

การสร้าง Polarimeter สำหรับใช้วัด optical activity ของสาร

ปริญญานิพนธ์

ของ

สุรชาติ นัครสุทธิพงษ์

THE LIBRARY
COLLEGE OF EDUCATION
BANGKOK, THAILAND

เสนอต่อวิทยาลัยวิชาการศึกษา

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญากิจการศึกษามหาบัณฑิต

8 ตุลาคม 2514

การสร้าง Polarimeter สำหรับใช้วัด optical activity ของสาร

บทคัดย่อ

ของ

สุรชาติ นัทรสูทธิพงษ์

เสนอต่อวิทยาลัยวิชาการศึกษา

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

8 ตุลาคม 2514

การสร้าง Polarimeter สำหรับใช้วัด optical activity ของสาร

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะสร้าง Polarimeter ชนิดที่ทำได้ง่าย และราคาถูก สำหรับใช้วัด optical activity ของสาร

Polarimeter ที่สร้างขึ้นใช้ Polaroid เป็น polarizer และ analyser มีเวอร์เนียประกอบกับโปรแทรกเตอร์วงกลมซึ่งแบ่งละเอียด 0.5 องศา ทำให้อ่านค่ามุมที่ขยับเบนไปได้ละเอียดถึง 0.05 องศา แหล่งแสงได้จากหลอดไฟฉายเดินทาง 6 โวลต์ ประกอบกับ filter พลาสติกสีส้ม (P-202) หลอดสารละลายทำจากท่อ p.v.c. ทากาวติดกับแผ่นกระจกด้วยกาว Sony คาอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างครั้งนี้คิดเป็นเงินประมาณ 223 บาท

ผลการทดลอง เมื่อนำ Polarimeter ไปวัด optical activity ของสารทางอินทรีย์เคมีและชีวเคมี โดยทำการทดลองในห้องปรับอากาศอุณหภูมิ 25°C ปรากฏว่า

- (1) ใช้วัด optical activity ของน้ำตาลได้ดีพอควร
- (2) ไม่เหมาะสมที่จะใช้วัด optical activity ของ amino acid เพราะ amino acid ส่วนใหญ่มีค่า angle of rotation ต่ำ
- (3) ใช้หาความเข้มข้นของ D(+)Galactose, D(+)Glucose และ Sucrose ได้ดี

THE CONSTRUCTION OF A POLARIMETER TO MEASURE
THE OPTICAL ACTIVITY OF SUBSTANCES

ABSTRACT

BY

SURACHART CHATSUTTIPONG

Presented in Partial Fulfilment of the Requirement
for the Master of Education Degree
at the College of Education
October 8, 1971

THE CONSTRUCTION OF A POLARIMETER TO MEASURE THE OPTICAL ACTIVITY OF SUBSTANCES

The purpose of this study was to construct a polarimeter, which was simple and cheap, to measure the optical activity of substances. Polaroid sheets were used as polarizer and analyser in this polarimeter. Attached to the kit was a vernier, and a circular protractor, graduated to 0.5°. The light source was a 6 V light bulb covered with an orange plastic filter (P-202). The solution tube was made from polyvinylchloride (p.v.c.) substance. The tube was glued to glass plates by Sony paste. The cost of this construction was about 223 baht.

Experimental results: The polarimeter was used to measure the optical activity of organic and biochemical substances. The experiments were carried out in a room of controlled temperature at 25°C. The results showed that

(1) it can be used to measure the optical activity of sugar solutions to a sufficient degree of accuracy.

(2) it was not suitable for measuring the optical activity of amino acids because most amino acids have a small angle of rotation.

(3) it was capable of measuring the concentration of D(+)Galactose, D(+)Glucose and Sucrose with some degree of accuracy.

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตได้พิจารณาปัญหานี้นพนธ์
ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
การศึกษามหาบัณฑิตของวิทยาลัยวิชาการศึกษาได้

ผศ. สะเกษม ใจ ประธาน

วณิช อัครมณี กรรมการ

8 ตุลาคม 2514

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงด้วยดีก็เนื่องจากผู้เขียนได้รับคำแนะนำและช่วยเหลือจาก อาจารย์ คร. นิดา สะเพียรชัย และ อาจารย์วณิดา อัครปรีดี จึงขอขอบพระคุณไว้เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ Dr. A.F. Kapauan อดีตผู้อำนวยการโครงการปรับปรุงการสอนเคมีในเอเชีย องค์การศึกษาวិทยาศาสตร์และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ (ยูเนสโก) ที่กรุณาให้คำแนะนำเบื้องต้นในการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้

สุรชาติ นัครสุทธิพงษ์

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายในการศึกษาครั้งนี้	3
	ขอบเขตของการศึกษาครั้งนี้	3
	ความสำคัญของการศึกษาครั้งนี้	4
	คำจำกัดความศัพท์เฉพาะ	4
	วิธีดำเนินการครั้งนี้	5
	การวิเคราะห์ข้อมูล	5
2	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาครั้งนี้	6
3	การสร้างเครื่องมือ	17
	Polarimeter	18
	ฐาน Polarimeter และแหล่งแสง	24
	หลอดสำหรับใส่สารละลาย... ..	26
	การอ่านเวอร์เนียร์	27
	การทดสอบการทำงานของเครื่องมือ	28
4	วิธีดำเนินการทดลองและผลการทดลอง	31
	การวัด optical activity ของสารอินทรีย์... ..	31
	การวัด optical activity ของ amino acid	35
	การหาความสัมพันธ์ระหว่าง optical activity กับความเข้มข้นของน้ำตาล	41
5	อภิปรายผล	46
	วิธีสร้างเครื่องมือ	46
	ผลการทดลอง	48

บทที่	หน้า
6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	52
บรรณานุกรม	54
ภาคผนวก	57

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงค่า optical rotation ของน้ำตาล	29
2	แสดงค่า specific rotation ของน้ำตาล	30
3	แสดงค่า angle of rotation ของน้ำตาล	32
4	แสดงค่า specific rotation ของน้ำตาล	33
5	แสดงค่า specific rotation ของน้ำตาล	34
6	แสดงค่า angle of rotation ของ amino acid	36
7	แสดงค่า specific rotation ของ amino acid	38
8	แสดงค่า specific rotation ของ amino acid	40
9	แสดงค่า angle of rotation ของน้ำตาลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ	42

บัญชีภาพประกอบ

รูป		หน้า
1	แสดงภาพถ่าย Polarimeter	7
2	แสดงแผนผัง Polarimeter	7
3	แสดงแผนฐานทองเหลือง	8
4	แสดงแผนผังคานบนและคานข้างของเครื่องมือ	9
5	แสดงหลอดสำหรับใสสารละลาย	10
6	แสดงหลอดสำหรับใสสารละลาย	11
7	แสดงการติดกระดาษกรองกับแผ่นสไลด์	11
8	แสดงภาพถ่าย Polarimeter ของ Nechamkin	12
9	แสดงส่วนประกอบของ Polarimeter	13
10	แสดงหลอดสำหรับใสสารละลาย	13
11	แสดงส่วนประกอบของ Polarimeter ของ Spear	14
12	แสดงแผนผังของ Polarimeter	15
13	แสดงภาพถ่ายของ Polarimeter	15
14	แสดงแผนผังตามขวางของ Polarimeter	16
15	แสดงส่วนประกอบของ Polarimeter	17
16	แสดง Polarimeter ซึ่งพร้อมที่จะใช้ทดลองได้	18
17	แสดงอุปกรณ์ของ Polarimeter ขนาดเป็นเซนติเมตร... ..	18
18	แสดงอุปกรณ์ของ Polarimeter ขนาดเป็นเซนติเมตร... ..	19
19	แสดงอุปกรณ์ของ Polarimeter ขนาดเป็นเซนติเมตร... ..	19
20	แสดงการเลี้ยวทอ p.v.c. ขนาดเป็นเซนติเมตร	20
21	แสดงการเลี้ยว p.v.c. ตามข้อ 15 ขนาดเป็นเซนติเมตร	20
22	แสดงการติดแผ่นพลาสติก ขนาดเป็นเซนติเมตร	21
23	แสดงการติดแผ่นพลาสติกในข้อ 3... ..	21

รูป		หน้า
24	แสดงพื้นที่ของ p.v.c. ที่ไม่ทาสี	21
25	แสดงการกัด p.v.c. ตามข้อ 5 ขนาดเป็นเซนติเมตร	22
26	แสดงอุปกรณ์ในข้อ 6 (มองจากด้านบน)	22
27	แสดงการประกอบอุปกรณ์ของเครื่องมือ	23
28	แสดงการประกอบอุปกรณ์ของเครื่องมือ	23
29	แสดงการติดตั้งเวอร์เนียร์	24
30	แสดงฐาน Polarimeter และแหล่งแสงรวมทั้งฝาครอบ... ..	26
31	แสดงหลอดสารละลาย	27
32	แสดงการอ่านเวอร์เนียร์	27
33	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง angle of rotation กับความ - เข้มข้นของ D(+) Galactose	43
34	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง angle of rotation กับความ - เข้มข้นของ D(+) Glucose	44
35	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง angle of rotation กับความ - เข้มข้นของ Sucrose	45
36	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง angle of rotation กับความ - เข้มข้นของ Sucrose เมื่อใช้ Polarimeter ของ Vennos	51

ภูมิหลัง

ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันอยู่ทั่วไปแล้วว่า วิทยาศาสตร์มีส่วนสำคัญในการสร้างความเจริญให้เกิดขึ้นแก่ประเทศชาติ การพัฒนาประเทศทั้งทางด้านการเกษตรกรรม อุตสาหกรรมและทางด้านอื่น ๆ จำเป็นต้องอาศัยความเจริญทางวิทยาศาสตร์เป็นรากฐานควบคู่กัน ประเทศต่าง ๆ จึงพากันให้ความสนใจในเรื่องการสอนวิทยาศาสตร์มากขึ้น เพราะเมื่อประชาชนมีความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ดี ก็ย่อมจะนำเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการประกอบอาชีพ ตลอดจนดำรงชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อความเจริญมั่นคงของประเทศชาติ

ประเทศไทยได้เริ่มปรับปรุงการสอนวิทยาศาสตร์อย่างจริงจัง โดยการจัดตั้งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขึ้น ตามโครงการจะได้มีการเปลี่ยนแปลงหลักสูตร เนื้อหาและวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวใหม่ เป็นการสอนโดยยึดการทดลองเป็นพื้นฐาน แต่การสอนวิทยาศาสตร์โดยการทดลองนั้นจะต้องมีอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ซึ่งตามปกติจะมีราคาแพง การสั่งซื้อจากต่างประเทศย่อมไม่เพียงพอ เพราะฐานะทางเศรษฐกิจของประเทศไทยไม่อำนวย การค้นคว้าสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ชนิดที่ทำได้ง่ายและราคาถูก จึงเป็นสิ่งที่สอดคล้องกับความต้องการของประเทศ

ในการสอนวิชาเคมีซึ่งเป็นแขนงหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์นั้น เนื้อหาที่จะต้องให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเป็นอย่างดีคือ

1. การเกิดสารประกอบ (Compound formation)
2. โครงสร้าง (Structure)
3. สมดุลเคมี (Chemical equilibria)
4. อัตราของปฏิกิริยา (Rate of reaction)
5. กลไกของปฏิกิริยา (Reaction mechanism)

โครงสร้างของสารเป็นเรื่องหนึ่งที่มีความสำคัญมาก สารบางชนิดแม้จะมีสูตรโมเลกุลเหมือนกันแต่ถ้าโครงสร้างแตกต่างกัน สมบัติก็แตกต่างกันมาก การศึกษาโครงสร้างของสารย่อมจะนำไปสู่ความเข้าใจในเรื่องสมบัติและการเกิดปฏิกิริยาของสารด้วย การศึกษาโครงสร้างของสารจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือทางฟิสิกส์เข้าช่วยซึ่งมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน แต่ละชนิดก็เหมาะสมกับการศึกษาโครงสร้างของสารเป็นเรื่อง ๆ ไป การศึกษาเรื่อง optical activity ของสารซึ่งเป็นสมบัติของสารในการบดเบนแสง - polarize ไปทางซ้ายหรือทางขวาอันเป็นผลมาจากการจัดเรียงของอะตอมภายในโครงสร้างของสารนั้น จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือที่เรียกว่า Polarimeter แต่เครื่องมือนี้มีราคาแพง สถาบันต่าง ๆ ยังขาดแคลนอยู่มาก การศึกษาเรื่อง optical activity ของสารโดยทั่ว ๆ ไปจึงยังไม่สมบูรณ์

Arago (7) เป็นคนแรกที่ค้นพบ optical activity ของสาร โดยในปี ค.ศ. 1811 เขาพบว่าแผ่นควอตซ์ (quartz) สามารถบดเบนแสง polarize ได้ แต่ก็ไม่ได้บอกรายละเอียดไว้มากนัก ผู้ที่ให้ความกระจ่างในเรื่องนี้มากขึ้นคือ Biot (17) เขาได้ติดตามศึกษา optical activity ของสารอยู่หลายปี แต่ความรู้เกี่ยวกับ optical activity ของสารก็ยังไม่กว้างขวางพอ

ผู้เริ่มต้นยุคแห่งการค้นพบในเรื่องนี้คือ Pasteur (4) ในปี ค.ศ. 1848 เขาได้พิสูจน์ให้เห็นว่า tartaric acid อาจจะปรากฏอยู่ได้ 2 รูป (form) ซึ่งแต่ละรูปจะบดเบนแสง polarize ไปในทิศทางตรงข้ามกัน เขาคิดว่า optical activity ของสารนั้นอาจจะเนื่องมาจากการขาดสมมาตร (lack of symmetry) ของโมเลกุลของสาร

ทฤษฎีเกี่ยวกับ optical activity ของสารยังไม่ก้าวหน้าจนกระทั่งในปี ค.ศ. 1871 Van't Hoff และ Le Bel (5) ต่างก็เสนอทฤษฎีออกมาตรงกันว่า optical activity ของสารอินทรีย์ขึ้นอยู่กับ asymmetric carbon atom เขาทั้งสองต่างก็สันนิษฐานว่า ถ้า bond ทั้งสี่ของอะตอมของคาร์บอนไปเกาะกับอะตอมหรืออนุมูลที่แตกต่างกัน จะทำให้เกิดสารซึ่งสามารถบดเบนแสง polarize ไปทางซ้ายหรือทางขวาได้

การศึกษาเรื่อง optical activity ของสารจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือที่เรียกว่า Polarimeter ซึ่งได้รับการพัฒนามาจากเครื่องมือที่สร้างโดย Mitscherlich (18) แต่ Polarimeter ที่สร้างขึ้นในระยะต้น ๆ ยังมีประสิทธิภาพต่ำ เมื่อมีผู้คิดค้นแก้ไขข้อบกพร่อง โดยนำเทคนิคใหม่ ๆ เข้ามารวมกันทำให้ Polarimeter ในระยะหลัง ๆ มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จนในปัจจุบันบริษัทที่ผลิตเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในต่างประเทศต่างก็ผลิต Polarimeter ที่มีประสิทธิภาพออกมาจำหน่าย แต่ Polarimeter ดังกล่าวยังมีราคาสูงมาก ทำให้สถาบันอุดมศึกษาต่าง ๆ ไม่มีงบประมาณที่จะจัดซื้อให้เพียงพอความต้องการได้ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ทางด้านนี้จึงหนักไปในทางทฤษฎี แต่ขาดการปฏิบัติหรือการทดลอง ซึ่งขัดกับอุดมการณ์ของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ดังนั้น การค้นคว้าสร้าง Polarimeter ชนิดที่ทำได้ง่ายและราคาถูก โดยมีประสิทธิภาพที่พอสมควรก็น่าจะเป็นประโยชน์โดยตรงต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ความมุ่งหมายในการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อสร้าง Polarimeter ชนิดที่ทำได้ง่ายและราคาถูก
2. เพื่อใช้เครื่องมือในข้อ 1. วัด optical activity ของสาร
3. เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือที่สร้างขึ้น
4. เพื่อหาสภาวะอันเหมาะสมที่จะทำให้เครื่องมือมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. จำกัดส่วนประกอบของเครื่องมือไม่ให้ซับซ้อนมากนักเพื่อให้สร้างได้ง่ายและราคาถูก
2. ใช้ Polaroid เป็น polarizer และ analyser
3. ใช้เครื่องมือวัด optical activity ของสารทางอินทรีย์เคมีและทางชีวเคมี เปรียบเทียบกับ Polarimeter ที่มีประสิทธิภาพ (Kern No. 100.362) และคำมาตรฐานที่มีผู้รายงานไว้
4. ใช้เครื่องมือนี้หาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับ optical activity ของสารอินทรีย์และสารชีวเคมีเท่านั้น

5. การทดลองในข้อ 3 และ 4 ทำในห้องปรับอากาศอุณหภูมิ 25 องศา เซลเซียส โดยใช้แสงสว่างจากหลอดไฟฉายเดินทางประกอบกับกระจกกรองแสง
6. สารที่นำมาวัด optical activity ตามข้อ 3 และ 4 อยู่ในสภาพที่เป็นของเหลวเท่านั้น

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. ผลจากการค้นคว้าจะทำให้ทราบว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพดีเพียงไร
2. ผลจากการค้นคว้าจะทำให้ทราบสภาวะอันเหมาะสมที่จะทำให้เครื่องมือมีประสิทธิภาพดีที่สุด
3. ผลจากการค้นคว้าจะทำให้ครูและนักศึกษายูสนใจ ทราบวิธีสร้าง Polarimeter ชนิดที่ทำได้ง่ายและราคาถูก

