

547.47
2 157
-6

การสร้างสรรค์เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ชนิดแสงเดี่ยว

ปริญญาโท

ของ

มนตรี รัตนวิจิตร

11 พ.ค. 2535

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

พุทธทศวรรษ 2525

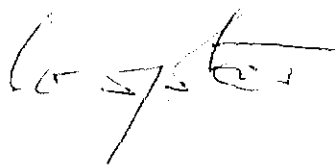
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

178557

1484

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิต และคณะกรรมการสอบ ได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิตของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการที่ปรึกษา

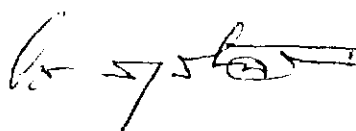


ประธาน

รศ. น. น. น. น. น.

กรรมการ

คณะกรรมการสอบ



ประธาน

รศ. น. น. น. น. น.

กรรมการ

รศ. น. น. น. น. น.

กรรมการ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือ และการแนะนำอย่างดียิ่งจาก
รองศาสตราจารย์ โป่ สาสีพันธ์ และ รองศาสตราจารย์ สัมเกียรติ กรีกอง ผู้วิเศษ
ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณ อาจารย์ ส่นอง ลุ่มฉกร อาจารย์ วรเชษฐ์ สดากาโร อาจารย์
วิชัย จงศิริวิญญู คุณฉลอง พุ่มผกา และเพื่อนทุกคนที่ช่วยเหลือในการวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบสักการะพระคุณของบิดาและมารดา ที่ได้ให้การสนับสนุน
การศึกษาของผู้วิเศษมาโดยตลอด

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิเศษได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก มูลนิธิสมาคมศิษย์เก่ามหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ

มนตรี รัตนวิจิตร

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	2
ความสำคัญของ การศึกษาค้นคว้า	2
ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	3
2 ทฤษฎีเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์และเอกสารที่เกี่ยวข้อง	6
ทฤษฎีและองค์ประกอบของ เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์	6
ประวัติความเป็นมาและชนิดของ เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์	6
ประโยชน์ของ เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ในการวิเคราะห์ทางเคมี	17
3 การสร้างเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ และการปรับแต่ง	18
ส่วนประกอบของ เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์	18
การสร้างและรายละเอียดของชิ้นส่วนบางชิ้น	18
การปรับแต่งเครื่องมือที่สร้าง	26
การทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับ เครื่องมือมาตรฐาน	27
4 การวิเคราะห์ข้อมูล และผลการวิจัย	28
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	28
การวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลผล	29

บทที่	หน้า
5 บทย่อ สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	33
บทย่อ	33
สรุปผลการวิจัย	34
อภิปรายผลการวิจัย	35
ข้อเสนอแนะ	35
บรรณานุกรม	36
ภาคผนวก	38

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านคุณภาพ ด้วย t-test	29
2 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสัปดาห์ของสารละลายตัวอย่าง ด้วย F-test.,	30
3 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านปริมาณวิเคราะห์ ด้วย t-test	31
4 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านปริมาณวิเคราะห์ ด้วย F-test	32

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	แสดงส่วนประกอบของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์	6
2	แสดงส่วนประกอบของเครื่องฟลูออโรโฟโตมิเตอร์	9
3	แสดงส่วนประกอบของเครื่องแบคแมน ดิยู สเปคโตรโฟโตมิเตอร์	10
4	แสดงส่วนประกอบของเครื่องบอห์ลซ์ และ ลอมบี สเปคโตรนิค 20 คัลเลอริมิเตอร์	10
5	แสดงการติดตั้งเกรตติ้งแบบวีเอิร์ท และแบบเชอร์นี-เทอร์เนอร์	14
6	แสดงการติดตั้งเกรตติ้ง และปริซึม แบบลิทโทกราฟี	15
7	แสดงอุปกรณ์ภาคบรรจุหลอดสารละลาย	20
8	แสดงการวางอุปกรณ์ในเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่สร้าง	21
9	แสดงวงจรอิเล็กทรอนิกส์	22
10	แสดงลักษณะภายนอกของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่สร้าง	23
11	แสดงมิเตอร์ของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่สร้าง	24
12	แสดงส่วนประกอบภายในของเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่สร้าง	25

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันนี้ ตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาขึ้นไปได้เน้นการเรียนแบบมีการทดลองเป็นส่วนใหญ่ โดยเฉพาะวิชาเคมีในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เกือบทุกบทเรียนได้กำหนดการทดลองไว้ให้นักเรียนได้เรียนจากประสบการณ์ตรง ดังนั้น สิ่งจำเป็นจะต้องจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือวิทยาศาสตร์สำหรับการทดลองดังกล่าวไว้ให้พร้อม แม้ว่าในปัจจุบันสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ร่วมกับองค์การความร่วมมือระหว่างประเทศ (OECD) ได้จัดทำโครงการความร่วมมือเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยที่เครื่องมือเหล่านี้มีราคาแพงมาก ทำให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาไม่มีโอกาสได้ใช้เครื่องมือเหล่านี้ สำหรับเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์นั้นมีความสำคัญมากสำหรับผู้เรียนวิชาเคมี ดังจะเห็นได้จากข้อมูลต่าง ๆ ของสารประกอบมักจะเป็นข้อมูลทางสเปกตรัม (spectral data) นักเรียนจึงมักเกิดปัญหาเมื่อเข้าศึกษาต่อในระดับมหาวิทยาลัย ด้วยเหตุนี้จึงควรให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาได้มีโอกาสเรียนรู้หลักการทางาน การใช้ และได้ทดลองใช้เครื่องมือเหล่านี้บ้าง ถึงแม้ว่าเครื่องมือจะมีราคาแพงมากก็ตาม ผู้ที่สนใจที่รับผิดชอบเกี่ยวกับเรื่องนี้ควรได้หาทางแก้ไขปัญหานี้ เช่น การดัดแปลง เครื่องมือที่มีราคาแพงให้มีราคาถูกลง โดยลดความซับซ้อนของเครื่องมือ และให้มีคุณภาพเหมาะสมสำหรับการใช้งานการเรียนการสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษา ซึ่งจะทำให้นักเรียนที่มีโอกาสได้ศึกษาต่อในระดับสูงขึ้น ไม่ประสบปัญหาการไปเครื่องมือ อันอาจทำให้เครื่องมือราคาแพงชำรุดเสียหายเร็วกว่าที่ควรเป็น

เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เป็นเครื่องมือที่มีหลายระดับ ตั้งแต่ระดับใช้งานธรรมดาในห้องปฏิบัติการทั่ว ๆ ไป จนถึงระดับที่ใช้ในงานวิเคราะห์ขั้นสูง สำหรับเครื่องมือชนิดธรรมดาที่

ราคาถูก เช่น Bausch and Lomb Spectronic 20 Colorimeter ก็สามารถให้ข้อมูลทางสเปกตรัมในช่วงของแสงที่สามารถมองเห็น (visible region) และทำการวิเคราะห์ได้ทั้งคุณภาพวิเคราะห์และปริมาณวิเคราะห์ (Willard and others. 1974 : 88 - 132 ; Bauman. 1966 : 364 - 434) จากเหตุผลดังกล่าวมาแล้วนั้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และคิดว่าควรจะได้มีการดัดแปลงเพื่อสร้างขึ้นใช้เอง จะได้มีเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ราคาถูก มีคุณภาพปานกลางไว้สำหรับประกอบการสอนการใช้เครื่องมือขึ้นพื้นฐานแก่นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หรือนักศึกษาในระดับมหาวิทยาลัยที่เรียนวิชาการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือขึ้นพื้นฐาน

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อสร้าง เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ชนิดลำแสง เดียวที่มีราคาถูก
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของ เครื่องมือที่สร้าง โดยเปรียบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐาน
3. เพื่อหาสภาวะอันเหมาะสมที่จะทำให้ เครื่องมือนี้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของ เครื่องมือที่สร้างขึ้น
2. เพื่อให้ทราบถึงสภาวะอันเหมาะสมที่ เครื่องมือทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. เพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้สนใจ เครื่องมือนี้ได้ศึกษาค้นคว้าต่อไป พร้อมทั้งปรับปรุงและพัฒนา เครื่องมือนี้ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
4. สามารถใช้ เครื่องมือที่สร้างขึ้นประกอบการสอนความรู้ขึ้นพื้นฐานเกี่ยวกับการวิเคราะห์สารด้วยสเปกตรัม (spectrophotometry) แก่นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หรือนักศึกษาในระดับมหาวิทยาลัย

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. จำกัดส่วนประกอบของ เครื่องมือที่สร้างไม่ให้ซับซ้อนมาก เพื่อให้สร้างง่ายและราคาถูก
 - 1.1 ใช้หลอดทังสเตนฮาโลเจนเป็นแหล่งกำเนิดแสง (light source)
 - 1.2 ใช้แผ่นเกรตติงระนาบ (plane grating) เป็นอุปกรณ์กระจายสเปกตรัม
 - 1.3 ใช้เลนส์นูน (optical lens) เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดลำแสงขนาน
 - 1.4 ใช้ตัวความต้านทานเชิงแสง (photoresistor or light dependent resistor) เป็นดีเทคเตอร์ (detector)
2. รวบรวมอุปกรณ์ที่ใช้หาซื้อได้ง่ายในประเทศไทย
3. การปรับแต่งเครื่องมือ (Calibration) ทำเฉพาะการปรับแต่งสเกลบอกความยาวคลื่นแสงของเครื่องมือ (wavelength calibration)
4. ใช้เครื่องมือที่สร้างวัดค่าอัตราการดูดกลืนแสง (Absorbance) เปอร์เซนต์ของแสงที่ผ่าน (percent transmittance or % T) และทำปริมาณวิเคราะห์ หาปริมาณสารเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากเครื่องมือมาตรฐาน คือ Bausch and Lomb Spectronic 20 Colorimeter

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. อัตราการดูดกลืนแสง (Absorbance) หมายถึง ค่าการดูดกลืนพลังงานแสงของสารประกอบ ซึ่งหาได้โดยไปกฎของ เบียร์ (Beer's law)
2. เปอร์เซนต์ของแสงที่ผ่าน (Percent transmittance or % T) หมายถึง ปริมาณแสงซึ่งผ่านสารไปยังดีเทคเตอร์ คิดเป็นเปอร์เซนต์โดยเทียบกับแสงก่อนผ่านสาร
3. สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดค่าอัตราการดูดกลืนแสง และเปอร์เซนต์ของแสงที่ผ่านสารเคมี ที่ความยาวคลื่นแสงต่าง ๆ
4. โมโนโครเมเตอร์ (Monochromator) หมายถึง ภาคนึ่งหนึ่งของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ทำหน้าที่กรองแสงโดยปล่อยให้แสงเพียงความยาวคลื่นเดียวหรือความยาวคลื่นใกล้เคียงกันผ่านได้

5. ดีเทคเตอร์ (Detector) หมายถึง ภาคลูกสุดท้ายของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ทำหน้าที่ตรวจวัดความเข้มของแสงที่มาตกกระทบและเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า เพื่อวัดและแสดงผลการวัด

6. ปริซึม (Prism) หมายถึง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่กระจายลำแสงขนานออกเป็นสเปกตรัม ปริซึมอาจทำด้วยวัสดุต่าง ๆ เช่น แก้ว ควอตซ์ เป็นต้น

7. เกรตติง (Grating) หมายถึง อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่กระจายลำแสงขนานออกเป็นสเปกตรัม บนผิวของเกรตติงประกอบด้วยเส้นหรือร่องขนาดเล็กมาก เรียงขนานกันอย่างเป็นระเบียบจำนวนมาก เช่น 120 ร่อง/มิลลิเมตร 300 ร่อง/มิลลิเมตร 600 ร่อง/มิลลิเมตร

8. ช่วงแสงที่สามารถมองเห็น (Visible region) หมายถึง ช่วงของแสงที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้ ประกอบด้วยแสงที่มีความยาวคลื่นประมาณ 400 - 700 นาโนเมตร

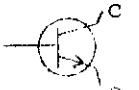
9. ประสิทธิภาพของเครื่องมือ หมายถึง ความเที่ยงตรงในการวัดค่าอัตราการดูดกลืนแสงเปอร์เซ็นต์ของแสงที่ผ่านสาร เกล็ด และความสามารถในการทำปริมาณวิเคราะห์

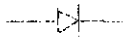
10. สภาวะอันเหมาะสม หมายถึง ช่วงความยาวคลื่นแสงในสเปกตรัมที่เครื่องใช้สร้างทำงานได้

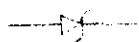
11. สัญลักษณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์

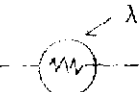
11.1  หมายถึง ตัวความต้านทานไฟฟ้า (resistor)

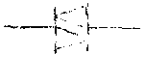
11.2  หมายถึง ตัวเก็บประจุไฟฟ้าชนิดไม่มีขั้ว และมีขั้ว

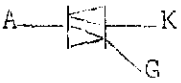
11.3  หมายถึง ทรานซิสเตอร์แบบ NPN

11.4  หมายถึง ไดโอด

11.5  หมายถึง ซีเนอร์ไดโอด

11.6  หมายถึง ตัวความต้านทานเชิงแสง (LDR)

11.7  หมายถึง ไดแอค (diac)

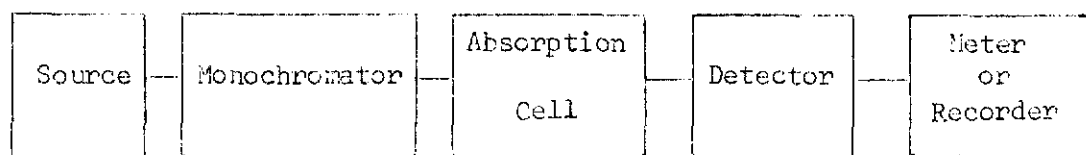
11.8  หมายถึง ไตรแอค (triac)

11.9  หมายถึง ตัวความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงค่าได้ (VR)

ทฤษฎีเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และเวกส์การที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและองค์ประกอบของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ คือ เครื่องมือที่ประกอบด้วยภาคสำคัญ 4 ภาค ได้แก่ ภาคแหล่งกำเนิดแสงที่ทำให้สเปกตรัมแบบต่อเนื่อง ภาคโมโนโครเมเตอร์ ภาคดีเทกเตอร์ และภาคแสดงผลการวัด เครื่องมือนี้ใช้วัดหาการดูดกลืนสเปกตรัม (absorption spectrum) ของสารเคมี



ภาพประกอบ 1 แสดงส่วนประกอบของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ส่วนประกอบของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

1. แหล่งกำเนิดแสง (Light source or radiation source) มีหลายชนิดแล้วแต่ช่วงการใช้งาน อาจแบ่งได้ดังนี้ คือ

1.1 แหล่งกำเนิดแสงสำหรับช่วงแสงเหนือม่วง (ultraviolet region) แสงช่วงนี้มีความยาวคลื่นสั้นมาก มีพลังงานสูง แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ได้แก่ หลอดไฮโดรเจน (hydrogen lamp) หรือหลอดดีวเทอเรียม (deuterium lamp) ถ้าต้องการแสงที่มีความเข้มสูงใช้หลอดซีนอนอาร์ค (xenon arc) และหลอดไอปรอท (mercury vapor lamp)

1.2 แหล่งกำเนิดแสงสำหรับช่วงแสงที่สามารถมองเห็น (visible region) ใช้หลอดทังสเตน (tungsten lamp) กำลังไฟฟ้าประมาณ 100 วัตต์ แรงเคลื่อนไฟฟ้า 6 - 12 โวลต์ ถ้าต้องการแสงที่มีความเข้มสูงให้ใช้คาร์บอนอาร์ค (carbon arc)

1.3 แหล่งกำเนิดแสงสำหรับช่วงแสงใต้แดง (infrared region) ใช้แหล่งกำเนิดแสงที่เรียกว่า โกลบาร์ (Globar) และ เนิสท์โกลเวอร์ (Nerst Glower) (Willard and others. 1965 : 33 - 34 ; Ewing. 1975 : 16 - 18 ; Bauman. 1962 : 28 - 31)

