์

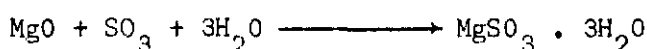
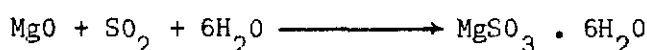
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นก๊าซพิษที่ร้ายแรงมาก และมีแหล่งกำเนิดได้มากมาย ถ้าไม่มีการควบคุมปริมาณแล้วจะเกิดอันตรายมาก ดังนั้น จึงต้องมีขบวนการในการควบคุมดังนี้

1. Regenerative alkaline agents ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากการหลอมเหลวหรือจากการสันดาปของพวกเชื้อเพลิงฟอสซิล (fossil fuels) ซึ่งไม่ละลายในน้ำหรือละลายยาก

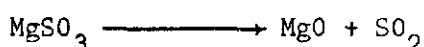
ต้องใช้ตัวทำละลายที่สามารถดูดซับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ และคายออกมาได้ง่ายด้วย นำไปใช้ทำ
ประโยชน์ในการเตรียมพวกซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ กรดซัลฟูริกหรือทำแอมโมเนียมซัลเฟต
($(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$) ก็ได้ ตัวดูดที่ใช้ คือ แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) แคลเซียมออกไซด์
(CaO) โดโลไมท์ (dolomite, $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) หรือ แมกนีเซียมออกไซด์ ดังปฏิกิริยา



(Still, Wiekert, Jungten and Peters. 1973 : 152 - 160)

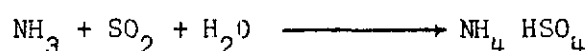
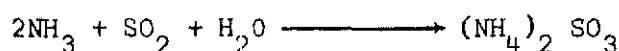


เมื่อนำสารที่ได้มา centrifuge แล้วเผาจะเกิดปฏิกิริยาดังนี้

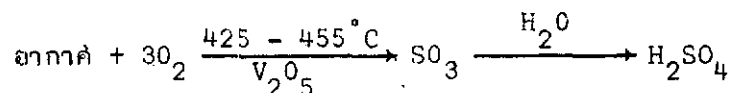


(Bockris. 1977 : 194)

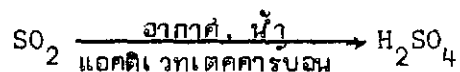
2. Double alkaline process โดยใช้สารละลายแอมโมเนียดูดซับซัลเฟอร์ไดออกไซด์
ออกที่ 150°C (USBM Process. 1973 : 175 - 200)



3. Catalytic Process ใช้วาเนเดียมเพนท็อกไซด์ (V_2O_5) ออกซิไดส์ซัลเฟอร์
ไดออกไซด์ ให้เป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ ที่อุณหภูมิ $425 - 455^\circ\text{C}$ แล้วให้ทำปฏิกิริยากับน้ำเป็น
กรดซัลฟูริก



4. Regenerative solid absorption โดยแอคติเวทเตดคาร์บอน ดูดซึบเฟอร์ไรต์ไดออกไซด์ไว้แล้วออกซีไดส์เป็นซัลเฟอร์ไดรอกไซด์ และให้ทำปฏิกิริยากับน้ำเป็นกรดซัลฟูริก



5. Regenerative organic absorption ใช้ organic amine หรือแอมโมเนีย หรือไดเมทิลแอมโมเนีย ดูดซึบเฟอร์ไรต์ไดออกไซด์ แล้วล้างออกด้วยกรดซัลฟูริกเจือจาง หรือใน Lutfidine process ใช้ไซลิดีนผสมน้ำ (xylidine-water mixture) เป็นตัวดูด แล้วไล่ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกโดยใช้ความร้อน

การวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์

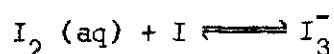
การวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีหลายวิธีด้วยกัน แต่ที่นิยมนั้นมีดังนี้ คือ

1. Pararosaniline method
2. Acidimetric method
3. Colorimetric method
4. Iodimetric method

ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ เลือกวิเคราะห์โดยวิธีไอโอดิเมตริกประยุกต์ เพราะสามารถขจัดปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ดีกว่าวิธีอื่น ๆ

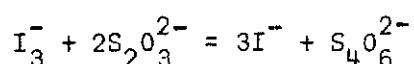
ไอโอดิเมตริก (Iodimetry)

ไอโอดิเมตริก เป็นวิธีหาปริมาณของสาร โดยการไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐานของไอโอดีน เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณของสารอื่นใด ซึ่งขึ้นอยู่กับว่า การปลดปล่อยไอโอดีนมาใช้จะละลายบนอยู่ในสารละลายของ โพแตสเซียมไอโอไดด์ ในกรณีแบบนี้ถือว่าไอโอไดด์ไอออน (I^-) มากเกินไป ทำให้เกิดสมดุลดังนี้

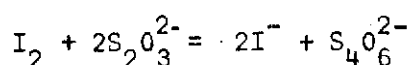


ไอออน I_3^- มีชื่อเรียกว่า ไตรไอโอไดด์ (tri-iodide)

ดังนั้น ในการไตเตรตที่ใช้สารละลายของไอโอไดน์ในโพแตสเซียมไอโอไดด์นั้น ตัวที่เข้าทำปฏิกิริยาจริง ๆ ไม่ใช่ไอโอไดน์ แต่เป็นไตรไอโอไดด์ไอออน ตัวอย่างเช่นปฏิกิริยา

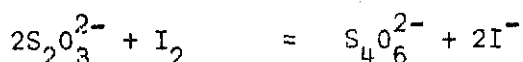
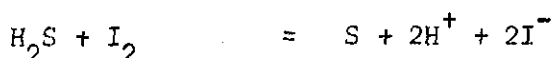
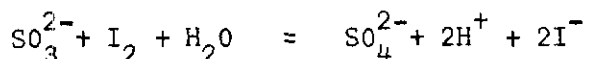
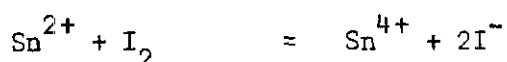


ถือว่าถูกต้องดีกว่า

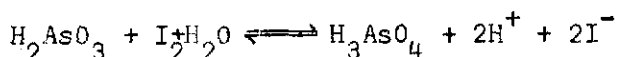


อย่างไรก็ตาม เรามักเขียนปฏิกิริยาในรูปของไอโอไดน์เพื่อให้ดูง่ายขึ้น

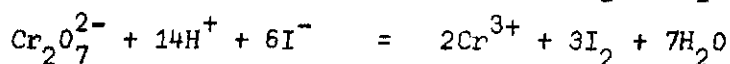
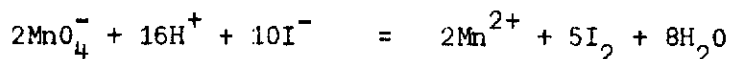
ไอโอไดน์ทำปฏิกิริยากับตัวรีดิวซ์ (reducing agent) แรง ๆ เช่น สังกะสีคลอไรด์ กรดซัลฟูริก ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ แม้กระทั่งในสารละลายที่เป็นกรด ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้



ถ้าเป็นตัวรีดิวซ์ที่ไม่แรงมาก เช่น ไตรวาเลนต์อาร์ซีนิก ไตรวาเลนต์แอนติโมนี และเฟอร์โรไซยาไนด์ $(Fe(CN)_6)^{4-}$ ไอโอไดน์จะทำปฏิกิริยาสมบูรณ์ได้ก็ต่อเมื่ออยู่ในสารละลายที่เป็นกลางหรือเป็นกรดอ่อน ๆ เท่านั้น เช่น



ตัวออกซิไดส์ (oxidising agent) แรง ๆ ทำปฏิกิริยากับไอโอไดด์ไอออนที่มากเกินไปจนพอได้ในสารละลายที่เป็นกรดหรือเป็นกลาง ในกรณีนี้ไอโอไดด์ไอออนทำหน้าที่เป็นตัวรีดิวซ์ แล้วไอโอไดด์ไอออนถูกออกซิไดส์เป็นไอโอไดน์ดังนี้



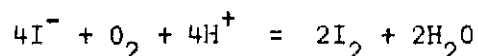
ปริมาณไอโอดีนที่เกิดในปฏิกิริยาเหล่านี้หาได้โดยโตเดรตกับสารละลายมาตรฐานของ โซเดียมไธโอซัลเฟต

ในการวิเคราะห์เกี่ยวกับไอโอดีน คือ ไอโอดิเมตรนั้นอาจผิดพลาดได้เนื่องจาก

สาเหตุ 2 ประการ คือ

1. การสูญเสียไอโอดีน เนื่องจากการระเหย
2. ไอโอดีน ไอออนในสารละลายกรตอาจถูกออกซิไดส์โดยออกซิเจนในอากาศ

ดังนี้



ทำให้ได้ไอโอดีนมากกว่าความเป็นจริง

วิธีแก้ปัญหการระเหยของไอโอดีน

1. เติมน้ำไอโอดีนไอออนลงในสารละลายเพื่อให้เกิดไอโอดีนไอออนซึ่งอยู่ต่ำกว่า ไอโอดีน และระเหยได้ยาก ดังนั้นในสารละลายไอโอดีนที่ใช้จึงมักมีโปแตสเซียมไอโอดีนอยู่ด้วย อย่างน้อย 4%

ปัญหาเกี่ยวกับการถูกออกซิไดส์ด้วยอากาศแก้ได้โดย

1. ใช้สารละลายที่เป็นกลางและปราศจากตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น ทองแดงหรือไนไตรท์ ไอออน หรือแสงสว่าง และควรเก็บสารละลายไอโอดีนในขวดที่มีลิ้น
2. ขจัดอากาศออกจากภาชนะที่เก็บสารละลายไอโอดีน โดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นตัวไล่ (เช่น เติมน้ำแข็งแห้งลงในสารละลาย)

การหาจุดยุติ (end point) ของการไทเทรต

สารละลายไอโอดีน/ไอโอดีน อาจมีสีตั้งแต่เหลือง เข้มจนถึงสีน้ำตาลในการไทเทรต สารละลายนี้จึงเป็นอินดิเคเตอร์ในตัวเอง (สารละลายไม่มีสี ถ้าไม่มีไอโอดีน)

การหาจุดยุติจะทำได้ขึ้นถ้าใช้สารละลายแป้งหรือน้ำแป้ง เป็นอินดิเคเตอร์ แป้งทำปฏิกิริยาในสารละลายโพแตสเซียมไอโอดีนเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงินเข้ม เห็นได้ชัดเจนแม้ความเข้มข้นของไอโอดีนจะอยู่ในช่วงที่ต่ำมาก ๆ ถึงประมาณ 2×10^{-5} M. ที่ 20°C

ความชัดเจนของสีที่ปรากฏจะลดลงถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น และ/หรือ ถ้าเติมตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เอธิลแอลกอฮอล์ลงในสารละลาย นอกจากนี้ การใช้แป้งเป็นอินดิเคเตอร์จะไม่ค่อยดีนักในสารละลายที่เป็นกรดมาก เพราะอาจเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ของแป้งได้ง่าย

แป้ง (Starch) มีส่วนประกอบสำคัญสองส่วน คือ

1. อมิโลส (Amylose) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นเส้นตรง ๆ (Straight-chain) มีมากในแป้งมันฝรั่ง ให้สีน้ำเงินเมื่อทำปฏิกิริยากับไอโอดีน
2. อมิโลเพคติน (Amylopectin) มีโครงสร้างเป็นเส้นแยกแขนง (branched-chain) ให้สารประกอบสีม่วงแดงเมื่อทำปฏิกิริยากับไอโอดีน

ข้อดีของแป้ง คือราคาถูกแต่มีข้อเสียหลายประการดังนี้

1. ไม่ละลายในน้ำเย็น
2. ไม่อยู่ตัวในน้ำ
3. ทำปฏิกิริยากับไอโอดีนให้สารประกอบเชิงซ้อนที่ไม่ละลายน้ำ ดังนั้นเมื่อทำการไทเทรตไอโอดีนจะเติมน้ำแป้งได้เมื่อใกล้จะถึงจุดยุติเท่านั้น

4. ถ้าสารละลายเจือจางมาก ๆ จุดยุติไม่ค่อยแน่นอน

ข้อเสียต่าง ๆ เหล่านี้ ส่วนมากจะหมดไปถ้าใช้แป้งโซเดียมไกลคอลเลต (Sodium starch glycollate) ซึ่งมีลักษณะเป็นผงสีขาวไม่ดูดความชื้น ละลายได้ในน้ำร้อนให้สารละลาย

สบูรณ์ ๆ ไข่ได้นานหลายเดือน นอกจากนี้ยังไม่เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ไม่ละลายน้ำอีกด้วย
ในการโคเรเลตจะเดิมอินดิเคเตอร์เมื่อไรก็ได้ให้จุดยุติที่ชัดเจนแน่นอน (Vogel. 1961 :
334 - 349)

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง คือ อากาศในเขตและในเขตกรุงเทพมหานคร
แบ่งออกเป็นสามบริเวณ คือ

1. อากาศบริเวณที่อยู่ห่างโรงงานอุตสาหกรรมไม่เกิน 1 กิโลเมตร
2. อากาศบริเวณริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่น
3. อากาศบริเวณริมถนนที่มีการจราจรเบาบาง

และแบ่งเป็นบริเวณย่อย ๆ 20 บริเวณ เก็บตัวอย่างอากาศตั้งแต่วันที่ 13 พฤษภาคม 2523
ถึงวันที่ 17 มิถุนายน 2523 ช่วงเวลาที่เก็บอากาศ คือ เวลา 14.00 - 14.30 น. และ
16.00 - 16.30 น. รวม 20 บริเวณ 44 ตัวอย่าง ดังนี้

1. หน้าบริษัทสี่เหรียญวิสาห์หะกิลจำกัด (สุขุมวิท 23)
2. หน้าป้อมตำรวจตลาดประตู่
3. หน้าธนาคารคิงนคร สาขาเพชรบุรีตัดใหม่ (แย่งสะพานลอยใต้)
4. หน้าเซ็นทรัลซิตี้ (ราชประสงค์)
5. ตรงข้ามโรงหนังพระโขนงเรียเตอร์ หน้า C.P. coffee house (พระโขนง)
6. หน้าร้านคัฟฟองพาณิชย์ (เยาวราช)
7. ในซอยตันช้างโรงเรียนบูรณะวิทย (บางพลัด)
8. สนามหลวง (แผงหนังสือเบอร์ 5)
9. หน้าตลาดวรจักร
10. หน้าร้านสินทองนาฬิกา (สะพานควาย)
11. หน้าร้านหยกช่อยราชมฤกษ์ (สนามกีฬา)
12. หน้าธนาคารออมสินลำชาประชาธิปไตย (หมู่บ้านจัดสรรปูนซีเมนต์)