คำจำกัดความศัพท์เฉพาะ

1. Polarized light คือคลื่นแสงที่สั่น (vibrate) ในระนาบ (plane) เดียว
2. Polaroid คือแผ่นของสารซึ่งประกอบด้วยผลึกสารประกอบของไอโอดีน (iodine) และควินีน (quinine) ใช้สำหรับผลิต polarized light
3. Nicol prism เป็นผลึกของ Iceland spar ซึ่งตัดออกมาเป็นพิเศษ ใช้สำหรับผลิต polarized light ได้เช่นเดียวกับ Polaroid
4. Polarimeter คือเครื่องมือที่ใช้วัด optical activity ของสาร
5. Polarizer เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของ Polarimeter ในการให้ polarized light
6. Analyser เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของ Polarimeter ใช้วัดมุมที่ polarized light ถูกขยับเบนไปเนื่องจากสารที่นำมาวัด optical activity

วิธีดำเนินการค้นคว้า

1. สร้างเครื่องมือโดยใช้ Polaroid เป็น polarizer และ analyser
2. ทดลองเกี่ยวกับแหล่งแสงที่ใช้ เพื่อหาสภาพที่เหมาะสม โดยนำสารอินทรีย์บางชนิดมาทดสอบเปรียบเทียบกับการใช้ Kern Polarimeter และค่ามาตรฐานที่มีผู้รายงานไว้
3. ใช้เครื่องมือที่สร้างสมบูรณ์แล้วทดสอบสารทางอินทรีย์เคมีและชีวเคมีเปรียบเทียบกับการใช้ Kern Polarimeter และค่ามาตรฐานที่มีผู้รายงานไว้
4. ใช้เครื่องมือที่สร้างสมบูรณ์แล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับ optical activity ของสารอินทรีย์

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลที่ได้จากการทดลองในหมวดวิธีดำเนินการ ข้อ 3 และ 4 มาวิเคราะห์เพื่อแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเพียงไร

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาครั้งนี้

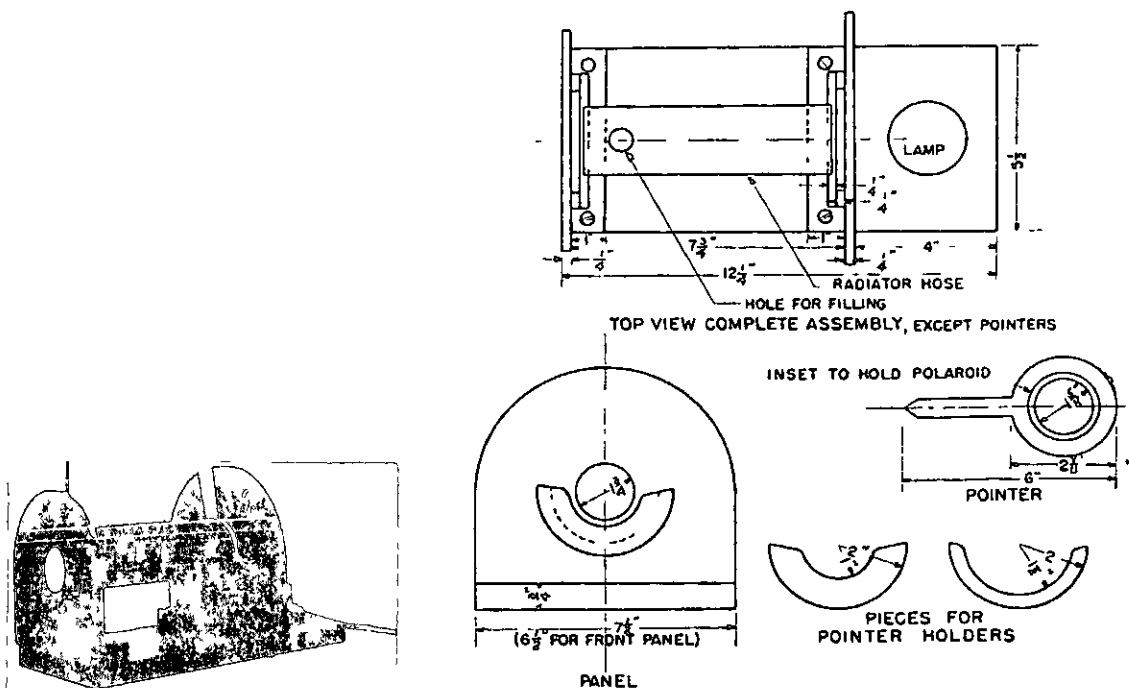
Polarimeter ที่สร้างขึ้นในระยะเริ่มต้น เป็นชนิดที่ใช้กระจกสะท้อนแสงเป็น polarizer และ analyser แต่เนื่องจาก Polarimeter ชนิดนี้ใช้วัด optical activity ของสารได้ไม่ถูกต้องนัก ต่อมาจึงได้เปลี่ยนมาใช้ Nicol prism แทน Ventzke (9) ได้กล่าวถึง Polarimeter ที่เขาสร้างขึ้นโดยใช้ Nicol prism เป็น polarizer และ analyser ในปี ค.ศ. 1842 เครื่องมือนี้ใช้แสงสีขาว เป็นแหล่งแสง การหาจุดศูนย์ของเครื่องมือ (zero point) ทำได้โดยการหมุน analyser จนถึงจุดที่มืดที่สุด ต่อมา Mitscherlich (10) ได้กล่าวถึงเครื่องมือที่เขาสร้างขึ้น ซึ่งมีลักษณะคล้าย ๆ ของ Ventzke แต่แหล่งแสงใช้ monochromatic light และมีเวอร์เนียประกอบ ทำให้อ่านค่ามุมที่ง่ายและแม่นยำยิ่งขึ้น Soleil, de Senarmont, Jellett, Wild และ Cornu (19) ได้ปรับปรุง Polarimeter ให้ดีขึ้น โดยใช้ half shade analyser ทำให้หาจุดศูนย์ของเครื่องมือได้ถูกต้องยิ่งขึ้น โดยการหมุน analyser จนทำให้ลำแสงสองข้างซึ่งอยู่ติดกันมีความเข้มเท่ากันและต่างก็มีความเข้มต่ำสุด

ต่อมา Polarimeter ก็ได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยการใช้ prism ชนิดอื่น ๆ แทน Nicol prism และใช้ photoelectric cell วัดจุดศูนย์ของเครื่องมือแทนการดูด้วยตา กลายเป็น Photoelectric Polarimeter ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงมาก

Polarimeter ได้รับการพัฒนาต่อไปอย่างรวดเร็วเป็น Spectropolarimeter สำหรับวัด optical rotatory dispersion (ORD) คือการบดเบนแสง polarize ที่ขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นของแสง นับว่าเป็นเครื่องมือที่ดีสำหรับหาโครงสร้างของสารอินทรีย์

ในปัจจุบัน Polarimeter ที่มีประสิทธิภาพที่มีราคาสูงมาก เนื่องจากต้องใช้ อุปกรณ์และเทคนิคในการสร้างเป็นพิเศษ นักวิทยาศาสตร์ในต่างประเทศจึงได้พยายาม คิดประดิษฐ์ Polarimeter ชนิดที่ทำได้ง่ายและราคาถูก เพื่อให้นักศึกษาจะได้มีโอกาสใช้ เครื่องมือนี้นี้ทดลองมากขึ้น

Burkett (1) ได้สร้าง Polarimeter สำหรับสาธิต โดยใช้หลอดไฟ 50 วัตต์ เป็นแหล่งแสง หากาวติดกับฐานรองคานปลายสุดของเครื่องมือ มีแผ่นโค้ง (panel) 2 แผ่น (เจาะรูให้ไครยะพอกับส่วนสูงของหลอดไฟ) ติดกับฐานตรงส่วนหน้าและส่วนท้าย แสงจะผ่านรูของแผ่นโค้งส่วนท้ายซึ่งมี Polaroid และเข็มชี้ติดอยู่ ผ่านหลอดสำหรับใส่ สารละลาย ผ่านรูแผ่นโค้งส่วนหน้าซึ่งติด Polaroid และเข็มชี้ในลักษณะเดียวกัน ไปตกบน กระดาษโปร่งแสงซึ่งอยู่คนละข้างกับ Polaroid ดังรูป 1 และ 2 การติด Polaroid จะต้องให้ทั้งสองแผ่นมี optic axis ตั้งฉากกันเมื่อเข็มชี้ทั้งสองอยู่ในระนาบเดียวกัน Polaroid ที่ใช้เป็นของบริษัท Polaroid Laboratory J-filter No. 310



รูป 1 แสดงภาพภายใน Polarimeter

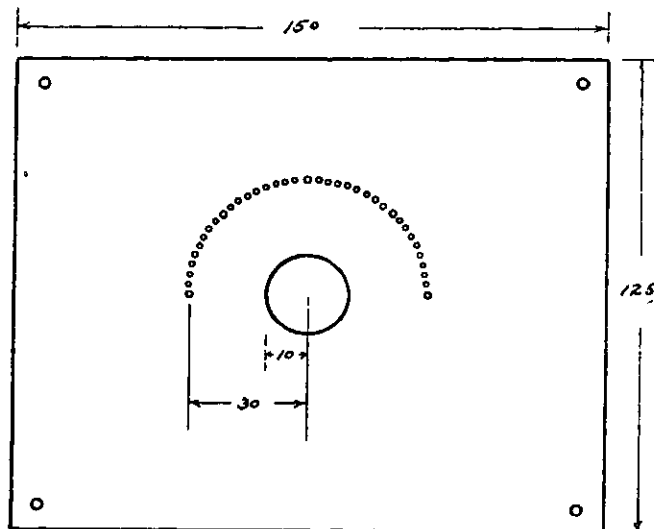
รูป 2 แสดงแผนผัง Polarimeter

เกี่ยวกับหลอดสำหรับใส่สารละลายนั้น ครั้งแรก Burkett ทดลองใช้หลอดโลหะ แต่มีปัญหายุ่งยากในเรื่องการทากาวให้กระจกติดกับหลอดโดยไม่ให้สารละลายรั่ว และโลหะยังทำให้เกิดการกระจายแสง (scatter) ทำให้ความเข้มของแสงไม่เปลี่ยนแปลง ในขณะที่หมุน Polaroid แฉกหน้า เขาได้แก้ปัญหานี้โดยใช้ auto radiator hose สีดำ แล้วใช้แผ่นแก้วกลม 2 แผ่นอัดปิดหัวท้ายเล็กเข้าไปข้างละประมาณ $\frac{3}{16}$ นิ้ว การใส่แผ่นกระจกให้สนิทก็จะป้องกันสารละลายรั่วได้โดยไม่ต้องทากาว อุปกรณ์ทุกส่วนยกเว้นเข็มชี้หาสีค่าหมด เพื่อให้สีติดกันและง่ายต่อการสังเกต

Noller (16) ได้สร้าง Polarimeter สำหรับใช้ในการบรรยายประกอบการสาธิตเรื่อง optical activity ของสาร ใช้ Delineascope เป็นแหล่งแสง ตัวเครื่องมือแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

1. แผ่นฐานทองเหลืองมีรูตรงกลางและมีรูเล็ก ๆ เรียงกันเป็นวงกลมห่างกัน

5 องศา ดังรูป 3



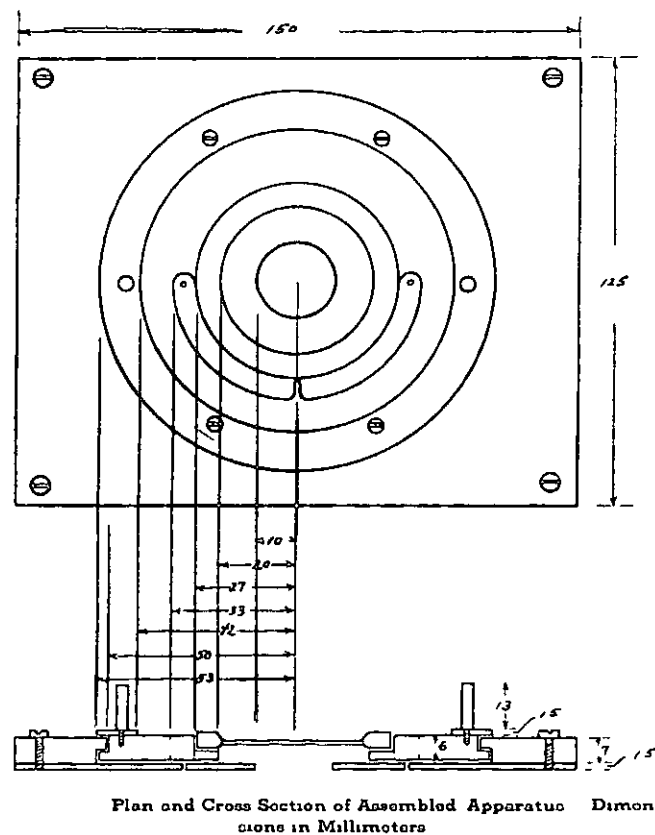
Plan of Base Plate Dimensions in Millimeters 1-Mm
Holes at 45° Intervals and 0.78-Mm. Holes at 5° Intervals

รูป 3 แสดงแผ่นฐานทองเหลือง

2. แผ่น Bakelite เลื่อยตรงกลางออกเป็นวงกลมทึบม้วน (flange)
3. แผ่นอะลูมิเนียมมีร่องเป็นวงกลมอยู่ที่ขอบนอกให้ประกบพอดีกับแผ่น Bakelite

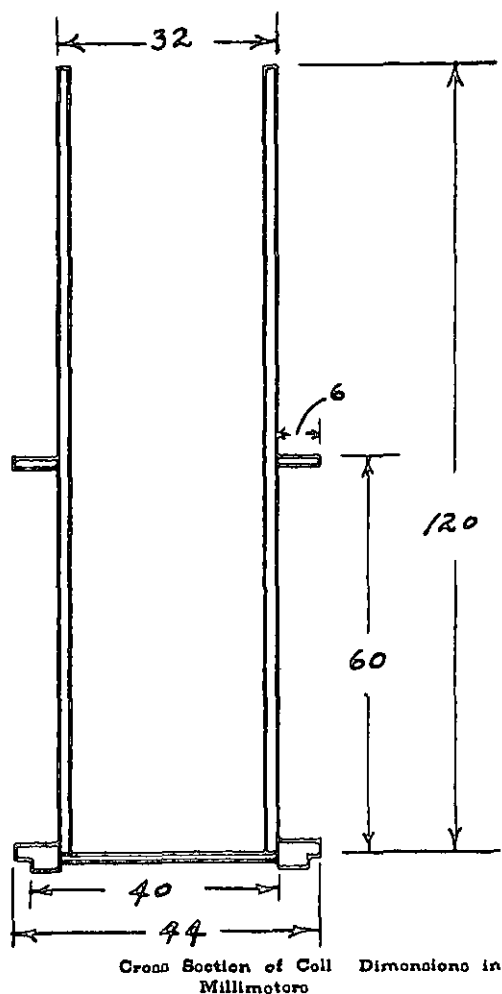
และมีรูกลมอยู่ตรงกลาง มีวงแหวนซึ่งมีจุดศูนย์กลางรวมกันกับรูกลมสำหรับยึดแผ่น Polaroid และมีช่องเป็นรูปครึ่งวงกลมสำหรับมองดูรูเล็ก ๆ ที่อยู่ห่างกัน 5 องศาบนแผ่นทองเหลือง

4. วงแหวนทองเหลืองซึ่งเมื่อขันสกรูติดกับแผ่นอะลูมิเนียมแล้วจะทำให้เกิดร่องที่แผ่นอะลูมิเนียมจะหมุนไปโดยรอบบนแผ่น Bakelite ได้ สกรูสองตัวซึ่งยึดวงแหวนทองเหลืองติดกับแผ่นอะลูมิเนียมมีหัวยาวสำหรับใช้จับหมุน ส่วนประกอบทั้งหมดแสดงไว้ ดังรูป 4



รูป 4 แสดงแผนผังด้านบนและด้านข้างของเครื่องมือ

ตอนปลายทั้งสองข้างของช่องที่เป็นรูปครึ่งวงกลมมีลักษณะเป็นส่วนโค้งของวงกลม เพื่อว่าในขณะที่ยังไม่ได้หมุนแผ่นอะลูมิเนียมแสงจะผ่านรูเล็ก ๆ ทางด้านปลายสุดทั้งสองข้างออกมาได้ มี spur บาง ๆ สำหรับยึดแผ่น Polaroid ให้อยู่กับที่ แลวนำส่วนประกอบทั้งหมดนี้ไปประกอบกับหลอดสำหรับใส่สารละลายซึ่งทำด้วยทองเหลือง ดังรูป 5 หน้า 10

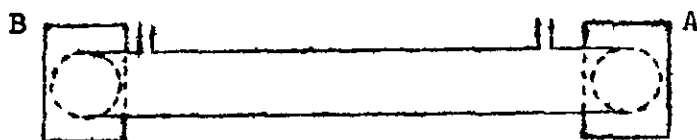


รูป 5 แสดงหลอดสำหรับใส่สารละลาย

ที่ฐานของหลอดมีแผ่นทองเหลืองสำหรับปิด Polaroid บัดกรีติดอยู่ และมีวงแหวน บัดกรีติดอยู่กับหลอดตรงจุดกึ่งกลางของหลอดเพื่อป้องกันแสงสะท้อนจากนอกหลอด ติด แผ่นแก้วทึบหลอดด้วย Glyptal cement ปิดเครื่องหมายข้างในหลอดที่ระดับสูง 10 ซม. นำส่วนประกอบทั้งหมดนี้ไปตั้งบน Delineascope แสงจะพุ่งผ่านรูเล็กๆ ที่เป็นรูปครึ่งวงกลมไปปรากฏที่ฉากส่วนบน จากนั้นก็หมุนแผ่นอะลูมิเนียมจนกระทั่งมีแสง

