

การศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนวิชาแสงในระดับประกาศนียบัตร
วิชาการศึกษาชั้นสูงโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม
กับการสอนตามปกติ

ปริญญาพนธ์

ของ

อุ่งเงิน ปานสำลี
พัฒนคุณคณา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

21 กันยายน 2519

๒ ๕18๙4

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิติได้พิจารณาปริมาณพันธบัตรนี้แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

นางสาว เติ้ลหทัย ประธาน

นางสาว น. 2 กรรมการ

ประกาศกฎปลการ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ฉัตรศักดิ์ เปาสุข และอาจารย์สมบุรณ์
รณแก้ว ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องในฉบับนี้
สำเร็จมาได้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ฉัตรศักดิ์ โควาสินธุ์ และอาจารย์วิบูลย์ บุญสุวรรณ
ที่ได้อำนวยคำแนะนำเกี่ยวกับการใช้สถิติในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์สุรชาติ ฉัตรสุขเมือง อาจารย์ภิเษก บุญเกิด
อาจารย์สุน กรีสวัสดิ์ อาจารย์ผาน มาดโพธิ์ อาจารย์กมล รุ่งสว่าง
และคณะอาจารย์ฝ่ายวิชาการวิทยาลัยอาชีวศึกษานครสวรรค์ ที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี
ในการวิจัยครั้งนี้

อุงเงิน ปานสาดี

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
คำนำ	1
ความมุ่งหมายในการศึกษา	3
สมมุติฐานในการศึกษา	3
ความสำคัญของการศึกษา	3
ขอบเขตของการศึกษา	4
คำนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการศึกษา	4
2 เอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
ลักษณะของแบบเรียนโปรแกรม	7
ชนิดของแบบเรียนโปรแกรม	8
ผลการวิจัยเกี่ยวกับการสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมในต่างประเทศ	9
ผลการวิจัยเกี่ยวกับการสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมในประเทศไทย	10
3 วิธีดำเนินการ	12
การสร้างแบบเรียนโปรแกรม	12
การสร้างแบบทดสอบ	14
การเลือกกลุ่มตัวอย่าง	14
การดำเนินการทดลอง	16
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	17
4 ผลการทดลอง	19
การเปรียบเทียบคะแนนความรู้พื้นฐาน	19

บทที่	หน้า
การเปรียบเทียบคะแนนความรู้นานกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	20
การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียน	21
การเปรียบเทียบคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการเรียน	22
การสำรวจทัศนคติของนักศึกษากลุ่มทดลองที่มีต่อแบบเรียนโปรแกรม	23
5 สรุป อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ	24
ความมุ่งหมายในการศึกษา	24
สมมุติฐานในการศึกษา	24
วิธีดำเนินการ	25
สรุปผลการวิจัย	26
อภิปรายผล	26
ข้อเสนอแนะ	28
บรรณานุกรม	31
ภาคผนวก	
1. การวิเคราะห์ข้อมูล	
2. แบบเรียนโปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง	
3. แบบสอบถาม	

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 จำนวนนักศึกษากลุ่มตัวอย่างในการทดลอง จำแนกตามเพศ	15
2 เปรียบเทียบคะแนนความรู้พื้นฐานวิชาแสงก่อนการรับรู้ ของนักศึกษาในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	15
3 ความแตกต่างของคะแนนความรู้พื้นฐานระหว่างนักศึกษาใน กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	19
4 ความแตกต่างระหว่างคะแนนความรู้พื้นฐานกับคะแนนผลสัม- ฤทธิ์ในการเรียนของนักศึกษาในกลุ่มทดลอง	20
5 ความแตกต่างระหว่างคะแนนความรู้พื้นฐานกับคะแนนผลสัม- ฤทธิ์ในการเรียนของนักศึกษาในกลุ่มควบคุม	21
6 ความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่าง นักศึกษาในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	21
7 ความแตกต่างของคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ในการ ทดสอบครั้งแรกและครั้งหลังของนักศึกษาในกลุ่มทดลอง	22
8 ความแตกต่างของคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ในการ ทดสอบครั้งแรกและครั้งหลังของนักศึกษาในกลุ่มควบคุม	23