2. โมโนโครเมเตอร์ คือ ส่วนที่ทำให้แสงที่ผ่านออกไปมีความยาวคลื่นเดียว แต่ในทางปฏิบัติจริงทำได้ยาก ทำให้ได้เพียงแสงที่ผ่านออกไปมีความยาวคลื่นใกล้เคียงกัน เช่น 8 นาโนเมตร 10 นาโนเมตร สำหรับเครื่องมือที่มีคุณภาพสูง เป็นต้น ภาคโมโนโครเมเตอร์ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 ช่องแสงเข้า (Entrance slit) เป็นช่องให้แสงจากแหล่งกำเนิดแสงผ่านเข้าไปในภาคนี้

2.2 เลนส์นูน ทำให้แสงที่ผ่านเข้ามาเป็นลำแสงขนาน

2.3 ปริซึม หรือ เกรตติง ทำหน้าที่กระจายลำแสงขนานออกเป็นสเปกตรัม

2.4 ช่องแสงออก (Exit slit) เป็นช่องให้แสงที่มีความยาวคลื่นเดียวหรือมีความยาวคลื่นใกล้เคียงกัน ผ่านไปยังสารละลายและดีเทคเตอร์

3. ดีเทคเตอร์ เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ตรวจวัดแสง โดยเปลี่ยนความเข้มของแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า เพื่อนำไปขยายให้สัญญาณแรงขึ้น แล้วจึงนำไปทำการวัดเป็นค่าทางสเกลต่าง ๆ เช่น เปอร์เซ็นต์ของแสงที่ผ่าน หรือ อัตราการดูดกลืนแสง ดีเทคเตอร์ที่ใช้มีหลายชนิด เช่น โฟโตทิวบ์ (photo tube) โฟโตโวลตาอิก เซลล์ (photovoltaic cell) โฟโตทรานซิสเตอร์ (phototransistor) โฟโตไดโอด (photodiode) ความต้านทานเชิงแสง (photoresistor) (Willard and others. 1965 : 45 - 51 ; Ewing. 1975 : 59 - 62 ; Pecsok and others. 1976 : 154 - 158 ; Bauman. 1962 : 72 - 78)

เลนส์คอลลิเมตติง (Collimating lens) ทำหน้าที่เปลี่ยนลำแสงธรรมดาเป็นลำแสงขนาน โดยอาศัยกฎของเลนส์นูนที่ว่า เมื่อมีแหล่งกำเนิดแสงวางที่จุดโฟกัสของเลนส์ แสงที่ผ่านเลนส์นูนนี้ไปจะเป็นลำแสงขนาน (Sear. 1964 : 87 - 88) เลนส์นูนที่ใช้ต้องเป็นเลนส์อะโครมาติก

(achromatic lens) เป็นเลนส์ประกอบด้วยแก้ว 2 ชนิด ซึ่งออกแบบเพื่อแก้การคลาดรงค์ (the chromatic aberration) (Sear. 1964 : 127 - 131)

การกระจายสเปกตรัมของปริซึม อาศัยหลักการหักเหของลำแสงขนานเมื่อผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน ประกอบกับด้านทุกด้านของปริซึมที่ลำแสงผ่านไม่ขนานกัน จึงทำให้แสงที่มีความยาวคลื่นต่างกันเกิดการหักเหออกจากปริซึมเป็นมุมต่างกันด้วย องค์ประกอบอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญ คือ ค่าดัชนีหักเหของแสงของวัสดุที่ทำปริซึม (Pecsoik and others. 1976 : 122 - 124) และมุมของปริซึม (Sear. 1964 : 48, 276 - 277)

การกระจายสเปกตรัมของเกรตติง อาศัยหลักที่ลำแสงขนานผ่านหรือสะท้อนจากเกรตติงแล้วเลี้ยวเบนทำให้เกิดการแทรกสอดชนิดเสริมกัน (constructive interference) และด้วยเหตุที่แสงซึ่งมีความยาวคลื่นต่างกันเลี้ยวเบนออกมาเป็นมุมที่ต่างกัน จึงทำให้ลำแสงขนานแยกออกเป็นสเปกตรัม (Willard and others. 1974 : 58 - 60)

ประวัติความเป็นมาและชนิดของ เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

คอนสิดีน (Considine. 1957 : 6/36) กล่าวว่า สเปกโตรมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่พัฒนามาจากเครื่องสเปกโตรกราฟ โดยมีจุดมุ่งหมายให้เป็นเครื่องมือที่วัดได้สะดวกรวดเร็วและสามารถเลือกวัดที่มีความยาวคลื่นแสงใด ๆ ในสเปกตรัมได้ทันที เหมาะสำหรับงานวิเคราะห์ง่าย ๆ ทั้งในโรงงานอุตสาหกรรมและห้องปฏิบัติการ สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ก็ได้พัฒนามาจากสเปกโตรมิเตอร์อีกครั้งหนึ่ง

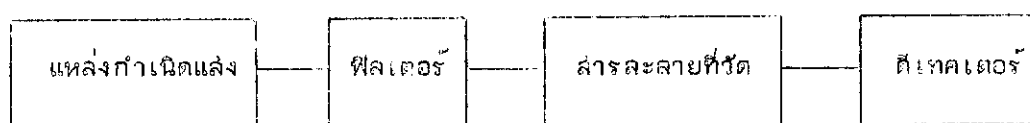
อีวิง (Ewing. 1975 : 21, 46) อธิบายว่า เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์เป็นเครื่องแอสอร์ปติอิมิเตอร์ (absorptiometer) ชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงที่ให้สเปกตรัมแบบต่อเนื่อง ภาคมอนโครเมเตอร์ และภาคดีเทคเตอร์ เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ต่างจากเครื่องแอสอร์ปติอิมิเตอร์ตรงที่ทำงานในช่วงสเปกตรัมที่แคบกว่า

วิลลาร์ด และคนอื่น ๆ (Willard and others. 1974 : 68 - 74) ได้แบ่งเครื่องมือที่ใช้วัดการดูดกลืนสเปกตรัมออกเป็นสองประเภท คือ

1. เครื่องมือชนิดลำแสงเดี่ยว (Single beam instrument)
2. เครื่องมือชนิดลำแสงคู่ (Double beam instrument)

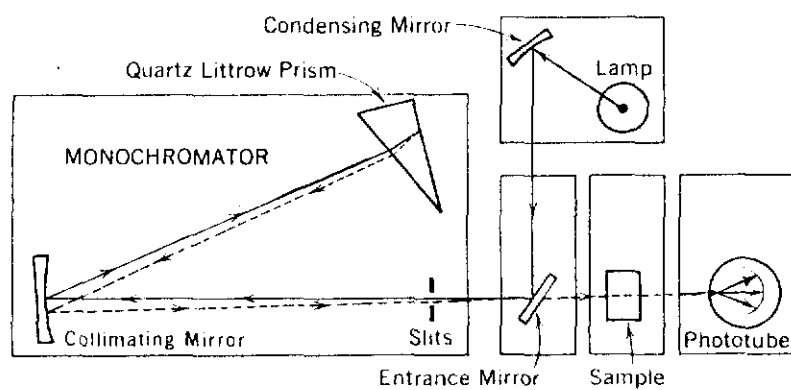
ตัวอย่าง เครื่องมือชนิดลำแสงเดี่ยว

1. ฟิลเตอร์โฟโตมิเตอร์ (Filter photometer) เป็นเครื่องมือพื้นฐานของ เครื่องมือชนิดลำแสงเดี่ยว มีหลักการทำงานง่าย ๆ คือ ให้แสงผ่านฟิลเตอร์ (filter) กรองเอาแสงที่ไม่ต้องการวัดออก ให้ผ่านไปเฉพาะแสงที่มีความยาวคลื่นเท่าที่ต้องการวัด ซึ่ง เปลี่ยนความยาวคลื่นแสงได้โดยการ เปลี่ยนฟิลเตอร์

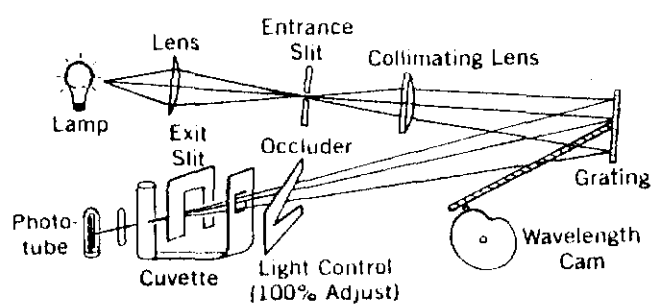


ภาพประกอบ 2 แสดงส่วนประกอบของ เครื่องฟิลเตอร์โฟโตมิเตอร์

2. เบคแมน ดิว สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Beckman DU Spectrophotometer) เป็นเครื่องมือแบบแรกๆ ที่ทำงานได้ทั้งในช่วงแสง หนึ่งม่วง และแสงที่สามารถมองเห็น ช่วงความยาวคลื่นแสงที่ทำงานได้มีขนาดตั้งแต่ 190 - 1,000 นาโนเมตร ใช้หลอดไฮโดรเจนดีดอาร์คเป็นแหล่งกำเนิดแสงในช่วงแสง หนึ่งม่วง และหลอดกังสแตนในช่วงแสงที่สามารถมองเห็นกับช่วงใกล้แสงใต้แดง ใช้ปริซึมที่ทำด้วยควอทซ์หักเหที่กระจายลำแสงขนานออกเป็นสเปกตรัม ติดตั้งปริซึมแบบลิทโรว์ (Littrow mounting) สามารถวัดค่าอัตราการดูดกลืนแสง และเปอร์เซ็นต์ของแสงที่ผ่าน (Pecsok and others. 1976 : 161 - 162)



ภาพประกอบ 3 แสดงส่วนประกอบของเครื่อง เบคแมน ดิว สเปกโตรโฟโตมิเตอร์



ภาพประกอบ 4 แสดงส่วนประกอบของเครื่อง บอลซ์ และ ลอมบ์ สเปกโตรนิค 20 เซนติเมตร

3. บอส์ช และ ลอมบ์ สเปกโตรมิเตอร์ 20 สเปกโตรมิเตอร์ (Bausch and Lomb Spectronic 20 Colorimeter) เป็นเครื่องมือที่ทำงานได้เฉพาะช่วงแสงที่สามารถมองเห็น และช่วงใกล้แสงใต้แดง ช่วงสเปกตรัมที่สามารถทำงานได้มีขนาดความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 340 - 600 นาโนเมตร แต่สามารถขยายการทำงานออกไปได้ จนถึงแสงที่มีความยาวคลื่น 950 นาโนเมตร โดยใช้ฟิลเตอร์และเปลี่ยนดีเทคเตอร์ ให้อัตราการส่งผ่านเป็นแหล่งกำเนิดแสง และเรฟลิทาเกรตติ้ง (replica grating) ขนาด 600 ร่อง/มิลลิเมตร เป็นอุปกรณ์สำหรับกระจายแสงออกเป็นสเปกตรัม ช่วงความยาวคลื่นแสงที่ผ่านไปยังดีเทคเตอร์ (bandwidth) มีขนาดเท่ากับ 20 นาโนเมตร เครื่องมือนี้จัดเป็นเครื่องมือราคาถูก เหมาะสำหรับห้องปฏิบัติการของสถานศึกษา (Willard and others. 1974 : 73 - 74)

องค์ประกอบของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

วิลลาร์ด และคนอื่น ๆ (Willard and others. 1974 : 57 - 63) อธิบายหลักการทำงานของปริซึมในเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ว่า เมื่อลำแสงขนานจากแหล่งกำเนิดแสงผ่านเข้ามาในปริซึม ลำแสงนั้นจะเบนเข้าหาเส้นปกติของปริซึม และเมื่อลำแสงออกจากปริซึมก็จะเบนออกจากเส้นปกติ แสงที่มีความยาวคลื่นต่างกันจะหักเหออกไปเป็นมุมต่างกันด้วย โดยแสงที่มีความยาวคลื่นสั้น ๆ จะหักเหมากกว่า สเปกตรัมที่ได้จากปริซึมไม่เป็นสเปกตรัมเชิงเส้น (non linear spectrum) เนื่องจากค่าดัชนีหักเหของแสงของวัสดุที่ทำปริซึมที่มีความยาวคลื่นแสงแต่ละช่วงมีค่าไม่เท่ากัน ในช่วงแสงที่สามารถมองเห็นและใกล้แสงใต้แดงควรใช้ปริซึมที่ทำด้วยแก้วฟลินท์ (flint glass) ในช่วงแสงเหนือม่วงควรใช้ปริซึมที่ทำด้วยฟิวส์ซิลิกา (fused silica) ความสามารถในการดูดกลืนแสงของวัสดุที่ทำเลนส์ และปริซึม มีความสำคัญมาก คือ วัสดุนั้นต้องมีค่าอัตราการดูดกลืนแสงน้อยกว่า 0.2 % ความยาวคลื่นแสงที่ทำการวัด แก้วซิลิเกตธรรมดา (ordinary silicate glasses) ยอมให้แสงที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 300 - 3,000 นาโนเมตร ผ่านได้ดี แก้วโคเร็กซ์ชนิดพิเศษ (special corex glasses) ยอมให้แสงที่มีความยาวคลื่นประมาณ 300 นาโนเมตร ผ่านได้ดี

ฮิวอิง (Ewing. 1975 : 24 - 26) อธิบายว่า เกรตติ้งมีสองแบบ คือ แบบให้แสงผ่านได้ (transmission grating) และแบบให้แสงสะท้อน (reflection grating) เกรตติ้งแบบแรกเป็นวัตถุโปร่งใส แต่มีลักษณะเป็นช่องขนาดเล็กมากเรียงขนานกันอย่างเป็นระเบียบ มีจำนวนตั้งแต่ 600 - 2,000 ช่อง/มิลลิเมตร เมื่อลำแสงขนานผ่านช่องเหล่านี้จะเกิดการเลี้ยวเบนกับการแทรกสอดชนิดเสริมกันและหักล้างกัน (constructive and destructive interference) เกิดเป็นสเปกตรัมขึ้น สำหรับเกรตติ้งแบบให้แสงสะท้อนเป็นวัตถุทึบแสงมีผิวมันวาวบนผิวมีร่องขนาดเล็กเรียงขนานกันอย่างเป็นระเบียบ มีจำนวนตั้งแต่ 600 - 2,000 ร่อง/มิลลิเมตร เมื่อลำแสงขนานมากระทบผิวหน้าของเกรตติ้ง จะถูกร่องขนาดเล็กเหล่านี้สะท้อนแสงออกไปเป็นมุมต่างกันขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นของแสง เกิดการแทรกสอดชนิดเสริมกัน และหักล้างกันเกิดเป็นสเปกตรัม

วิลลาร์ด และคนอื่น ๆ (Willard and others. 1974 : 58 - 62) อธิบายว่า เกรตติ้ง คือ วัตถุผิวมันที่ประกอบด้วยร่องขนาดเล็กเรียงขนานกันเป็นจำนวนมาก เมื่อมีลำแสงขนานมากระทบผิวเกรตติ้ง จะถูกสะท้อนและเลี้ยวเบนออกมาเกิดการแทรกสอดชนิดเสริมกันของแสงซึ่งเป็นไปตามสูตรของเกรตติ้ง (grating formular) ดังนี้

$$b(\sin i \pm \sin r) = m\lambda$$

เมื่อ b คือ ระยะห่างระหว่างร่องเล็ก ๆ บนผิวของเกรตติ้ง

i คือ มุมที่ลำแสงตกกระทบผิวของเกรตติ้ง เมื่อเทียบกับเส้นปกติของเกรตติ้ง

r คือ มุมที่ลำแสงเลี้ยวเบนออกจากเกรตติ้งเมื่อเทียบกับเส้นปกติของเกรตติ้ง

m คือ ลำดับ (order) ของสเปกตรัม (0, 1, 2, 3, ...)