13. หน้าเซ็นทรัลลิคัม
14. ในข้อบัญญัติฉบับที่ 2 หลังโรงกลั่นน้ำมันที่ 2 กระทรวงกลาโหม (บางจาก)
15. หน้าโรงกลั่นน้ำมันที่ 2 กระทรวงกลาโหม (บางจาก)
16. หน้าร้านลูกค้าบริการเชิงสะพานพุทธฯ.เมืองธนบุรี
17. หน้าบริษัทอุตสาหกรรมเครื่องแก้วไทยจำกัด (ถ.สุยสวัสดิ์ ราชบุรี)
18. หน้าโรงสีไทยเจริญ (ถ.สุยสวัสดิ์ ราชบุรี)
19. บ้างสะพานรถไฟ บ้างโรงกลั่นน้ำมันที่ 2 กระทรวงกลาโหม (บางจาก)
20. หน้าตลาดวัดวิเศษ (ศิริราช)

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ออกแบบเพื่อใช้วัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศนั้น ประกอบด้วย ส่วนสำคัญดังนี้

1. เครื่องดูดอากาศ มีหน้าที่ดูดอากาศเข้าหาปฏิกิริยากับสารละลายในเครื่องมือ เครื่องดูดอากาศที่ใช้ในการทดลองนี้อาศัยการทำงานของมอเตอร์ เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวนองแผ่นยาง ทำให้เกิดแรงดูดอากาศผ่านลิ้นทางเดียวเข้าไปยังสารละลาย พลังงานที่ใช้ในการทำงานได้จากแบตเตอรี่แห้งที่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 3 โวลต์ เครื่องดูดอากาศชนิดนี้มีขนาดเล็ก กว้าง 7.2 เซนติเมตร ยาว 13 เซนติเมตร หนา 3 เซนติเมตร สามารถประกอบในเครื่องมือได้สะดวกและมีอัตราการดูดอากาศสูงกว่า 15 ลิตร / นาที
2. โฟลว์มิเตอร์ ใช้วัดอัตราการไหลของอากาศ มีลักษณะเป็นหลอดแก้วตรง ภายนอกมีขีดมาตราส่วนตลอดความยาวของหลอด ภายในมีลูกลอย ปลายหลอดด้านบนบนต่อกับเครื่องดูดอากาศ ด้านล่างเป็นทางให้อากาศเข้า เมื่ออากาศไหลเข้าไปในโฟลว์มิเตอร์ด้วยแรงดูดจากเครื่องดูดอากาศ ลูกลอยจะถูกดันให้ลอยสูงขึ้น ความสูงของลูกลอยขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของอากาศ

ในการทดลองนี้ใช้โฟลว์มิเตอร์สามชนิดด้วยกัน คือ

2.1 Lab-Crest Div. F & P. Meter Tube Cat. No.450 - 627

มีความยาวประมาณ 18 เซนติเมตร มีลูกกลองสองชนิด คือ ลูกเหล็ก และลูกแก้ว ใช้วัดอัตราการไหลของอากาศได้ตั้งแต่ 2 - 14 ลิตร/นาที ซึ่งขึ้นอยู่กับแรงดูดของเครื่องดูดอากาศ ปริมาตรของอากาศที่ผ่านโฟลว์มิเตอร์อ่านได้จากกราฟ โฟลว์มิเตอร์นี้ใช้ calibrate โฟลว์มิเตอร์เบอร์ 1 และ โฟลว์มิเตอร์เบอร์ 2

2.2 โฟลว์มิเตอร์เบอร์ 1 มีความยาว 24 เซนติเมตร มีลูกกลอง 1 ลูก ใช้วัดอัตราการไหลของอากาศได้ประมาณ 5 ลิตร/นาทีขึ้นไป ปริมาตรของอากาศที่อ่านได้โดยการเปรียบเทียบความสูงของลูกกลองของโฟลว์มิเตอร์นี้กับความสูงของลูกกลองของโฟลว์มิเตอร์ที่มีกราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของอากาศกับความสูงของลูกกลองที่กำหนดมาให้ (เทียบกับข้อ 2.1)

2.3 โฟลว์มิเตอร์เบอร์ 2 มีความยาว 23.7 เซนติเมตร มีลูกกลอง 1 ลูก ใช้วัดอัตราการไหลของอากาศได้ประมาณ 4.2 ลิตร/นาทีขึ้นไป ปริมาตรของอากาศที่อ่านได้โดยการเปรียบเทียบความสูงของลูกกลองของโฟลว์มิเตอร์นี้กับความสูงของลูกกลองของโฟลว์มิเตอร์ที่มีกราฟแสดงความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของอากาศกับความสูงของลูกกลองที่กำหนดมาให้ (เทียบกับข้อ 2.1)

3. หลอดแก้วใส่น้ำละลาย ใช้สำหรับใส่น้ำละลายที่ทำปฏิกิริยากับก๊าซซิลเฟอร์ไดออกไซด์ ในการทดลองนี้หลอดแก้วมีลักษณะเป็นทรงกระบอกปลายเรียว 2 หลอด (หลอด A, B รูปหน้า 41) ปลายล่างมี stopcock ใช้สำหรับปล่อยออก หลอดทั้งสองนี้เชื่อมต่อกันที่ปลายใต้ stopcock และมีทางให้น้ำละลายไหลลงหลอด C (ซึ่งใส่น้ำละลายที่ใช้ในการวัดการดูดกลืนแสง) อากาศที่ถูกดูดเข้าโฟลว์มิเตอร์จะผ่านเข้าทางด้านบนของหลอด A และ B เข้าสู่น้ำละลายในหลอด แล้วผ่านออกอีกที่หนึ่งทางด้านบนของหลอด A และ B ขึ้นกัน หลอดคู่นี้ปิดมิดชิดด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์เพื่อไม่ให้แสงส่องเข้าหลอด

4. หลอดแก้วรูปตัวยู ใช้บรรจุกระดาษกลาสไฟเบอร์ซึ่งหีบเป็นรูปตัววี กระดาษนี้ได้ผ่านกระบวนการที่ทำให้มีสมบัติในการดูดก๊าซซิลเฟอร์ไดออกไซด์ ปลายหลอดด้านหนึ่งต่อกับที่ปรับอัตราไหลของอากาศ อีกปลายหนึ่งมีทางสำหรับอากาศเข้า

5. แหล่งกำเนิดแสง เป็นหลอดไฟฉายขนาดเล็กพลังงานที่ใช้ในการให้แสงสว่างได้จากแบตเตอรี่แห้งที่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 3 โวลต์

6. โฟโตเซลล์ ใช้ในการวัดความเข้มของแสง ในการทดลองนี้โฟโตเซลล์บรรจุอยู่ในกระบอกพลาสติกกลวง ซึ่งด้านหน้ามีรูให้แสงผ่านเข้าไปยังโฟโตเซลล์ด้านหลังปิดและมีขั้วสำหรับต่อกับโอห์มมิเตอร์ สำหรับวัดความต้านทานของโฟโตเซลล์

7. โอห์มมิเตอร์ เป็นเครื่องวัดความต้านทานของโฟโตเซลล์ที่เปลี่ยนไปเนื่องจากความเข้มของแสง โอห์มมิเตอร์มีขนาดกว้าง 9.5 เซนติเมตร ยาว 14.5 เซนติเมตร หนา 4.5 เซนติเมตร ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่แห้งที่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้ารวมทั้งหมด 12 โวลต์

8. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ใช้วัดปริมาณของแสงที่สลายสามารถดูดหรือปล่อยผ่านออกมาได้ เครื่องตรวจวัด (detector) โดยเปลี่ยนความเข้มของแสงที่มาตกกระทบให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งอ่านได้จากสเกลบนหน้าปัทม์ การอ่านสเกลอ่านได้สองแบบ คือ ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) และเปอร์เซ็นต์การยอมให้แสงผ่าน (% Transmittance)

สูตรที่ใช้เปลี่ยน % Transmittance เป็น Absorbance คือ

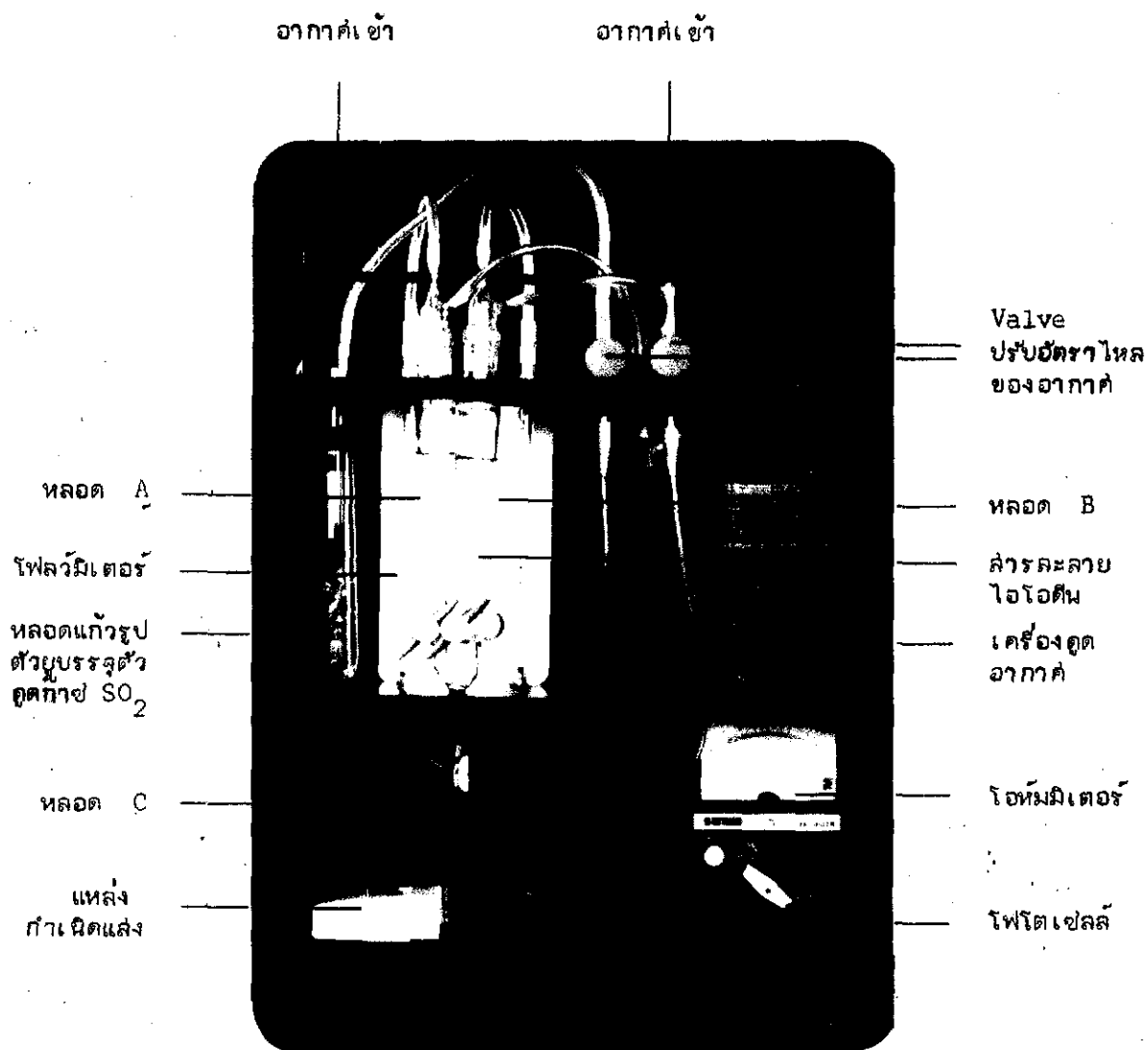
$$\begin{aligned}\text{Absorbance} &= \log\left(\frac{100}{\%T}\right) \\ &= 2 - \log \%T\end{aligned}$$

(Silverstein, Bassler and Borrill. 1974 : 2)

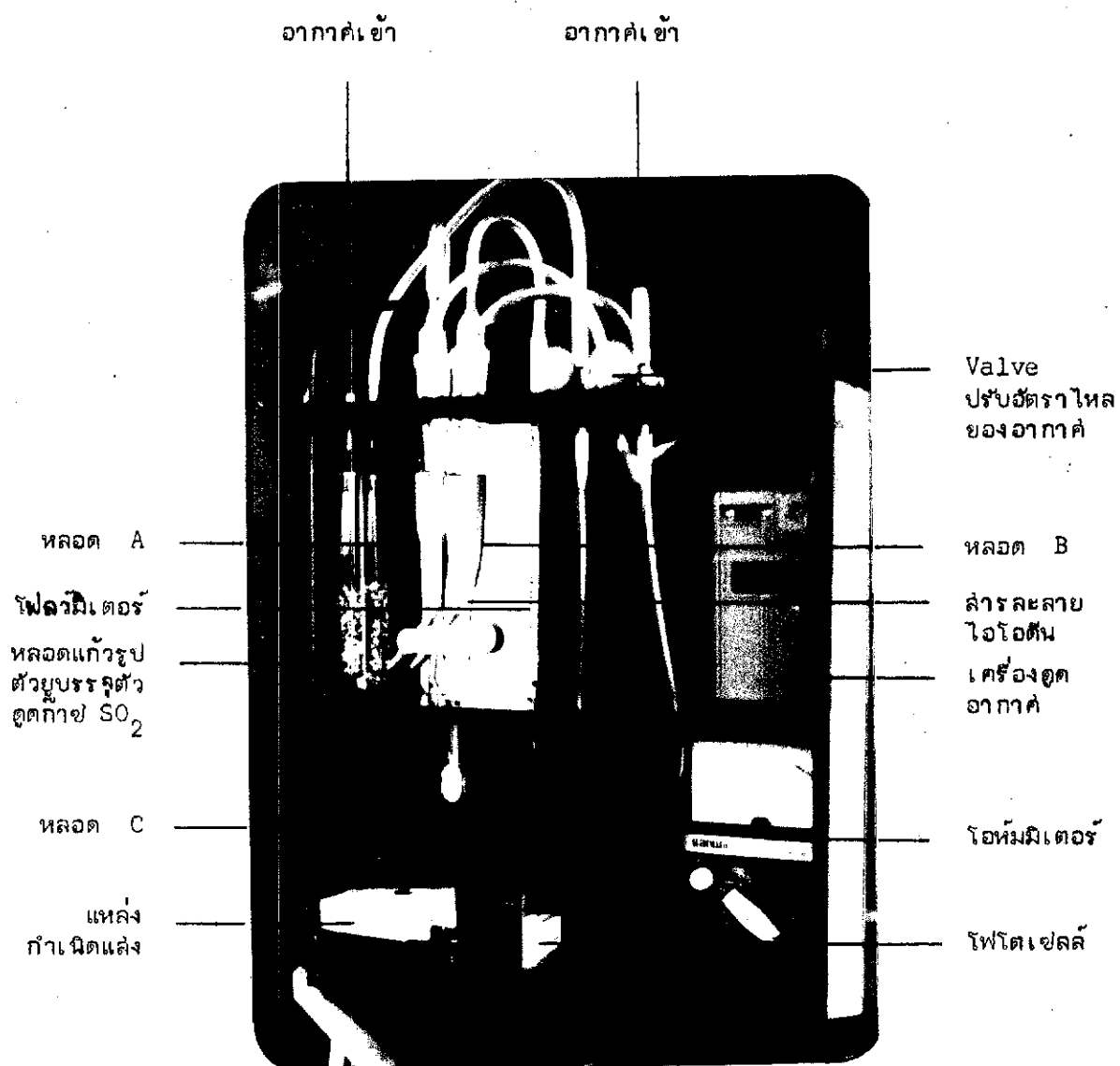
สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ใช้ในการทดลองนี้ มีขนาดความยาวคลื่นของแสงตั้งแต่ 340 - 625 นาโนเมตร (Willard, Merritt and Dean. 1974 : 73)