บทที่ 1

บทนำ

คำนำ

ประชาชนที่มีประสิทธิภาพย่อมเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาประเทศ การที่จะทำให้พลเมืองมีประสิทธิภาพได้นั้นย่อมต้องอาศัยการให้การศึกษา ดังนั้นการจัดการศึกษาให้แก่ประชาชนจึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในการพัฒนาประเทศ

ในปัจจุบันประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกต่างประสบกับปัญหาในการจัดการศึกษาในลักษณะที่คล้าย ๆ กัน คือ ปริมาณนักเรียนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนรัฐไม่อาจจะจัดบริการด้านการศึกษากได้อย่างทั่วถึง โรงเรียนไม่พอที่จะรับนักเรียน และครูก็ขาดแคลน ทำให้การจัดการศึกษาไม่ได้ผลเท่าที่ควร ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ

สำหรับประเทศไทยการจัดการศึกษาให้แก่ประชาชนยังไม่ทั่วถึงเท่าที่ควร ดังเช่นในปี พ.ศ. 2515 มีจำนวนนักเรียนที่มีโอกาสเข้าเรียนตามสถาบันการศึกษาดังนี้ ในระดับประถมศึกษา มีนักเรียนเพียง 14 เปอร์เซ็นต์ของประชากรทั้งหมด ระดับมัธยมศึกษา มีนักเรียนเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ของประชากรทั้งหมด และในระดับอุดมศึกษามีนักเรียนเพียง 0.12 เปอร์เซ็นต์ของประชากรทั้งหมดเท่านั้น (ก่อ สวัสดิ์พานิชย์, 2515 : 88)

เมื่อเป็นเช่นนี้จึงมีความจำเป็นต้องหาแนวทางใหม่ที่จะต้องนำเอาเทคโนโลยีทางการศึกษา มาใช้ในการจัดการศึกษาตามความเหมาะสม เพื่อแก้ปัญหาและปรับปรุงการจัดการศึกษาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ

การสอนแบบโปรแกรม (Programmed Instruction) นับได้ว่าเป็นเทคนิคใหม่ทางการศึกษา อันเป็นความพยายามของนักการศึกษาที่จะพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และกำลังมีบทบาทอย่างยิ่งในวงการศึกษาระดับโลก ปัจจุบัน (Wendell, 1968 : 5)

ในสหรัฐอเมริกาได้มีการวิจัยเกี่ยวกับวิธีการสอนแบบโปรแกรมกันเป็นจำนวนมาก จนอาจกล่าวได้ว่าเป็นการวิจัยที่กว้างขวางที่สุดเกี่ยวกับวิธีสอน (Schramm, 1964 : 1) แต่ในประเทศไทยการวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้ยังมีไม่มากนัก

แบบเรียนโปรแกรมสร้างขึ้นโดยใช้พื้นฐานทางจิตวิทยาการศึกษาด้านการเรียนรู้ เรื่องทฤษฎีการเสริมแรง (Reinforcement) และพื้นฐานทางจิตวิทยาเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคล ทำให้แบบเรียนโปรแกรมนี้สามารถแก้ปัญหาในการเรียนการสอนเนื่องจากความแตกต่างระหว่างบุคคลได้คือ ผู้ที่มีความสามารถทางการเรียนสูงจะเรียนไปได้เร็ว ส่วนผู้ที่มีความสามารถทางการเรียนต่ำจะค่อย ๆ เรียนไปตามความสามารถของตน ไม่มีการถ่วงเวลาให้ล่าช้า ยิ่งกว่านั้นการใช้แบบเรียนโปรแกรมยังเป็นการประกันได้ว่าผู้เรียนทุกคนจะได้เรียนรู้เนื้อหาวิชาอย่างละเอียดและเข้าใจโดยตลอดพร้อมทั้งช่วยแบ่งเบาภาระของครูลงไปด้วย (Calvin, 1969 : 3-36)