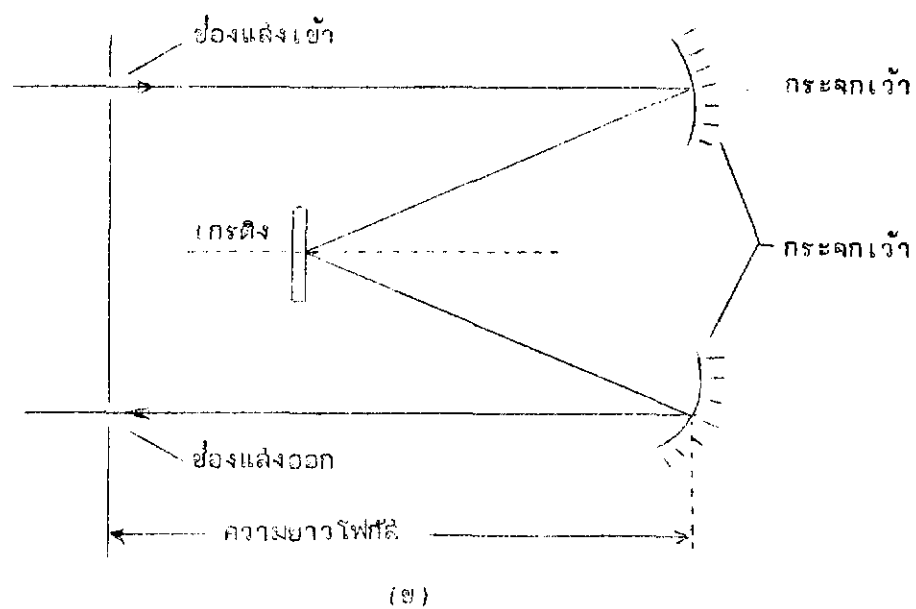
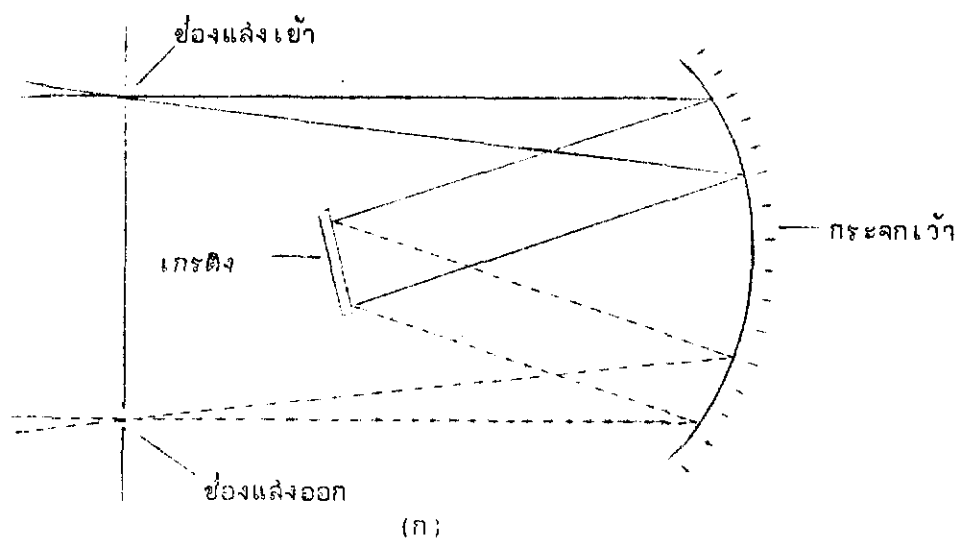
λ คือ ความยาวคลื่นแสง

เครื่องหมายบวก (+) ในสูตรใช้เมื่อแสงที่ตกกระทบเกรตติ้งและแสงที่เลี้ยวเบนออกจากเกรตติ้งอยู่ซีกเดียวกันของเส้นปกติ สเปกตรัมที่ได้จากเกรตติ้งเป็นสเปกตรัมเชิงเส้น (linear spectrum) เพราะเกรตติ้งมีการกระจายแสงคงที่ตลอดช่วงของสเปกตรัม แต่ถ้ามุม i และมุม r มีค่ามากกว่า

65 องศา และระยะระหว่างร่องบนผิวเกรตติ้งสั้นกว่าความยาวคลื่นแสง เกรตติ้งจะเป็นเสมือนกระจกเงาธรรมดา คือ เกิดเฉพาะการสะท้อนแสงเท่านั้น เกรตติ้งมาตรฐานจะมีจำนวนร่องบนผิวประมาณ 590 ร่อง/มิลลิเมตร, 1,180 ร่อง/มิลลิเมตร หรือ 1,770 ร่อง/มิลลิเมตร ขนาดของเกรตติ้งที่ใช้ คือ 25×25 มิลลิเมตร และ 102×102 มิลลิเมตร

การติดตั้งเกรตติ้งและปริซึมที่นิยมกันมากมีสองแบบ คือ การติดตั้งแบบฮีเบิร์ต (Ebert mounting) และการติดตั้งแบบลิทโรว์ (Littrow mounting)

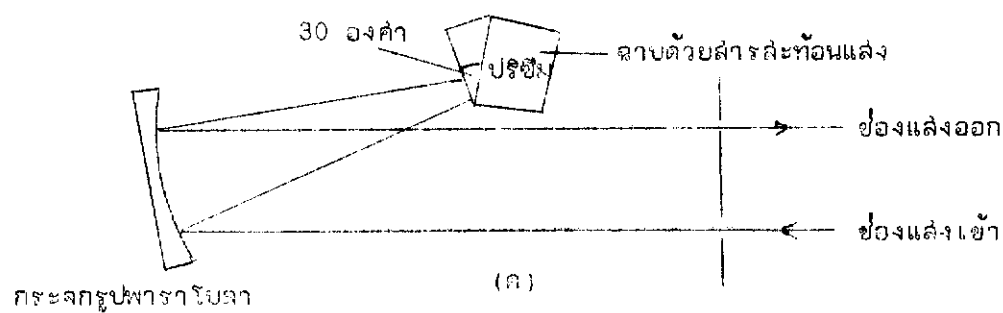
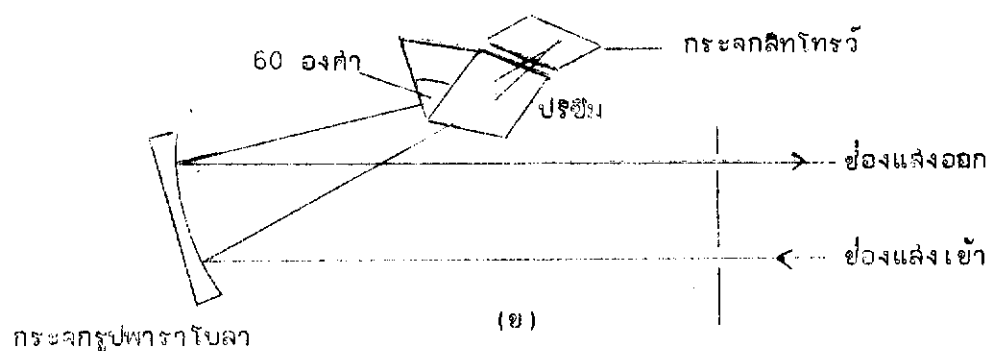
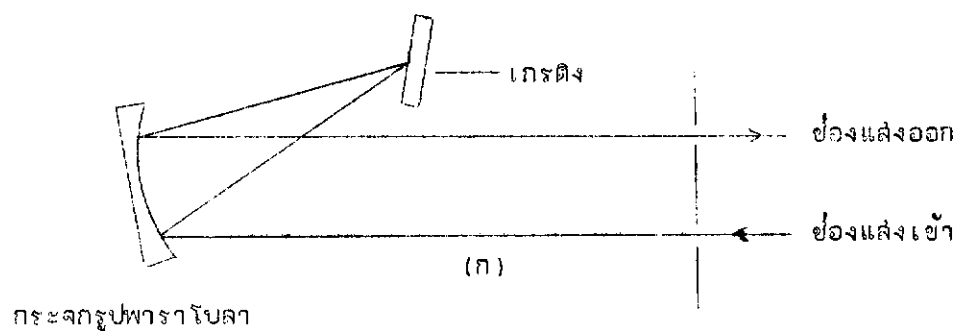
1. การติดตั้งเกรตติ้งแบบฮีเบิร์ต ใช้กระจกเงาขนาดใหญ่สะท้อนลำแสงจากช่องแสงเข้าไปยังเกรตติ้งซึ่งติดตั้งบนแกนหมุน ใช้สำหรับปรับความยาวคลื่นแสงที่ต้องการไปยังสเปกโตรมิเตอร์ ถ้าเปลี่ยนกระจกเงาบานใหญ่เป็นกระจกเงาบานเล็ก 2 บาน เรียกการติดตั้งนี้ว่า เชอร์นีย์เทอร์เนอร์ (Czerny-Turner mounting) เป็นการทำให้แสงทุกความยาวคลื่นโฟกัสไปยังช่องแสงออกโดยไม่ต้องเลื่อนกระจกเลย



ภาพประกอบ 5 (ก) แสดงการติดตั้งเกรตติ้งแบบซีเอิร์ท

(ข) แสดงการติดตั้งเกรตติ้งแบบเซอร์นี-เทอร์เนอร์

2. การติดตั้ง เกรตติ้งและปริซึมแบบลิทโทรว์



ภาพประกอบ 5 (ก) แสดงการติดตั้ง เกรตติ้งแบบลิทโทรว์

(ข) และ (ค) แสดงการติดตั้งปริซึม 60 องศา และ 30 องศา
แบบลิทโทรว์

สตรอกฮาน และ วอล์กเกอร์ (Straughan and Walker. 1976 : 3.42 - 47) กล่าวว่า เกรตติงดีกว่าปริซึมในการกระจายสเปกตรัม โดยให้เหตุผลว่า

1. เกรตติงสามารถใช้งานได้ในช่วงความยาวคลื่นแสงที่ต่ำกว่า 1,200 อังสตรอม หรือ 120 นาโนเมตร ซึ่งความยาวคลื่นช่วงนี้ไม่เหมาะกับปริซึม และเกรตติงสามารถใช้งานได้ในช่วงแสงที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 1,200 อังสตรอม ถึง 40 ไมครอน
2. เกรตติงมีการกระจายแสงและกำลังการแยกแสงออกเป็นสเปกตรัม (dispersion and resolving power) ดีกว่าปริซึม
3. สเปกตรัมที่ได้จากเกรตติงเป็นสเปกตรัมเชิงเส้น ส่วนสเปกตรัมที่ได้จากปริซึมไม่เป็นสเปกตรัมเชิงเส้น

เพ็คซอก และคนอื่น ๆ (Pecsok and others. 1976 : 152) ได้กล่าวถึงการปรับแต่งเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ในด้านสเกลความยาวคลื่นแสง (Wavelength calibration) ไว้นี้ คือ นำสารเคมีที่รู้ค่าความยาวคลื่นแสงที่มีอัตราการดูดกลืนแสงสูงสุด ($\lambda_{\max}$) มาวัดด้วยเครื่องมือที่สร้าง แล้วปรับสเกลความยาวคลื่นจนได้ค่า $\lambda_{\max}$ เท่ากับค่า $\lambda_{\max}$ ของสารเคมีนั้น ๆ ทำเช่นนี้ตลอดช่วงความยาวคลื่นแสงของเครื่องมือ แต่ไม่จำเป็นต้องทำทุกความยาวคลื่นแสง หรือจะใช้แหล่งกำเนิดแสงที่ให้สเปกตรัมแบบเส้น (line spectrum) เช่น หลอดไฮโดรเจนดีสชาร์จ (hydrogen discharge lamp) ให้สเปกตรัมแบบเส้นที่มีความยาวคลื่น 656.3 นาโนเมตร หรือใช้ฟิลเตอร์บางชนิด เช่น แก้วดีไดเมียม (didymium glass) ซึ่งมีช่วงการดูดกลืนพลังงานแสงช่วงแคบ ๆ (narrow absorption band) ถึง 9 แห่ง ในช่วงความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 441 - 1,067 นาโนเมตร แผ่นฟิล์มโพลีสไตรีน (polystyrene film) เป็นตัวเปรียบเทียบและปรับความยาวคลื่นแสงสำหรับช่วงแสงใต้แดง

สตรอกฮาน และ วอล์กเกอร์ (Straughan and Walker. 1976 : 2.150) ได้กล่าวถึงการปรับแต่งสเกลความยาวคลื่นแสงของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ไว้นี้ คือ นำสารที่รู้ค่า $\lambda_{\max}$ มาวัดด้วยเครื่องมือที่สร้าง แล้วปรับสเกลความยาวคลื่นจนได้ค่าเท่ากับค่า $\lambda_{\max}$ ของสารนั้น ๆ ทำเช่นนี้ตลอดช่วงความยาวคลื่นแสงที่เครื่องทำงานได้ โดยทำเพียงบางความยาวคลื่นเท่านั้น

ประโยชน์ของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ในการวิเคราะห์ทางเคมี

ฮิวอิง (Ewing. 1975 : 66 - 68) กล่าวถึงประโยชน์ของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ในการทำคุณภาพวิเคราะห์ว่า สามารถใช้ข้อมูลเกี่ยวกับการดูดกลืนสเปกตรัมจากเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ในการบอกโครงสร้างของสารอินทรีย์ที่ไม่ซับซ้อนได้ โดยเฉพาะถ้าประกอบของสารนั้นมีพันธะเดี่ยวสลับกับคู่จะมีการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ นอกจากนี้ยังสามารถวิเคราะห์สารละลายของโลหะไอออนที่มีสีได้ด้วย

วิลลาร์ด และคนอื่น ๆ (Willard and others. 1974 : 88 - 100) กล่าวถึงวิธีใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ทำปริมาณวิเคราะห์ไว้ว่า ต้องเลือกความยาวคลื่นแสงที่เหมาะสมสำหรับสารที่ต้องการวิเคราะห์ อาจใช้ $\lambda_{\max}$ ก็ได้ ใช้ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกับค่าอัตราการดูดกลืนแสงเขียนแคลิเบรชันเคิร์ฟ (calibration curve) ไว้เปรียบเทียบกับสารที่ต้องการวิเคราะห์ นอกจากนี้ เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ยังใช้ทำโฟโตเมตริกไทเทรชัน (photometric titration)

การสร้างเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และการปรับแต่ง

ส่วนประกอบของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

1. แหล่งกำเนิดแสงสีขาว ใช้หลอดทังสเตนฮาโลเจน ขนาดแรงเคลื่อน 12 โวลต์ กำลังไฟฟ้า 75 วัตต์
2. เลนส์นูน ใช้ optical lens เพื่อทำให้เกิดลำแสงขนาน
3. เกรตติง สำหรับกระจายลำแสงขนานออกเป็นสเปกตรัม
4. ช่องสำหรับแสงผ่าน (entrance slit and exit slit)
5. หลอดไส้สำหรับกระจายที่ละวัด
6. อุปกรณ์ตรวจวัดแสง ใช้ตัวต้านทานเชิงเส้น
7. ภาควัดสัญญาณ ใช้วงจรขยายกระแสไฟฟ้าตรง และมิเตอร์ขนาด 1 มิลลิแอมป์
8. แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าใช้หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 12 โวลต์ 15 แอมป์
9. พัดลมดูดอากาศเพื่อระบายความร้อน
10. ตัวเครื่องทำด้วยไม้อัดหนา 6 มิลลิเมตร ส่วนฐานหนา 12 มิลลิเมตร ภายในเป็นแผ่นเหล็กบาง

การสร้างและรายละเอียดของชิ้นส่วนบางชิ้นในเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า (Power supply) ใช้หม้อแปลงไฟฟ้า แปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าจาก 220 โวลต์ เป็น 12 โวลต์ เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับแหล่งกำเนิดแสงสีขาว และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของภาควัดสัญญาณ

หลอดทังสเตนฮาโลเจนติดตั้งบนขาหลอด สลักหลอดขนานกับฐานของเครื่องอยู่ติดกับช่องสำหรับแสงผ่านไปยังเลนส์นูน ช่องสำหรับแสงผ่านนี้มีขนาดกว้าง 1.5 มิลลิเมตร ยาว (สูง) 10 มิลลิเมตร

เลนส์นูน ใช้ optical lens ของเครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์ฟลูออโรสโคป ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 45 มิลลิเมตร ความยาวโฟกัส 110 มิลลิเมตร เป็นเลนส์ประกอบภายในมีเลนส์ 6 อันบรรจุอยู่ในกระบอกโลหะ ตรงกลางเลนส์ประกอบนี้ใส่ฟิล์มพลาสติกสีดำ ทำเป็นช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 10×20 มิลลิเมตร วางเลนส์ห่างจากช่องสำหรับแสงผ่าน 110 มิลลิเมตร

เกรตติง ใช้ Instrument Quality plane reflection Grating ของบริษัท เอ็ดมันด์ ไซแอนติฟิก จำกัด (Edmund Scientific Company Limited) ทำด้วยแก้ว ขนาด 1×1 นิ้ว จำนวนร่อง/นิ้ว เท่ากับ 15,240 ร่อง/นิ้ว (600 ร่อง-มิลลิเมตร) ติดตั้งภายในกรอบพลาสติกและอลูมิเนียม บนแกนหมุนสำหรับปรับมุมตกกระทบของลำแสงขนาน หลอดกำเนิดแสงสีขาว เลนส์นูน และเกรตติง จัดให้อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน

ชุดอุปกรณ์ควบคุมการหมุนเกรตติงเพื่อปรับมุมตกกระทบของลำแสง ประกอบด้วยเฟืองขนาดต่าง ๆ จำนวน 4 ตัว แกนหมุน และวงล้อพลาสติก จากเฟืองที่บังคับการหมุนของเกรตติงมีแกนต่อไปยังหน้าปัทม์แสดงความยาวคลื่นแสง ซึ่งมีหน่วยเป็นนาโนเมตร

สำหรับใส่หลอดบรรจุสารละลาย (sample tube holder) ทำด้วยพลาสติก พีวีซี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 11 มิลลิเมตร และ 16 มิลลิเมตร วางอยู่ระหว่างเกรตติงกับอุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มของแสง

ช่องสำหรับแสงออก ขนาดกว้าง 2 มิลลิเมตร สูง 15 มิลลิเมตร เป็นช่องอยู่บนท่อน้ำพลาสติก พีวีซี

หลอดบรรจุสารละลายที่นำมาวัดใช้คิตเวตต์ (Cuvette) ของเครื่องสเปกโตรนิค 20 เป็นหลอดที่ทำด้วยแก้วชนิดพิเศษ ซึ่งมีการดูดกลืนแสงที่สามารถมองเห็นได้ต่ำมาก

อุปกรณ์ตรวจวัดแสง ใช้ตัวความต้านทานเชิงแสง ซึ่งสามารถเปลี่ยนค่าความต้านทานของตัวเองได้ เมื่อมีแสงมากระทบ คือ เมื่อมีคลื่นค่าความต้านทานของตัวต้านทานเชิงแสงจะสูงมาก เป็นล้านโอห์ม แต่เมื่อมีแสงมากระทบค่าต้านทานจะลดลง

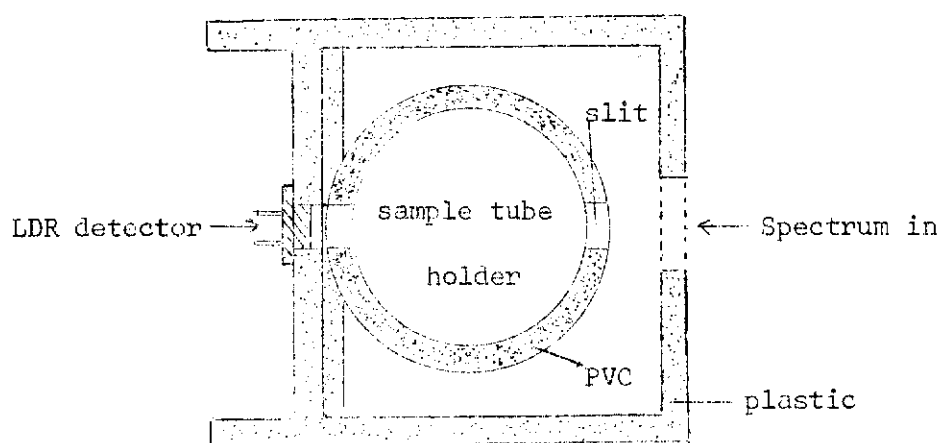
ภาคขยายสัญญาณ ใช้วงจรขยายกระแสไฟฟ้าตรง ขยายกระแสไฟฟ้าที่ผ่านมาจากตัวความต้านทานเชิงแสง กำหนดให้อัตราการขยายกระแสไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ (transistor) ในวงจรมีค่าประมาณ 100 เท่า

มิเตอร์ที่ใช้วัด เป็นมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าตรงขนาด 1 มิลลิแอมป์ โดยเปลี่ยนแปลงหน้าปัดมิเตอร์ให้เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ เต็มสเกล ซึ่งเป็นสเกลเชิงเส้น (linear scale) สำหรับค่าอัตราการดูดกลืนแสง (A) เป็นค่า $\log$ ค่าวนหาได้จากสูตรต่อไปนี้

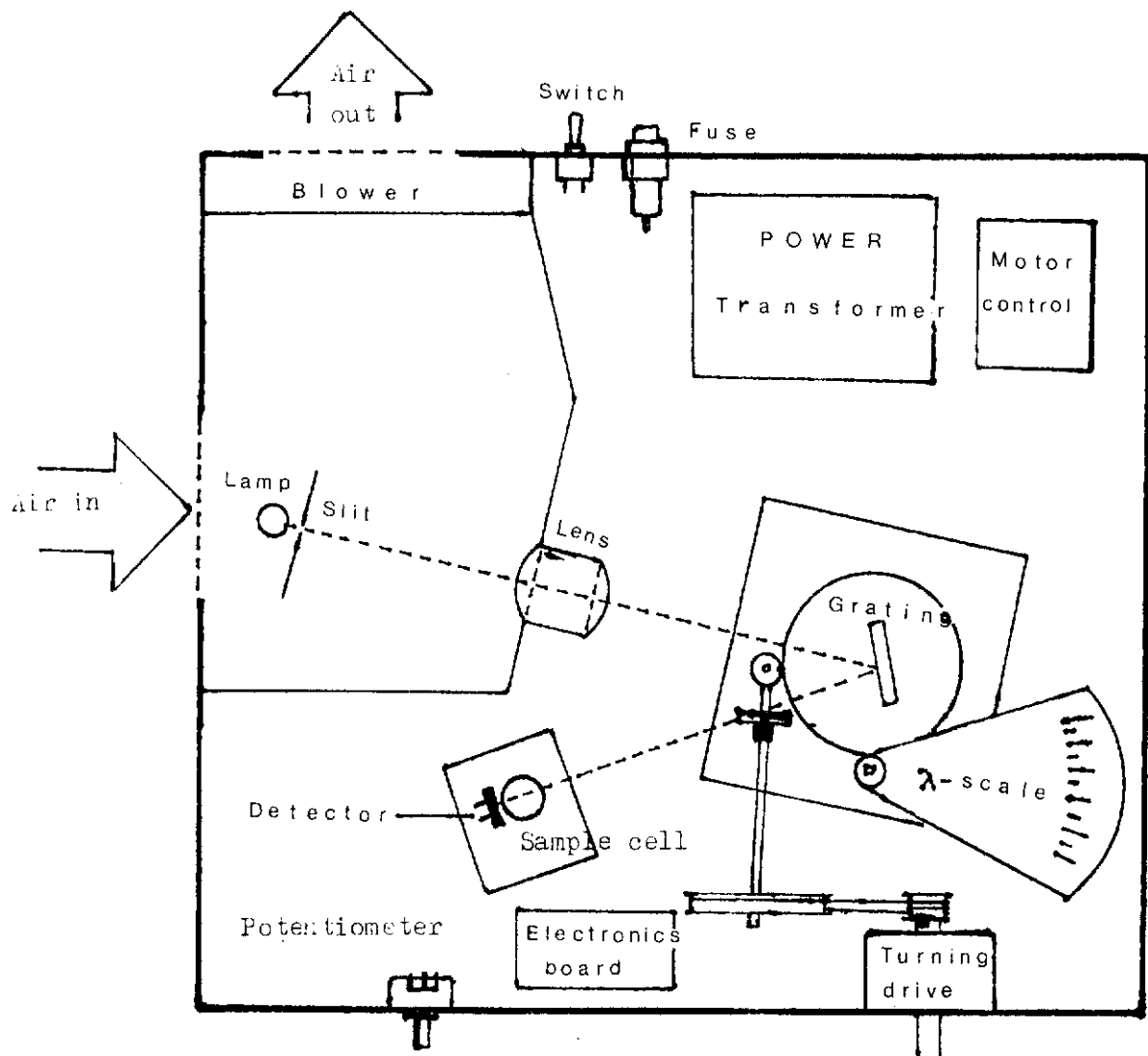
$$A = -\log T$$

$$\text{or } A = 2 - \log \% T$$

พัดลมดูดอากาศ ใช้ระบายความร้อนจากหลอดกำเนิดแสง เป็นพัดลมดูดอากาศขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 นิ้ว ใช้กับแรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ 13 วัตต์ ควบคุมความเร็วด้วยชุดอุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์ เพื่อให้พัดลมหมุนด้วยความเร็วที่เหมาะสม และไม่เกิดการสั่นสะเทือนมาก

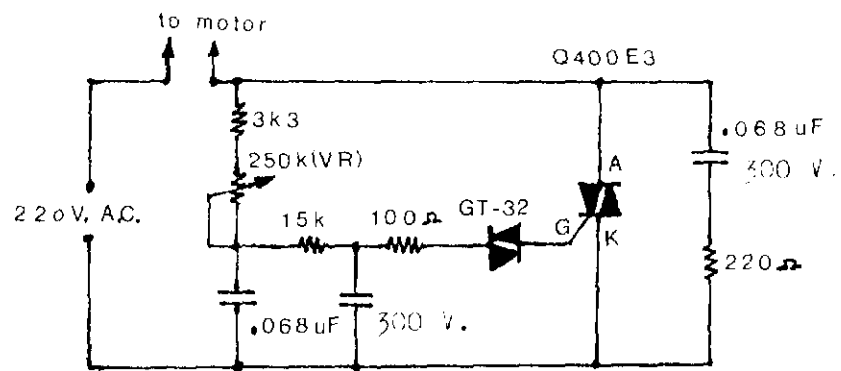


ภาพประกอบ 7 แสดงอุปกรณ์ภาคบรรจุหลอดสารละลาย

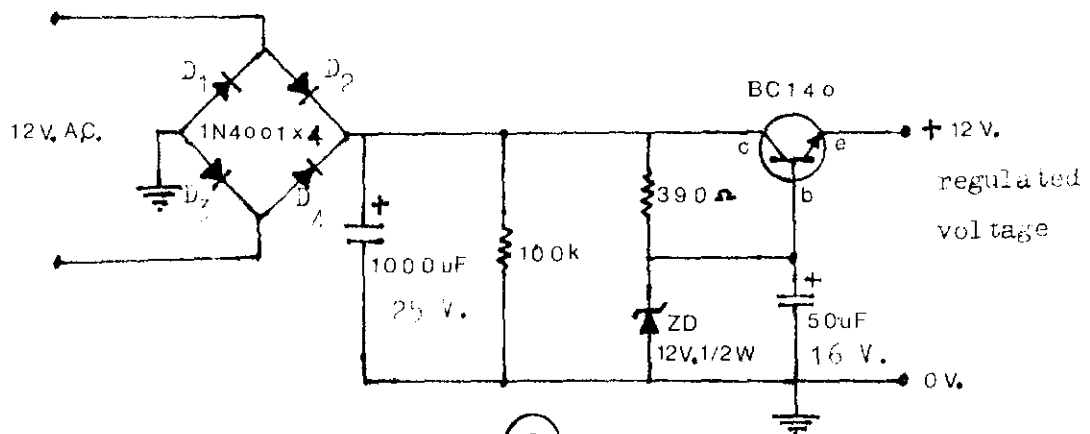


ภาพประกอบ 8 แสดงการวางอุปกรณ์ในเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่สร้าง

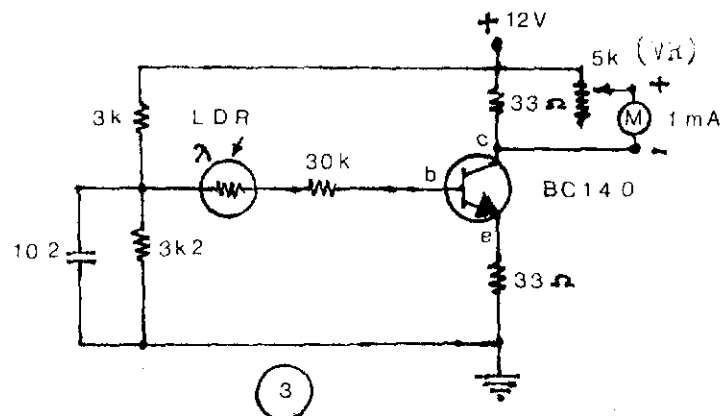
178557



①



②

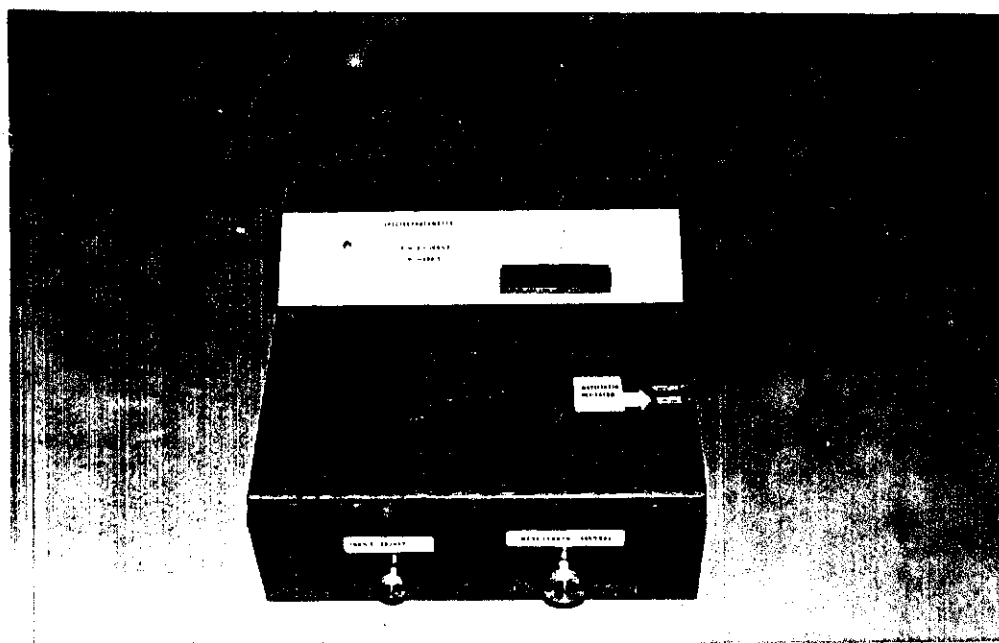
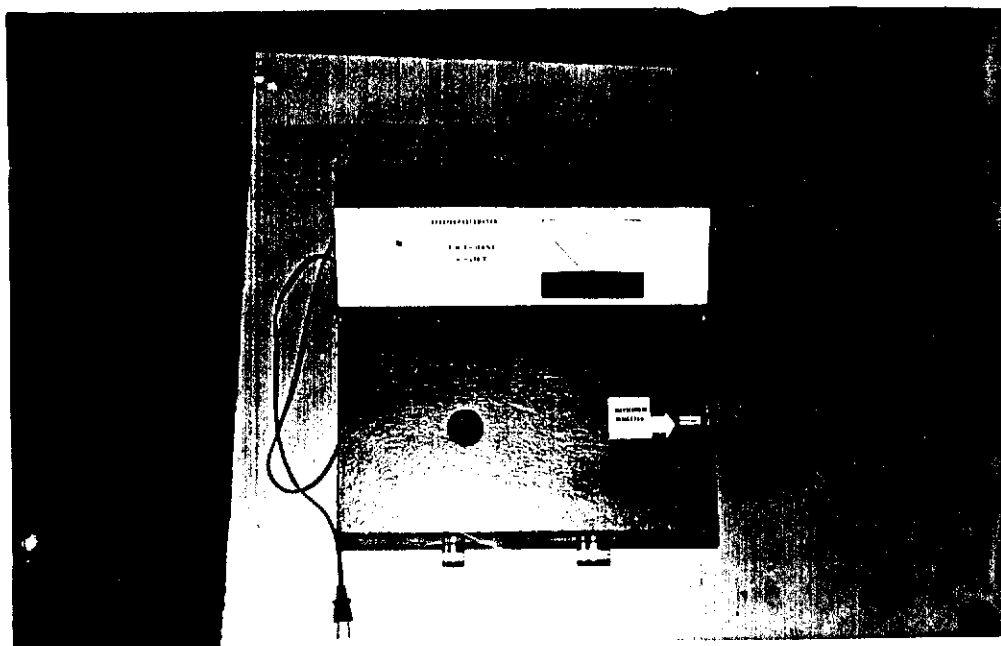