9. นาฬิกาจับเวลา

10. ลายยาง อะลูมิเนียมฟอยล์ จาราลิซึม



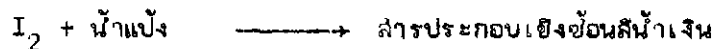
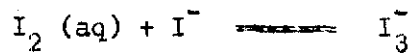
ภาพประกอบ 2.1 เครื่องมือวัดความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ (ด้านหน้า)



ภาพประกอบ 2.2 เครื่องมือวัดความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ (ด้านทะแยง)

หลักการทํางานของเครื่องมือ

1. หลอดแก้ว A และ B บรรจุสารละลายไอโอดีน โบแตลเชื่อมไอโอดีน และ น้ำแข็ง สารละลายมีสีน้ำเงินเข้ม เนื่องจากปฏิกิริยา



หลอดคู่นี้ปิดด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ เพื่อกันไม่ให้แสงถูกสารละลาย

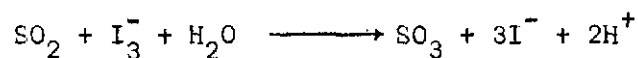
2. หลอดแก้วรูปตัว Y ซึ่งต่ออยู่กับหลอดแก้ว B บรรจุกระดาษกลาสไฟเบอร์ชิ้นเล็ก ๆ พบเป็นรูปตัววี ซึ่งมีสมบัติสามารถดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และเตรียมได้โดยนำไปจุ่มลงในสารละลายโครเมียมไดรอกไซด์แล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ $80 - 90^\circ \text{C}$

3. เปิดเครื่องดูดอากาศและปรับอัตราการไหลของอากาศให้ลูกลอยในโฟลว์มิเตอร์ ทั้ง 2 อยู่ในระดับที่ต้องการ

บันทึกช่วงเวลาในการดูดอากาศกับความสูงของลูกลอยในโฟลว์มิเตอร์แล้วคำนวณหา ปริมาณของอากาศที่ผ่านเข้าไปในสารละลายในหลอด A และ B ได้ดังนี้

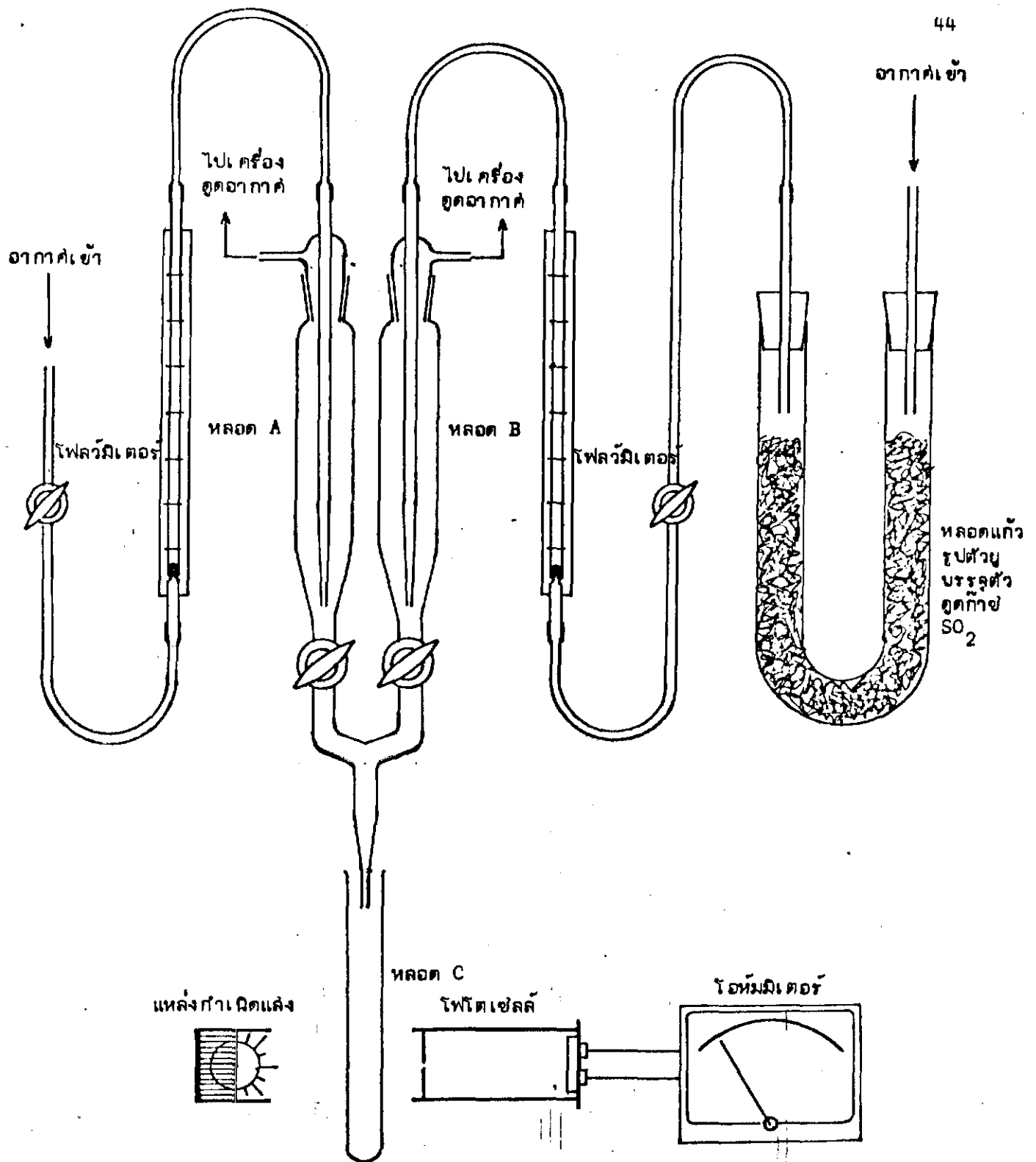
$$\text{ปริมาตรอากาศที่ผ่านสารละลาย} = \text{อัตราการไหล} \times \text{เวลา}$$

4. เมื่ออากาศผ่านลงสู่สารละลายในหลอด A ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศจะทำปฏิกิริยาดังนี้ คือ



ดังนั้นสีน้ำเงินของสารละลายจะจางลง เมื่อฉายแสงผ่านสารละลายนี้ ความเข้มของแสงที่ผ่านเลยออกมาจะแปรตามปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ผ่านสารละลาย

5. ใช้โฟโตเซลล์วัดความเข้มของแสงที่ผ่านสารละลายโดยวัดความต้านทานของโฟโตเซลล์ด้วยโอห์มมิเตอร์ (ความต้านทานของโฟโตเซลล์แปรโดยตรงกับความเข้มของแสงที่ตกกระทบ)



ภาพประกอบ 3 หลักการทำงานของเครื่องมือ

6. ให้หลอด B เป็น Blank โดยอากาศที่ผ่านสารละลายในหลอด B นั้น ไม่มีก๊าซคลอรีนไดออกไซด์ (เพราะถูกดูดซับไว้ในหลอดแก้วรูปตัว U) แต่อาจมีสารชนิดอื่นซึ่งอาจทำปฏิกิริยากับสารละลายในหลอด และทำให้สีของสารละลายเปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้นเมื่อใช้โฟโตเซลล์วัดการดูดกลืนแสงของสารละลายนี้แล้วนำไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากสารละลายในหลอด A (จากข้อ 5) ก็จะทราบการเปลี่ยนแปลงความเข้มของสีสารละลาย เนื่องจากปฏิกิริยาของก๊าซคลอรีนไดออกไซด์เพียงอย่างเดียว และคำนวณหาความเข้มของก๊าซคลอรีนไดออกไซด์ในอากาศได้ในที่สุด

วิธีดำเนินการทดลอง

1. การเตรียมสารละลาย

1.1 วิธีเตรียมน้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์

1.1.1 ละลายน้ำแข็ง 1 กรัม กับน้ำเล็กน้อย

1.1.2 เติมน้ำเดือดประมาณ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร พร้อมทั้งคนไปด้วย
ต้มให้เดือดประมาณ 1 นาที จึงให้เย็น

1.1.3 เติมน้ำตาลเชอร์รี่ไอโอดีน 3 กรัม (ถ้าต้องการเก็บนานเดิม HqI_2
ลงไป 5 มิลลิกรัม)

1.1.4 เวลาใช้เติมน้ำอินดิเคเตอร์นี้ 2 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อสารละลายที่ถูกใช้
100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

1.2 วิธีเตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) เข้มข้น
0.1 M

1.2.1 ละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$)(AR) 25 กรัม ใน
น้ำกลั่นที่ต้มแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น และเติมปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร

1.2.2 เติมน้ำคลอโรฟอร์ม ($CHCl_3$) 3 หยดต่อสารละลาย 1 ลิตร เพื่อให้
สารละลายมีความทนต่อการสลายตัว

1.2.3 สารละลายที่เตรียมไม่ควรให้ถูกแสงแดด เพราะแสงแดด ทำให้
เกิดการสลายตัว

1.2.4 นำโปแตสเซียมไอโอไดเตด (KIO_3)(AR) ซึ่งมีความบริสุทธิ์ 99% มาอบที่ 120°C และชั่งอย่างละเอียดประมาณ 0.14 - 0.15 กรัม

1.2.5 นำมาละลายในน้ำกลั่นที่ต้มแล้ว 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร

1.2.6 เติมน้ำโปแตสเซียมไอโอไดต์ 2 กรัม และกรดซัลฟูริก (2N)

5 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะได้สารละลายสีน้ำเงินเข้ม

1.2.7 โดเตรตไอโอดีนที่เกิดขึ้นโดยใช้สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ที่เตรียมไว้ (ในข้อ 1.2) และคนอยู่ตลอดเวลา

1.2.8 เมื่อสารละลายมีสีจางลงเป็นสีเหลืองอ่อนเติมน้ำให้ปริมาตรเป็น 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำแข็ง 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร และโดเตรตต่อจนกระทั่ง สารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นไม่มีสี

1.2.9 คำนวณหา Molarity ของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตได้จาก

$$1 \text{ มิลลิลิตร } M \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 0.03567 \text{ กรัม } \text{KIO}_3$$

เพราะฉะนั้น จะได้โซเดียมไธโอซัลเฟตที่ Standardised แล้ว รู้ความเข้มข้นแน่นอน

1.3 วิธีเตรียมสารละลายไอโอดีนเข้มข้น 0.05 M

1.3.1 ละลายโปแตสเซียมไอโอไดต์ 20 กรัม ในน้ำกลั่นที่ต้มเย็นแล้ว 30 - 40 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในขวดที่ปิดฝา

1.3.2 ชั่งไอโอดีนบนกระดาษฟิคา 12.7 กรัม

1.3.3 เทไอโอดีนลงในสารละลายของโปแตสเซียมไอโอไดต์โดยใช้กรวย แล้วปิดขวดเขย่าขวดในที่ ๆ แสงและมีอุณหภูมิไอโอดีนละลายหมด

1.3.4 ให้สารละลายอยู่ที่อุณหภูมิห้อง และเติมน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร และเก็บสารละลายในที่มืด

1.3.5 แบ่งสารละลายไอโอดีนที่เตรียมได้จากข้อ 1.4 มา 50 ลูกบาศก์ เซนติเมตร

1.3.6 เติมน้ำแบ่ง 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร

1.3.7 นำมาไตเตรตกับสารละลายโซเดียมโรโอซัลเฟตที่ Standardised แล้ว จากข้อ 1.2 แล้วคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน

2. การเตรียมหลอดดูดก๊าซโครโมเออร์โครไมต์

2.1 ตัดกระดาษกลาสไฟเบอร์ (glass fiber paper) ที่มีพื้นที่รวม 200 ตารางเซนติเมตร ออกเป็นชิ้น ๆ กว้าง 0.6 เซนติเมตร ยาว 1.2 เซนติเมตร แล้วพับให้เป็นรูปตัววี

2.2 ละลายโครเมียมไตรออกไซด์ (CrO_3) 2.5 กรัม และกรดซัลฟูริก 0.7 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในน้ำกลั่นให้มีปริมาตรครบ 15 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2.3 จุ่มกระดาษกลาสไฟเบอร์ลงในสารละลายของโครเมียมไตรออกไซด์ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 - 90 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2.4 นำกระดาษที่อบแห้งแล้วบรรจุลงในหลอดแก้วรูปตัวยู ขนาดความจุประมาณ 30 ลูกบาศก์เซนติเมตร เก็บไว้ในภาชนะดูดความชื้น (desiccator)

3. การทำ calibration curve

3.1 การทำ calibration curve ของ โฟลว์มิเตอร์ 2 โดยใช้ โฟลว์มิเตอร์เบอร์ 450 - 627

3.1.1 ตั้งโฟลว์มิเตอร์ให้ขนานกันและอยู่ในระดับเดียวกัน

3.1.2 ต่อปลายด้านบนของโฟลว์มิเตอร์ทั้งสองเข้ากับเครื่องดูดอากาศ เครื่องเดียวกัน โดยใช้สายยางที่มีความยาวเท่ากันระหว่างโฟลว์มิเตอร์ทั้งสองกับเครื่องดูดอากาศ