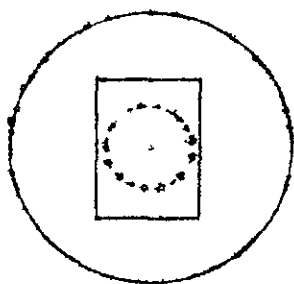
ผ่านออกมาเฉพาะรูที่อยู่ปลายสุดทั้งสองข้าง แล้วจึงวางแผ่น Polaroid บน Delineascope และหมุนแผ่น Polaroid จนกระทั่งรูตรงกลางมืดที่สุด จากนั้นนำไปวัด optical activity ของสารได้ มุมที่สารบิดเบือนแสง polarize ให้นับจากจำนวนจุดที่ปรากฏบนฉาก แต่ละจุดเท่ากับ 5 องศา

Nechamkin (15) ได้สร้าง Polarimeter โดยใช้กระจกสไลด์ของกล้องจุลทรรศน์มาตัดครึ่งทางด้วย rubber cement ปิดหัวท้ายของ condenser ที่ตัดแกนกลางออกแล้ว ดังรูป 6 ใช้เป็นหลอดสำหรับใส่สาร



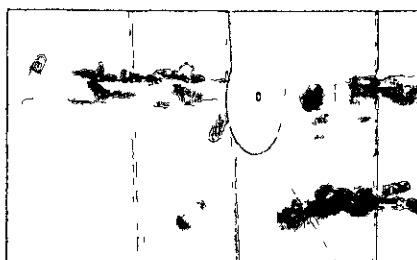
รูป 6 แสดงหลอดสำหรับใส่สารละลาย

ที่ปลาย A ใช้คลิป์หนีบกระดาษหนีบแผ่น Polaroid (ได้จากอุปกรณ์การฉายภาพยนตร์ 3 มิติ) ให้ติดกับกระจกสไลด์ ติดกระดาษกรอง (11.5 ซม.) ซึ่งเจาะรูตรงกลางกับแผ่นสไลด์ที่ปลาย B ด้วย rubber cement ดังรูป 7



รูป 7 แสดงการติดกระดาษกรองกับแผ่นสไลด์

แล้วนำหลอดใส่สารนี้ไปติดตั้งให้อยู่ในแนวนอนโดยใช้ buret clamp 2 อันซึ่งติดอยู่กับขาตั้งจับไว้ให้หันปลาย B เข้าหาแหล่งแสง ขาตั้งอันที่ 3 ติดแผ่น Polaroid ให้อยู่ในแนวเดียวกันกับทิศทางที่แสงผ่านจากปลายหลอด A มายัง B ที่ขาตั้งอันที่ 3 นี้ ติดคินสอคาเขาไว้ ให้ปลายคินสอคาเขาไปสัมผัสกับขอบกระดาษกรองพอดี ดังรูป 8 หน้า 12



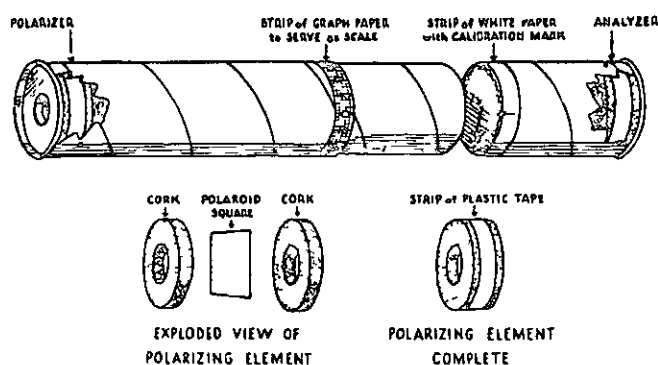
รูป 8 แสดงภาพถ่าย Polarimeter ของ Nechamkin

การทดลอง หมุน condenser ที่ยังไม่ได้บรรจุสารละลายจนถึงจุดที่มีคี่ที่สุด ทำเครื่องหมายไว้ เป็นตำแหน่งจุดศูนย์ของเครื่องมือจากนั้นก็นำสารที่จะวัดค่า optical activity บรรจุลงใน condenser แล้วสวมควายกระเปาะยางป้องกันสารละลายรั่วในขณะหมุน condenser หมุน condenser ใหม่อีกครั้งหนึ่งจนได้จุดที่มีคี่ที่สุด การอ่านมุมที่สารละลายเบนแสง polarize ทำได้โดยใช้กระดาษกรองอีกแผ่นหนึ่งมาคั่นลอกรอยคั่นสอบบนกระดาษกรองที่ปลาย B นำไปหาจุดศูนย์กลางและจำนวนองศา

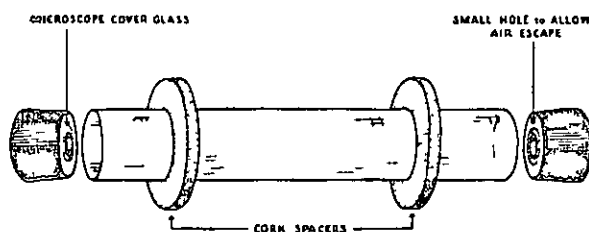
ผลการทดลอง เมื่อใช้หลอดยาว 312 ซม. วัดค่า specific rotation ของ sucrose ได้ภายในช่วง 66.2 ± 1.4 องศา ที่ 25 องศาเซลเซียส เมื่อใช้ Kern Polarimeter วัดได้ 66.0 องศาที่อุณหภูมิเดียวกัน

Shaw (20) สร้าง Polarimeter โดยใช้จุกคอรั้งแผ่นกลม 2 อันมาเจาะรูเอา Polaroid แผ่นสี่เหลี่ยมใส่ไว้ตรงกลาง ปิดด้วยเทปพลาสติก ทำ 2 อันเป็น polarizer และ analyser ใช้ mailing tube ยาว 18 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลาง $2\frac{1}{2}$ นิ้ว มาเจาะรูกลมหัวท้ายแล้วติด polarizer และ analyser ติดแผ่นกระดาษสีขาว 2 แผ่นให้รอบบริเวณที่เชื่อมต่อกันคนละด้าน แล้วใช้แผ่นกระดาษกราฟที่มีพลาสติกใสหุ้มติดไว้ข้างบนสำหรับเป็นสเกล ดังรูป 9 หน้า 13

หลอดสำหรับใส่สารละลายทำด้วยหลอดแก้ว ติด cover glass 2 อันกับจุก ยาง 2 อันที่เจาะรูตรงกลางโดยใช้ 3 M Weatherstrip cement จุกอันหนึ่งมีรูเล็ก ๆ อยู่ริม cover glass เพื่อให้อากาศออกได้ขณะปิดจุก ดังรูป 10 หน้า 13



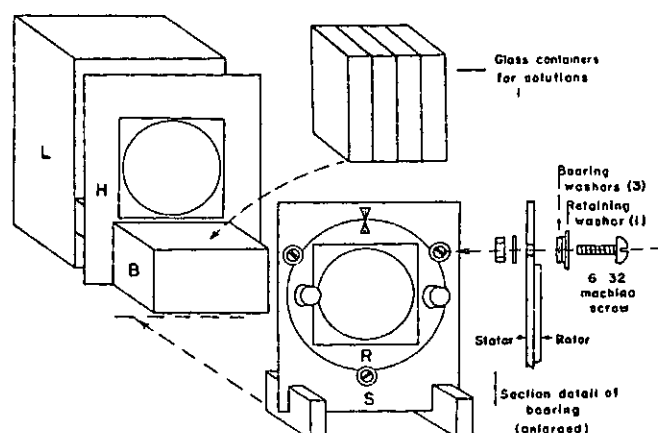
รูป 9 แสดงส่วนประกอบของ Polarimeter



รูป 10 แสดงหลอดสำหรับใส่สารละลาย

การทดลอง ตั้ง Polarimeter ในแนวนอน หัน polarizer เข้าหาแหล่งแสง ที่หน้าต่าง ใส่หลอดสารละลายที่บรรจุน้ำเต็ม แล้วหมุน analyser จนถึงจุดสีม่วงเข้ม ทำเครื่องหมายไว้เป็นจุดศูนย์ของเครื่องมือ การอ่านมุมทำได้โดยเทียบจำนวนของช่องกระดาษ กราฟให้เท่ากับ 360 องศา

Spear (21) ได้สร้าง Polarimeter สำหรับสาธิต ใช้หลอดหลอดไฟอีกรูป เป็นแหล่งแสง นำกระดาษแข็งสี่เหลี่ยมขนาด 1 ตารางฟุตมาเจาะรูตรงกลางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว ติด Polaroid 6 x 6 นิ้ว บนกระดาษนี้ด้วยเทปใช้เป็น polarizer ส่วน analyser ทำจากกระดาษแข็งขนาด 1 ตารางฟุต เป็น stator ใช้กระดาษแข็งแผ่นกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว เจาะรูตรงกลางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว ติด Polaroid ขนาด 6 x 6 นิ้ว ใช้เป็น rotor แล้วใช้สลัก 3 ตัวบังคับ rotor ให้ติดอยู่กับ stator โดยมีจุดศูนย์กลางร่วมกัน ดังรูป 11 หน้า 14

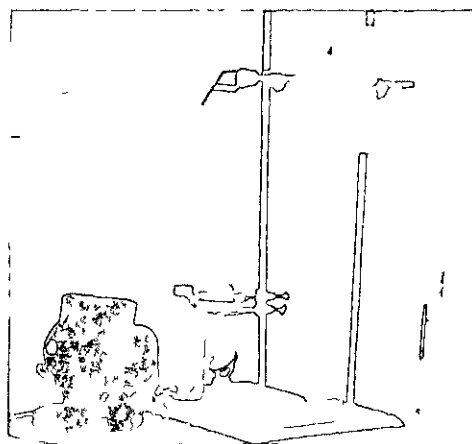
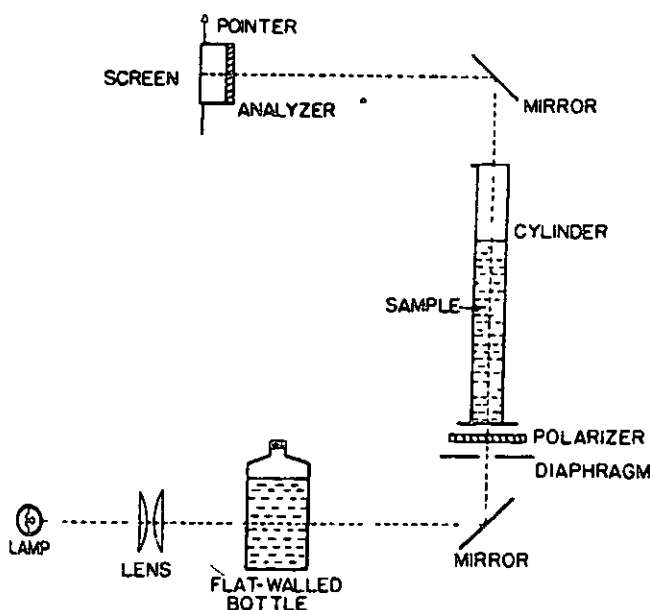


L represents a light box (photographic printer) with opal glass H designates a foot square cardboard holder for a 6 X 6 in square of Polaroid sheet (The latter is fastened by Scotch tape tabs in front of the 5 in. diameter hole) This assembly becomes the polarizer B is a block support for the solution containers S and R represent stator and rotor of the dial assembly made of cardboard

รูป 11 แสดงส่วนประกอบของ Polarimeter ของ Spear

การทดลอง จัดเครื่องมือดังรูป 11 แล้วหมุน rotor จนถึงตำแหน่งที่มีค่าที่สุด ใช้เทปสามเหลี่ยมสีดำติดที่ stator และ rotor ให้ตรงกันเป็นเครื่องหมายแสดงจุดศูนย์ของเครื่องมือ หลอดใส่สารละลายใช้หลอดสี่เหลี่ยมของแมตเตอร์หรือขวดสี่เหลี่ยม

Garvin (2) ได้สร้าง Polarimeter สำหรับสาธิต ใช้ไฟ 100 วัตต์ ของหลอดจูลูทธรศน์เป็นแหล่งแสง กรองแสงอินฟราเรดด้วยขวดเบนซีนน้ำกลั่น ติดกระจกเงาระนาบ 2 แผ่นช่วยในการสะท้อนแสงโดยแผ่นหนึ่งได้จากหลอดจูลูทธรศน์ ติด Polaroid กับแผ่นพลาสติกสีเขียวเป็น polarizer และ analyser ใช้กระบอกทองขนาด 100 มิลลิลิตร เป็นหลอดใส่สาร มีแผ่นโคอะแฟรมที่มีรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ซม. เป็นที่บังคับแสง สเกลและเข็มชี้ทำด้วยกระดาษสีขาว ติดเข็มชี้และ analyser กับจุกคอรักขนาดใหญ่ (เจาะรูตรงกลาง ขนาด 1 ซม.) ซึ่งใส่ไว้น้ำมันปิกลีเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร ที่ตัดกันแล้ว เพื่อหมุนได้ ติดแผ่นสเกลกับปิกลีเกอร์และติดฉากรับแสง ดังรูป 12 และ



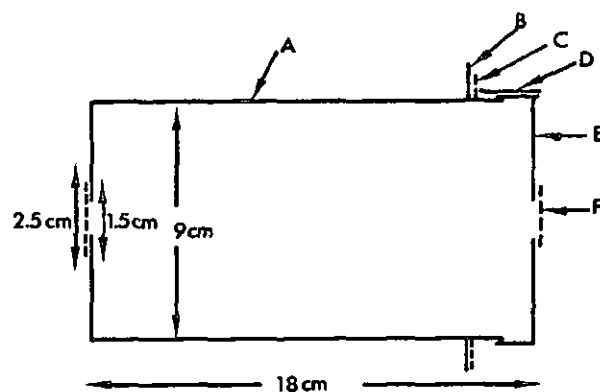
รูป 12 แสดงแผนผังของ Polarimeter

รูป 13 แสดงภาพถ่ายของ Polarimeter

Polarimeter ของ Garvin ใช้กับแหล่งแสงสีขาวได้ผลดีกว่า monochromatic light ผลจากการทดลองวัดค่า specific rotation ของ sucrose และ maltose ได้เท่ากับ $70 \pm 4.2^\circ$ และ $129 \pm 6.1^\circ$ ตามลำดับ เมื่อใช้ Polarimeter มาตรฐาน (J.J. Fric Research Model ของบริษัท E.H. Sargent ได้เท่ากับ 68.8° และ 129.4° ตามลำดับ

Vennos (22) ให้นักศึกษาของเขาสร้าง Polarimeter ขึ้นเองจากกระป๋องกระด้างแข็งบรรจุอาหาร 18x9 ซม. เจาะรูหัวท้ายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 ซม. ให้ตรงกัน ติด polaroid ขนาด 2.5x2.5 ซม. ไว้บนรูทั้งสองควยเทปใส เป็น polarizer และ analyser ใช้แผ่นไม้วางแนวนที่มี polar coordinate graph ติดอยู่สวมเข้าไว้เป็นสเกลที่ตัวกระป๋อง ติดเข็มหมุดที่ฝาสำหรับเป็นเข็มชี้ ดังรูป 14 หน้า 16

หลอดสำหรับใส่สาร Vennos ให้นักศึกษาใช้หลอดมาตรฐาน หรือไม่ก็สร้างขึ้นเองตามแบบของ Shaw นักศึกษาวัดค่า specific rotation ของ sucrose ได้ 67° ที่ 22 องศาเซนติเกรด ส่วนค่าใน Handbook of Chemistry and Physics เท่ากับ 66.4° ที่ 20 องศาเซนติเกรด และใช้ sodium D lines



Cross section of polarimeter A, food container bottom; B, cardboard ring; C, ring of polar coordinate graph paper; D, pin; E, lid of food container; F, Polaroid square

รูป 14 แสดงแผนผังตามขวางของ Polarimeter

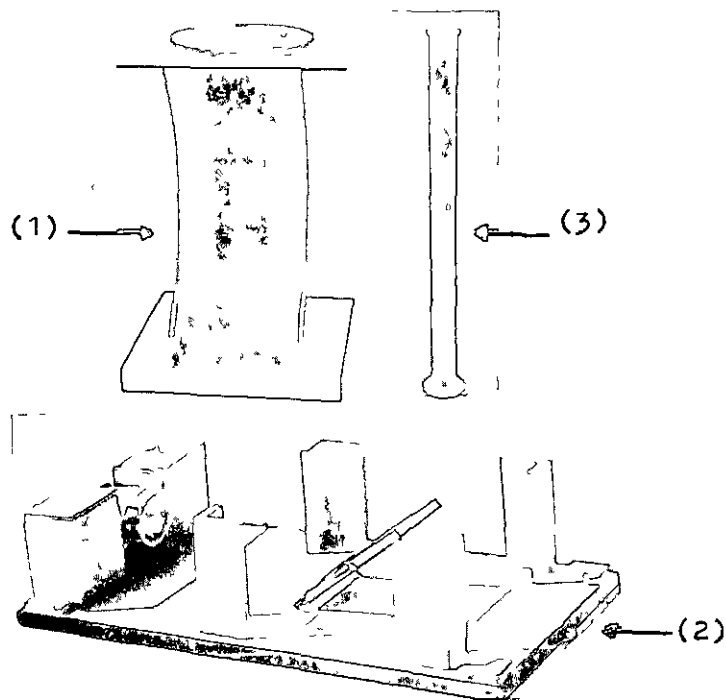
ส่วนการทดลองของนักศึกษาใช้แสงสีขาวจากหลอดไฟ