③

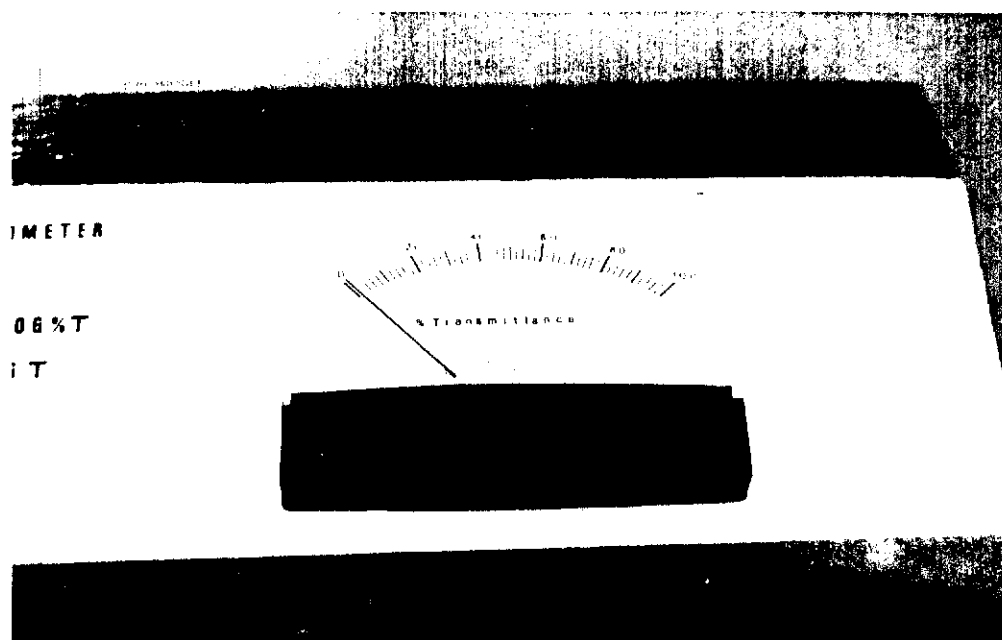
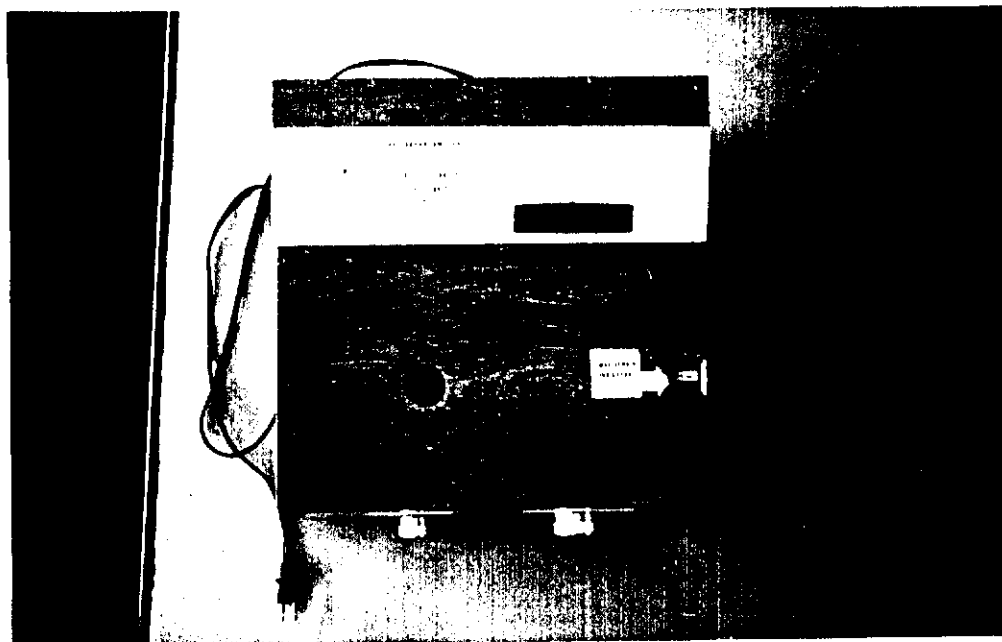
ภาพประกอบ 9 (1) วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์

(2) วงจรควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์

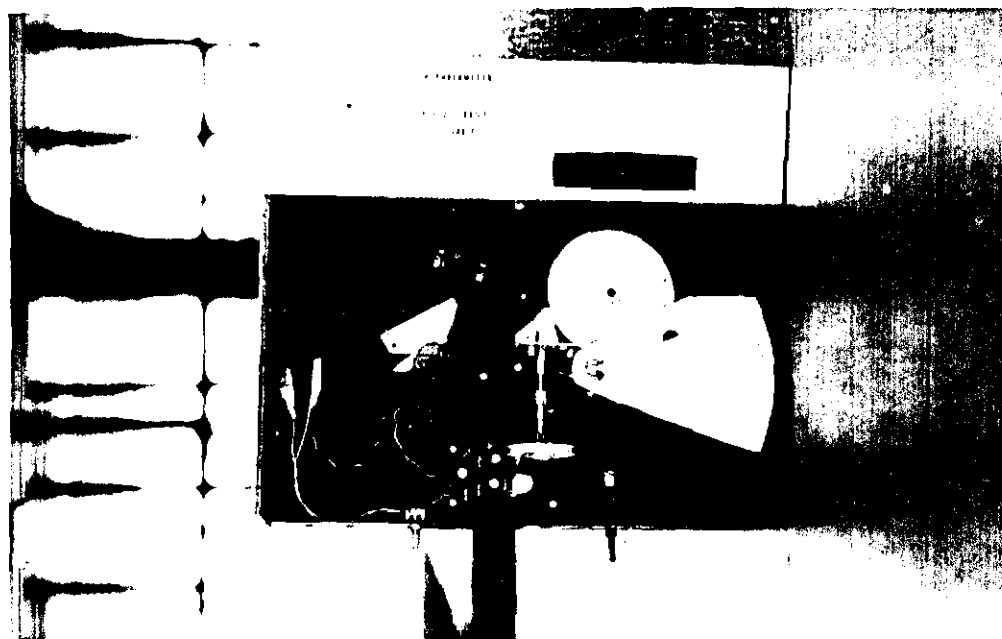
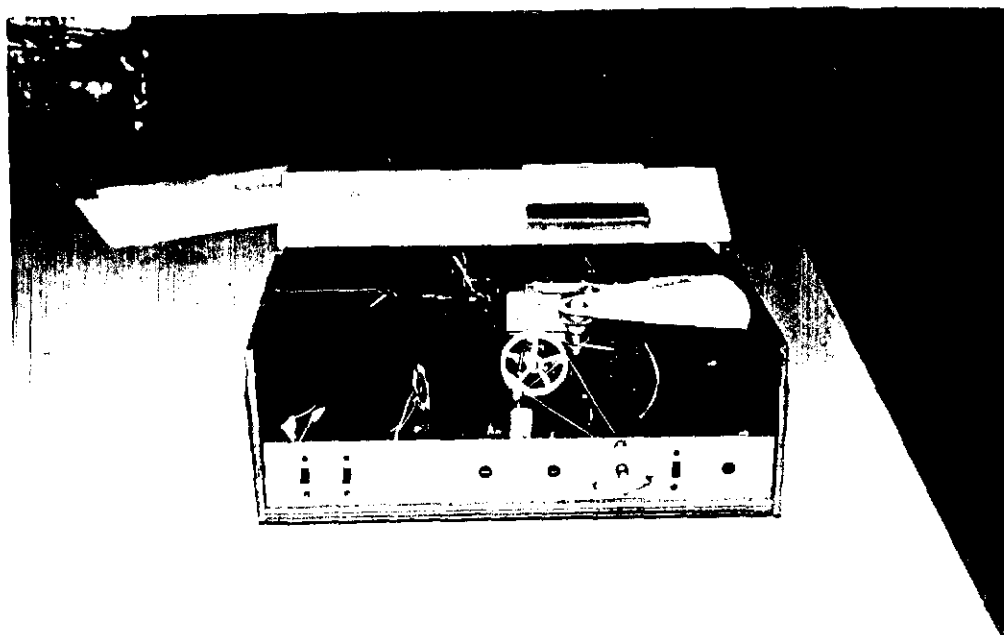
(3) วงจรขยายสัญญาณ



ภาพประกอบ 10 แสดงลักษณะภายนอกของ เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่สร้าง



ภาพประกอบ 11 แสดงมิเตอร์ของเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่สร้าง



ภาพประกอบ 12 แสดงส่วนประกอบภายใน รื่องเล็คโตรโฟโตมิเตอร์ที่สร้าง

การปรับแต่งเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

การปรับแต่งเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ทำเฉพาะการปรับแต่งสเกลบอกความยาวคลื่นแสง (wavelength calibration) ทำดังนี้ คือ

1. ทำสเกลหยาบ ๆ แสดงความยาวคลื่นแสงบนหน้าปัทม์ เริ่มจากความยาวคลื่นแสง 350 นาโนเมตร ถึง 700 นาโนเมตร ซึ่งปรับความยาวคลื่นแสงที่ 400 นาโนเมตรจะมองเห็นแสงสีม่วง ผ่านเข้ายังหลอดบรรจุสารละลายที่วัด และแสงสีแดงก็ความยาวคลื่น 675 นาโนเมตร
2. เตรียมสารละลายต่อไปนี้มาวัดค่าอัตราการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบค่าความยาวคลื่นที่มีอัตราการดูดกลืนแสงสูงสุด ($\lambda_{\max}$) จากการวัดกับค่าที่รายงานไว้ดังนี้ (Lurie. 1975 : 176 - 197)

2.1 สารละลายโรโมลบูล 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในเอทิลแอลกอฮอล์ 20 เปอร์เซ็นต์

ที่ pH 1.2 ค่า $\lambda_{\max}$ = 544 นาโนเมตร

ที่ pH 2.8 ค่า $\lambda_{\max}$ = 430 นาโนเมตร

2.2 สารละลายโบรโมฟีนอลบูล 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในเอทิลแอลกอฮอล์ 20 เปอร์เซ็นต์

ที่ pH 3.0 ค่า $\lambda_{\max}$ = 436 นาโนเมตร

ที่ pH 4.6 ค่า $\lambda_{\max}$ = 592 นาโนเมตร

2.3 สารละลายโบรโมคริสซอลบูล 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในเอทิลแอลกอฮอล์ 20 เปอร์เซ็นต์

ที่ pH 3.8 ค่า $\lambda_{\max}$ = 444 นาโนเมตร

ที่ pH 5.4 ค่า $\lambda_{\max}$ = 617 นาโนเมตร

2.4 สารละลายเมทิลเรด 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในเอทิลแอลกอฮอล์ 60 เปอร์เซ็นต์

ที่ pH 4.2 ค่า $\lambda_{\max}$ = 530 นาโนเมตร

ที่ pH 6.2 ค่า $\lambda_{\max}$ = 427 นาโนเมตร

2.5 สารละลายคริสซอลเรด 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในเอทิลแอลกอฮอล์ 50 เปอร์เซ็นต์

ที่ pH 7.2 ค่า $\lambda_{\max}$ = 434 นาโนเมตร

ที่ pH 8.8 ค่า $\lambda_{\max}$ = 572 นาโนเมตร

การทดลอง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่สร้างกับเครื่องมาตรฐาน

1. ด้านคุณภาพวิเคราะห์ นำสารละลายตัวอย่างซึ่ง เป็นสารละลายที่มีสมาวัดหาค่า การดูดกลืนสเปกตรัมของสารละลายนั้น ๆ เปรียบเทียบระหว่าง เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่สร้างกับเครื่องมาตรฐาน

2. ด้านปริมาณวิเคราะห์ สร้าง calibration curve ของสารที่ต้องการวิเคราะห์ แล้วนำสารตัวอย่างมาวัดค่าอัตราการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่นซึ่งมีค่าอัตราการดูดกลืนแสงสูงที่สุด ($\lambda_{\max}$) ของสารละลายนั้น นำค่าอัตราการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างไปเทียบกับ calibration curve จะได้ปริมาณของสารตัวอย่างที่วิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณสารที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่สร้างกับปริมาณสารที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องมาตรฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็นสองด้าน ได้แก่

1. ข้อมูลทางด้านคุณภาพวิเคราะห์ (เปอร์เซ็นต์ของแสงที่ผ่าน)
2. ข้อมูลทางด้านปริมาณวิเคราะห์

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. t-test แบบ dependence (Ferguson. 1971 : 146 - 159)

$$t = \frac{\Sigma D}{\sqrt{\frac{N\Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{N - 1}}}$$

เมื่อ D แทน ความแตกต่างระหว่างผลการวัดของเครื่องมาตรฐานกับเครื่องที่สร้าง

N แทน จำนวนครั้งของการวัดแต่ละเครื่อง

ΣD แทน ผลรวมของความแตกต่างระหว่างผลการวัดของเครื่องทั้ง 2 เครื่อง

ΣD^2 แทน ผลรวมของกำลังสองของผลต่างระหว่างผลการวัดของเครื่องทั้ง 2 เครื่อง

t แทน ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน t-distribution

2. F-test (Christian. 1977 : 71 - 72)

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$

เมื่อ S_1^2 และ S_2^2 แทน ความแปรปรวนของข้อมูล โดยกำหนดให้ $S_1^2 > S_2^2$

F แทน ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน F-distribution

$$S^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}$$

การวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลผล

1. ข้อมูลด้านคุณภาพวิเคราะห์ ข้อมูลทั้งหมดมี 144 ข้อมูล ทำการสุ่มออก 44 ข้อมูล
เพื่อวิเคราะห์ด้วย t-test 100 ข้อมูล

1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย t-test

ตาราง 1 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย t-test

N	$\sum D$	$(\sum D)^2$	$\sum D^2$	$N \sum D^2$	t
100	3123.5	9756252.25	168256.94	16825694.0	11.69*

$$t_{.05}(99) = 1.98 \quad \text{มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05}$$

จากตาราง 1 แสดงว่า ข้อมูลจากเครื่องมือที่สร้างกับข้อมูลที่ได้จากเครื่องมาตรฐาน
มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย F-test

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย F-test นี้แยกวิเคราะห์สเปกตรัมของสารแต่ละชนิด รวม 4 ชนิด ดังนี้

ตาราง 2 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสเปกตรัมของสารละลาย 4 ชนิด ด้วย F-test