3.1.3 กดลิวิตซ์เครื่องดูดอากาศและปรับให้ลูกลอยของโฟลว์มิเตอร์ เบอร์ 450 - 627 อยู่ในระดับต่ำสุด บันทึกความสูงของลูกลอยของโฟลว์มิเตอร์ 2

3.1.4 ค่อย ๆ เพิ่มอัตราการไหลของอากาศพร้อมทั้งบันทึกความสูงของ
ลูกลอยในโฟลว์มิเตอร์ทั้งสอง จนกระทั่งลูกลอยของ โฟลว์มิเตอร์เบอร์ 450 - 627 อยู่ใน
ระดับสูงที่สุด

3.1.5 ทำการทดลองข้อ 3.1.4 - 3.1.5 ซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย

3.1.6 ทำ calibration curve สำหรับ โฟลว์มิเตอร์ 2 โดย
อ่านอัตราการไหลของอากาศจาก calibration curve ของโฟลว์มิเตอร์ เบอร์ 450 -
627 (ภาพประกอบ 5)

3.2 การทำ calibration curve ของ โฟลว์มิเตอร์ 1 โดยใช้
โฟลว์มิเตอร์เบอร์ 450 - 627

3.2.1 ทำการทดลองเหมือนข้อ 3.1 ทุกประการ โดยเปลี่ยน
โฟลว์มิเตอร์ 2 เป็น โฟลว์มิเตอร์ 1 (ภาพประกอบ 6)

3.3 การทำ calibration curve ของสารละลายไอโอดีนมาตรฐานด้วย
วิธี colorimetric

3.3.1 เตรียมสารละลายไอโอดีน 0.005 M. โดยเปิดสารละลายไอโอดีน
มาตรฐาน 0.05 M. (จากข้อ 1.4) 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงใน Volumetric flask
ขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นจนปริมาตรครบ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3.3.2 เปิดสารละลายไอโอดีนเข้มข้น 0.005 M. มา 0.1, 0.2, 0.3,
0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7,
1.8, 1.9, 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ใส่ลงใน Volumetric flask ขนาด 100
ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำกลั่นจนปริมาตรครบ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำละลายแป้ง
ที่เป็นอินดิเคเตอร์ 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ดังนั้น สารละลายเหล่านี้จะมีไอโอดีน
0.49, 0.98, 1.47, 1.96, 2.45, 2.94, 3.43, 3.92, 4.41, 4.90, 5.39,
5.88, 6.37, 6.86, 7.35, 7.84, 8.33, 8.82, 9.31, 9.80, $\times 10^{-5}$ M.
ตามลำดับ

3.3.3 นำสารละลายแต่ละความเข้มข้นมา วัดค่าความต้านทานของโฟโตเซลล์
ตามลำดับ แล้วนำสารละลายทั้งหมดมา วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาว

คลื่น 352 นาโนเมตร อีกครั้งหนึ่ง

3.3.4 ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 3.3.1 - 3.3.3 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

3.3.5 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมลของไอโอดีนกับค่าความต้านทานของโฟโตเซลล์ และความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมลของไอโอดีนกับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 352 นาโนเมตร (ภาพประกอบ 7, 8)

4. การวัดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ

4.1 ปิดเตาสารละลายไอโอดีนเข้มข้น 10×10^{-5} M. ไว้ในหลอด A และ B หลอดละ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร

4.2 ต่อก่อดูดอากาศเข้าที่ Valve A และที่ปลายข้างหนึ่งของหลอดแก้วรูปตัวยู ให้ปลายท่อดูดอากาศอยู่ที่ระดับความสูง $5 - 5\frac{1}{2}$ ฟุต จากพื้นดิน

4.3 เปิดสวิทช์เครื่องดูดอากาศ พร้อมทั้งปรับอัตราการไหลของอากาศที่ผ่านเข้าโฟลว์มิเตอร์ทั้ง 2 ให้เป็น 10.5 ลิตร/นาที เก็บอากาศครั้งละ 30 นาที

4.4 ในขณะที่วัดต้องนับปริมาณการจราจรโดยนับจำนวนรถยนต์ที่วิ่งบนช่องถนนใกล้กับจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศมากที่สุด ตลอดระยะเวลาที่วัดอากาศ

4.5 ไขสารละลายจากหลอด A และหลอด B ลงสู่หลอด C วัดความเข้มของแสงที่ผ่านด้วยโฟโตเซลล์และโอห์มมิเตอร์ และนำสารละลายจากหลอด A และ B มาวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายอีกครั้งด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 352 นาโนเมตร เพื่อใช้เปรียบเทียบ

4.6 นำค่าที่ได้ไปคำนวณดังข้อ 5

5. การคำนวณ

การเปลี่ยน ppm เป็น mg/m^3

$$\text{สูตร ppm} = \frac{C \times 24.45 \times T \times 760}{\text{mol-wt} \times 298 \times P}$$

C = ความเข้มข้นของสารมีหน่วยเป็น mg/m^3

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ หน่วยเป็น K

P = ความดันหน่วยเป็นมิลลิเมตรของปรอท

จากการคำนวณโดยใช้อุณหภูมิและความดัน ที่คณะทำงานสำนักงานคณะกรรมการ
สิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้กำหนดไว้ จะได้ว่า

$$0.035 \text{ ppm} = 100 \text{ ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร}$$

$$\text{ลมมติในอากาศมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์} = x \text{ ppm}$$

$$\text{ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ } 0.035 \text{ ppm} = 100 \text{ ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร}$$

$$\text{ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ } x \text{ ppm} = \frac{100 \times}{0.035} \text{ ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร}$$

$$= \frac{100x \times 10^{-6}}{0.035} \text{ กรัม/ลูกบาศก์เมตร}$$

$$= \frac{100x \times 10^{-6}}{0.035 \times 1000} \text{ กรัม/ลิตร}$$

$$= \frac{x \times 10^{-4}}{0.035 \times 1000} \text{ กรัม/ลิตร}$$

$$= \frac{28.57x \times 10^{-4}}{1000} \text{ กรัม/ลิตร}$$

$$\therefore \text{ในอากาศ } 1000 \text{ ลิตร มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์} = 28.57x \times 10^{-4} \text{ กรัม}$$

ผลการทดลอง

1. ดูดอากาศนาน 30 นาที

$$\text{ดูดอากาศนาน 1 นาที ปริมาตรอากาศที่ถูกดูด} = 10.51 \text{ ลิตร}$$

$$\text{ดูดอากาศนาน 30 นาที ปริมาตรอากาศที่ถูกดูด} = 10.51 \times 30 \text{ ลิตร}$$

$$\therefore \text{ปริมาตรอากาศที่ถูกดูด} = 315.3 \text{ ลิตร}$$

$$\text{อากาศ } 1,000 \text{ ลิตร มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์} = 28.57x \times 10^{-4} \text{ กรัม}$$

$$\text{อากาศ } 315.3 \text{ ลิตร มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์} = \frac{28.57x \times 10^{-4} \times 315.3}{1,000} \text{ กรัม}$$

$$\therefore \text{อากาศ } 315.3 \text{ ลิตร มีซัลเฟอร์ไดออกไซด์} = \frac{28.57x \times 10^{-4} \times 315.3}{1,000 \times 64} \text{ ไมล}$$

... (1)

$$2. \text{ สารละลายไอโอดีนเริ่มแรกเข้มข้น} = 9.8 \times 10^{-5} \text{ โมล/ลิตร} = c$$

$$\text{วัดความต้านทานจากโอมมิเตอร์ได้} = 3020 = C \text{ โอห์ม}$$

เมื่อดูดวากานาน 30 นาที

$$\text{สารละลายจากหลอด A วัดความต้านทานได้} = 2200 = D \text{ โอห์ม}$$

สารละลายจากหลอด A เทียบ calibration curve ได้

$$= 6.25 \times 10^{-5} \text{ โมล/ลิตร} = d$$

$$\text{สารละลายจากหลอด B วัดความต้านทานได้} = 2800 = E \text{ โอห์ม}$$

สารละลายจากหลอด B เทียบ calibration curve ได้

$$= 9 \times 10^{-5} \text{ โมล/ลิตร} = e$$

$$\text{หลอด A : ไอโอดีนหายไป} = c - d$$

$$= 9.8 \times 10^{-5} - 6.25 \times 10^{-5}$$

$$= 3.55 \times 10^{-5} \text{ โมล/ลิตร}$$

$$\text{หลอด B : ไอโอดีนหายไป} = c - e$$

$$= 9.8 \times 10^{-5} - 9 \times 10^{-5}$$

$$= 0.8 \times 10^{-5} \text{ โมล/ลิตร}$$

$$\therefore \text{ ไอโอดีนหายไป} = 3.55 \times 10^{-5} - 0.8 \times 10^{-5} \text{ โมล/ลิตร}$$

$$= 2.75 \times 10^{-5} \text{ โมล/ลิตร}$$

$$\text{หรือ ไอโอดีนหายไป} = (c - d) - (c - e)$$

$$= e - d$$

$$= 9 \times 10^{-5} - 6.25 \times 10^{-5} \text{ โมล/ลิตร}$$

$$= 2.75 \times 10^{-5} \text{ โมล/ลิตร}$$

$$\text{สารละลาย 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตรไอโอดีนหายไป} = e - d \text{ โมล}$$

$$\text{สารละลาย 25 ลูกบาศก์เซนติเมตรไอโอดีนหายไป} = \frac{(e - d) \times 25}{1,000} \text{ โมล}$$

$$\therefore \text{ ไอโอดีนหายไป} = \frac{(e - d) \times 25}{1,000} \text{ โมล}$$

... (2)

ในปฏิกิริยาไอโอดีน 1 โมล จะทำปฏิกิริยาพอดีกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 1 โมล ดังนั้น
 สิ่งแทนจำนวนโมลของไอโอดีนที่อ่านได้จากกราฟ 7 ด้วยจำนวนโมลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

$$\begin{aligned} \therefore (1) &= (2) : \frac{28.57 \times 10^{-4} \times 315.3}{64 \times 1,000} = \frac{(e - d) \times 25}{1,000} \\ x &= \frac{(e - d) \times 25 \times 64}{315.3 \times 28.57 \times 10^{-4}} \\ x &= \frac{(2.75 \times 10^{-5}) 1600 \times 10^4}{8999.55} \\ x &= \frac{2.75 \times 160}{8999.55} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{ในอากาศมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์} = 0.05 \text{ ppm}$$

จากการคำนวณเขียนเป็นสูตรได้ว่า

$$\text{จำนวน ppm ของ SO}_2 \text{ ในอากาศ} = \frac{\text{ความเข้มข้นที่เปลี่ยนแปลงของไอโอดีน} \times 1600 \times 10^4}{8999.55}$$

$$= \text{ความเข้มข้นที่เปลี่ยนแปลงของไอโอดีน} \times 1.77 \times 10^3$$

วิธีที่ 2 ดูจากกราฟ (ภาพประกอบ 7)

$$\text{ความต้านทานจากหลอด A ที่อ่านได้} = 2200 \pm D \text{ โอห์ม}$$

$$\text{ความต้านทานจากหลอด B ที่อ่านได้} = 2800 \pm E \text{ โอห์ม}$$

$$\therefore \text{ความต้านทานเนื่องจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์} = E - D \text{ โอห์ม}$$

$$= (2800 - 2200) \text{ โอห์ม}$$

$$= 600 \text{ โอห์ม}$$

$$\therefore \text{ความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์}$$

$$= C - (E - D) \text{ โอห์ม}$$

$$= 3020 - 600 \text{ โอห์ม}$$

$$= 2420 \text{ โอห์ม}$$

- . . จากกราฟความดันทอน 2420 โธห์ม เทียบได้กับความเข้มข้นค่าหนึ่งของสารละลาย
ไอโอดีน เมื่อรู้ความเข้มข้นค่านี้ด้วย 1.77×10^3 ก็จะได้ความเข้มข้นของก๊าซ
ซิลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ หน่วยเป็น ppm

การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการทดลอง

ผลการทดลอง

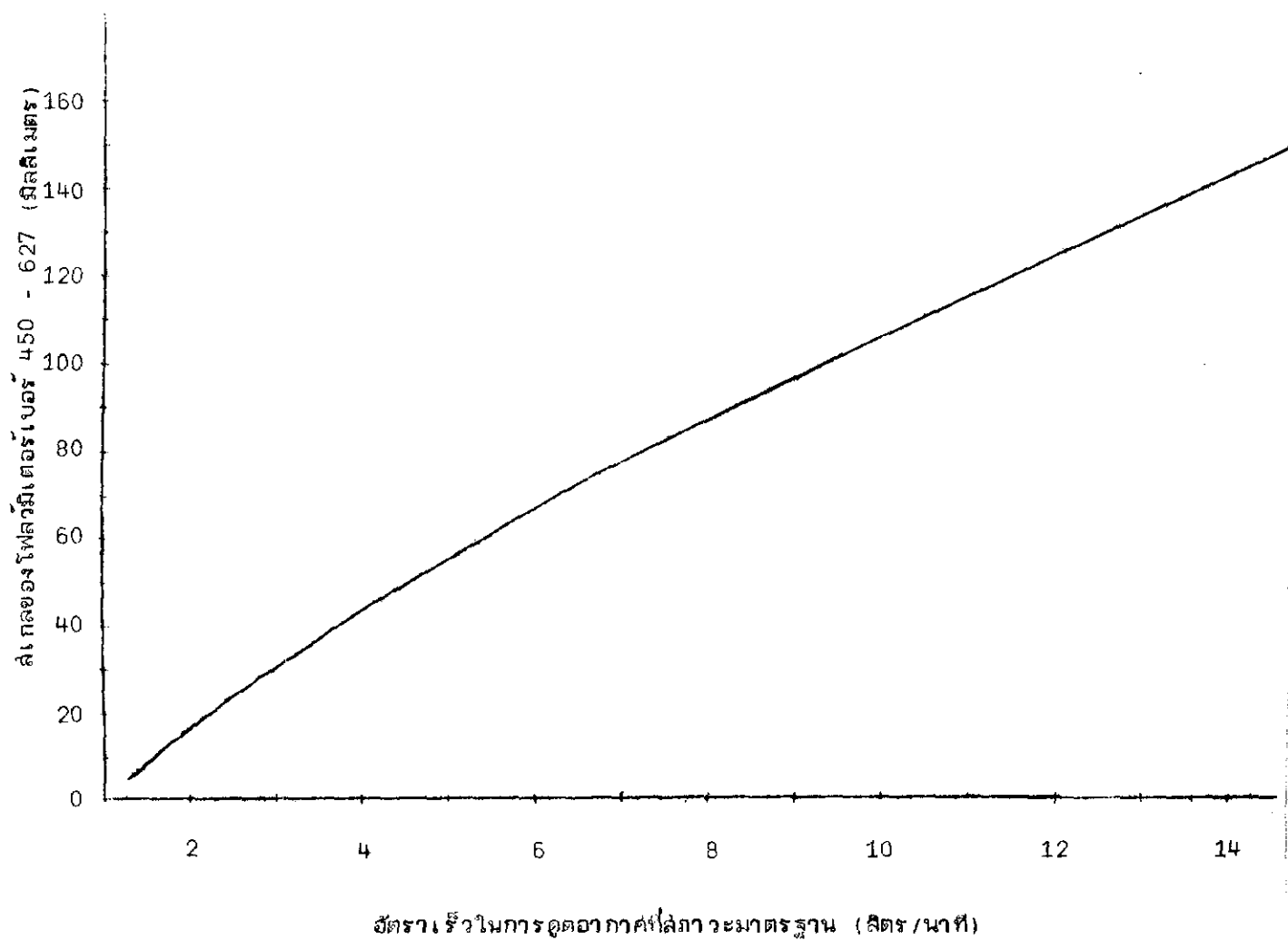
1. การทำ calibration curve ของ โฟลว์มิเตอร์ 2 โดยใช้โฟลว์มิเตอร์เบอร์ 450 - 627