บทที่ 3

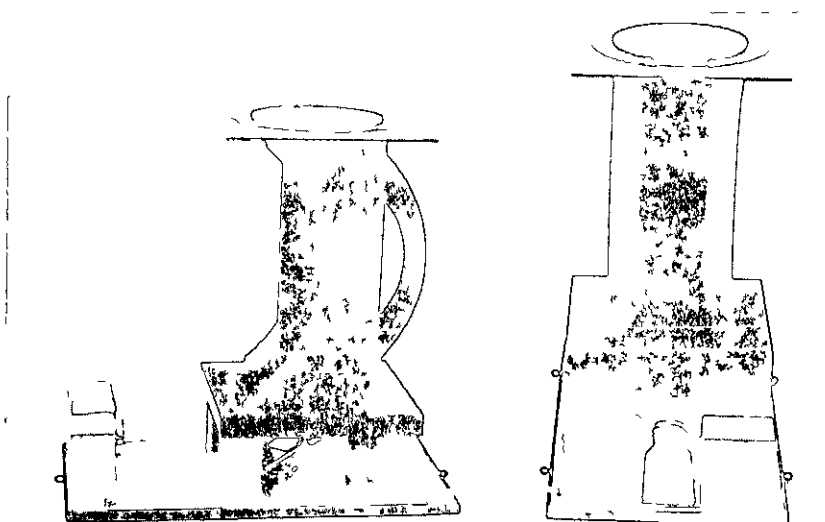
การสร้างเครื่องมือ

Polarimeter ที่สร้างขึ้นมีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

1. Polarimeter
2. ฐาน Polarimeter และแหล่งแสง
3. หลอดสำหรับใส่สารละลาย



รูป 15 แสดงส่วนประกอบของ Polarimeter

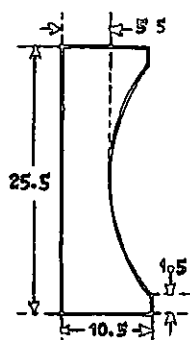


รูป 16 แสดง Polarimeter ซึ่งพร้อมที่จะใช้ทดลองได้

1. Polarimeter

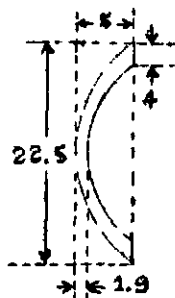
อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง Polarimeter มีดังนี้

1. พลาสติกสีดำ No. 885 หนา 0.3 ซม. ขนาด 18 x 18 ซม. 1 แผ่น
2. พลาสติกสีดำ No. 885 หนา 0.15 ซม. ขนาด 18 x 18 ซม. 1 แผ่น
3. พลาสติกสีดำ No. 885 หนา 0.3 ซม. ขนาด 18 x 1.8 และ 17.4 x 1.8 ซม. อย่างละ 2 แผ่น
4. พลาสติกสีขาว No. 139 หนา 0.4 ซม. ขนาด 18 x 18 ซม. 1 แผ่น
5. พลาสติกสีฟ้า No. 670 หนา 0.4 ซม. ขนาด 25.5 x 10.5 ซม. 1 แผ่น
6. พลาสติกสีฟ้า No. 670 หนา 0.4 ซม. มีขนาดดังรูป 17 2 แผ่น



รูป 17 แสดงอุปกรณ์ Polarimeter
ขนาดเป็นเซนติเมตร

7. พลาสติกสีฟ้า No. 670 หนา 0.4 มม. มีขนาดดังรูป 18 3 แผ่น



รูป 18 แสดงอุปกรณ์ของ Polarimeter
ขนาดเป็นเซนติเมตร

8. พลาสติกสีดำ No. 885 หนา 0.3 มม. จัดเป็นรูปวงแหวนขนาด

ก. เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 6 มม. เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 11.5 มม.

1 วง

ข. เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 2.2 มม. เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 7.5 มม.

1 วง

ค. เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 1.2 มม. เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 4.2 มม.

1 วง

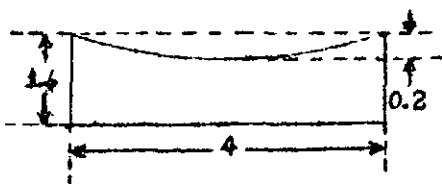
ง. เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 6 มม. เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 7.2 มม.

2 วง

9. พลาสติกใสแผ่นกลม หนา 0.1 มม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11.5 มม.

1 แผ่น

10. พลาสติกใส หนา 0.1 มม. มีขนาด ดังรูป 19 2 แผ่น



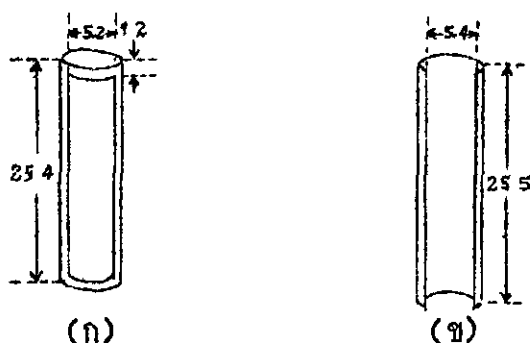
รูป 19 แสดงอุปกรณ์ของ Polarimeter
ขนาดเป็นเซนติเมตร

11. กระดาษแข็งสีขาว หนา 0.05 มม. ขนาดเดียวกับพลาสติกใสในข้อ 9

1 แผ่น

12. พอ p.v.c.(polyvinylchloride) หนา 0.13 มม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 2.2 มม. ยาว 2.5 มม. 1 ท่อน

13. ท่อ p.v.c. หนา 0.2 ซม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 6 ซม. ยาว 25.4 และ 25.5 ซม. อย่างละ 1 ท่อน นำมาเลื่อยดังรูป 20 ก และ ข

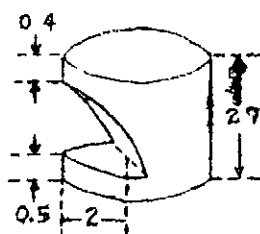


รูป 20 แสดงการเลื่อยท่อ p.v.c. ขนาดเป็นเซนติเมตร

14. ท่อ p.v.c. หนา 0.13 ซม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 2.2 ซม. ยาว 1.2 ซม. และ 0.6 ซม. อย่างละ 2 ท่อน

15. p.v.c. แผ่นกลมหนา 0.2 ซม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.9 ซม. เจาะรูตรงกลางขนาด 1.2 ซม. 1 แผ่น

16. p.v.c. หนา 0.2 ซม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 4.1 ซม. ยาว 2.7 ซม. 1 ท่อน นำมาเลื่อยให้มีลักษณะดังรูป 21

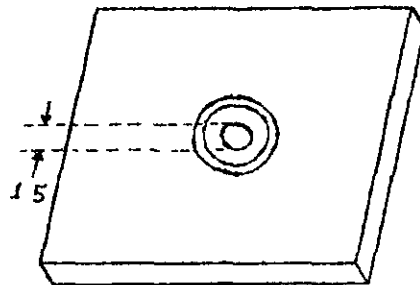


รูป 21 แสดงการเลื่อย p.v.c. ตามข้อ 15 ขนาดเป็นเซนติเมตร

17. ท่อ p.v.c. หนา 0.15 ซม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 2.2 ซม. ยาว 0.5 ซม. 1 ท่อน
18. เกล็ดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม. ความยาวไฟก๊ส 2.5 ซม. 1 อัน
19. cover glass 1 แผ่น
20. โป๊ปรแทรกเตอร์วงกลม 360 องศา (Kum No. 53) 1 อัน
21. แผ่น Polaroid ขนาด 1 ตารางนิ้ว (ของบริษัท Bausch & Lomb)

วิธีดำเนินการสร้าง

1. นำแผ่นพลาสติกในข้อ 1 มาเจาะรูตรงกลางขนาด 1.5 ซม. แล้วนำแผ่นพลาสติกในข้อ 3 มาติดกับแผ่นพลาสติกในข้อ 1 ติดวงแหวนในข้อ 8 ง. ตรงกลาง โดยใช้ Acrylic acid ดังรูป 22



รูป 22 แสดงการติดแผ่นพลาสติก ขนาดเป็นเซนติเมตร

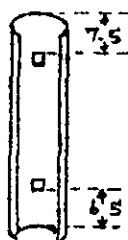
2. นำแผ่นพลาสติกในข้อ 2 และข้อ 4 มาฉีกติดกันโดยใช้ Acrylic acid แล้วเจาะรูตรงกลางขนาด 2.2 ซม. ติดวงแหวนในข้อ 8 ง. ตรงกลางที่พลาสติกด้านที่มีสีดำ

3. นำพลาสติกโค้งในข้อ 7 ทั้ง 3 แผ่นมาฉีกติดกันด้วย Acrylic acid สำหรับเป็นที่จับ นำพลาสติกในข้อ 5 และ 6 มาประกอบเข้าด้วยกัน แล้วติดที่จับโดยใช้ Acrylic acid ดังรูป 23



รูป 23 แสดงการติดแผ่นพลาสติกในข้อ 3

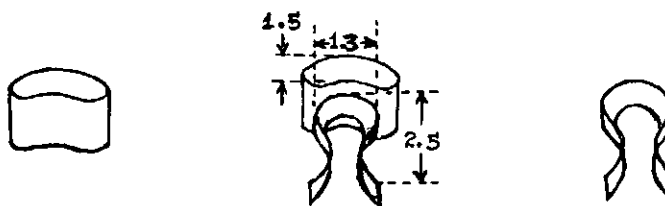
4. นำ p.v.c. ในข้อ 13 (รูป 20 ก.) มาทาสีดำด้านนอกด้วยสีน้ำมันและนำ p.v.c. ตามรูป 20 ข. มาทาสีดำด้านใน โดยเว้นพื้นที่ว่างไว้ 1 ตารางนิ้ว ที่ระยะ 6.5 ซม. วัดจากปลายด้านหนึ่ง และที่ระยะ 7.5 ซม. วัดจากปลายอีกข้างหนึ่ง ดังรูป 24



รูป 24 แสดงพื้นที่ของ p.v.c. ที่ไม่ทาสี

เมื่อสีแห้งแล้วสอด p.v.c. รูป 24 เข้าไว้ใน p.v.c. รูป 20 ก

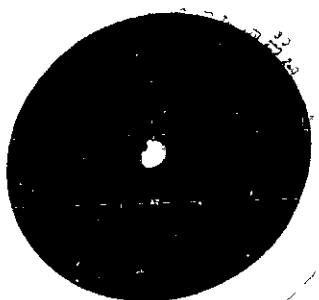
5. นำ p.v.c. ในข้อ 14 มาฉลึงไฟให้อ่อนตัวลงแล้วคัตให้มีลักษณะดังรูป 25
 ทาด้วยกาวสำหรับทา p.v.c. ทา 2 ฝั่ง เป็นที่รองรับหลอดสารละลาย



รูป 25 แสดงการคัต p.v.c. ตามข้อ 5 ขนาดเป็นเซนติเมตร

นำ p.v.c. ตามรูป 25 ไปทาการติดกับ p.v.c. ในรูป 24 สำหรับรองรับหลอดสารละลาย แล้วหาสี่เหลี่ยมพื้นที่ 1 ตารางนิ้วที่เว้นว่างไว้

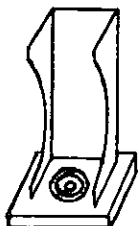
6. ตัดพลาสติกใสในข้อ 9 กับด้านล่างของโปรแทรกเตอร์ในข้อ 20 ให้อยู่ตรงกลางพอดี เจาะรูตรงกลางขนาด 2.2 ซม. แล้วนำ p.v.c. ตามข้อ 12 สอดลงไปให้เหลือปลายพื้นโปรแทรกเตอร์ด้านบน 0.3 ซม. ทาด้วยกาวสำหรับติด p.v.c. ให้แน่น นำเลนส์นูนในข้อ 18 มาทาด้วย Sony ที่ขอบติดกับ p.v.c. ด้านบน จากนั้นก็ติดวงแหวนในข้อ 8 ก และ ข แล้ววาง cover glass ในข้อ 19 บนวงแหวน 8 ข ให้ตรงกลางติดวงแหวน 8 ก ทั่วไว้ อุปกรณ์ตามข้อ 6 เมื่อประกอบเสร็จแล้วเป็นดังรูป 26



รูป 26 แสดงอุปกรณ์ในข้อ 6 (มองจากด้านบน)

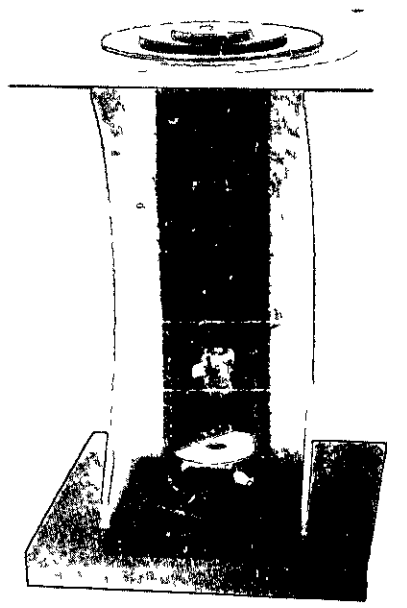
7. นำอุปกรณ์ในข้อ 1 และ 3 ของหัวข้อวิธีดำเนินการสร้างมาทาการติดกัน
 ดังรูป 27 หน้า 23

นำราง p.v.c. สำหรับรองรับหลอดสารละลายตามข้อ 5 มาตั้งให้ปลายด้านล่าง
สวมอยู่ในวงแหวนของรูป 27 นำแผ่นพลาสติกในข้อ 2 ของหัวข้อวิธีดำเนินการสร้างมาทา
ด้วย Acrylic acid ติดกับโครงพลาสติกสีฟ้า โดยให้วงแหวนสวมปลายบนของราง



รูป 27 แสดงการประกอบอุปกรณ์ของเครื่องมือ

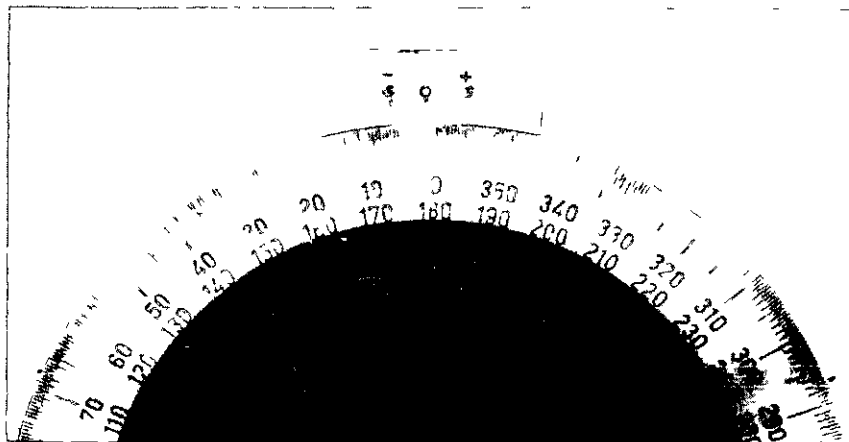
p.v.c. และราง p.v.c. ตั้งตรง หากวางราง p.v.c. อันในติดกับพลาสติกโดยใช้กาว
สำหรับทา p.v.c. เพื่อให้รางอันนอกสามารถหมุนได้ นำอุปกรณ์ในข้อ 6 ของหัวข้อวิธี
ดำเนินการสร้างมาติดตั้งให้ p.v.c. ซึ่งเป็นแกนสอดลงไปในตัวของพลาสติกแผ่นบน สวมวง
แหวน p.v.c. ในข้อ 17 เข้ากับแกน p.v.c. แล้วหากาวให้แน่นเพื่อป้องกันไม่ให้
อุปกรณ์ในข้อ 6 หลุดจากแท่นพลาสติกได้ ติดแผ่น Polaroid กับแกน p.v.c. ของ
โปรแทรกเตอร์เป็น analyser ติด p.v.c. ในข้อ 15, 16 กับส่วนล่างของรางและ
ฐาน ดังรูป 28



รูป 28 แสดงการประกอบ
อุปกรณ์ของเครื่องมือ

หากาวกระดาษแข็งสีขาว ข้อ 11 ติดกับแผ่นพลาสติกในข้อ 10 แล้วหากาวติดกับ

พลาสติกสี่เหลี่ยมในข้อ 6 ให้อยู่ติดกันกับโปรแทรกเตอร์ทำเป็นเวอร์เนียร์โดยนำเอา 9 องศาของโปรแทรกเตอร์มาแบ่งเป็น 20 ช่องของเวอร์เนียร์ ใช้กิ้นสอค่าซิกสเกล เวอร์เนียร์แล้วใช้พลาสติกใสขนาดเดียวกันที่ยังเหลืออยู่ทากาวปิดทับกระดากป้องกันไม่ให้ รอยกิ้นสอค่าลบเลือน ดังรูป 29



รูป 29 แสดงการติดตั้งเวอร์เนียร์

นำเครื่องมือที่ประกอบเรียบร้อยแล้วนี้ไปติด **polarizer** โดยหมุนรางให้ปิดสนิท หน้าด้านที่มีโปรแทรกเตอร์เข้าหาแสงสว่าง ทากาวแผ่น **Polaroid** ติดที่ฐานก้านล่างของ เครื่องมือในลักษณะที่ไม่มองแสงสว่างผ่าน **polarizer** และ **analyser** แล้ว จะมีคี่ที่สุด เมื่อซิกศูนย์ของเวอร์เนียร์และของโปรแทรกเตอร์อยู่ตรงกันพอดี จะได้ **Polarimeter** ที่สมบูรณ์

2. ฐาน **Polarimeter** และแหล่งแสง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างฐาน **Polarimeter** และแหล่งแสงมีดังนี้

1. ไม้ค้ำหนา 1 ซม. ขนาด 19.6 x 34.8 ซม. 1 แผ่น
2. ไม้เนื้ออ่อน (สำหรับทำการฝีมือ) หนา 0.6 ซม. ขนาด 2.9 x 8.4 ซม.

8 แผ่น

3. ไม้เนื้ออ่อนหนา 0.6 ซม. ฉลุเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉากมีก้านประกอบมุมฉาก

ยาวด้านละ 2.5 ซม. 4 อัน

4. กระจกเงาชนิดมีขาตั้งเป็นหลอด ขนาด 5.9×9 ซม. 1 แผ่น

5. stepdown transformer 6V ที่ใช้กับไฟฟ้า 220V

6. กระจกไฟฉายชนิดใช้ถ่าน 2 ก้อน (ตัดตามถัออก) 1 กระจก ทาด้วย
กาว Sony ติดกับแผ่นอะลูมิเนียมคัทเป็นมุมฉาก ซึ่งเมื่อติดตั้งจะทำให้จุดศูนย์กลางของ
หลอดไฟอยู่สูงจากพื้น 4.2 ซม.