ชนิดของสารละลาย	N	S_1^2 (เครื่องมือมาตรฐาน)	S_2^2 (เครื่องมือที่สร้าง)	F
1	37	1310.44	795.24	1.65
2	37	952.34	421.07	2.26*
3	37	635.54	209.67	3.03*
4	37	932.82	523.49	1.88*

$$F_{.05}(36, 36) = 1.94$$

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสเปกตรัมของสารละลาย 4 ชนิด ด้วย F-test ปรากฏว่า ข้อมูลของสารละลายชนิดที่ 1 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ข้อมูลของสารละลายอีก 3 ชนิด พบว่าข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่สร้างและเครื่องมือมาตรฐาน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ข้อมูลทางด้านปริมาณวิเคราะห์ มีข้อมูล 20 ข้อมูล

2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย t-test

ตาราง 3 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย t-test

N	ΣD	$(\Sigma D)^2$	ΣD^2	$N\Sigma D^2$	t
20	8.25	68.06	15.93	318.6	2.27*

$$t_{.05}(19) = 2.09$$

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 3 แสดงว่า ข้อมูลจากการหาปริมาณวิเคราะห์โดยเครื่องมือที่สร้างขึ้นและเครื่องมือมาตรฐาน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย F-test

ตาราง 4 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย F-test

H	S_1^2 (เครื่องมาตรฐาน)	S_2^2 (เครื่องมือที่สร้าง)	F
20	6.10	4.0	1.52

$$F_{.05}(19, 19) = 2.12$$

จากตาราง 4 แสดงว่า ข้อมูลจากการทำปริมาณวิเคราะห์โดยเครื่องมือที่สร้างและเครื่องมาตรฐาน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทย่อ สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

บทย่อ

ความมุ่งหมายในการวิจัย

1. เพื่อสร้างเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ชนิดแสงเดี่ยว ที่มีราคาถูก
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของ เครื่องมือที่สร้างขึ้น โดยเปรียบเทียบกับเครื่องมาตรฐาน
3. เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่จะทำให้เครื่องมือนี้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เครื่องมาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบ

เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ชนิดแสงเดี่ยว ของบริษัท Bausch and Lomb คือ Bausch and Lomb Spectronic 20 Colorimeter

วิธีดำเนินการวิจัย

1. สร้างเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ชนิดแสงเดี่ยว ซึ่งประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสง ทำด้วยหลอดฮาโลเจน กระจายแสงออกเป็นลำ แปลงด้วยเกรตติงตรวจสอบปริมาณแสงด้วยความต้านทานเชิงแสง สเกลวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ของแสงที่ผ่านสาร (%T)
2. ปรับแต่งสเกลบอกความยาวคลื่นแสงด้วยการวัดสารที่ทราบค่าความยาวคลื่นที่ทำการดูดกลืนแสงสูงสุด (λ_{max})
3. เปรียบเทียบประสิทธิภาพของ เครื่องมือที่สร้างขึ้นกับเครื่องมาตรฐาน ทั้งด้านคุณภาพ วิเคราะห์และปริมาณวิเคราะห์

สรุปผลการวิจัย

1. ราคาเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ชนิดลำแสงเดี่ยวที่สร้างขึ้น เป็นเงิน 4,294.00 บาท ซึ่งเป็นราคาที่ถูกกว่าเครื่องมาตรฐานมาก (เครื่องมาตรฐานราคาประมาณ 40,000.00 บาท)
2. ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องมือที่สร้างกับเครื่องมาตรฐาน ปรากฏว่าประสิทธิภาพของเครื่องมือที่สร้างยังไม่ได้มาตรฐาน คือ ผลการวิเคราะห์ให้ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งด้านคุณภาพวิเคราะห์และปริมาณวิเคราะห์
3. สภาวะอันเหมาะสมที่เครื่องมือสามารถทำงานได้ คือ ช่วงความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 400 - 700 นาโนเมตร

อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ด้านคุณภาพวิเคราะห์พบว่า เครื่องมือที่สร้างมีความสามารถในการจำแนกความเข้มของแสงได้ต่ำมาก บอกความแตกต่างของความเข้มของแสงที่ตกกระทบได้ไม่ดี ผลอันนี้อาจเนื่องมาจากระบบการวัดสัญญาณของเครื่องมือที่สร้างไม่ดีพอ และแตกต่างไปจากระบบของเครื่องมาตรฐาน คือ เครื่องมาตรฐานใช้โฟโตทิวบ์เป็นดีเทคเตอร์ แปลงความเข้มของแสงที่ตกกระทบเป็นสัญญาณไฟฟ้า ส่งไปขยายในระบบขยายสัญญาณ ซึ่งสามารถปรับอัตราการขยายได้ ปรับความแรงของสัญญาณให้ได้ 100 %T โดยปรับความเข้มของแสงที่ผ่านสารละลายเปรียบเทียบกับ (blank or reference) แต่เครื่องมือที่สร้างบด้อยให้แสงทั้งหมดผ่านสารละลายเปรียบเทียบ และสารละลายตัวอย่างไปยังดีเทคเตอร์ ซึ่งใช้ตัวความต้านทานเชิงแสง เมื่อมีแสงมากระทบผิวหน้า จะทำให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าลดลง กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านตัวต้านทานได้มากขึ้น ขยายสัญญาณไฟฟ้าทำให้เกาส์มากขึ้น แล้วแบ่งกระแสไฟฟ้าส่วนหนึ่งไปวัดด้วยมิเตอร์ สามารถปรับกระแสให้สเกลของมิเตอร์อ่านได้ 100 %T โดยการปรับความต้านทานไฟฟ้าของตัวความต้านทานชนิดปรับค่าได้ อันต่อแบบอันดับกับมิเตอร์ เหตุผลอีกประการหนึ่ง คือ การเปลี่ยนแปลงความต้านทานของตัวความต้านทานเชิงแสงกับความเข้มของแสงไม่เป็นการสัมพันธ์เชิงเส้น แต่สาเหตุนี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการหาตัวความต้านทานที่มีค่าเหมาะสมมาต่อแบบอันดับกับตัวความต้านทานเชิงแสง จะทำให้การ

เปลี่ยนแปลงความต้านทานกับความเข้มของแสง เป็นความสัมพันธ์เชิงเส้นมากขึ้น (ประโยชน์
อยู่คงพันธ์ 2521 : 32 - 33) อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าค่าที่วัดได้จากเครื่องมือที่สร้างขึ้นจะ
แตกต่างไปจากค่าที่วัดได้จากเครื่องมือมาตรฐาน แต่แนวโน้มของค่าที่วัดได้ และลักษณะของ
สเปกตรัมที่ได้จากเครื่องมือทั้งสองมีลักษณะคล้ายกัน คือบริเวณใดที่เครื่องมือมาตรฐานวัดได้ค่า
%T ต่ำ เครื่องมือที่สร้างขึ้นก็จะวัดได้ค่า %T ต่ำด้วยเช่นกัน

2. ด้านปริมาณวิเคราะห์พบว่า ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้ มีความ
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ด้านค่าความแปรปรวนของข้อมูลไม่พบความ
แตกต่าง แสดงว่า เครื่องมือที่สร้างขึ้นนี้ไม่สามารถบอกค่าความเที่ยงตรง (accuracy)
ได้ดีเท่ากับเครื่องมือมาตรฐาน แต่สามารถบอกค่าแนวโน้มของปริมาณสารที่ทำการวิเคราะห์ได้
ไม่แตกต่างไปจากค่าที่ได้จากเครื่องมือมาตรฐาน

ข้อเสนอแนะ

1. ภาควิชาตรวจวัดแสงของ เครื่องมือที่สร้างขึ้นยังมีประสิทธิภาพต่ำ ควรได้รับการพัฒนาให้มี
ประสิทธิภาพดีขึ้น โดยเปลี่ยนระบบการควบคุมสัญญาณไฟฟ้าก่อน เข้าภาคขยายสัญญาณ
2. ผู้ที่สนใจและต้องการที่จะพัฒนา เครื่องมือนี้ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ควรศึกษาความรู้
พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องมือนี้ให้มากพอ และต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ด้านอิเล็กทรอนิกส์ด้วย
3. ประสิทธิภาพของ เครื่องมือจากการเปรียบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐาน ทำให้
ทราบว่า เครื่องมือที่สร้างขึ้นนี้ สามารถใช้เป็นเครื่องมือประกอบการสอน เกี่ยวกับหลักการทํางาน
ของ เครื่องมือ และการวิเคราะห์ด้วย เครื่องมือทางสเปกตรัมเบื้องต้น แก่นักเรียนระดับชั้น
มัธยมศึกษาตอนปลายได้ เพราะเป็นเครื่องมือที่มีราคาถูก

ප්‍රකාශනය

บรรณานุกรม

- ประโยชน์ อยู่คงพันธ์ "เครื่องวัดแสง" อิเล็กทรอนิกส์ 79 12 : 32 - 33 พฤศจิกายน 2521
- สมสาร วงษ์อยู่น้อย วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2521, 89 หน้า
- Bauman, Robert P. Absorption Spectroscopy. New York, John Wiley and sons, Inc., 1962. 611 p.
- Christian, Gray D. Analytical Chemistry. 2nd. ed. p. 71 - 72, New York, John Wiley and Sons, Inc., 1977.
- Considine, Douglas M. Van Nostrand Reinhold Encyclopedia. 5th. ed. New York, Van Nostrand Company, 1976. 2370 p.
- _____. Process Instrument and Controls Handbook. New York, McGraw-Hill, 1957. 1v(various paging)
- Ewing, Galen W. Instrumental Methods of Chemical Analysis. 4th. ed. McGraw-Hill Kogakusha Ltd., 1957. 560 p.
- Ferguson, George A. Statistical Analysis in Psychology and Education. 3rd. ed. New York, McGraw-Hill, 1971. 492 p.
- Lurie, Ju. Ju. Handbook of Analytical Chemistry. trans. by Nicholus Bobrov, Moscow, Mir Publishers, 1975. 488 p.
- Pecsok, Robert L. and others. Modern Methods of Chemical Analysis. 2nd. ed. New York, John Wiley and Sons, Inc., 1976. 573 p.
- Sear, Francis Weston. Optics. 3rd. ed. Tokyo, Tosho Insatsu Printing Co. Ltd., 1964. 390 p.
- Straughan, B.P. and S. Walker. Spectroscopy. 2 : 362, New York, John Wiley and Sons, Inc., 1976. 362 p.
- _____. Spectroscopy. 3 : 324, New York, John Wiley and Sons, Inc., 1976.
- Willard, Hobart H. and others. Instrumental Methods of Analysis. 4th. ed. New York, D. Van Nostrand Co., 1965. 784 p.
- _____. Instrumental Methods of Analysis. 5th. ed. New York, D. Van Nostrand Co., 1974. 860 p.

การคำนวณ

ก. ราคาอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ชนิดลำแสงเดี่ยว

1. กล้องบรรจุชิ้นส่วน

1.1 ไม้ขัดขนาด 90 × 180 เซนติเมตร หน้า 6 มิลลิเมตร 1 แผ่น	150 บาท
1.2 แท่นโลหะขนาด 36 × 37.5 นิ้ว 1 แท่น	80 บาท
1.3 ลูกบิดอลูมิเนียม 2 อัน	45 บาท
1.4 สลักแป้นและแฉกเคอร์สแป้น รวม 5 กระป๋อง	150 บาท
1.5 ไม้เกลียว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/8 นิ้ว	30 บาท

2. แหล่งกำเนิดแสง

2.1 หลอด 12 โวลต์ 75 วัตต์ 1 หลอด	175 บาท
2.2 ขาหลอด 1 อัน	75 บาท
2.3 อลูมิเนียมทำช่องให้แสงผ่าน (slit) 1 อัน	10 บาท

3. ภาศทำแสงขนานและกระจายแสง

3.1 เลนส์นูน (Optical lens) 1 ชุด	500 บาท
3.2 เกรตติง (Instrument quality plane reflection grating) ขนาด 1 × 1 นิ้ว 1 ชิ้น	1,700 บาท
3.3 แท่นรองและแกนหมุนเกรตติง 1 ชุด	150 บาท
3.4 เฟืองขับเคสชั่น 1 ชุด	200 บาท
3.5 ชุดแกนหมุน Tuner แบบมีเฟืองทดรอบ 1 ชุด	50 บาท

4. ภาควัดสัญญาณและแสดงผล

4.1 อุปกรณ์ภาค regulator power supply 12 โวลต์ 1 ชุด	60 บาท
4.2 อุปกรณ์ภาคขยายสัญญาณ 1 ชุด	50 บาท
4.3 มิเตอร์ขนาด 1 mA f.s.d. 1 ตัว	250 บาท

5. ภาคลอดบรรจุสารตัวอย่าง

5.1 ท่อพลาสติก PVC	5 บาท
5.2 แผ่นพลาสติก และกาว	10 บาท
5.3 สปริง 2 อัน	5 บาท

6. พัฒนงูตอากาค

6.1 พัฒนงูตอากาคขนาดเล็ก (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้ว)	200 บาท
6.2 ชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ 1 ชุด	65 บาท

7. แหล่งจ่ายไฟฟ้า และอื่น ๆ

7.1 หม้อแปลงไฟฟ้า ขนาด 12 โวลต์ 15 แอมแปร์ 1 ตัว	200 บาท
7.2 หลอดหน้าปัทม์ 1 หลอด	13 บาท
7.3 หลอดไส้ฟิวส์ พร้อมฟิวส์ขนาด 1 แอมแปร์ 1 ชุด	15 บาท
7.4 สวิตช์ 1 อัน	12 บาท
7.5 สายไฟฟ้า	5 บาท
7.6 กล่องสั้งกะสี	80 บาท

รวมค่าใช้จ่าย 4,294 บาท

(สี่พันสองร้อยเก้าสิบสี่บาทถ้วน)

ข. ข้อมูลจากการทำคุณภาพวิเคราะห์และปริมาณวิเคราะห์ โดยเครื่องมือที่สร้างกับเครื่องมือมาตรฐาน

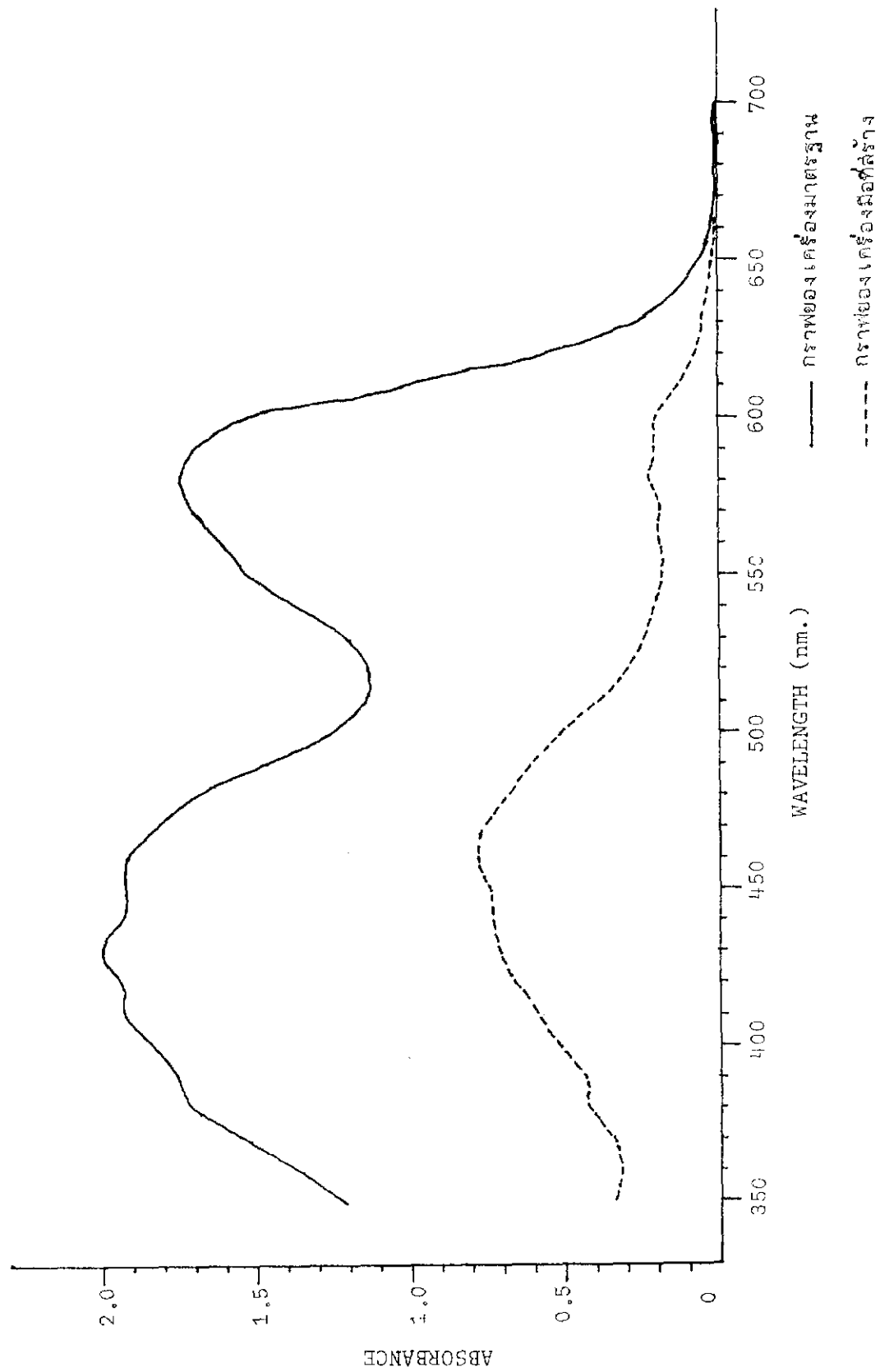
1. การทำคุณภาพวิเคราะห์ วัดค่าการดูดกลืนสเปกตรัมของสารละลาย 4 ชนิด