จากการ calibrate โฟลว์มิเตอร์ 2 ด้วยโฟลว์มิเตอร์เบอร์ 450 - 627 ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 10

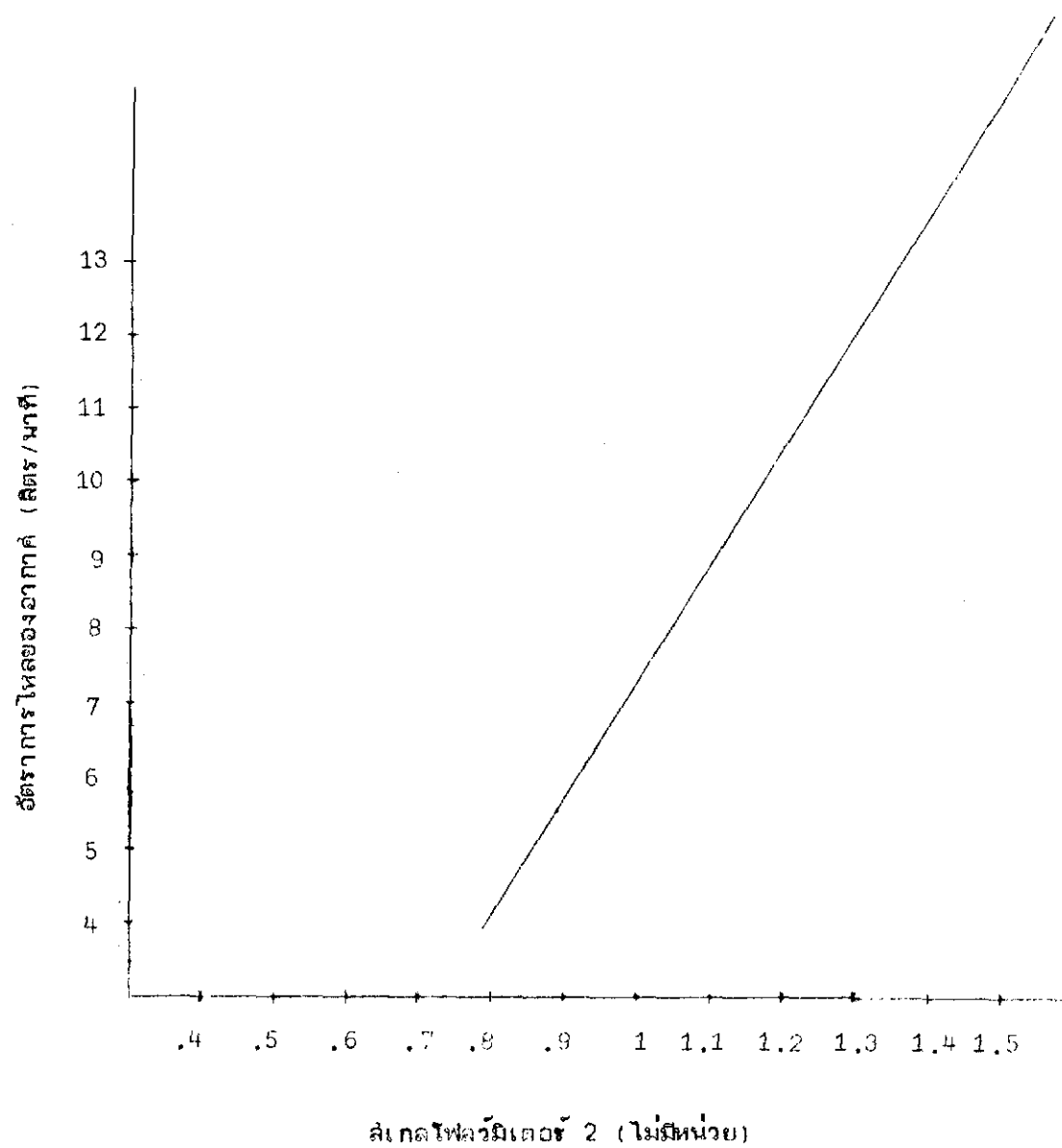
ตาราง 10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของ โฟลว์มิเตอร์ 2 โฟลว์มิเตอร์เบอร์ 450 - 627 และอัตราการไหลของอากาศ

ค่าเฉลี่ยของ โฟลว์มิเตอร์ 2 (ไม่มีหน่วย)	ค่าเฉลี่ยของโฟลว์มิเตอร์ 450 - 627	อัตราการไหลของอากาศ (ลิตร / นาที)
0.8	5.7	4.2
0.9	7.4	5.75
1.0	9.0	7.3
1.1	10.5	8.95
1.2	12.0	10.51
1.3	13.3	12.0
1.4	15.0	13.75

นำข้อมูลจากตาราง 10 ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยของโฟลว์มิเตอร์ 2 กับอัตราการไหลของอากาศ ดังแสดงในภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสเกลของโพลีเมเตอร์เบอร์ 450 - 627 กับอัตราความเร็วของอากาศ



ภาพประกอบ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแผงโซลาร์เซลล์ 2 กับอัตราการไหลของอากาศ

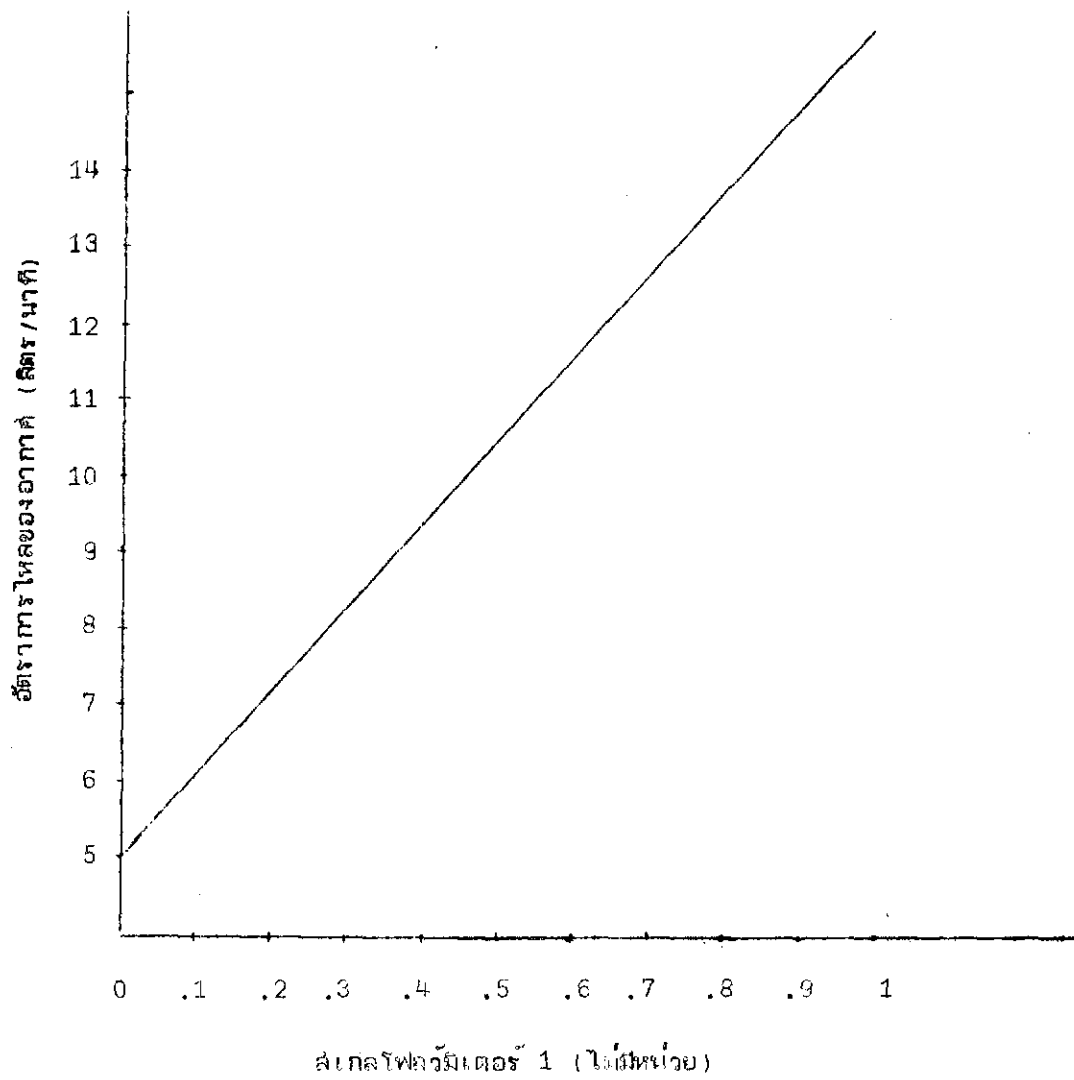
2. การทำ calibration curve ของโฟลว์มิเตอร์ 1 โดยใช้โฟลว์มิเตอร์เบอร์ 450 - 627

จากการ calibrate โฟลว์มิเตอร์ 1 ด้วยโฟลว์มิเตอร์เบอร์ 450 - 627 ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 11

ตาราง 11 ความสัมพันธ์ระหว่าง โฟลว์มิเตอร์ 1 โฟลว์มิเตอร์เบอร์ 450 - 627 และอัตราการไหลของอากาศ

สเกลของ โฟลว์มิเตอร์ 1 (ไม่มีหน่วย)	สเกลของ โฟลว์มิเตอร์ เบอร์ 450 - 627	อัตราการไหลของอากาศ (ลิตร / นาที)
0	6.5	4.95
0.1	8.0	6.35
0.2	9.0	7.35
0.3	9.5	7.85
0.4	10.8	9.30
0.5	12.0	10.51
0.6	12.8	11.51
0.7	14.0	12.75

นำข้อมูลจากตาราง 11 ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของสเกลของโฟลว์มิเตอร์ 1 กับอัตราการไหลของอากาศ ดังแสดงในภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแผงโซลาร์เซลล์ 1 กับอัตราการไหลของอากาศ

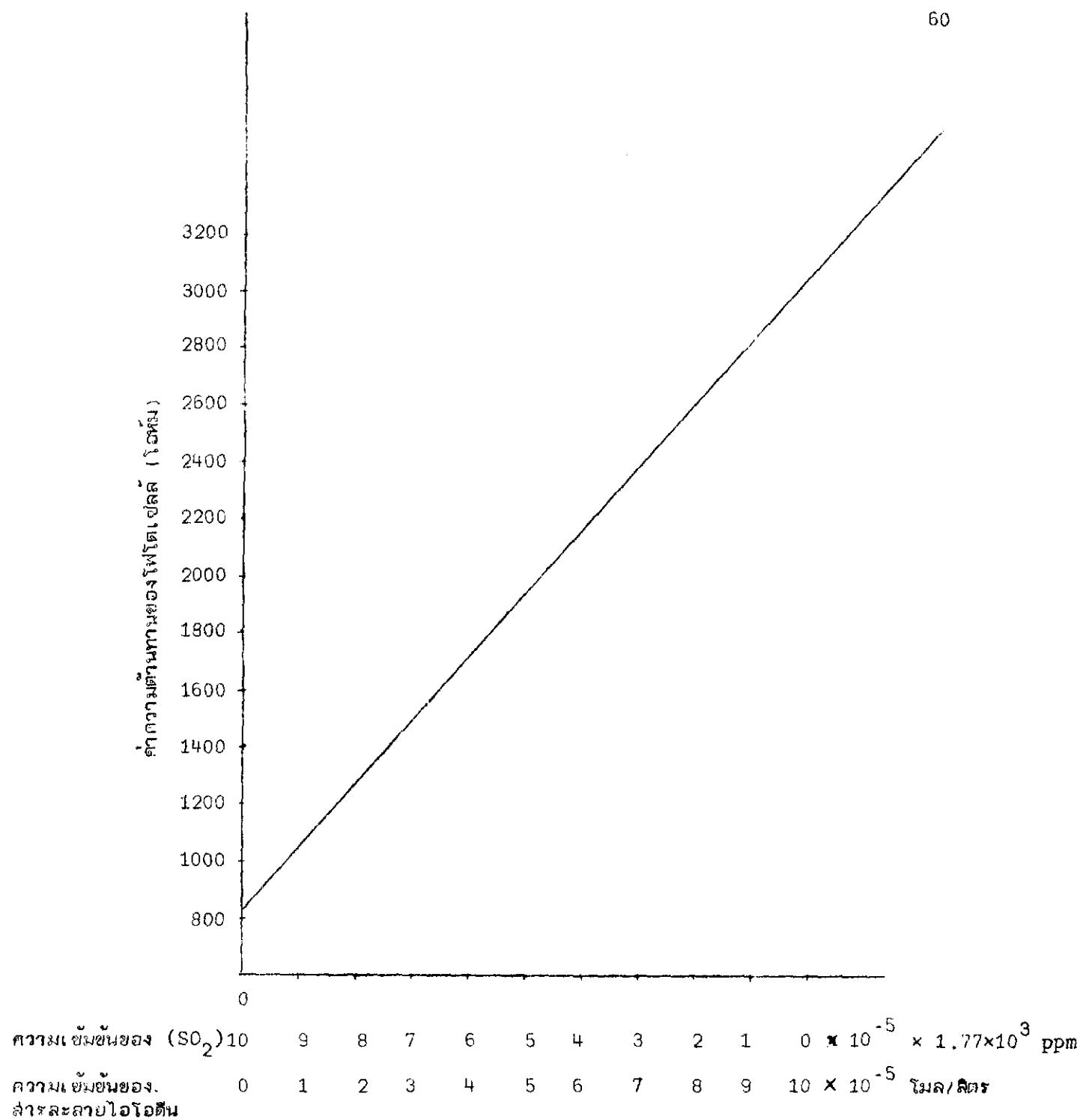
3. การทำ calibration curve ของสารละลายไอโอดีนมาตรฐาน