เบนจามิน ไฟน์ (Benjamin Fine) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบโปรแกรมว่า เป็นการสอนโดยตั้งคำถามให้นักเรียนตอบ ในตอนต้นจะเป็นคำถามง่าย ๆ และต่อไปจะเพิ่มความยากขึ้นเรื่อย ๆ แต่ไม่ก้าวเร็วจนผู้เรียนตามไม่ทัน ผู้เรียนจะเรียนได้เร็วเท่าที่สติปัญญาของเขาจะคำนวณได้ (Fine, 1962 : 21)

วิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่สำคัญวิชาหนึ่งที่ทางโรงเรียนจะต้องวัดให้ทุกคนได้เรียนรู้ เพราะการสอนวิทยาศาสตร์เปรียบเสมือนรากฐานของการพัฒนาประเทศ ประเทศที่มีฐานะทางเศรษฐกิจดี มีฐานะเป็นผู้นำในสังคมแห่งโลก เช่น สหรัฐอเมริกา รัสเซีย อังกฤษ ฯลฯ ล้วนแต่เป็นประเทศที่มีความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ทั้งสิ้น (พิทักษ์ รักพลเดช, 2513 : 1-3)

✱ เนื่องมาจากการจัดการศึกษาให้แก่ประชาชนในประเทศไทยรัฐทำได้ไม่ทั่วถึง จึงทำให้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นวิชาที่สำคัญในการช่วยพัฒนาประเทศไม่แพร่หลายเท่าที่ควร จึงเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาประเทศประการหนึ่ง ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหานี้ จึงได้สร้างแบบเรียนโปรแกรมวิชาแสงระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ การศึกษาระดับสูงบางหัวเรื่องขึ้นทดลงไว้ และวิจัยเปรียบเทียบกับการสอนตามปกติของอาจารย์

ความหมายในการศึกษา

1. เพื่อสร้างแบบเรียนโปรแกรมวิชาแสงระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษาระดับสูงบางหัวเรื่อง
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาแสงของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษาระดับสูง ที่เรียนจากแบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติของอาจารย์
3. เพื่อศึกษาความเปลี่ยนแปลงทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาหลังจากการเรียนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติของอาจารย์
4. เพื่อสำรวจทัศนคติของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษาระดับสูง กลุ่มทดลองที่ใช้ขอแบบเรียนโปรแกรม

สมมุติฐานในการศึกษา

1. ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาแสงของนักศึกษากลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม
2. นักศึกษากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ภายหลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียน
3. นักศึกษากลุ่มทดลองมีทัศนคติที่ขอแบบเรียนโปรแกรมวิชาแสงที่สร้างขึ้นใช้ในการทดลองครั้งนี้

ความสำคัญของการศึกษา

1. เป็นแนวทางที่จะแก้ปัญหาการขาดแคลนครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม
2. เป็นแนวทางที่ครูวิทยาศาสตร์จะได้ศึกษาและทดลองสร้างแบบเรียนโปรแกรมขึ้นใช้
3. เป็นแนวทางที่จะใช้แบบเรียนโปรแกรมในการจัดการศึกษานอกระบบโรงเรียน อันเป็นทางหนึ่งที่จะช่วยยกระดับการศึกษาของคนในชาติให้สูงขึ้น

รายละเอียดของการศึกษา

1. กลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้เป็นนักศึกษาคำระดับประกาศนียบัตร
วิชาการศึกษาชั้นสูงปีที่ 1 วิชาเอกวิทยาศาสตร์ของวิทยาลัยครูนครสวรรค์ จังหวัดนคร-
สวรรค์ จำนวน 36 คน โดยแบ่งนักศึกษาดออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมมีนักศึกษา
18 คน เรียนจากการสอนตามปกติของอาจารย์ และกลุ่มทดลองมีนักศึกษา 18 คน
เรียนจากแบบเรียนโปรแกรม