- 1.1 สารละลายโบรโมฟีนอลบลู ที่ pH 3
- 1.2 สารละลายโบรโมฟีนอลบลู ที่ pH 4.6
- 1.3 สารละลายบรอมโรมอลบลู ที่ pH 9
- 1.4 สารละลายเฟอร์ริกไธโอไซยาเนต $\text{Fe}(\text{SCN})_3$

2. การทำปริมาณวิเคราะห์ วิเคราะห์หาปริมาณของ Fe^{3+} ในสารละลาย 20 ตัวอย่าง

ตาราง 1 แสดงผลการวัดค่า %T ของสารละลายโบรโมฟีนอลบลู ที่ pH 3

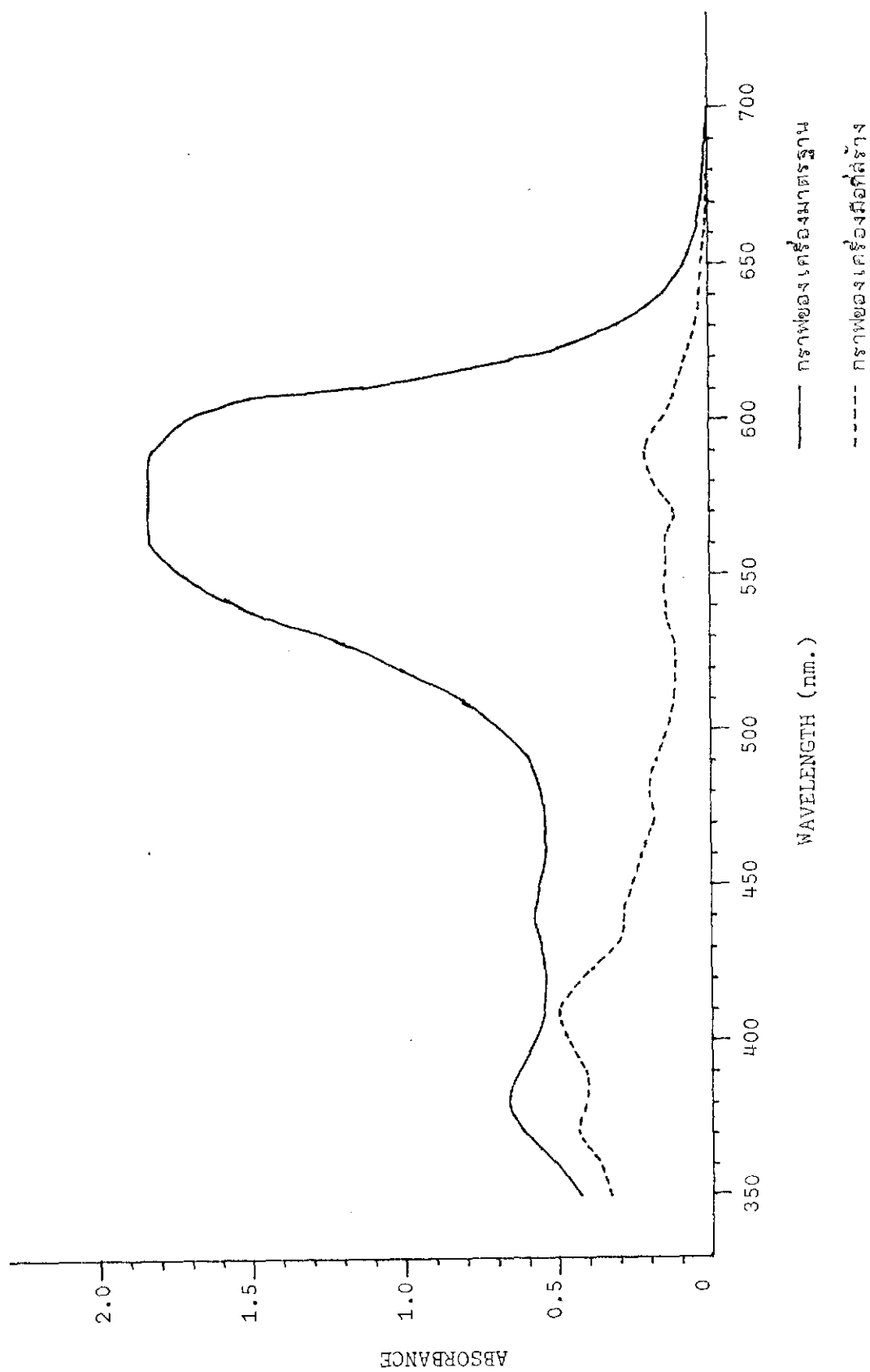
ความยาวคลื่น	built-Inst.	std. Inst.	ความยาวคลื่น	built-Inst.	std.Inst.
nm.	%T	%T	nm.	%T	%T
350	45.5	6.0	530	57.0	6.5
360	47.5	4.5	540	62.0	4.5
370	45.0	3.0	550	65.5	3.0
380	38.0	2.0	560	65.0	2.5
390	37.0	1.8	570	64.5	2.0
400	31.0	1.5	580	60.0	1.8
410	27.0	1.2	590	61.0	2.0
420	22.0	1.2	600	63.5	3.0
430	20.0	1.0	610	74.5	9.5
440	19.0	1.2	620	85.0	27.5
450	18.5	1.2	630	89.0	55.0
460	17.0	1.2	640	94.0	74.5
470	17.5	1.5	650	96.5	88.5
480	21.0	2.0	660	98.0	95.5
490	24.5	3.5	670	99.0	98.0
500	31.0	5.5	680	99.0	99.0
510	41.5	7.2	690	99.0	100.0
520	51.5	7.5	700	99.0	100.0



ภาพประกอบ 1 แสดงการดูดกลืนแสงเปปติโดมของสารละลายยาปฏิชีวนะที่ pH 3

ตาราง 2 แสดงผลการวัดค่า %T ของสารละลายโบรโมฟีนอลบลู ที่ pH 4.6

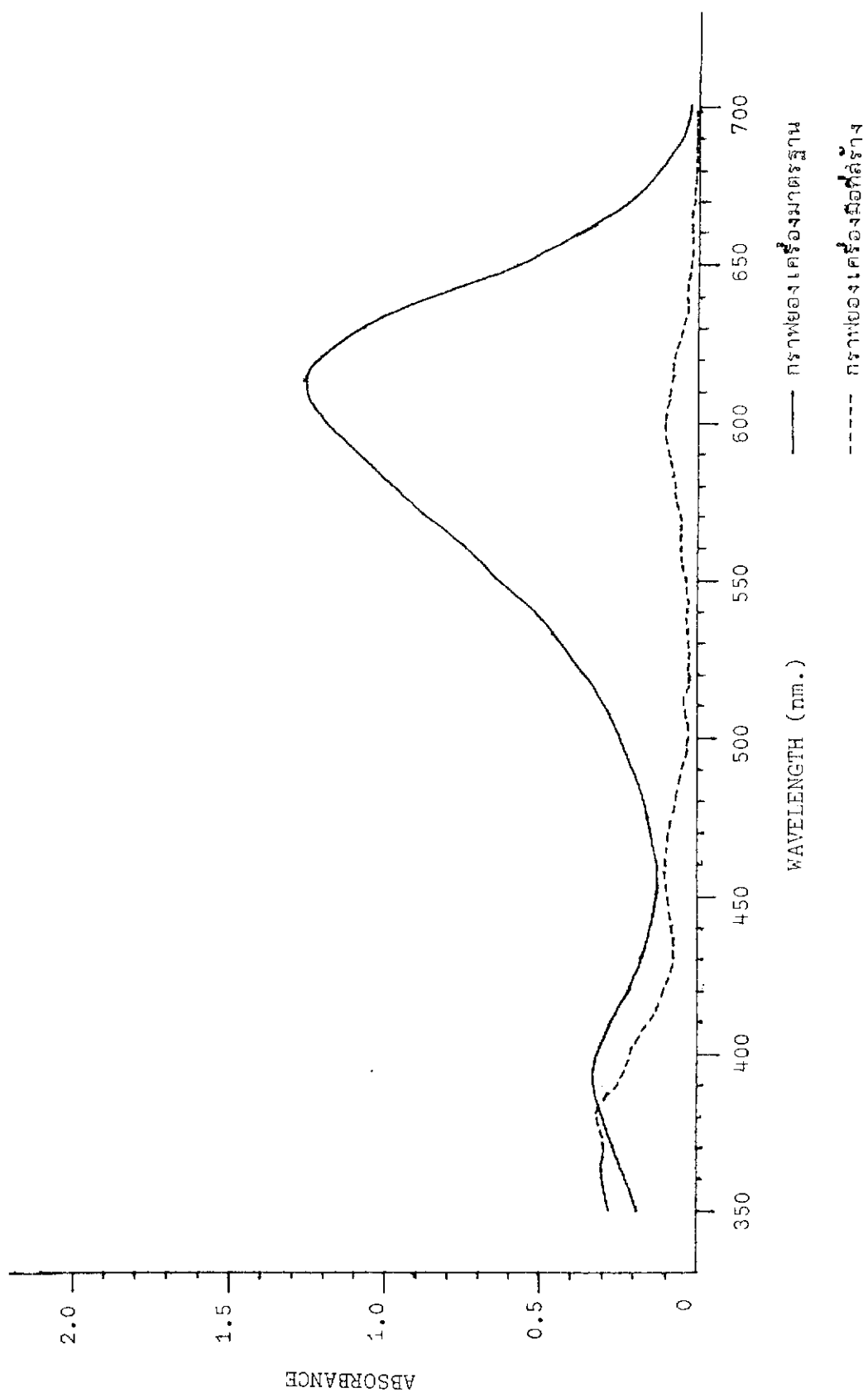
ความยาวคลื่น	built-Inst.	std.Inst.	ความยาวคลื่น	built-Inst.	std.Inst.
nm.	%T	%T	nm.	%T	%T
350	47.0	37.0	530	75.0	6.0
360	44.0	31.5	540	73.0	3.0
370	37.5	25.0	550	73.0	2.0
380	39.0	22.0	560	72.0	1.5
390	39.0	23.0	570	75.0	1.5
400	35.0	26.0	580	66.0	1.5
410	32.0	28.0	590	63.0	2.0
420	37.0	29.0	600	70.0	2.5
430	50.0	28.0	610	77.0	7.5
440	53.0	27.0	620	84.0	24.0
450	54.5	27.5	630	90.0	50.0
460	59.0	28.5	640	94.0	72.0
470	65.5	29.0	650	96.0	86.5
480	64.0	28.0	660	97.5	92.0
490	67.0	26.0	670	99.0	96.0
500	73.0	21.0	680	99.0	96.5
510	75.0	16.0	690	99.0	97.5
520	77.0	10.0	700	99.0	98.0



ภาพประกอบ 2 แสดงการดูดกลืนแสงเปลี่ยนแปลงของสารละลายโปรตีนที่อุณหภูมิ 4.6

ตาราง 3 แสดงผลการวัดค่า %T ของสารละลายบรมไฮมอลบูล ที่ pH 9

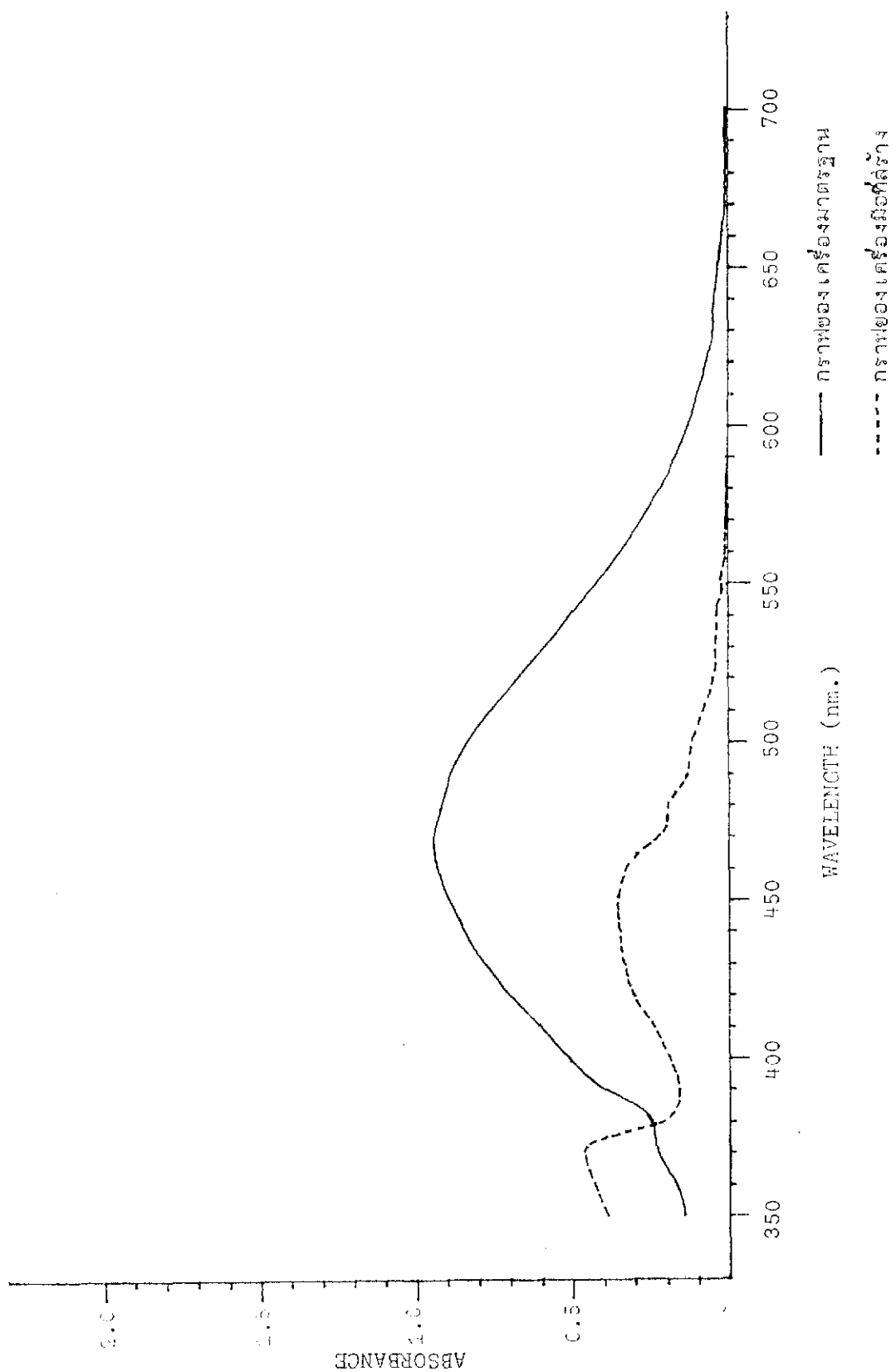
ความยาวคลื่น nm.	built-Inst. %T	std.Inst. %T	ความยาวคลื่น nm.	built-Inst. %T	std.Inst. %T
350	53.0	65.0	530	94.0	36.0
360	49.5	59.0	540	94.0	30.0
370	51.0	53.5	550	91.0	22.5
380	48.0	49.5	560	89.0	18.5
390	56.0	47.0	570	87.0	13.5
400	59.5	47.5	580	85.0	10.5
410	70.0	53.0	590	82.0	8.0
420	78.0	59.5	600	80.0	6.5
430	85.0	66.5	610	81.0	5.5
440	83.0	71.5	620	84.0	6.0
450	82.0	74.0	630	88.0	8.5
460	80.0	74.0	640	91.0	14.5
470	81.0	71.5	650	94.0	26.5
480	85.0	68.0	660	95.0	41.0
490	89.0	62.0	670	96.5	59.0
500	93.0	57.0	680	97.0	74.0
510	91.0	49.5	690	97.0	86.0
520	94.0	42.5	700	97.0	94.0