7. สวิตช์ 1 อัน

8. หลอดไฟฉาย 6V 1 หลอด

9. กล่องสำหรับใส่ filter ทำด้วยไม้เนื้ออ่อนขนาด $3.8 \times 5.5 \times 6.2$ ซม.

1 กล่อง

10. สายไฟ (สายคู่) ยาว 1 เมตร

11. jack 1 อัน

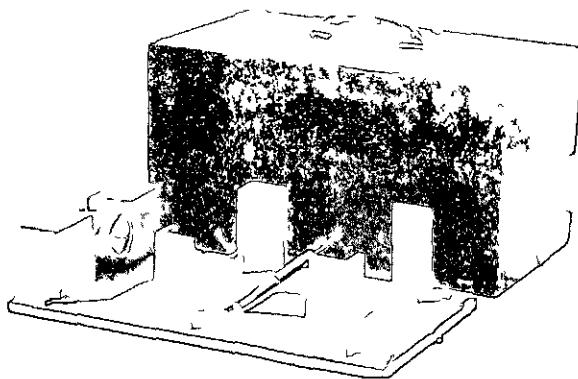
12. ขอสับ 6 คู่

13. ฝาครอบฐาน Polarimeter ทำด้วยไม้เนื้ออ่อนขนาด $19.6 \times 34.8 \times 20.1$ ซม.

14. filter พลาสติกสีส้ม (P-202) และพลาสติกสีฟ้า No. 301 ตัดเป็น
วงกลมให้มีขนาดพอดีที่จะใช้กับกระจกไฟฉายได้ (เก็บไว้ในกล่อง filter)

วิธีดำเนินการสร้าง

นำไม้สามเหลี่ยมมุมฉากในข้อ 3 มาหากาว Sony ติดที่มุมทั้ง 4 ของแผ่นไม้
ในข้อ 1 ให้ห่างจากขอบ 0.4 ซม. เป็นที่บังคับฝาครอบ นำไม้ในข้อ 2 มาหากาว
ติดกันตามด้านยาวให้เป็นมุมฉาก 4 คู่ แล้วหากาวติดกับแผ่นไม้สี่เหลี่ยม ติดหลอดไฟฉาย
transformer และกล่องสำหรับใส่ filter ที่ปลายสุดของฐานห่างจากขอบ 0.4 ซม.
โดยให้ไฟฉายอยู่กลางต่อสายไฟและ jack ให้เรียบร้อย ติดกระจกในข้อ 4 ตรงกลาง
บริเวณจุดตัดของเส้นทะแยงมุมที่ลากต่อระหว่างมุมทั้ง 4 ของแผ่นไม้ที่หากาวติดกันเป็น
มุมฉาก กระจกเงาจะทำหน้าที่สะท้อนแสงจากไฟฉายเข้า polarizer ติดขอสับที่ฐาน
และฝาครอบ 6 คู่ จะได้อุปกรณ์ Polarimeter และแหล่งแสงที่สมบูรณ์พร้อมทั้งฝาครอบ
ดังรูป 30 หน้า 26



รูป 30 แสดงฐาน Polarimeter และแหล่งแสง
รวมทั้งฝาครอบ

3. หลอดสำหรับใส่สารละลาย

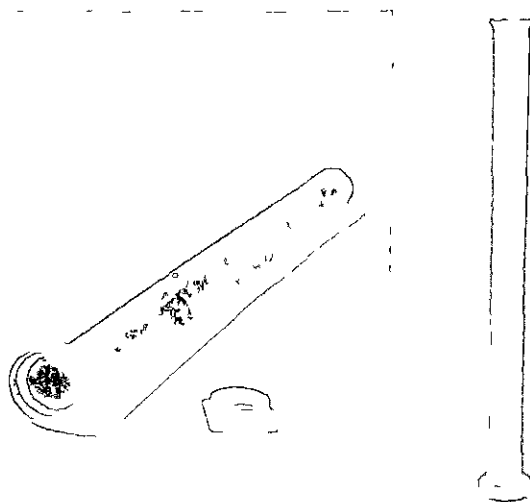
อุปกรณ์ที่ต้องใช้มีดังนี้

1. กระจกใสตัดเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมขนาด 1.8×1.8 ซม. และ 2.5×2.5 ซม.
อย่างละ 1 แผ่น
2. หลอด p.v.c. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.4 ซม. หนา 0.1 ซม. ยาว 20 ซม. (วัดหลังจากชักกระดาษทรายให้เรียบรอยทั้งสองปลายแล้ว) 1 หลอด
3. p.v.c. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 1.5 ซม. หนา 0.1 ซม. ยาว 0.5 ซม. 1 ท่อน
4. p.v.c. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 2.2 ซม. หนา 0.13 ซม. ยาว 0.3 ซม. 1 ท่อน

วิธีดำเนินการสร้าง

ใช้กาว Sony ทา p.v.c. ในข้อ 4 ติดกับแผ่นกระจก 2.5×2.5 ซม.
ในข้อ 1 ให้ตรงกลาง ทากาว p.v.c. ในข้อ 2 ติดกับแผ่นกระจกสี่เหลี่ยมด้านตรงข้าม
กับ p.v.c. ที่ติดไว้ก่อน เป็นหลอดสำหรับใส่สารละลาย ทากาว p.v.c. ในข้อ 3

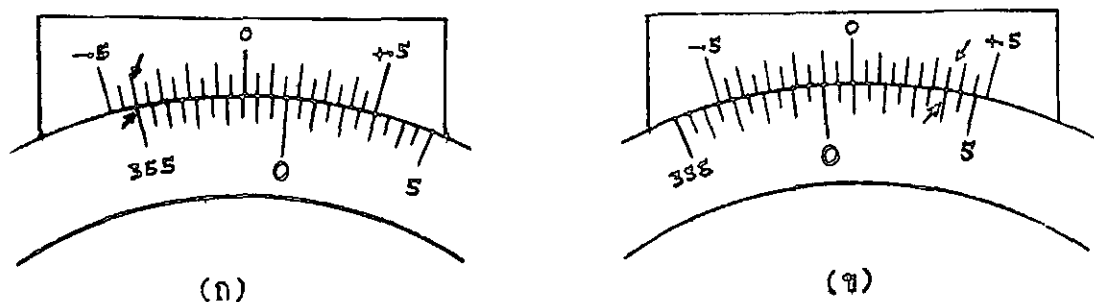
ติดกับแผ่นกระจก 1.8×1.8 ซม. ในข้อ 1 ให้ตรงกลางพอดีใช้เป็นฝาของหลอดสารละลาย
หลอดสารละลายที่ประกอบเสร็จแล้วมีลักษณะดังรูป 31



รูป 31 แสดงหลอดสารละลาย

การอ่านเวอร์เนียร์

เนื่องจากเวอร์เนียร์ที่สร้างขึ้น ได้จากการนำเอา 9 องศาของโปรแทรกเตอร์
ซึ่งแบ่งละเอียดถึง 0.5 องศา มาแบ่งออกเป็น 20 ช่อง จึงทำให้อ่านได้ละเอียดถึง
0.05 องศา ดังรูป 32



รูป 32 แสดงการอ่านเวอร์เนียร์

ในรูป 32 ให้เวอร์เนียร์อยู่กับที่ ส่วนโปรแทรกเตอร์หมุนไปทางซ้ายหรือขวา
เมื่อโปรแทรกเตอร์หมุนไปทางซ้าย (ดูจากขีดศูนย์ของโปรแทรกเตอร์) ในรูป 32 (ข)

จำนวนองศาที่อ่านได้จะเป็นค่าลบ ถ้าหมุนไปทางขวาจะเป็นค่าบวก (รูป 32 ก) การอ่านเวอร์เนียร์ให้อ่านจำนวนองศาที่สามารถอ่านได้แล้วนำไปบวกกับส่วนย่อยของ องศาซึ่งอ่านได้จากเวอร์เนียร์ (ดูขีดที่ตรงกัน) จากรูป 32 (ก) อ่านได้ $+1^{\circ}+(+0.4^{\circ})$ เท่ากับ $+1.4^{\circ}$ จากรูป 32 (ข) อ่านได้ $-0.5^{\circ}+(-0.35^{\circ})$ ซึ่งเท่ากับ -0.85°

การทดสอบการทำงานของเครื่องมือ

นำ Polarimeter ที่สร้างสมบูรณ์แล้วไปวัดค่า optical rotation ของ glucose และ sucrose โดยใช้พลาสติกสีต่าง ๆ เป็น filter เปรียบเทียบกับการใช้ Kern Polarimeter (No. 100.362) ซึ่งใช้แสงโซเดียมและค่ามาตรฐาน ใน Handbook of Analytical Chemistry (11) ซึ่งใช้แสงโซเดียมเช่นเดียวกัน ทำการทดลองทำในห้องปรับอากาศ (อุณหภูมิ 25°C)

การทดลอง ติดตั้งเครื่องมือดังรูป 16 หน้า 18 ปรับกระจกให้แสงจากหลอด ไฟฉายสะท้อนผ่านเข้า polarizer และ analyser มากที่สุด นำหลอดสารละลาย มาบรรจุน้ำกลั่นให้เต็มหลอด ปิดหลอดโดยไม่ให้มีฟองอากาศใส่ไว้ในที่รองรับหลอด สารละลายแล้วหมุนรางให้ปิกสนิท หมุน analyser จนถึงจุดที่มีคี่ที่สุด อ่านจำนวนองศา ที่เวอร์เนียร์ปรากฏว่าขีดศูนย์ของเวอร์เนียร์กับของโปรแทรกเตอร์อยู่ตรงกันพอดี แสดงว่าน้ำกลั่นไม่บายเบนแสง polarize จากนั้นก็นำสารละลายของ glucose และ sucrose ในน้ำมาทดสอบโดยเริ่มต้นตั้งโปรแทรกเตอร์ไว้ที่ศูนย์ แล้วหมุน analyser จนถึงจุดที่มีคี่ที่สุด (มองเห็นเป็นสีส้มปนน้ำตาลซึ่งอยู่ระหว่างสีแดงกับสีเขียว ในกรณีที่พลาสติกสีส้มเป็น filter) ปรากฏว่าพลาสติกสีส้ม (P-202) ให้ค่า optical rotation ใกล้เคียงที่สุด ดังผลการทดลองในตาราง 1 หน้า 29

ตาราง 1 แสดงค่า optical rotation ของน้ำตาล

Compound	α (ที่ 25° c)					เฉลี่ย	Solvent	Concn (g/100 ml. soln)
	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5			
D(+)-Glucose	+ 4.00	+ 4.10	+ 4.35	+ 4.25	+ 4.10	+ 4.16*	H ₂ O	4.00
	+ 4.15	+ 4.15	+ 4.15	+ 4.10	+ 4.15	+ 4.14*		
Sucrose	+34.55	+34.70	+34.80	+34.70	+34.75	+34.70*	H ₂ O	26.00
	+34.35	+34.35	+34.25	+34.30	+34.30	+34.31**		

α = มุมที่แสงถูกขยับเบนไป (วัดเป็นองศา)

* เป็นค่าที่ได้จากการใช้ Polarimeter ที่สร้างขึ้น

** เป็นค่าที่ได้จากการใช้ Kern Polarimeter

จากค่าเฉลี่ยของมุมที่แสงถูกขยับเบนไปในตาราง 1 นำไปคำนวณค่า specific rotation จากสูตร (24)

$$[\alpha] = \frac{\alpha}{l \cdot c}$$

α = มุมที่แสงถูกขยับเบนไป (วัดเป็นองศา)

$[\alpha]$ = ค่า specific rotation

c = ความเข้มข้นของสารละลาย (กรัม/100 มล. ของสารละลาย)

l = ความยาวของหลอดสารละลายเป็นเดซิเมตร

ค่า specific rotation ที่คำนวณได้แสดงไว้ในตาราง 2 หน้า 30

ตาราง 2 แสดงค่า specific rotation ของน้ำตาล

Compound	$[\alpha]^{25}$	$[\alpha]^{25}_D$	$[\alpha]^{20}_D$	Solvent	Concentration (g/100ml. soln)
D(+)-Glucose	+ 52.00	+ 51.80	+ 52.70	H ₂ O	4.00
Sucrose	+ 66.73	+ 65.98	+ 66.50	H ₂ O	26.00

$[\alpha]^{25}$ คือค่า specific rotation ที่ 25° C (ได้จาก Polarimeter ที่สร้างขึ้น) ใช้พลาสติกสีส้มเป็น filter

$[\alpha]^{25}_D$ คือค่า specific rotation ที่ 25° C ใช้แสงโซเดียม (ได้จาก Kern Polarimeter)

$[\alpha]^{20}_D$ คือค่า specific rotation ที่ 20° C ใช้แสงโซเดียม เป็นค่าใน handbook (12)

บทที่ 4

วิธีดำเนินการทดลองและผลการทดลอง

วิธีดำเนินการทดลอง

ในการทดลอง แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ตอน คือ

1. การวัด optical activity ของสารอินทรีย์ ซึ่งได้แก่น้ำตาล
ดังต่อไปนี้

1. D(-) Fructose
2. D(+) Galactose
3. D(+) Glucose
4. D(+) Lactose.H₂O
5. D(+) Mannose
6. Sucrose
7. D(+) Xylose

2. การวัด optical activity ของสารทางชีวเคมี ได้แก่ amino acid
ดังต่อไปนี้

1. L(+) Alanine
2. L(-) Asparagine
3. L(+) Aspartic acid
4. L(-) Cystine
5. L(+) Glutamic acid
6. L(-) Leucine
7. L(+) Lysine. HCl
8. L(-) Phenylalanine
9. L(-) Serine
10. L(-) Tryptophan
11. L(-) Tyrosine
12. L(+) Valine

3. การหาความสัมพันธ์ระหว่าง optical activity กับความเข้มข้นของ
น้ำตาล น้ำตาลที่จะนำมาทดสอบได้แก่

1. D(+) Galactose
2. D(+) Glucose
3. Sucrose

การวัด optical activity ของสารอินทรีย์

เตรียมสารละลายของน้ำตาลในน้ำที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน (ดูจากตาราง 3
หน้า 32) แล้วนำไปวัด optical activity ด้วย Polarimeter ที่สร้างขึ้น
เปรียบเทียบกับ Kern Polarimeter ผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 3 หน้า 32
การบรรจุสารละลายลงในหลอดสารละลายและการติดตั้งเครื่องมือก่อนการทดลองทำ
เช่นเดียวกับภาคการทดสอบการทำงานของเครื่องมือหน้า 28

ตาราง 3 แสดงค่า angle of rotation ของน้ำตาล

Compound	α (ที่ 25 °C)										Solvent	Concentration (g/100 ml.soln)
	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	α_8	α_9	α_{10}		
D(-)Fructose	- 7.20	- 7.25	- 7.55	- 7.45	- 6.85	- 7.20	- 7.50	- 7.40	- 7.50	- 6.85	H ₂ O	4.00
D(+)Galactose	- 6.95	- 6.95	- 6.95	- 7.00	- 6.95	- 6.95	- 6.95	- 7.00	- 6.95	- 7.05	H ₂ O	5.00
D(+)Glucose	+ 7.80	+ 7.85	+ 8.35	+ 8.20	+ 8.00	+ 8.35	+ 8.00	+ 8.25	+ 7.75	+ 7.85	H ₂ O	4.00
D(+)Lactose.H ₂ O	+ 7.75	+ 7.75	+ 7.80	+ 7.75	+ 7.75	+ 7.75	+ 7.75	+ 7.80	+ 7.75	+ 7.75	H ₂ O	8.00
D(+)Mannose	+ 4.30	+ 4.30	+ 4.35	+ 3.95	+ 4.25	+ 4.10	+ 4.00	+ 4.35	+ 3.80	+ 4.00	H ₂ O	4.00
Sucrose	+ 4.15	+ 4.15	+ 4.15	+ 4.15	+ 4.15	+ 4.15	+ 4.10	+ 4.15	+ 4.15	+ 4.15	H ₂ O	4.00
	+ 8.30	+ 8.30	+ 8.40	+ 8.45	+ 8.40	+ 8.05	+ 8.10	+ 8.50	+ 8.65	+ 8.30	H ₂ O	8.00
D(+)Xylose	+ 8.35	+ 8.35	+ 8.35	+ 8.30	+ 8.35	+ 8.35	+ 8.35	+ 8.35	+ 8.40	+ 8.40	H ₂ O	4.00
	+ 1.25	+ 1.35	+ 1.10	+ 1.15	+ 1.00	+ 1.10	+ 1.00	+ 1.50	+ 1.45	+ 1.30	H ₂ O	4.00
D(+)Xylose	+ 1.20	+ 1.20	+ 1.25	+ 1.20	+ 1.20	+ 1.20	+ 1.15	+ 1.15	+ 1.20	+ 1.20	H ₂ O	26.00
	+ 34.80	+ 34.55	+ 34.55	+ 34.90	+ 34.75	+ 34.75	+ 34.80	+ 34.85	+ 34.75	+ 35.00	H ₂ O	4.00
D(+)Xylose	+ 34.35	+ 34.35	+ 34.30	+ 34.35	+ 34.35	+ 34.30	+ 34.25	+ 34.30	+ 34.30	+ 34.25	H ₂ O	4.00
	+ 1.50	+ 1.45	+ 1.85	+ 1.80	+ 1.85	+ 1.40	+ 1.35	+ 1.50	+ 1.70	+ 1.50	H ₂ O	4.00
D(+)Xylose	+ 1.60	+ 1.55	+ 1.60	+ 1.60	+ 1.60	+ 1.60	+ 1.50	+ 1.60	+ 1.60	+ 1.55	H ₂ O	4.00