จากการทำ calibration curve ของสารละลายไอโอดีนมาตรฐาน ด้วยวิธี colorimetric ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 12 และ 13

ตาราง 12 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนกับค่าความต้านทานของโฟโตเซลล์

ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน (โมล/ลิตร) $\times 10^{-5}$	ความต้านทานของโฟโตเซลล์ (โอห์ม)
0.98	1100
1.96	1250
2.94	1500
3.92	1750
4.90	1950
5.88	2200
6.86	2400
7.84	2600
8.82	2800
9.80	3000

นำข้อมูลจากตาราง 12 ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนกับค่าความต้านทานของโฟโตเซลล์ ในภาพประกอบ 7

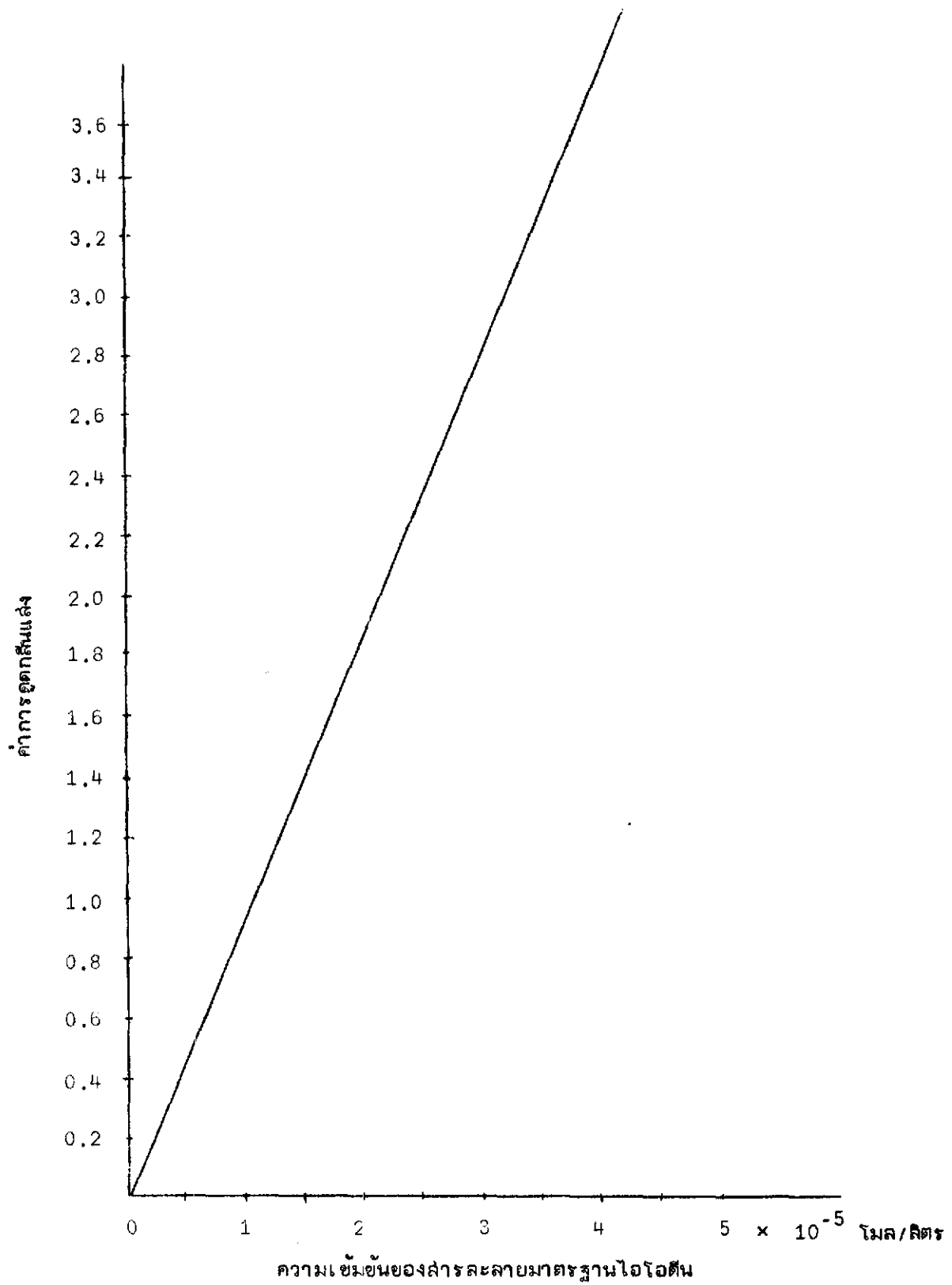


ภาพประกอบ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนกับค่าความต้านทานของโฟโตเซลล์

ตาราง 13 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 352 นาโนเมตร ของสารละลายมาตรฐานของไอโอดีน

ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน (โมล/ลิตร) $\times 10^{-5}$	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 352 นาโนเมตร
0.49	0.47
0.98	0.92
1.47	1.40
1.96	1.87
2.45	2.30
2.94	2.79
3.43	3.30
3.92	3.69

นำข้อมูลจากตาราง 13 ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน กับค่าการดูดกลืนแสงในภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไอโอดีน

กับค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 352 นาโนเมตร

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยปริมาณก๊าซไฮโดรฟลูออไรด์ออกไซด์ ปริมาณต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร แสดงในตาราง 14, 15 และ 16

ตาราง 14 ความเข้มข้นก๊าซไฮโดรฟลูออไรด์ออกไซด์ในบริเวณที่อยู่ห่างโรงงานอุตสาหกรรมไม่เกิน 1 กิโลเมตร

บริเวณ	วัน เดือน ปี เวลา	ปริมาณ การจราจร (คัน)	ความเข้มข้นของโพตเชลล์ (ไอทม)		ความเข้มข้นของก๊าซ ไฮโดรฟลูออไรด์ออกไซด์ (ppm) และ % ความผิดพลาด	การจราจร และสภาพอากาศ
			หลอด A	หลอด B		
ในซอยยุคศิลป์หลัง โรงกลั่นน้ำมันที่ 2 กระทรวงกลาโหม (บางจาก)	9 มิถุนายน 2523 เวลา 14.00 - 14.30	-	2800	2900	0.01 (100%) ไม่พบ	ลมแรง ท้องฟ้ามีเมฆ
	16.00 - 16.30	-	3000	3000		ลมแรง ผืนดินฟ้า ๆ เวลา (15.15 - 15.40)
	10 มิถุนายน 2523 เวลา 14.00 - 14.30	1	2900	2900	ไม่พบ	ลมปานกลาง มีกลิ่นเหม็นคล้ายก๊าซ ไฮโดรมาบางครั้ง
	16.00 - 16.30	-	2800	2900	0.01 (100%)	ลมปานกลาง (ค่อนข้างอ่อน) มีกลิ่น เหม็น คล้ายก๊าซไฮโดรมาบางครั้ง

ตาราง 14 (ต่อ)

บริเวณ	วัน เดือน ปี เวลา	ปริมาณ การจราจร (คัน)	ความต้านทานของโพตเซสต์ (โอห์ม)		ความเข้มข้นของก๊าซ ไฮโดรเจนไดออกไซด์ (ppm) และ % ความผิดปกติ	การจราจร และสภาพอากาศ
			ตลอด A	ตลอด B		
หน้าโรงกลั่นน้ำมัน ที่ 2 กระทรวง กลาโหม (บางจาก)	11 มิถุนายน 2523 เวลา 14.00 - 14.30	535	1350	2600	0.10 (18 %)	การจราจรปานกลาง (ถนนเล็ก) ลมแรง มีกลิ่นเหม็นของน้ำมันและก๊าซ
	16.00 - 16.30	496	1280	2500	0.09 (19 %)	การจราจรปานกลาง ลมแรง มีกลิ่นก๊าซจุน
	12 มิถุนายน 2523 เวลา 14.00 - 14.30	-	2300	2800	0.04 (36 %)	ลมปานกลาง มีกลิ่นน้ำมันจุน
	16.00 - 16.30	-	2600	2900	0.02 (52 %)	ลมปานกลาง ท้องฟ้าคลุ้ม
ข้างสะพานรถไฟ ข้างโรงกลั่นน้ำมัน ที่ 2 กระทรวง กลาโหม (บางจาก)	16 มิถุนายน 2523 เวลา 14.00 - 14.30	39	2900	2900	ไม่พบ	การจราจรเบาบาง ลมแรง
	16.00 - 16.30	24	3000	3000	ไม่พบ	การจราจรเบาบาง ลมแรง
	ด้านหน้าบริษัท อุตสาหกรรม เครื่องแก้วไทยจำกัด ถนนสุขสวัสดิ์ (ราชบุรีณะ)					

ตาราง 14 (ต่อ)

บริเวณ	วัน เดือน ปี เวลา	ปริมาณ การจราจร (คัน)	ความหนาหนาของไฟโตเซล (โอม)		ความเขมยณของกาย ชีสเฟรโกวไกยัก (ppm) และ % ความฉวพลา	การจราจร และสภพพวกาค
			หลอด A	หลอด B		
หน้าโรงสัไทยเลรีณ ถนนส่วยสัลลั (ราชบุรณะ)	17 มิถุนายน 2523					
	เวลา 14.00 - 14.30	26	2900	2900	ไม่พบ	การจราจรเบาบาง ฉมแรง
	16.00 - 16.30	34	2900	2900	ไม่พบ	การจราจรเบาบาง ฉมแรง ผนตก เวลา (16.25 น.)

ตาราง 15 ความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรโดออกไซด์บริเวณถนนที่มีการจราจรหนาแน่น

บริเวณ	วัน เดือน ปี เวลา	ปริมาณ การจราจร (คัน)	ความหนาแน่นของไฮโดรโดออกไซด์ (ไอเอ็ม)		ความเข้มข้นของก๊าซ ไฮโดรโดออกไซด์ (ppm) และ % ความผิดปกติ	การจราจร และสภาพอากาศ
			ตลอด A	ตลอด B		
หน้าธนาคารศรีนคร 14 พฤษภาคม 2523						
ลำชา เพชรบุรีตัดใหม่ เวลา 14.00 - 14.30		766	2300	2800	0.03 (39 %)	การจราจรปานกลาง สมบูรณ์กลาง
(เชิงสะพานลอยอโศก) เวลา 16.00 - 16.30		1045	2200	2700	0.04 (36 %)	การจราจรหนาแน่น (ไม่ติดขัด) สมบูรณ์กลาง
หน้าป้อมตำรวจ 16 พฤษภาคม 2523						
ประตูน้ำ (สี่แยก เวลา 14.00 - 14.30		874	1800	2700	0.07 (22 %)	การจราจรหนาแน่น (ติดขัดเล็กน้อย)
ใกล้สะพานลอย เวลา 16.00 - 16.30		1418	1500	2600	0.09 (19 %)	สมบูรณ์กลาง การจราจรหนาแน่นมาก (ติดขัดเล็กน้อย) สมบูรณ์ เพิ่มขึ้นวันรถ
หน้าเซ็นทรัลชิดลม 19 พฤษภาคม 2523						
(ราชประสงค์) เวลา 14.00 - 14.30		1085	2000	2800	0.06 (27 %)	การจราจรหนาแน่น (ไม่ติดขัด) สมบูรณ์
เวลา 16.00 - 16.30		1205	1850	2700	0.07 (23 %)	การจราจรหนาแน่นมาก (ติดขัด) สมบูรณ์ เพิ่มขึ้นวันรถ

ตาราง 15 (ต่อ)

บริเวณ	วัน เดือน ปี เวลา	ปริมาณ การจราจร (คัน)	ความหนาแน่นของไฟฟ้เซลล์ (โอห์ม)		ความเข้มข้นของก๊าซ ไฮโดรคาร์บอน (ppm) และ % ความผิดปกติ	การจราจร และสภาพอากาศ
			ตลอด A	ตลอด B		
ตรงข้ามโรงหนัง พระโยนง เรียบเตอร์ หน้า C.P. coffee house พระโยนง)	20 พฤษภาคม 2523 เวลา 14.08 - 14.38	1280	2000	2700	0.04 (36 %)	การจราจรหนาแน่นมาก (ติดขัด) ลมอ่อน เหม็นควันรถ
	16.10 - 16.40	1103	2200	2800	0.05 (33 %)	การจราจรหนาแน่นมาก (ติดขัด) ลมอ่อน เหม็นควันรถ
หน้าร้านศรีทอง พาณิชย์ (เขาวราช)	22 พฤษภาคม 2523 เวลา 14.00 - 14.30	1309	1500	2600	0.09 (19 %)	การจราจรหนาแน่นมาก (ติดขัด) ลมอ่อน เหม็นควันรถ
	16.00 - 16.30	1016	2100	2800	0.04 (36 %)	การจราจรหนาแน่นมาก (ติดขัด) สภาพกลาง เหม็นควันรถ
หน้าตลาดวรสาร	23 พฤษภาคม 2523 เวลา 14.00 - 14.30	765	1900	2800	0.07 (23 %)	การจราจรหนาแน่นมาก (ติดขัด) ลมอ่อน เหม็นควันรถ
	16.00 - 16.30	584	1900	2700	0.06 (27 %)	การจราจรหนาแน่น สภาพกลาง

ตาราง 15 (ต่อ)

บริเวณ	วัน (เดือน ปี เวลา	ปริมาณ การจราจร (คัน)	ความถี่ทางของไฟโตเซลล์ (โอห์ม)		ความเข้มข้นของก๊าซ ซีลเฟอร่าไดออกไซด์ (ppm) และ % ความผิดปกติ	การจราจร และสภาพอากาศ
			หลอด A	หลอด B		
ส่วนกลาง หน้าแผง หนังสือ เบอร์ 5	24 พฤษภาคม 2523 เวลา 14.00 - 14.30	1089	2000	2700	0.06 (27 %)	การจราจรหนาแน่นมาก (ติดขัด) ลมปานกลาง
	16.00 - 16.30	1296	1650	2600	0.08 (20 %)	การจราจรหนาแน่นมาก ลมอ่อน หมื่นควันรถ
	25 พฤษภาคม 2523 เวลา 14.02 - 14.32	993	2500	2800	0.04 (36 %)	การจราจรหนาแน่นปานกลาง (ไม่ติดขัด) ลมแรง
	16.00 - 16.30	1057	2200	2900	0.04 (36 %)	การจราจรหนาแน่น ลมปานกลาง
หน้าเซ็นทรัล สโตน	28 พฤษภาคม 2523 เวลา 14.00 - 14.30	1068	1800	2700	0.07 (23 %)	การจราจรหนาแน่นปานกลาง หมื่นควันรถ
	16.00 - 16.30	1395	1650	2700	0.08 (20 %)	การจราจรหนาแน่น ลมอ่อน หมื่นควันรถ