ภาพประกอบ 3 แสดงการดูดกลืนแสงเปลี่ยนไปของสารละลายโปรตีนเมื่อถูกที่ pH 9

ตาราง 4 แสดงผลการวัดค่า %T ของสารละลายเฟอริคไรโอไซด์

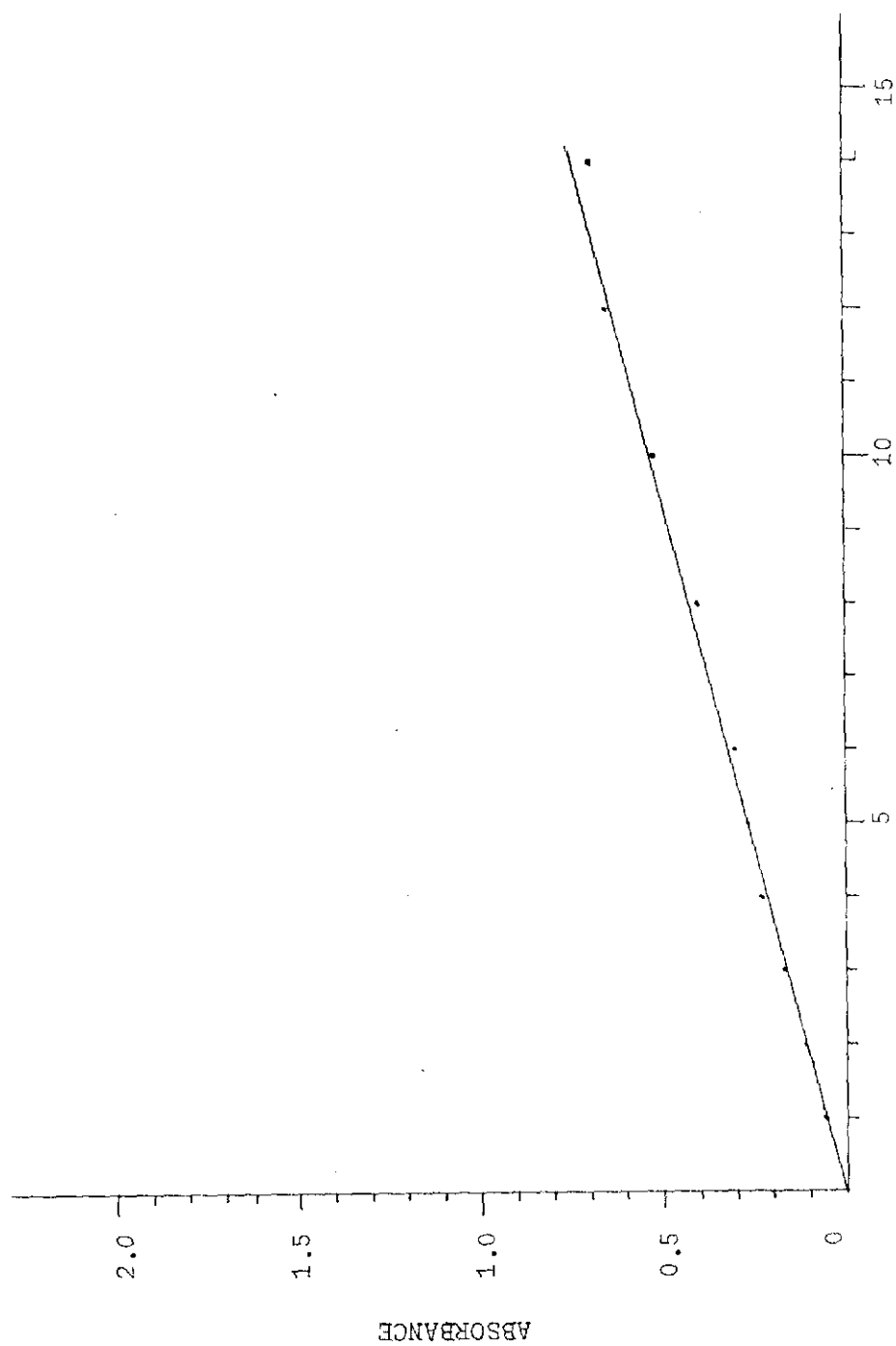
ความยาวคลื่น nm.	built-Inst. %T	std.Inst. %T	ความยาวคลื่น nm.	built-Inst. %T	std.Inst. %T
350	41.0	72.0	530	90.0	25.5
360	37.0	67.0	540	91.0	31.0
370	34.0	59.0	550	96.0	38.0
380	64.0	59.0	560	97.0	45.5
390	65.0	40.0	570	98.0	52.0
400	65.0	30.0	580	99.0	61.0
410	59.0	25.0	590	99.5	68.0
420	49.0	20.5	600	100.0	73.5
430	47.0	16.5	610	100.0	79.0
440	46.0	14.5	620	100.0	84.0
450	45.0	13.0	630	100.0	88.0
460	47.0	12.0	640	100.0	90.0
470	63.0	11.5	650	100.0	93.0
480	63.0	12.0	660	100.0	94.0
490	76.0	13.0	670	100.0	96.0
500	76.0	14.5	680	100.0	97.0
510	84.0	17.5	690	99.0	97.5
520	88.0	21.0	700	98.0	98.0



ภาพประกอบ 4 แสดงการดูดกลืนแสงเปลี่ยนของสารละลายโพธิ์โรไฮเอเนต

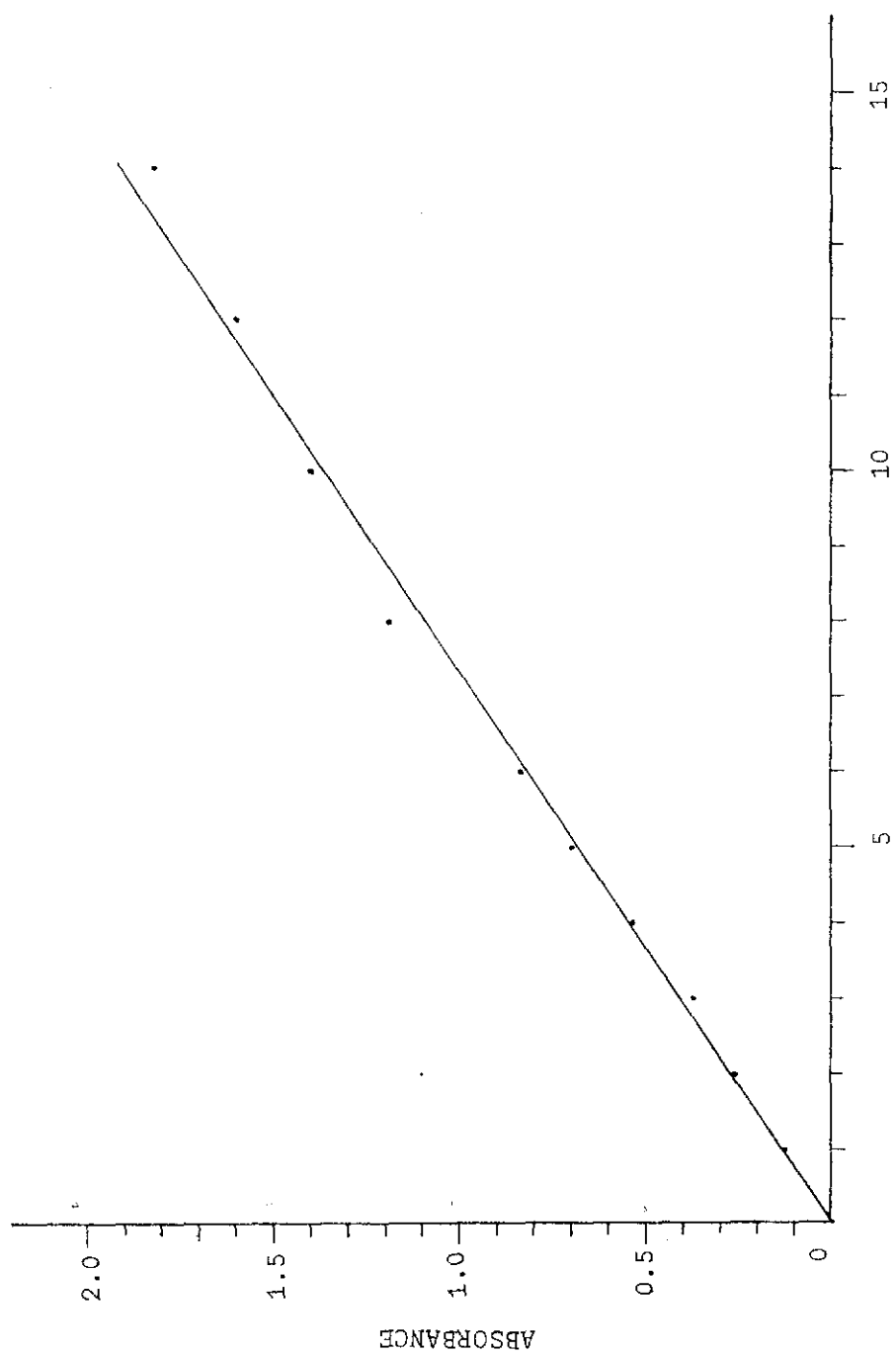
ตาราง 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{3+} กับอัตราการดูดกลืนแสงของเครื่องมือที่สร้างและเครื่องมือมาตรฐาน ในการทำ calibration curve

ความเข้มข้นของ สารละลาย Fe^{3+} ppm	ผลการวัดด้วยเครื่องมือที่สร้าง ที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร		ผลการวัดด้วยเครื่องมือมาตรฐาน ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร	
	%T	Absorbance	%T	Absorbance
1.0	87.0	0.06	76.5	0.12
2.0	78.0	0.11	54.5	0.26
3.0	68.0	0.17	43.0	0.37
4.0	60.0	0.22	29.5	0.53
5.0	54.0	0.27	20.0	0.70
6.0	50.0	0.30	14.5	0.84
8.0	40.0	0.40	6.5	1.19
10.0	30.0	0.52	4.0	1.40
12.0	22.5	0.65	2.5	1.60
14.0	20.5	0.69	1.5	1.82



ความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{3+} (ppm)

ภาพประกอบ 5 Calibration curve ของเครื่องวัดสีสร้าง



ความเข้มข้นของสารละลาย Fe^{3+} (ppm)

ภาพประกอบ 3 Calibration curve ของเครื่องมาตรฐาน

ตาราง 6 แสดงค่า %T และค่าอัตราการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง

ลำดับที่ของ สารละลาย ตัวอย่าง Fe ³⁺	ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือที่สร้าง ที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร			ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือมาตรฐาน ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร		
	%T	Absorbance	ปริมาณ Fe ³⁺ ppm	%T	Absorbance	ปริมาณ Fe ³⁺ ppm
1	75.0	0.12	2.1	55.5	0.26	2.0
2	70.0	0.15	2.7	40.0	0.40	3.05
3	75.0	0.12	2.1	59.5	0.22	1.7
4	86.0	0.06	1.0	79.5	0.10	0.8
5	67.0	0.17	3.1	40.5	0.39	3.0
6	60.0	0.22	4.0	30.0	0.52	3.95
7	56.0	0.25	4.55	28.5	0.54	4.1
8	66.0	0.18	3.25	38.0	0.42	3.2
9	89.0	0.05	0.9	56.0	0.25	1.95
10	58.0	0.24	4.3	23.5	0.63	4.75
11	40.0	0.40	7.3	5.5	1.26	9.45
12	70.0	0.15	2.7	42.0	0.38	2.9
13	43.0	0.37	6.75	7.0	1.15	8.65
14	45.0	0.35	6.4	7.5	1.12	8.4
15	56.0	0.25	4.5	28.5	0.54	4.2
16	60.0	0.22	4.0	23.5	0.63	4.75
17	41.0	0.39	7.1	10.0	1.0	7.5
18	50.0	0.30	5.4	14.5	0.84	6.3
19	73.0	0.14	2.5	45.0	0.35	2.65
20	40.0	0.40	7.3	12.0	0.92	6.9

การสร้างสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ชนิดลำแสงเดี่ยว

บทคัดย่อ

ของ

มนตรี รัตนวิจิตร

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

พฤษภาคม 2525

สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ชนิดลำแสงเดี่ยวที่สร้างขึ้น เป็นเครื่องมือราคาถูก ประกอบด้วย ส่วนสำคัญ 4 ส่วน ได้แก่ หลอดทังสเตนฮาโลเจน เป็นแหล่งกำเนิดแสง เลนส์ออปติคอล เป็น เลนส์คอลลิเมตติ้งทำให้เกิดลำขนาน แผ่นเกรตติ้งเป็นอุปกรณ์สำหรับกระจายสเปกตรัม และตัว ความต้านทานเชิงแสงเป็นภาคีเทคเตอร์ สเกลของมิเตอร์แบ่งออกเป็น 100%T เครื่องมือนี้ ทำงานได้ในช่วงความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 400 - 700 นาโนเมตร จากการเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพของเครื่องมือที่สร้างขึ้นกับเครื่องบอส์ และ สอมบี้ สเปคโตรนิค 20 คลเลอริมิเตอร์ ทั้งคุณภาพวิเคราะห์และปริมาณวิเคราะห์ด้วย t-test และ F-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .05 ปรากฏว่า พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสำหรับข้อมูลด้านความเที่ยงตรง (accuracy) แต่สำหรับด้านความแม่นยำ (precision) พบความแตกต่างเพียงบางกรณีเท่านั้น

THE CONSTRUCTION OF SINGLE BEAM SPECTROPHOTOMETER

AN ABSTRACT

BY

MONTREE RATANAWIJITR

Presented in partial fulfillment of the requirements

for the Master of Education degree

at Srinakharinwirot University

February 1982

A low-cost single beam spectrophotometer has been constructed. The assembly of the instrument consists of four main parts, a tungsten halogen lamp as a light source, an optical lens as a collimating lens to make parallel light, a plane grating as a device for dispersing spectrum and a photoresistor as a detector. A meter scale is divided into 100%T with the operating wavelength between 400 - 700 nm. The efficiency of the built-spectrophotometer has been compared with the Bausch and lomb Spectronic 20 Colorimeter in both qualitative and quantitative analysis using t-test and F-test of significant level .05. The results show significant difference in accuracy but not precision.