จากค่า angle of rotation ที่ได้นำไปคำนวณค่า specific rotation และคำนวณเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยได้

จากสูตร (3)
$$S_x = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$
 S_x คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน X คือค่า specific rotation ที่วัดได้แต่ละครั้ง

ผลการคำนวณแสดงไว้ในตาราง 4 หน้า 33

ตาราง 4 แสดงค่า specific rotation ของน้ำตาล

Compound	[α] ²⁵										S _x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
D(-)Fructose	-90.00	-90.63	-94.38	-93.13	-85.63	-90.00	-93.75	-92.50	-93.75	-89.63	3.38
D(+)Galactose	-86.88	-86.88	-86.88	-87.50	-86.88	-86.88	-86.88	-87.50	-86.88	-88.13	0.44
D(+)Glucose	+78.00	+78.50	+83.50	+82.00	+80.00	+83.50	+80.00	+82.50	+77.50	+78.50	2.31
	+77.50	+77.50	+78.00	+77.50	+77.50	+77.50	+77.50	+78.00	+77.50	+77.50	0.21
	+53.75	+53.75	+54.38	+49.38	+53.13	+51.25	+50.00	+54.38	+47.50	+50.00	2.44
	+51.88	+51.88	+51.88	+51.88	+51.88	+51.88	+51.25	+51.88	+51.88	+51.88	0.20
D(+)Lactose.H ₂ O	+51.88	+51.88	+52.50	+52.81	+52.50	+50.31	+50.63	+53.13	+54.06	+51.88	1.12
	+52.19	+52.19	+52.19	+51.88	+52.19	+52.19	+52.19	+52.19	+52.50	+52.50	0.18
D(+)Mannose	+15.63	+16.88	+13.75	+14.38	+12.50	+13.75	+12.50	+18.75	+18.13	+16.25	2.23
	+15.00	+15.00	+15.63	+15.00	+15.00	+15.00	+14.38	+14.38	+15.00	+15.00	0.35
Sucrose	+66.92	+66.44	+66.44	+67.12	+66.83	+66.83	+66.92	+67.02	+66.83	+67.31	0.27
	+66.06	+66.06	+65.96	+66.06	+66.06	+65.96	+65.87	+65.96	+65.96	+65.87	0.08
D(+)Xylose	+18.75	+18.13	+23.13	+22.50	+23.13	+17.50	+16.88	+18.75	+21.25	+18.75	2.39
	+20.00	+19.38	+20.00	+20.00	+20.00	+20.00	+18.75	+20.00	+20.00	+19.38	0.44

จากค่า specific rotation และค่าความหนาแน่นมาตรฐาน (S_x) ในตาราง 4 นำไปเปรียบเทียบกับค่าใน handbook (13) ดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงค่า specific rotation ของน้ำตาล

Compound	$[\alpha]^{25}$	$[\alpha]^{25}_D$	$[\alpha]^{20}_D$	Solvent	Concentration (g/100 ml. soln)
D(-)Fructose	- 90.94 $\pm$ 3.38	- 87.13 $\pm$ 0.44	- 92.4	H ₂ O	4.00
D(+)Galactose	+ 80.40 $\pm$ 2.31	+ 77.60 $\pm$ 0.21	+ 80.2	H ₂ O	5.00
D(+)Glucose	+ 51.75 $\pm$ 2.44	+ 51.82 $\pm$ 0.20	+ 52.7	H ₂ O	4.00
D(+)Lactose . H ₂ O	+ 52.16 $\pm$ 1.12	+ 52.22 $\pm$ 0.18	+ 52.6	H ₂ O	8.00
D(+)Mannose	+ 15.25 $\pm$ 2.23	+ 14.94 $\pm$ 0.35	+ 14.2	H ₂ O	4.00
Sucrose	+ 66.87 $\pm$ 0.27	+ 65.98 $\pm$ 0.08	+ 66.5	H ₂ O	26.00
D(+)Xylose	+ 19.88 $\pm$ 2.39	+ 19.75 $\pm$ 0.44	+ 18.8	H ₂ O	4.00

การวัดค่า optical activity ของ amino acid

เตรียมสารละลายของ amino acid ในน้ำและใน standard HCl 1 M ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน (ดูจากตาราง 6) บรรจุสารละลายลงในหลอดสารละลายให้เต็มแล้วปิดฝาหลอดสารละลายโดยไม่ให้มีฟองอากาศ (ถ้ามีฟองอากาศต้องทำใหม่) นำไปวัด optical activity ด้วย Polarimeter ที่สร้างขึ้น และ Kern Polarimeter เพื่อเปรียบเทียบกัน ผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 6 หน้า 36 และ 37 การติดตั้งเครื่องมือก่อนทำการทดลองทำเช่นเดียวกับภาคการทดสอบการทำงานของเครื่องมือ หน้า 28

ตาราง 6 แสดงค่า angle of rotation ของ amino acid

Compound	α (at 25°C)										Solvent	Concentration (g/100ml.soln)
	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	α_8	α_9	α_{10}		
L(+)-Alanine	+0.10	+0.30	+0.10	+0.30	+0.10	+0.10	+0.10	+0.30	+0.25	+0.15	H ₂ O	4.00
L(-)-Asparagine	+0.10	+0.10	+0.15	+0.10	+0.10	+0.15	+0.10	+0.10	+0.10	+0.10	H ₂ O	2.00
L(+)-Aspartic acid	-0.15	-0.25	-0.10	-0.20	-0.30	-0.15	-0.15	-0.20	-0.15	-0.25	H ₂ O	2.00
	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.25	-0.20	-0.20	H ₂ O	2.00
	+1.10	+1.10	+1.10	+1.25	+1.25	+1.20	+1.30	+1.20	+1.25	+1.05	1 M HCl	2.00
	+0.95	+0.95	+0.95	+0.95	+0.95	+1.10	+1.00	+1.00	+0.95	+0.95	1 M HCl	1.00
L(-)-Cystine	-4.35	-4.20	-4.25	-4.40	-4.30	-4.20	-4.20	-4.30	-4.40	-4.20	1 M HCl	1.00
	-4.25	-4.20	-4.20	-4.25	-4.20	-4.20	-4.20	-4.25	-4.20	-4.20	1 M HCl	1.00
L(+)-Glutamic acid	+1.10	+1.50	+1.35	+1.30	+1.40	+1.30	+1.35	+1.50	+1.30	+1.30	1 M HCl	2.00
	+1.25	+1.25	+1.25	+1.25	+1.25	+1.30	+1.25	+1.20	+1.30	+1.25	1 M HCl	2.00
L(-)-Leucine	-0.10	-0.15	-0.20	-0.10	-0.20	-0.10	-0.20	-0.10	-0.10	-0.20	H ₂ O	1.30
	-0.20	-0.25	-0.20	-0.25	-0.25	-0.20	-0.20	-0.30	-0.25	-0.25	H ₂ O	1.30

ตาราง 6 (ต่อ)

Compound	α (ที่ 25°C)										Solvent	Concentration (g/100ml.soln)
	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	α_8	α_9	α_{10}		
L(+)-Lysine.HCl	+0.35	+0.65	+0.60	+0.50	+0.50	+0.50	+0.75	+0.50	+0.55	+0.50	H ₂ O	2.00
	+0.40	+0.45	+0.50	+0.50	+0.50	+0.50	+0.45	+0.50	+0.50	+0.45		
L(-)-Phenylalanine	-0.85	-0.70	-0.70	-0.85	-0.95	-1.00	-0.90	-0.70	-1.00	-0.85	H ₂ O	1.30
	-0.90	-0.85	-0.85	-0.85	-0.90	-0.85	-0.85	-0.90	-0.85	-0.90		
L(-)-Serine	-0.10	0.00	-0.10	+0.05	+0.05	+0.05	-0.05	-0.05	-0.10	-0.05	H ₂ O	1.00
	-0.10	-0.15	-0.15	-0.15	-0.10	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15	-0.15		
L(-)-Tryptophan	-0.45	-0.55	-0.55	-0.55	-0.60	-0.70	-0.60	-0.55	-0.55	-0.65	H ₂ O	0.90
	-0.60	-0.50	-0.60	-0.60	-0.55	-0.55	-0.55	-0.60	-0.60	-0.55		
L(-)-Tyrosine	-0.95	-0.90	-0.75	-0.70	-0.70	-0.80	-0.85	-0.80	-0.80	-0.80	1 M HCl	4.00
	-0.80	-0.75	-0.75	-0.80	-0.80	-0.80	-0.75	-0.80	-0.75	-0.80		
L(+)-Valine	+0.10	+0.50	+0.20	+0.10	+0.25	+0.30	+0.15	+0.20	+0.25	+0.20	H ₂ O	0.90
	+0.10	+0.10	+0.10	+0.10	+0.10	+0.10	+0.15	+0.05	+0.10	+1.10		

จากค่า angle of rotation ที่ได้นำไปคำนวณค่า specific rotation และค่า bias

มาตรฐานของค่าเฉลี่ยได้ดังตาราง 7 หน้า 38 และ 39

ตาราง 7 แสดงค่า specific rotation ของ amino acid

Compound	[α] ²⁵										S _x	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
L(+)-Alanine	+ 1.25	+ 3.75	+ 1.25	+ 3.75	+ 1.25	+ 1.25	+ 1.25	+ 3.75	+ 3.13	+ 1.88	+ 2.25	1.13
L(-)-Asparagine	+ 1.25	+ 1.25	+ 1.88	+ 1.25	+ 1.25	+ 1.88	+ 1.25	+ 1.25	+ 1.25	+ 1.25	+ 1.38	0.27
L(+)-Aspartic acid	- 3.75	- 6.25	- 2.50	- 5.00	- 7.50	- 3.75	- 3.75	- 5.00	- 3.75	- 6.25	- 4.75	1.54
	- 5.00	- 5.00	- 5.00	- 5.00	- 5.00	- 5.00	- 5.00	- 6.25	- 5.00	- 5.00	- 5.13	0.40
	+ 27.50	+ 27.50	+ 27.50	+ 31.25	+ 31.25	+ 30.00	+ 32.50	+ 30.00	+ 31.25	+ 26.25	+ 29.50	2.14
	+ 23.75	+ 23.75	+ 23.75	+ 23.75	+ 23.75	+ 25.00	+ 25.00	+ 25.00	+ 23.75	+ 23.75	+ 24.13	0.60
L(-)-Cystine	-217.50	-210.00	-212.50	-220.00	-215.00	-210.00	-210.00	-215.00	-220.00	-210.00	-214.00	4.12
	-212.50	-210.00	-210.00	-212.50	-210.00	-210.00	-210.00	-212.50	-210.00	-210.00	-210.75	1.21
L(+)-Glutamic acid	+ 27.50	+ 35.50	+ 33.75	+ 32.50	+ 35.00	+ 32.50	+ 33.75	+ 37.50	+ 32.50	+ 32.50	+ 33.50	2.87
	+ 31.25	+ 31.25	+ 31.25	+ 31.25	+ 31.25	+ 32.50	+ 31.25	+ 30.00	+ 32.50	+ 31.50	+ 31.38	0.71
L(-)-Leucine	- 3.85	- 5.77	- 7.69	- 3.85	- 7.69	- 3.85	- 7.69	- 3.85	- 3.85	- 7.69	- 5.58	1.91
	- 7.69	- 9.62	- 7.69	- 9.62	- 9.62	- 7.69	- 7.69	- 11.54	- 9.62	- 9.62	- 9.04	1.30

ตาราง 7 (ต่อ)

Compound	[α] _D ²⁵										เลข เฉลี่ย	s _x
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
L(+)-Lysine.HCl	+ 8.75	+ 16.25	+ 15.00	+ 12.50	+ 12.50	+ 12.50	+ 18.75	+ 12.50	+ 13.75	+ 12.50	+ 13.50	2.69
	+ 10.00	+ 11.25	+ 12.50	+ 12.50	+ 12.50	+ 12.50	+ 11.25	+ 12.50	+ 12.50	+ 11.25	+ 11.88	0.88
L(-)-Phenylalanine	- 32.69	- 26.92	- 26.92	- 32.69	- 36.54	- 38.46	- 34.62	- 26.92	- 38.46	- 32.69	- 32.69	4.53
	- 34.62	- 32.69	- 32.69	- 32.69	- 34.62	- 32.69	- 32.69	- 34.62	- 32.69	- 34.62	- 33.46	0.99
L(-)-Serine	- 5.00	- 0.00	- 5.00	+ 2.50	+ 2.50	+ 2.50	- 2.50	- 2.50	- 5.00	- 2.50	- 1.50	2.42
	- 5.00	- 7.50	- 7.50	- 7.50	- 5.00	- 7.50	- 7.50	- 7.50	- 7.50	- 7.50	- 7.00	1.05
L(-)-Tryptophan	- 25.00	- 30.56	- 30.56	- 30.56	- 33.33	- 38.89	- 33.33	- 30.56	- 30.56	- 36.11	- 31.95	3.76
	- 33.33	- 27.80	- 33.33	- 33.33	- 30.56	- 30.56	- 30.56	- 33.33	- 33.33	- 30.56	- 31.67	1.93
L(-)-Tyrosine	- 11.88	- 8.75	- 9.38	- 8.75	- 8.75	- 10.00	- 10.63	- 10.00	- 10.00	- 10.00	- 9.81	0.98
	- 10.00	- 9.38	- 9.38	- 10.00	- 10.00	- 10.00	- 9.38	- 10.00	- 9.38	- 10.00	- 9.75	0.32
L(+)-Valine	+ 5.56	+ 2.78	+ 11.10	+ 5.56	+ 13.89	+ 16.67	+ 8.33	+ 11.10	+ 13.89	+ 11.00	+ 10.00	4.38
	+ 5.56	+ 5.56	+ 5.56	+ 5.56	+ 5.56	+ 5.56	+ 8.33	+ 2.78	+ 5.56	+ 5.56	+ 5.56	1.31

จากค่า specific rotation และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (s_x) ในตาราง 7 นำไปเปรียบเทียบกับค่าใน handbook (14) ดังตาราง 8

ตาราง 8 แสดงค่า specific rotation ของ amino acid

Compound	$[\alpha]_D^{25}$	$[\alpha]_D^{25}$	$[\alpha]_D^{20}$	Solvent	Concentration (g/100 ml.soln)
L(+)-Alanine	+ 2.25 ± 1.13	+ 1.38 ± 0.27	+ 2.0	H ₂ O	4.00
L(-)-Asparagine	- 4.75 ± 1.54	- 5.13 ± 0.40	- 6.7	H ₂ O	2.00
L(+)-Aspartic acid	+ 29.50 ± 2.14	+ 24.13 ± 0.60	+ 19.7	1 M HCl	2.00
L(-)-Cystine	-214.00 ± 4.12	-210.75 ± 1.21	-233.0	1 M HCl	1.00
L(+)-Glutamic acid	+ 33.50 ± 2.87	+ 31.38 ± 0.71	+ 27.9	1 M HCl	2.00
L(-)-Leucine	- 5.58 ± 1.91	- 9.04 ± 1.30	- 11.5	H ₂ O	1.30
L(+)-Lysine.HCl	+ 13.50 ± 2.69	+ 11.88 ± 0.88	+ 12.8	H ₂ O	2.00
L(-)-Phenylalanine	- 32.69 ± 4.53	- 33.46 ± 0.99	- 33.4	H ₂ O	1.30
L(-)-Serine	- 1.50 ± 2.42	- 7.00 ± 1.05	- 7.8	H ₂ O	1.00
L(-)-Tryptophan	- 31.95 ± 3.76	- 31.67 ± 1.93	- 34.5	H ₂ O	0.90
L(-)-Tyrosine	9.81 ± 0.98	- 9.75 ± 0.32	- 10.6	1 M HCl	4.00
L(+)-Valine	+ 10.00 ± 4.38	+ 5.56 ± 1.30	+ 5.6	H ₂ O	0.90

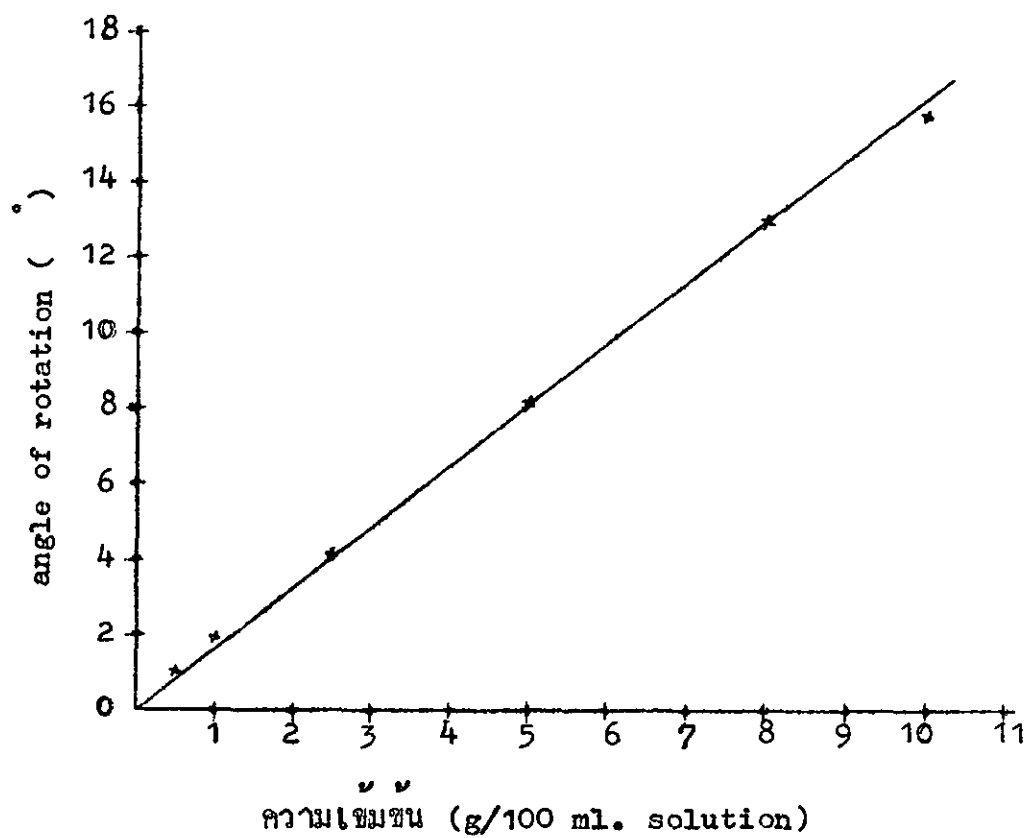
การหาความสัมพันธ์ระหว่าง optical activity กับความเข้มข้นของน้ำตาล