ตาราง 15 (ต่อ)

บริเวณ	วัน เดือน ปี เวลา	ปริมาณ การจราจร (คัน)	ความถี่ทางของไฟโตเซลล์ (โอห์ม)		ความเข้มข้นของก๊าซ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ppm) และ % ความผิดปกติ	การจราจร และสภาพอากาศ
			ผลอด A	ผลอด B		
หน้าตลาดวัดวิเศษ ใกล้โรงพยาบาล ศิริราช (บางกอกน้อย)	30 พฤษภาคม 2523 เวลา 14.00 - 14.30	436	1650	2500	0.07 (23 %)	การจราจรหนาแน่นมาก (ติดขัด) ลมอ่อน เหมือนวันรถ
	16.00 - 16.30	861	1350	2400	0.08 (20 %)	การจราจรหนาแน่นมาก (ไม่ติดขัด) ลมอ่อน เหมือนวันรถ
	13 มิถุนายน 2523 เวลา 14.00 - 14.30	1940	2300	2800	0.03 (38 %)	การจราจรหนาแน่น (ไม่ติดขัด) ลมปานกลางค่อนข้างแรง
	16.00 - 16.30	1680	2600	2900	0.02 (52 %)	การจราจรหนาแน่น (ไม่ติดขัด) ลมแรงมาก ฝนตกเวลา 16.30 น.
หน้าร้านสินทอง นาฬิกา (สะพานควาย)	3 มิถุนายน 2523 เวลา 14.00 - 14.30	660	2600	2900	0.02 (52 %)	การจราจรปานกลาง (ไม่ติดขัด) ลมปานกลาง
	16.00 - 16.30	892	2200	2800	0.05 (33 %)	การจราจรค่อนข้างหนาแน่น (ติดขัด) ลมอ่อน

ตาราง 16 ความเข้มข้นของก๊าซไฮโดรฟลูออไรด์ออกไซด์บริเวณริมถนนที่มีการจราจรเบาบาง

บริเวณ	วัน เดือน ปี เวลา	ปริมาณ การจราจร (คัน)	ความหนาแน่นของโฟโตเซลล์ (ไอเทม)		ความเข้มข้นของก๊าซ ไฮโดรฟลูออไรด์ออกไซด์ (ppm) และ % ความผิดพลาด	การจราจร และสภาพอากาศ
			หลอด A	หลอด B		
หน้าบริษัทสี่เหรียญ วัดหะกิล สากัด (สุญญิก 31)	13 พฤษภาคม 2523 เวลา 14.00 - 14.30	325	2900	3000	0.01 (100 %)	การจราจรปานกลาง สมบูรณ์
	16.00 - 16.30	446	2700	2900	0.02 (52 %)	
วัดด้านข้างโรงเรียน บูรณะวิทย (บางพลัด)	27 พฤษภาคม 2523 เวลา 14.00 - 14.30	38	3000	3000	ไม่พบ	การจราจรเบาบางมาก สมบูรณ์
	16.00 - 16.30	56	2900	3000	0.01 (100 %)	
หน้าร้านหยก ซอยรายห์พุกซ์ (เสนาณิเวศน์)	5 มิถุนายน 2523 เวลา 14.00 - 14.30	10	3000	3000	ไม่พบ	การจราจรเบาบางมาก สมบูรณ์
	16.00 - 16.30	13	3000	3000	ไม่พบ	
หน้าธนาคารออมสิน (สัดลัร นูฮซีเมนดี)	6 มิถุนายน 2523 เวลา 14.00 - 14.30	18	3000	3000	ไม่พบ	การจราจรเบาบางมาก สมบูรณ์
	16.00 - 16.30	42	2900	2900	ไม่พบ	

บทย่อ สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

บทย่อ

ความมุ่งหมายในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายดังนี้

1. เพื่อประดิษฐ์เครื่องมือกระเป๋าดั้วราคาถูกลำหรับวัดความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ
2. เพื่อหาความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศบริเวณต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้เครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้น

วิธีการดำเนินการศึกษาค้นคว้า

1. กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองคือ อากาศบริเวณที่อยู่ห่างโรงงานอุตสาหกรรมไม่เกิน 1 กิโลเมตร บริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นและบริเวณที่มีการจราจรเบาบางในเขตกรุงเทพมหานคร 20 บริเวณที่ระดับความสูง $5 - 5\frac{1}{2}$ ฟุต จากพื้นดิน
2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
 - 2.1 เครื่องวัดอากาศ เป็นเครื่องวัดอากาศแบบแผ่นไดอะแฟรม ใช้วัดอากาศเข้าทำปฏิกิริยากับสารละลายในเครื่องมือ
 - 2.2 โพลีมิเตอร์ ใช้วัดอัตราการไหลของอากาศที่ผ่านเข้าไปในเครื่องมือ
 - 2.3 หลอดแก้วใส่สารละลายที่ใช้ทำปฏิกิริยากับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
 - 2.4 หลอดแก้วรูปตัวยู ใช้บรรจุสารที่ดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
 - 2.5 แหล่งกำเนิดแสง
 - 2.6 โฟโตเซลล์ สำหรับวัดความเข้มของแสงที่ผ่านออกจากสารละลาย

2.7 โอห์มมิเตอร์ เป็นเครื่องวัดความต้านทานของโฟโตเซลล์ที่เปลี่ยนไป เนื่องจากความเข้มของแสง

2.8 สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Bosch and Lomb Spectronic 20) ใช้วัดความสามารถในการดูดกลืนแสงของสารละลาย

3. วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 เตรียมน้ำแบ่งเป็นอินดิเคเตอร์

3.2 เตรียมสารละลายโซเดียมโรโอซิลเฟต เข้มข้น 0.1 M.

3.3 Standardise สารละลายโซเดียมโรโอซิลเฟตด้วยโพแตสเซียมไอโอเดต

3.4 เตรียมสารละลายไอโอดีนเข้มข้น 0.05 M.

3.5 Standardise สารละลายไอโอดีนด้วยสารละลายโซเดียมโรโอซิลเฟต (ในข้อ 3.2)

3.6 เตรียมหลอดดูดก๊าซซิลเฟอร์ไดออกไซด์ ใช้กระดาศกลาสไฟเบอร์ขูดสารละลายโครเมียมไดออกไซด์นำไปอบแล้วบรรจุในหลอดรูปตัวยู

3.7 ทำ calibration curve โดยเขียนกราฟระหว่างสเกลของไนโตรเจนโฟลว์มิเตอร์ และออกซิเจนโฟลว์มิเตอร์ กับอัตราการไหลของอากาศ โดยการ calibrate โฟลว์มิเตอร์ทั้งสองด้วยโฟลว์มิเตอร์เบอร์ 450 - 627 ซึ่งมี calibration curve ที่แสดงอัตราการไหลที่แน่นอนอยู่แล้ว (ภาพประกอบ 4-)

3.8 เขียนกราฟระหว่างความต้านทานของโฟโตเซลล์กับความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนมาตรฐาน เตรียมสารละลายไอโอดีนมาตรฐานที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 0.98×10^{-5} - 9.8×10^{-5} M. นำไปใช้ในการวัดความต้านทานของโฟโตเซลล์ด้วยโอห์มมิเตอร์ แล้วก็นำไปวัดค่า การดูดกลืนแสงอีกครั้งหนึ่งด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 352 นาโนเมตร

3.9 การวัดความเข้มข้นของก๊าซซิลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ ไปเปิดสารละลายไอโอดีนเข้มข้น 9.9×10^{-5} M. ใส่หลอด A และหลอด B หลอดละ 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต่อท่อดูดอากาศถึงระดับความสูง 5 - $5\frac{1}{2}$ ฟุต เปิดเครื่องดูดอากาศและปรับให้อากาศไหลผ่านโฟลว์มิเตอร์ทั้ง 2 ด้วยอัตรา 10.51 ลิตร/นาที เป็นเวลานาน 30 นาที ใช้สารละลายจาก

หลอด A ลงสู่หลอด C แล้วฉายแสงจากแหล่งกำเนิดผ่านสารละลายในหลอด C วัดความเข้มของแสงที่ผ่านทะลุไปด้วยโฟโตเซลล์และโอมิเตอร์ จากนั้นใช้สารละลายจากหลอด B ลงสู่หลอด C และวัดความเข้มของแสงที่ผ่านเช่นเดียวกับสารละลายจากหลอด A ทุกประการ

3.10 บันทึกผลการพิจารณา

4. การคำนวณความเข้มข้นของก๊าซซีลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ นำค่าความต้านทานของโฟโตเซลล์ที่อ่านได้จากโอมิเตอร์สำหรับสารละลายในหลอด A และ B มาลบกันแล้วคิดเป็นความเข้มข้นของก๊าซซีลเฟอร์ไดออกไซด์โดยเทียบกับ calibration curve ที่ได้ในข้อ 3.8

สรุปผลการวิจัย

จากการวัดความเข้มข้นของก๊าซซีลเฟอร์ไดออกไซด์ในบริเวณต่าง ๆ สามบริเวณในเขตกรุงเทพมหานคร สรุปผลได้ดังนี้

1. บริเวณที่อยู่ห่างโรงงานอุตสาหกรรมไม่เกิน 1 กิโลเมตร

เวลา	บริเวณที่พบก๊าซซีลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุด	บริเวณที่พบก๊าซซีลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำสุด
14.00 - 14.30	หน้าโรงกลั่นน้ำมันที่ 2 กระทรวงกลาโหม (บางจาก) (0.10)	หน้าโรงสีไทยเจริญ ถ.สุขสวัสดิ์ (ไม่พบ)
16.00 - 16.30	หน้าโรงกลั่นน้ำมันที่ 2 กระทรวงกลาโหม (บางจาก) (0.09)	ซอยกุศลศิลป์หลังโรงกลั่นน้ำมันที่ 2 กระทรวงกลาโหม (บางจาก) (ไม่พบ)

2. บริเวณริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่น

เวลา	บริเวณที่พบก๊าซซีลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุด	บริเวณที่พบก๊าซซีลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำสุด
14.00 - 14.30	หน้าร้านศรีทองพาณิชย์ (เยาวราช) (0.09)	หน้าร้านสินทองนาฬิกา (สะพานควาย) (0.02)
16.00 - 16.30	หน้าปั๊มตำรวจประตูน้า (0.09)	หน้าร้านสุทธิบริการ เชียงสะพานพุทธฯ (0.02)

3. บริเวณริมถนนที่มีการจราจรเบาบาง

เวลา	บริเวณที่พบก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงที่สุด	บริเวณที่พบก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำสุด
14.00 - 14.30	หน้าบริษัทสี่เหรียญวิสาห์กิจจำกัด (สุขุมวิท 23) (0.01)	หน้าร้านหยก ชอยราชพฤกษ์ (เสนานิเวศน์) (ไม่พบ) หน้าธนาคารออมสินสาขาศรีอยุธยา (ไม่พบ)
16.00 - 16.30	หน้าบริษัทสี่เหรียญวิสาห์กิจจำกัด (สุขุมวิท 23) (0.02)	หน้าร้านหยกชอยราชพฤกษ์ (เสนานิเวศน์) (ไม่พบ)

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยหาปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในเขตกรุงเทพมหานคร ในระหว่างวันที่ 13 พฤษภาคม 2523 ถึงวันที่ 17 มิถุนายน 2523 อภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. จากการทดลองทั้งหมดนี้ พบว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นสามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน (ในหลอด A และหลอด B) ได้ ถ้าความต้านทานของโพตเซลล์ที่อ่านได้จากโวลต์มิเตอร์มีค่าต่างกันไม่น้อยกว่า 50 โอห์ม ซึ่งเทียบเป็นค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.0001 ppm ค่านี้จึงถือว่าเป็นขีดจำกัดขั้นต่ำ หรือความแม่นยำของเครื่องมือ หมายความว่าถ้าในอากาศมีความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำกว่า 0.0001 ppm (หรือสารละลายในหลอด A และ B ให้ค่าความต้านทานของโพตเซลล์ต่างกันน้อยกว่า 50 โอห์ม) เครื่องมือนี้จะใช้ตรวจสอบซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่ได้ หรือจะให้ค่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์เท่ากับศูนย์ อย่างไรก็ตามจากการคำนวณหาความไม่แน่นอนในการทำการทดลองครั้งนี้ พบว่าผลลัพธ์สุดท้าย (ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์) อาจผิดพลาดได้ระหว่างประมาณ 18 - 100 % (ดูตาราง 14 - 16) และจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลดลง

2. ผลการวิจัยปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ โดยวิธีไอโอดีเมตริกประยุกต์ ในบริเวณต่าง ๆ ดังตาราง 14 - 16 นั้น ผลปรากฏว่า พบปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุด คือ 0.100 (หน้าบริเวณโรงกลั่นน้ำมันที่ 2 กระบองกงกลาโหม) จะเห็นว่าความเข้มข้นของ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศในกรุงเทพมหานครโดยทั่วไป ยังไม่ถึงขั้นเป็นอันตรายต่อ มนุษย์ สัตว์ พืช และวัตถุต่าง ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้กำหนดขึ้นไว้ คือ ให้มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ ไดออกไซด์ และฝุ่นละอองในบรรยากาศเฉลี่ยตลอด 24 ชั่วโมง เป็น $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.126 ppm) และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิจัยหาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของ เพรศัพรรณ คณาธารณา และคนอื่น ๆ (เพรสัพรรณ คณาธารณา และคนอื่น ๆ 2521 : 2 - 5) พบว่าปริมาณสอดคล้องกัน

3. จากการวิจัยพบว่า ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบางแห่งมีค่าต่ำ ทั้ง ๆ ที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่น สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากสภาพแวดล้อมต่าง ๆ มา เกี่ยวข้องด้วย เช่น ชนิดของรถยนต์ ความกว้างของถนนเมื่อเทียบกับปริมาณการจราจร ความแออัด และความสูงของอาคารในบริเวณที่วัด ทิศทางและความแรงของกระแสลมที่พัด ในขณะนั้น และสภาพอากาศ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่สำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาด้วยทุกครั้ง

3.1 บริเวณที่อยู่ห่างโรงงานอุตสาหกรรมไม่เกิน 1 กิโลเมตร เช่น บริเวณ โรงกลั่นน้ำมันที่ 2 กระบองกงกลาโหม (บางจาก) วัดความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ได้ต่ำ ทั้ง ๆ ที่น่าจะวัดได้สูง เพราะในการกลั่นน้ำมันจะมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมามาก แต่โรงกลั่นน้ำมันตั้งอยู่ติดแม่น้ำเจ้าพระยา และในบริเวณนั้น ไม่มีอาคารสูง ๆ ส่วนใหญ่เป็น ที่โล่ง และปล่องควันที่ปล่อยก๊าซสูง นอกจากนี้ ช่วงที่ทำการทดลองก็เป็นต้นฤดูฝน กระแสลม พัดเปลี่ยนทิศทางตลอดเวลา อากาศถ่ายเทได้สะดวก จึงทำให้ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ ไดออกไซด์ต่ำ อีกสองโรงงานก็เช่นเดียวกัน

3.2 บริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น

3.2.1 บริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น แต่วัดความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้สูง เช่น ประตูน้ำ เยาวราช ศิริราช วรจักร บริเวณเหล่านี้มีถนนแคบ ตัวตึกสูง การจราจรหนาแน่น ทำให้ไอเสียของรถยนต์ถ่ายเทไม่สะดวก จึงมีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูง

3.2.2 บริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น แต่วัดความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ต่ำ เช่น บริเวณสะพานพุทธ สะพานลอยอโศก พระโขนง ลานมหลวง บริเวณเหล่านี้มีการถ่ายเทไอเสียของรถยนต์ได้รวดเร็ว เพราะถนนกว้าง และมีลมแรง

3.3 บริเวณที่มีการจราจรเบาบาง พบว่ามีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำ หรือไม่พบ เนื่องจากมีปริมาณการจราจรต่ำ และส่วนใหญ่เป็นที่ ๆ อากาศสามารถถ่ายเทได้สะดวก

ข้อผิดพลาดที่เกิดจากการวิจัย

1. ความผิดพลาดเนื่องจากการเคลื่อนย้ายหลอดแก้วที่ใส่สารละลายที่จะวัดความต้านทาน (หลอด C) ในเครื่องมือ เพื่อทดสอบสารละลายที่วัดแล้วออก ทำให้ค่าที่วัดผิดพลาดได้ ความผิดพลาดนี้ควรแก้ไขได้โดยให้หลอดแก้วนี้อยู่กับที่ และปลายด้านล่างมีก๊อชให้สารละลายออกได้

2. ความผิดพลาดเนื่องจากสภาพอากาศในขณะที่วัดผิดจากสภาพอากาศปกติ ทำให้ผลการทดลองที่ออกมาไม่ใช่ค่าที่เป็นตัวแทนของ สภาพอากาศปกติ ข้อผิดพลาดนี้แก้ไขได้โดยต้องมีเวลาในการทดลองมาก ๆ

3. ความผิดพลาดเนื่องจากประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องมือ เช่น เครื่องดูดอากาศ โอห์มมิเตอร์ โฟโตเซลล์ และแหล่งกำเนิดแสง เป็นต้น

4. ความผิดพลาดเนื่องจากไม่สามารถทดสอบประสิทธิภาพในการดูดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในหลอดรูปตัวยูได้

ข้อควรระวัง

1. เนื่องจากหลอดดูดก๊าซซิลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่สามารถทดแทนประสิทธิภาพในการดูดก๊าซซิลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ จะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ ฉะนั้นควรเปลี่ยนกระดาดดูดก๊าซซิลเฟอร์ไดออกไซด์ทุกครั้งที่ทำหารวัด
2. เนื่องจากการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพของปั๊มดูดอากาศ โอห์มมิเตอร์และแหล่งกำเนิดแสง ขึ้นอยู่กับแบตเตอรี่ที่ใช้ ฉะนั้นควรเปลี่ยนแบตเตอรี่บ่อย ๆ เพื่อให้การทำงานของเครื่องมือมีประสิทธิภาพคงที่
3. ควรเปิดเครื่องปั๊ม และ calibrate โฟลว์มิเตอร์ ก่อนที่จะใส่สารละลายในหลอด A & B ทุกครั้ง เพราะปริมาณอากาศที่ผ่านเข้าไปมีผลต่อความเข้มข้นของสารละลาย
4. ควรปรับโอห์มมิเตอร์ทุกครั้งที่ทำวัด
5. ต้องคอยตรวจสอบสภาพของเครื่องมือทุกครั้งก่อนวัดเนื่องจากการเคลื่อนย้ายเครื่องมือ อาจทำให้สิ่งต่าง ๆ คลาดเคลื่อนได้
6. ในการวัดค่าความต้านทานของสารละลายในหลอด C (ห้องล่างซ้าย) ต้องให้ห้องมีดสนิท

ข้อเสนอแนะ

1. ควรวิจัยหาความเข้มข้นของก๊าซซิลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งสามบริเวณ ตลอดทั้งวัน เพื่อหาค่าเฉลี่ยเปรียบเทียบ
2. ควรเพิ่มจำนวนสถานที่ที่จะวัดให้มากขึ้น เพราะจะทำให้การวิจัยมีความเชื่อมั่นสูงขึ้น
3. เครื่องมือและวิธีวิเคราะห์ทางเคมี ที่ใช้หาความเข้มข้นของก๊าซซิลเฟอร์ไดออกไซด์นี้ อาจนำไปหาปริมาณก๊าซอื่น ๆ ในอากาศได้ โดยการประยุกต์ เพราะมีหลักการและวิธีการคล้ายคลึงกัน
4. ควรหาความเข้มข้นของก๊าซซิลเฟอร์ไดออกไซด์โดยวิธีต่าง ๆ เปรียบเทียบกัน

5. จากการทดลองพบว่า ก๊าซไฮโดรไดออกไซด์มีความสัมพันธ์กับปริมาณการจราจร
ฉะนั้นควรศึกษา ความสัมพันธ์ของปริมาณการจราจรกับก๊าซไฮโดรไดออกไซด์

6. การเสนอข่าวสารต่อประชาชนโดยละเอียดเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมเป็นพิษ และ
อันตรายของก๊าซไฮโดรไดออกไซด์ที่มีต่อมนุษย์ พืช สัตว์ และวัตถุต่าง ๆ เพื่อจะได้หาทาง
ป้องกัน

පරිපාලන

บรรณานุกรม

- "ข่าวครอบจักรวาลสิ่งแวดล้อม" สิ่งแวดล้อม กันยายน 2521, หน้า 104
- นิตยา มหาผล "ความรู้ทั่วไปเรื่องอากาศเสีย" จดหมายข่าวสภาวะแวดล้อมสถาบันวิจัย
สภาวะแวดล้อม 28 : 13 - 16 กันยายน 2521
- เพ็ญพรรณ ฒนารารณา และคนอื่น ๆ "การศึกษาตัวการที่ทำให้อากาศเป็นพิษในเมืองใหญ่"
รายงานการวิจัยครั้งที่ 3 - 6 กุมภาพันธ์ 2519 - เมษายน 2521
- _____ "การศึกษาตัวการที่ทำให้อากาศเสียในเมืองใหญ่" จดหมายข่าวสภาวะแวดล้อม
26 : 1 - 6 กรกฎาคม 2521
- เยาวภา ตู่เพ็ญรัมย์ "อากาศเสีย" ใน รายงานประกอบการเรียน 2521, 85 หน้า
- รัชดา ต๊ะปิ่นตา "อากาศเสียและแนวทางขจัด" วารสารสหศาสตร์ศาสตร์ 22 : 98 -
111 กันยายน 2521
- สุรสิงห์ พรหมเพณีย์ "อากาศเสีย" ใน รายงานประกอบการเรียน 2522, 25 หน้า
- Amdur, M.O. and D. Underhill. "The Effect of Various Aerosols on
The Response of Guinea Pigs to Sulphur Dioxide," Archives
Environmental Health. 16 : 460 - 468, 1968.
- Blacet, F. "Photo Chemistry of the Lower Atmosphere," Industrial
Engineering Chemistry. 44 : 1339, 1952.
- Bockris, J. O'M. Environmental Chemistry. Plenum Press, New York,
1977. 795 p.
- Brasser, L.J., Jossting, P.E. and Von Zuilen, D. "Sulfurdioxide to
What Level is It Acceptable?" Research Institute for Public
Health Engineering, Delft, Netherlands. July, 1967.
- Bricard, J. and others. Aerosol and Atmospheric Chemistry. New York,
Academic Press, 1972. 634 p.
- Bushtueva, K.A. "Ratio of Sulfur Dioxide and Sulfuric Acid Aerosol
in Atmopheric Air, in Relation of Meteorological Conditions,"
A Survey. Translated by B.S. Levine, U.S. Dept. of Commerce,
Office of Techical Services, Washington, D.C., 193 - 196,
August, 1960.

- Carnow, B.W., M.H. Lepper and R.B. Shekelle. "The Chicago Air Pollution Study : SO₂ Levels and Acute Illness in Patients with Chronic Bronchopulmonary Disease," Archives Environmental Health. 18 : 768 - 776, 1969.
- Fletcher, C.M., J.H. Angel and I.D. Hill. "Respiratory Illness in Factory and Office Workers : A Study of Minor Respiratory Illnesses in Relation to Changes in Ventialory Capacity, Sputum Characteristic and Atmospheric Pollution," Brit J Dis Chest, 59 : 66 - 80, 1965.
- Griffin S.W. and W.W. Skinner. "Small Amounts of Sulfur Dioxide in the Atmosphere," Industrial Engineering Chemistry. 24 : 862 - 867, 1932.
- Gross, P., W.E. Rinchart and R.T. de Treville. "The Pulmonary Reactions to Toxic Gases," Am. Indust. Hyg. Assoc. J. 27 : 315 - 325, 1967.
- Higgins, Ian T. and Arbor Ann Mich. "Effects of Sulfur Oxides and Particulates on Health," Archives Environmental Health. 22 : 584 - 590, 1971.
- Hodgson, T.A. Jr. "Short-term Effects of Air Pollution on Mortality in New York City," Environmental Science and Technology. 4(7) : 589, July, 1970.
- Jaekobson, J.S. and A.V. Hill. Recognition of Air Pollution Injury. A Pictorial Atlas, Pittsburgh, 1970. 586 p.
- Katz, Morris. "Photoelectric Determination of Atmospheric Sulfur Dioxide," Analytical Chemistry. 22 : 1040 - 1047, 1950.
- Larsen, R.I. "Relating Air Pollutant Effects to Concentration and Control," Air Pollution Control Association Journal. 20(4) : 214, April, 1970.
- McGarroll J., E.J. Cassell and D.W. Wolter. "Health and Urban Environment : V. Air Pollution and Illness in a Normal Urban Population," Archives Environmental Health. 14 : 178 - 184, 1967.
- Petrilli, R.L., G. Agnese and S. Kanitz. "Epidemeology Studies of Air Pollution Effects in Genoa, Italy," Arch. Environ. Health. 12 : 733 - 740, 1966.

- Ross, R.D. Air Pollution and Industry. New York, Van Nostrand Reinhold Company, 1972. 478 p.
- Rossano, A.T. Jr. Air Pollution Control Guidebook for Management. McGrawhill, Inc., 1974. 384 p.
- Stern, Arthur C. Air Pollutants, Their Transformation and Transport. v. I, 3rd ed., London, Academic Press, 1976. 779 p.
- _____. Measuring, Monitoring and Surveillance of Air Pollution. v. 3, 3rd ed., London, Academic Press, 1976. 779 p.
- _____. Air Pollution. 2nd ed., London, Academic Press, Inc., 1968. 694 p.
- Tioh, N.H. The Analytical Chemistry of Sulphur. Doctor's Thesis, Otago University, 1976. 309 p. (mimeographed)
- Upham, J.B. "Atmospheric Corrosion Studies in two Metropolitan Areas," J. Air Pollution Control Association. 17 : 398 - 402, June, 1967.
- USHEW. Air Pollution Measurements of the National Air Sampling Network. Analysis of Suspended Particulates, 1957 - 1961. Public Health Service. 1962. 978 p.
- Vogel, A.I. A Text Book of Quantitative Inorganic Analysis. 3rd ed., Longman, Norfolk, Lowe and Brydone (Printers) Ltd., Thetford, 1961. 1181 p.

การศึกษาเพื่อหาความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศบริเวณต่าง ๆ ในเขต

กรุงเทพมหานคร โดยวิธีไอโอดิเมตริกประยุกต์

บทคัดย่อ

ของ

จุฑารัตน์ พิบูลย์สวัสดิ์

เล่นอดอมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

กุมภาพันธ์ 2524

การศึกษา เพื่อหาความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศบริเวณต่าง ๆ

ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยวิธีไอโอดิเมตริกประยุกต์

จุดมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อประดิษฐ์ เครื่องมือกระเป๋าดำรงอากาศสำหรับวัด

ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ และเพื่อหาความเข้มข้นของก๊าซ

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศบริเวณต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้เครื่องมือที่

ประดิษฐ์ขึ้น

ผลการวิจัยในการหาความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศบริเวณต่าง ๆ

20 บริเวณในเขตกรุงเทพมหานครในช่วงเวลา 14.00 - 14.30 น. และ 16.00 -

16.30 น. พบว่า อากาศบริเวณที่อยู่ห่างโรงงานอุตสาหกรรมไม่เกิน 1 กิโลเมตร มีความ

เข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุดประมาณ 0.1 ppm ต่ำสุด ไม่พบ อากาศบริเวณ

ริมถนนที่มีการจราจรหนาแน่น มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุด ประมาณ

0.07 ppm ต่ำสุด ประมาณ 0.02 ppm และ อากาศบริเวณริมถนนที่มีการจราจรเบาบาง

มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุด ประมาณ 0.02 ppm ต่ำสุด ไม่พบ

A STUDY OF ATMOSPHERIC SULPHUR DIOXIDE CONCENTRATIONS
IN BANGKOK BY APPLIED IODIMETRY

AN ABSTRACT

BY

CHUTARAT PHIBULSAWASDI

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree
at Srinakharinwirot University

February 1981

A Study of Atmospheric Sulphur Dioxide Concentrations in
Bangkok by Applied Iodimetry

The purpose of this study is to construct an inexpensive, portable sulphur dioxide monitor and to determine atmospheric sulphur dioxide concentration in Bangkok, using the constructed instrument.

Measurements have been made at 20 different locations in and around Bangkok during a period of one month between 2.00 - 4.30 pm. It was found that in factory areas (within 1 km radius of factory) the sulphur dioxide concentration varied between 0 - 0.1 ppm, in dense traffic areas, between 0.02 - 0.09 ppm, and in light traffic areas between 0 - 0.02 ppm.