เตรียมสารละลายของน้ำตาล D (+) Galactose, D (+) Glucose และ Sucrose ในน้ำที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน (ดูจากตาราง 9 หน้า 42) แล้วนำไปวัด optical activity ด้วย Polarimeter ที่สร้างขึ้น ผลการทดลองแสดงไว้ในตาราง 9 หน้า 42 การบรรจุสารละลายลงในหลอดสารละลายและการติดตั้งเครื่องมือก่อนการทดลองทำเช่นเดียวกับภาคการทดสอบการทำงานของเครื่องมือ หน้า 28

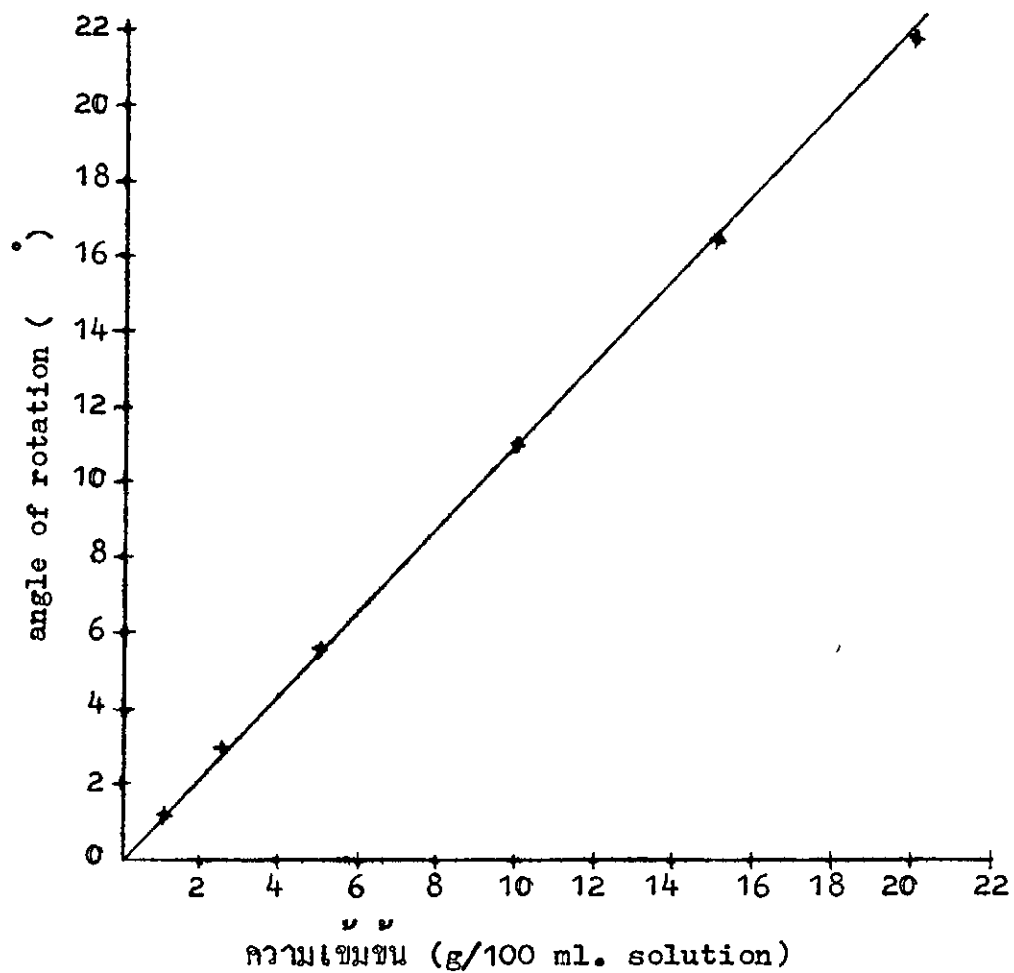
ตาราง 9 แสดงค่า angle of rotation ของน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ

Compound	Concentration	α (ที่ 25°C)				เจือย	Solvent
		α_1	α_2	α_3	α_4		
D(+)-Galactose	0.50	+ 1.00	+ 1.00	+ 1.00	+ 0.90	+ 0.98	H ₂ O
	1.00	+ 1.05	+ 2.00	+ 1.90	+ 1.85	+ 1.90	
	2.50	+ 4.00	+ 4.25	+ 4.20	+ 4.00	+ 4.11	
	5.00	+ 8.00	+ 8.25	+ 8.20	+ 7.95	+ 8.10	
	8.00	+ 12.85	+ 13.00	+ 12.75	+ 12.75	+ 12.84	
	10.00	+ 16.55	+ 15.66	+ 15.95	+ 15.60	+ 15.65	
D(+)-Glucose	1.00	+ 1.15	+ 1.15	+ 1.30	+ 1.00	+ 1.18	H ₂ O
	2.50	+ 2.95	+ 3.00	+ 2.90	+ 2.85	+ 2.93	
	5.00	+ 5.50	+ 5.65	+ 5.50	+ 5.40	+ 5.51	
	10.00	+ 11.00	+ 11.00	+ 11.00	+ 11.00	+ 11.00	
	15.00	+ 16.50	+ 16.45	+ 16.35	+ 16.30	+ 16.40	
	20.00	+ 21.80	+ 21.70	+ 21.65	+ 21.75	+ 21.73	
Sucrose	2.00	+ 2.50	+ 2.85	+ 2.85	+ 2.75	+ 2.74	H ₂ O
	5.00	+ 6.85	+ 6.65	+ 6.85	+ 6.70	+ 6.76	
	10.00	+ 13.50	+ 13.25	+ 13.50	+ 13.30	+ 13.39	
	15.00	+ 20.25	+ 19.90	+ 20.15	+ 20.00	+ 20.08	
	20.00	+ 26.90	+ 26.90	+ 26.50	+ 26.80	+ 26.78	
	25.00	+ 33.50	+ 33.30	+ 33.50	+ 33.30	+ 33.40	

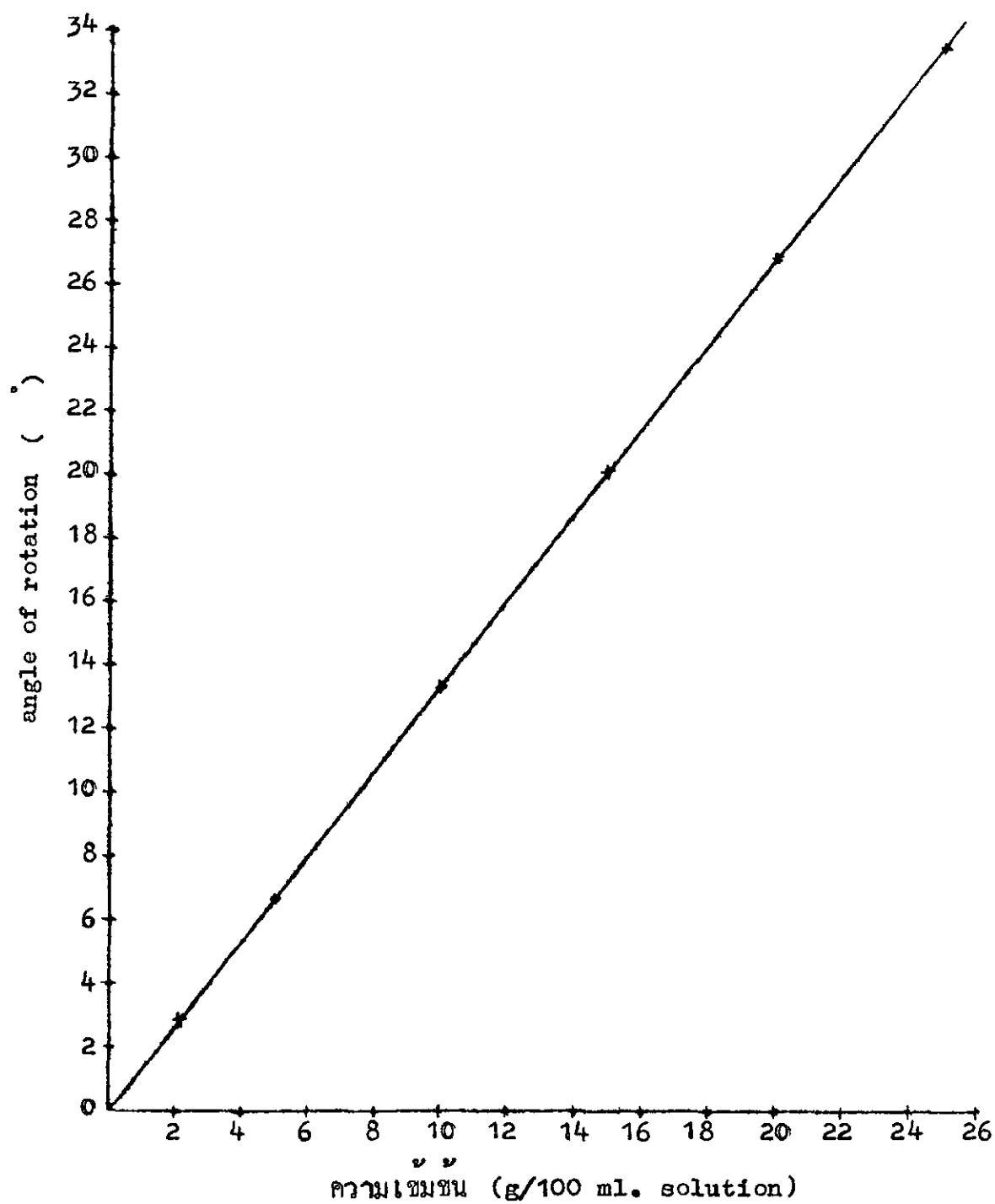
จากค่า angle of rotation ในตาราง 9 นำไปเขียนกราฟกับความเข้มข้นได้ดังรูป 33,34 และ 35 หน้า 43-45



รูป 33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง angle of rotation กับความเข้มข้นของ D(+)-Galactose



รูป 34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง angle of rotation กับความเข้มข้นของ D(+)-Glucose



รูป 35 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง angle of rotation กับความเข้มข้นของ Sucrose

อภิปรายผล

วิธีสร้างเครื่องมือ

1. Polarimeter

Polarimeter ที่สร้างขึ้นเป็นชนิดที่ใช้สายตาคัดสินจุดศูนย์ (zero point) ของเครื่องมือโดยพิจารณาจากจุดที่มีคี่ที่สุด มี Polaroid เป็น polarizer และ analyser ติดเวอร์เนียช่วยในการอ่านจำนวนองศา มีพลาสติกเป็นโครงประกอบกับราง p.v.c. สำหรับรองรับหลอดสารละลายซึ่งมีข้อดีและข้อเสียดังนี้

1.1 การใช้ Polaroid เป็น polarizer และ analyser ทำให้เครื่องมือมีประสิทธิภาพต่ำลง (8) เมื่อต้องการเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงจะต้องใช้ prism แทน แต่การใช้ prism จะสร้างได้ยากและทำให้เครื่องมือมีราคาแพง ในกรณีที่ไม่ต้องการประสิทธิภาพสูงนักการใช้ Polaroid นับว่าเพียงพอ

1.2 การใช้สายตาคัดสินจุดที่มีคี่ที่สุดทำให้ผิดพลาดได้ง่ายเนื่องจากไม่มีอะไรเป็นสิ่งที่เปรียบเทียบ เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพจะทำเป็นแบบ half shade หรือ tripartite ซึ่งเปรียบเทียบกันได้ (ดูหน้า 6) เครื่องมือที่สร้างได้แก่ขอบกพร่องนี้โดยคิดเลขนัยนัยขยายนบริเวณที่ใช้สายตาคัดสินให้ใหญ่ขึ้น ข้อผิดพลาดจึงลดน้อยลง

1.3 การติดตั้งเวอร์เนียประกอบกับโปรแทรกเตอร์วงกลมที่แบ่งละเอียดถึง 0.5 องศา ช่วยให้อ่านจำนวนองศาได้ละเอียดถึง 0.05 องศา เช่นเดียวกับ Kern Polarimeter การอ่านจำนวนองศาจึงคงที่คึกกว่าไม่มีเวอร์เนียมาก และดีกว่าของ Vennos (หน้า 15-16) ซึ่งใช้ polar coordinate graph แต่เวอร์เนียละเอียดมากอ่านด้วยตาเปล่าอาจไม่ชัดเจน เครื่องมือนี้ได้แก้ไขโดยการใช้นัยขยายน

1.4 การใช้ราง p.v.c. ประกอบกับโครงพลาสติกสีดำเป็นที่รองรับหลอดสารละลาย ทำให้ใช้ใกล้สะดวกเช่นเดียวกับรางโลหะของ Kern Polarimeter แต่ p.v.c. มีข้อเสียตรงที่แสงผ่านไประยะเวลาทดลองภายในรางจะไม่มีคี่สนิท การวัด

optical activity ของสารจะนิคผลาค เครื่องมือที่สร้างได้แก่ขอบกพร่องนี้โดยการ ทาสีดำที่วาง p.v.c. จึงดีกว่าแบบของ Nechamkin (หน้า 11-12), Spear (หน้า 13-14) และของ Garvin (หน้า 14-15) ซึ่งใช้ได้เฉพาะในห้องมืด เนื่องจากไม่มีอุปกรณ์ป้องกันแสงสว่างจากข้างนอก

2. ฐาน Polarimeter และแหล่งแสง

Polarimeter ที่สร้างได้แยกฐาน Polarimeter และแหล่งแสงออกจาก Polarimeter เพื่อให้สะดวกในการแสดงรายละเอียดอุปกรณ์ของเครื่องมือเวลา สามีติ การใช้หลอดไฟน่ายเป็นแหล่งแสงจะได้แสงสว่างที่มีความเข้มคงที่ดีกว่าใช้แสง สว่างจากดวงอาทิตย์ และสามารถเลือกใช้ filter กรองแสงได้ตามความต้องการ การที่ให้แสงสว่างจากหลอดไฟน่ายผ่านกระจกเงาแล้วสะท้อนเข้า polarizer แทนที่จะให้ผ่าน polarizer โดยตรงก็เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนจาก หลอดไฟน่ายทำให้อุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้น ซึ่งอุณหภูมิมีผลต่อ optical rotation ของสารชนิดที่ไม่อาจทำนายได้ (25)

3. หลอดสำหรับใส่สารละลาย

หลอดสำหรับใส่สารละลายทำจากท่อ p.v.c. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ภายนอก 2.2 ซม. ยาว 20 ซม. ความยาวของหลอดมีผลต่อค่า optical rotation ของสาร และเป็นสัดส่วนตรงกับค่า optical rotation ของสาร การวัดความยาว ของหลอดให้ถูกต้องจึงเป็นสิ่งสำคัญมาก (ควรใช้ไมโปรแทรกเตอร์วัด) การใช้หลอด ที่มีความยาวน้อยกว่า 20 ซม. จะทำให้มุมที่แสงถูกน่ายเบนมีค่าน้อยไม่สะดวกในการวัด ถ้ายาวกว่า 20 ซม. มุมจะมีค่ามากขึ้น แต่ไม่สะดวกในการใช้เนื่องจากหลอดมีความยาว มากเกินไป

การหาภาวให้ p.v.c. ติดกับกระจกสไลด์เป็นสิ่งสำคัญ ถ้าใช้ภาวไม่ เหมาะสมเมื่อใส่สารละลายลงไปในหลอดจะทำให้รั่วได้ จากการทดลองปรากฏว่าภาว Sony ให้นลดีที่สุด

ปากหลอดสารละลายจะต้องขัดกระดาษทรายให้เรียบ (ใช้กระดาษทราย เบอร์ศูนย์) มิฉะนั้นเมื่อปิดฝาหลอดลงไปจะทำให้มีฟองอากาศเกิดขึ้น การวัด

optical rotation ของสารจะบิดพลาต ผ่านหลอดจะทองหลวม เมื่อปิดผ่านหลอด สารละลายที่เหลือจะโค้งมีทางออกได้ เป็นการป้องกันไม่ให้เกิด strain ซึ่งจะทำให้ ผลการทดลองบิดพลาตได้เช่นเดียวกัน

ราคาเครื่องมือ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง Polarimeter คิดเป็นเงินทั้งสิ้นประมาณ 223 บาท รายละเอียดราคาอุปกรณ์ในภาคผนวก

ผลการทดลอง

1. การวัด optical activity ของสารอินทรีย์

เมื่อนำ Polarimeter ที่ผ่านการทดสอบแล้วไปวัด optical activity ของสารอินทรีย์ ปรากฏว่าได้ผลใกล้เคียงกับเมื่อใช้ Kern Polarimeter และค่าใน handbook (ดูตาราง 5 หน้า 34) แต่การเปรียบเทียบกับค่าใน handbook จะไม่ถูกต้องนัก เพราะเป็นการทดลองที่อุณหภูมิแตกต่างกัน และอุณหภูมิมีผลต่อ optical rotation ของสาร (ดูหน้า 47) นอกจากนี้แหล่งแสงก็แตกต่างกัน แต่ในเรื่องแหล่งแสง พอลูโคมให้เปรียบเทียบกันได้ เนื่องจาก Polarimeter ที่สร้างขึ้นได้ใช้ filter กรองแสงให้ใกล้เคียงกับแสงโซเดียมแล้ว ด้วยเหตุนี้จึงควรเปรียบเทียบผลกับ Kern Polarimeter เมื่อพิจารณาถึงค่าความบายนามาตรฐานของค่า specific rotation เฉลี่ย จะเห็นได้ว่า Polarimeter ที่สร้างขึ้นมีค่าความบายนามาตรฐานสูงกว่า Kern Polarimeter มาก แสดงว่าเครื่องมือมีความเที่ยงตรงน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับ Polarimeter ออย่างง่าย ๆ ที่มีผู้สร้างไว้เช่นของ Nechamkin (หน้า 12) และของ Garvin (หน้า 15) ซึ่งวัดค่า specific rotation ของ sucrose ได้ 66.2 ± 1.4 และ 70 ± 4.2 ที่ 25°C ตามลำดับ ส่วน Polarimeter ที่สร้างขึ้นวัดได้ 66.87 ± 0.27 ที่อุณหภูมิเดียวกัน ค่าใน handbook (หน้า 34) เท่ากับ 66.5 ที่ 20°C แสดงว่าเครื่องมือที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงดีกว่าของ Nechamkin และ Garvin

จากค่า specific rotation เฉลี่ยของ sucrose (66.87°) ที่ 25°C เมื่อใช้ correction factor ของอุณหภูมิ (6) เทียบกลับไปที่ 20°C

จะได้เท่ากับ 68.13° สูงกว่าค่าใน handbook 1.63° ซึ่งไม่มากจนเกินไปนัก

ในกรณีของน้ำตาลชนิดอื่น ๆ ค่าความบ่ายเบนมาตรฐานจะสูงขึ้น เนื่องจากน้ำตาลเหล่านั้นมีความเข้มข้นน้อย เมื่อนำค่า angle of rotation ไปคำนวณค่า specific rotation ค่าความเข้มข้นจะต้องเป็นตัวหาร ดังสูตรข้างล่างนี้

$$[\alpha] = \frac{\alpha}{l \cdot c}$$

ความเข้มข้น (c) ยิ่งมีค่าน้อยเท่าใดก็ยิ่งมีการเปลี่ยนแปลงมากขึ้นเท่านั้น ในทางปฏิบัติความเข้มข้นมีค่าสูงสุดจำกัด เนื่องจาก solubility ของสารจะคงที่ ณ อุณหภูมิหนึ่ง เมื่อพิจารณาเป็นส่วนตัวแล้วเครื่องมือนี้ใช้วัด optical activity ของน้ำตาลได้ดีพอสมควร

2. การวัด optical activity ของสารทางชีวเคมี

เมื่อนำ Polarimeter ไปวัด optical activity ของสารทางชีวเคมี (amino acid) ปรากฏว่าส่วนใหญ่จะให้ค่า specific rotation แตกต่างไปจาก Kern Polarimeter มาก (ดูตาราง 8 หน้า 40) การที่เป็นเช่นนั้นเนื่องจาก amino acid ส่วนใหญ่มีค่า angle of rotation ต่ำมาก ค่า angle of rotation ยิ่งต่ำมากเท่าใดความผิดพลาดจากการวัดก็ยิ่งมีมากเท่านั้น เพราะฉะนั้นเครื่องมือยังวัดได้ไม่ละเอียดพอ อีกประการหนึ่ง amino acid ที่นำมาวัด optical activity เหล่านี้มีความเข้มข้นน้อยมากเนื่องจากมีค่า solubility ต่ำ ดังนั้นเมื่อนำค่า angle of rotation ไปคำนวณเป็นค่า specific rotation ความเปลี่ยนแปลงจึงมีมากดังกล่าวแล้ว

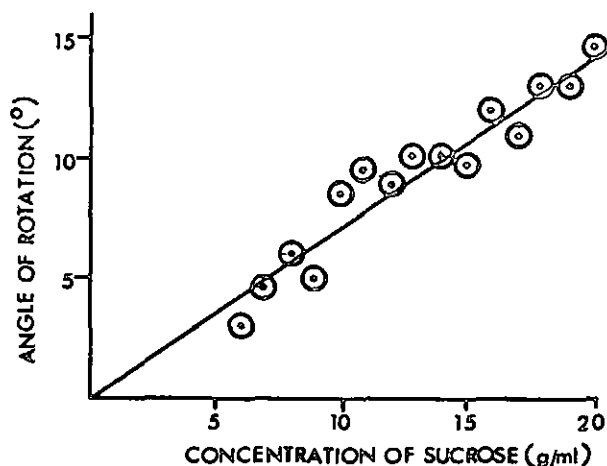
amino acid ที่ให้ค่า specific rotation แตกต่างไปจาก Kern Polarimeter มากกว่าตัวอื่น ๆ คือ L(-)Serine ซึ่งมีค่า specific rotation เป็นค่าลบ แต่ปรากฏว่าบางครั้งเครื่องมือที่สร้างขึ้นวัดได้เป็นค่าบวก (ดูตาราง 7 หน้า 39) ทั้งนี้เนื่องจาก L(-)Serine มีค่า angle of rotation ต่ำมากนั่นเอง ค่า specific rotation ของ L(-)Serine เมื่อวัดด้วยเครื่องมือที่สร้างขึ้นเท่ากับ -1.50 ± 2.42 ซึ่งจะเห็นได้ว่าจากข้อช่วย

ความผิดพลาดของเครื่องมือ $\pm 2.42^\circ$ นี้ ทำให้มีโอกาสที่จะวัดค่า specific rotation ของ L(-)Serine ออกมาเป็นค่าบวกได้

เมื่อพิจารณาเป็นส่วนตัวแล้วเครื่องมือนี้ไม่เหมาะสมที่จะใช้วัด optical activity ของ amino acid ยกเว้นในกรณีที่ต้องการสาธิตอย่างหยาบ ๆ ก็อาจเลือกใช้ amino acid ที่มีค่า angle of rotation สูง ๆ เช่น L(+)Aspartic acid, L(-)Cystine หรือ L(+)Glutamic acid เป็นต้น

3. การหาความสัมพันธ์ระหว่าง optical activity กับความเข้มข้นของน้ำตาล

เมื่อนำ Polarimeter ที่สร้างขึ้นไปวัด optical activity ของ D(+)-Galactose, D(+)-Glucose และ Sucrose ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (ดูตาราง 9 หน้า 42) แล้วนำค่า angle of rotation ที่ได้ไปเขียนกราฟกับความเข้มข้นปรากฏว่าได้อกราฟเส้นตรง (ดูรูป 33, 34 และ 35 หน้า 43-45) แสดงว่า angle of rotation เป็นสัดส่วนตรงกับความเข้มข้นของน้ำตาล และใช้เครื่องมือนี้หาความเข้มข้นของน้ำตาลได้ การที่ใช้เครื่องมือนี้หาความเข้มข้นของน้ำตาลดังกล่าวได้ ก็เนื่องจากน้ำตาลดังกล่าวมีค่า angle of rotation สูง ส่วนพวก amino acid มีค่า angle of rotation ต่ำ จึงไม่เหมาะที่จะใช้ Polarimeter ที่สร้างขึ้นหาความเข้มข้นของ amino acid เมื่อเปรียบเทียบกับ Polarimeter ตามแบบของ Vennos (23) จะพบว่าของ Vennos ซึ่งประดิษฐ์ขึ้นภายหลังโดยแก้ไขข้อบกพร่องแล้ว ยังมีประสิทธิภาพต่ำกว่า Polarimeter ที่สร้างขึ้น ดังรูป 36



รูป 36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง angle of rotation กับความเข้มข้นของ Sucrose เมื่อใช้ Polarimeter ของ Vennos

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาเรื่องการสร้าง Polarimeter สำหรับใช้วัด optical activity ของสาร มีจุดมุ่งหมายที่จะสร้าง Polarimeter ชนิดที่สร้างได้ง่าย ราคาถูกและมีประสิทธิภาพพอควร ขึ้นใช้วัด optical activity ของสารทางอินทรีย์เคมีและทางชีวเคมี เปรียบเทียบผลกับ Polarimeter มาตรฐาน (Kern No. 100.362) และคำนวณค่าที่ผู้รายงานไว้

การสร้างเครื่องมือ

Polarimeter ที่สร้างขึ้นมีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ Polarimeter ฐาน Polarimeter และแหล่งแสง และหลอดสำหรับใส่สารละลาย (ดูรูปเครื่องมือ หน้า 17, 18 ประกอบ)

1. Polarimeter: ใช้ Polaroid เป็น polarizer และ analyser มีพลาสติกเป็นโครงประกอบด้วย p.v.c. ที่หมุนได้สำหรับรองรับหลอดสารละลาย ติดเวอร์เนียกับโปรแทรกเตอร์วงกลมที่แบ่งละเอียด 0.5 องศา ทำให้อ่านจำนวนมุมได้ละเอียดถึง 0.05 องศา

2. ฐาน Polarimeter และแหล่งแสง: ฐาน Polarimeter ทำด้วยไม้อัดและไม้เนื้ออ่อน ติด stepdown transformer 6V หลอดไฟฉาย 6V ประกอบด้วย filter พลาสติกสีส้ม (P-202) เป็นแหล่งแสง ติดกระจกเงาสำหรับสะท้อนแสงจากหลอดไฟฉายเข้าไปยัง polarizer ของ Polarimeter

3. หลอดสำหรับใส่สารละลาย: ทำจากท่อ p.v.c. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.4 ซม. ยาว 20 ซม. ขัดกระดาษทรายทั้งสองปลายให้เรียบ ติดแผ่นกระจกสไลด์ ขนาด 2.5×2.5 ซม. ที่ก้นหลอดด้วยกาว Sony มีแผ่นกระจกสไลด์ขนาด 1.8×1.8 ซม. หากาว Sony ติดกับท่อ p.v.c. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 ซม. ยาว 0.5 ซม. เป็นฝาหลอด เมื่อใส่สารละลายลงในหลอดให้เต็มแล้วปิดฝาจะไม่มีฟองอากาศเกิดขึ้น

ผลการทดลอง

เมื่อนำ Polarimeter ที่สร้างสมบูรณ์แล้วไปวัด optical activity ของสารทางอินทรีย์เคมีและทางชีวเคมี เปรียบเทียบกับ Polarimeter มาตรฐาน (Kern No. 100.362) ซึ่งใช้แสงโซเดียมและค่าใน Handbook of Analytical Chemistry โดยทำการทดลองในห้องปรับอากาศ อุณหภูมิ 25 องศาเซนติเกรด ได้ผลดังนี้

1. เครื่องมือที่สร้างขึ้นวัดค่า specific rotation ของน้ำตาลได้ใกล้เคียงกับ Kern Polarimeter และค่าใน handbook ซึ่งทำการทดลองที่ อุณหภูมิ 20 องศาเซนติเกรดและใช้แสงโซเดียมเช่นเดียวกัน
2. เครื่องมือที่สร้างขึ้นวัดค่า specific rotation ของ amino acid ได้ผลแตกต่างจาก Kern Polarimeter และค่าใน handbook เป็นส่วนใหญ่ เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก amino acid มีค่า angle of rotation ต่ำ
3. เมื่อใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้นวัดค่า angle of rotation ของน้ำตาล D(+)-Galactose, D(+)-Glucose และ Sucrose ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน แล้วนำเอาค่า angle of rotation กับความเข้มข้นไปเขียนกราฟ ได้กราฟเป็นเส้นตรง แสดงว่าใช้เครื่องมือนี้หาความเข้มข้นของน้ำตาลดังกล่าวได้

ข้อเสนอแนะ

ควรใช้เครื่องมือนี้ทดสอบสารต่าง ๆ ให้มากขึ้น เช่นพวก alcohol protein และกรดชนิดอื่น ๆ เป็นต้น เพื่อจะได้ทราบว่าเครื่องมือนี้ใช้วัด optical activity ของสารดังกล่าวได้ผลหรือไม่

บรรณานุกรม

- (1) Burkett, Howard, J. Chem. Educ., 26, 273(1949).
- (2) Garvin, James E., J. Chem. Educ., 37, 515-16(1960).
- (3) Glass, Gene V. and Stanley, Julian C., Statistical Methods In Education and Psychology, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1970, p. 82.
- (4) Goldsmith, J.N., Optical Method In Control and Research Laboratories, Vol.I, Adam Hilger, Ltd., London, 1925, p. 47.
- (5) Ibid. p. 48.
- (6) Hodgman, Charles D., editor, Handbook of Chemistry and Physics, 36th ed., Chemical Rubber Publishing Co., Ohio, 1954, p. 2753.
- (7) Longhurst, R.S., Geometrical and Physical Optics, Longmans, Green and Co. Ltd., 1964, p. 476.
- (8) Ibid. p. 457.
- (9) Lyle, Robert E. and Lyle, Gloria G., J. Chem. Educ., 41, 309(1964).
- (10) Ibid.
- (11) Meites, Louis, editor, Handbook of Analytical Chemistry, 1st ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1963, pp. 6-244-245.
- (12) Ibid.
- (13) Ibid. pp. 6-243-245.
- (14) Ibid. pp. 6-246-251.
- (15) Nechamkin, Howard, J. Chem. Educ., 31, 579-80(1954).

- (16) Noller, Carl R., J. Chem. Educ., 26, 269-70(1949).
- (17) Partington, J.R., An Advanced Treatise on Physical Chemistry,
Vol.IV : Physico-Chemical Optics, Longmans, Green and
Co. Ltd., London, 1953, pp. 290-292.
- (18) Ibid. p. 347.
- (19) Ibid.
- (20) Shaw, William H.R., J. Chem. Educ., 32, 10(1955).
- (21) Spear, Carleton S., J. Chem. Educ., 37, 203(1960).
- (22) Vennos, Mary S., J. Chem. Educ., 46, 459(1969).
- (23) Ibid.
- (24) Welcher, F.J., editor, Standard Methods of Chemical
Analysis, Vol.I Part III, 6th ed., D. Van Nostrand
Company Inc., New York, 1966, p. 260.
- (25) Ibid.

ภาคผนวก

ราคาอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้าง Polarimeter

1. Polaroid ขนาด 1 ตารางนิ้ว (ของบริษัท Bausch & Lomb)
 1 คู่ 30 บาท
2. โพรแทรกเตอร์วงกลม (Kum No. 53) 1 อัน 10 บาท
3. เลนส์นูนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม. ความยาวโฟกัส 2.5 ซม.
 1 อัน 25 บาท
4. พลาสติกสีดำ No. 885 หน้า 0.3 ซม. 1 ตารางฟุต 16 บาท
5. พลาสติกสีดำ No. 885 หน้า 0.15 ซม. 1 ตารางฟุต 12 บาท
6. พลาสติกสีฟ้า No. 670 หน้า 0.4 ซม. 1 ตารางฟุต 16 บาท
7. พลาสติกสีขาว No. 139 หน้า 0.4 ซม. 1 ตารางฟุต 16 บาท
8. พลาสติกใส (สำหรับอัดกรอบพระ) หน้า 0.1 ซม. ขนาด 5 x 5 ซม.
 1 แผ่น 1 บาท
9. พลาสติกสีส้ม (P-220) ขนาด 2 x 2 นิ้ว 2 บาท
10. ท่อ p.v.c. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 6 ซม. หน้า 0.2 ซม.
 $\frac{3}{4}$ เมตร 6 บาท
11. ท่อ p.v.c. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 4.1 ซม. หน้า 0.2 ซม.
 ยาว $\frac{1}{4}$ เมตร 1 บาท
12. ท่อ p.v.c. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 1.4 ซม. หน้า 0.1 ซม.
 $\frac{1}{2}$ เมตร 1 บาท
13. ท่อ p.v.c. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 1.5 ซม. หน้า 0.1 ซม.
 $\frac{1}{4}$ เมตร 0.50 บาท
14. ท่อ p.v.c. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 2.2 ซม. หน้า 0.13 ซม.
 $\frac{1}{4}$ เมตร 0.75 บาท
15. ท่อ p.v.c. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 2.2 ซม. หน้า 0.15 ซม.
 $\frac{1}{4}$ เมตร 0.75 บาท
16. ไม้อัดหนา 0.4 ซม. ขนาด 2 x 2 ฟุต 1 แผ่น 10 บาท

17. ไม้เนื้ออ่อนหนา 0.6 ซม. ขนาด 10 x 14 นิ้ว 1 แผ่น 2 บาท
18. ไม้อัดหนา 1 ซม. ขนาด 10 x 14 นิ้ว 1 แผ่น 6 บาท
19. stepdown transformer 6V ใช้กับไฟ 220V 12 บาท
20. หลอดไฟฉาย 6V 1 หลอด 5 บาท
21. กระบอกไฟฉาย (ชนิดใช้ถ่านขนาดกลาง 2 ก้อน) 10 บาท
22. ขอสับ 6 คู่ 6 บาท
23. หนูหัว 1 อัน 3 บาท
24. กระดาษขนาด 3.5 x 2 นิ้ว 1 บาน 1.50 บาท
25. สวิตช์ 1 อัน 1 บาท
26. สายไฟ (สายคู่) 1 เมตร พร้อมทั้ง jack 3 บาท
27. กาวสำหรับทำ p.v.c. 1 กระป๋อง 10 บาท
28. กาว Sony 1 หลอด 6 บาท
29. สีนํ้ามันสีดำ 1 กระป๋อง 3 บาท
30. Acrylic acid 1 ขวดเล็ก 7 บาท

รวมเป็นเงิน 223.50 บาท

หมายเหตุ

1. Polaroid ขนาด 1 ตารางนิ้ว ได้จากการนำ Polaroid ขนาด 2 x 2 นิ้วมาเลื่อยด้วยเลื่อยฉลุ (ใช้ใบเลื่อยสำหรับเลื่อยทองคำ)
2. p.v.c. ขนาดเส้นควรซื้อที่ร้านค่อท่อน้ำประปา