2. การทดลองสอนกระทำในภาคเรียนฤดูร้อนมีการศึกษา 2518 ใช้เวลา
เรียนทั้งหมดกลุ่มละ 12 ชั่วโมง

3. แบบเรียนโปรแกรมวิชาแสงระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาชั้นสูงที่ใช้
ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้นเอง

คำนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการศึกษา

1. แบบเรียนโปรแกรม หมายถึงแบบเรียนโปรแกรมวิชาแสงระดับประกาศ-
นียบัตรวิชาการศึกษาชั้นสูง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2. นักศึกษา หมายถึงนักศึกษาคำระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาชั้นสูง
ปีที่ 1 วิชาเอกวิทยาศาสตร์ของวิทยาลัยครูนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งแบ่งออก
เป็น 2 กลุ่มคือ

กลุ่มทดลอง หมายถึงนักศึกษาที่เรียนจากแบบเรียนโปรแกรม

กลุ่มควบคุม หมายถึงนักศึกษาที่เรียนจากการสอนตามปกติของอาจารย์

3. อาจารย์ หมายถึงผู้วิจัย และอาจารย์วิทยาศาสตร์ที่สอนกลุ่มควบคุม

4. การสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม หมายถึงการที่ผู้วิจัยให้นักศึกษาใน
กลุ่มทดลองเรียนจากแบบเรียนโปรแกรม

5. การสอนตามปกติ หมายถึงการสอนของอาจารย์วิทยาศาสตร์ต่อกลุ่มควบคุม
โดยไม่ใช้แบบเรียนโปรแกรม ส่วนอุปกรณ์อย่างอื่นใดตามความเหมาะสม โดยปกติใช้
วิธีบรรยาย สาธิต หรืออภิปราย

6. คะแนนความรู้พื้นฐาน หมายถึงคะแนนจากการทดสอบก่อนการทดลองโดย
ใช้แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง

7. คะแนนเฉลี่ยพฤติกรรมการเรียน หมายถึงคะแนนจากการทดสอบทันทีหลังจาก
จากการทดลองสอนจบ โดยใช้แบบทดสอบชุดเดิม

8. ทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษา หมายถึงนักศึกษามีลักษณะดังต่อไปนี้
(พิทักษ์ รัตนาเดชะ, 2514 : 37-38)

- 8.1 อธิบายหรือยกเห็นในสิ่งเร้าคลุม
- 8.2 เชื่อว่าแตกต่าง ๆ จะเกิดขึ้นได้เพราะเหตุ
- 8.3 เป็นคนที่ยอมรับฟังความจริงใหม่ ๆ
- 8.4 ใช้ความคิดอย่างมีเหตุผล
- 8.5 ไม่เชื่อใ้โศกตรงหรือคำทำนายที่ไม่มีเหตุผล
- 8.6 พร้อมที่จะเปลี่ยนแปลงความเชื่อเมื่อพบหลักฐานใหม่ ๆ
- 8.7 พร้อมที่จะยอมรับความจริงเมื่อมีการพิสูจน์ที่เชื่อถือได้
- 8.8 ยอมรับนับถือในความคิดของผู้อื่น
- 8.9 เป็นผู้ซื่อตรง อดทน ยุติธรรม และละเอียดละออ

9. คะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงคะแนนที่ได้จากการทดสอบโดยใช้
แบบทดสอบเกี่ยวกับทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ ทั้งก่อนและหลังการทดลอง

10. ทัศนคติอเนกแบบเรียนโปรแกรม หมายถึงการยอมรับหรือไม่ยอมรับโดยไร
แบบเรียนโปรแกรม

เอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นักศึกษามางคนกล่าวว่าแบบเรียนโปรแกรมได้เริ่มก่อตัวมาตั้งแต่สมัยโสกราตีส (Socrates) ปรัชญาเมธีชาวกรีก ซึ่งได้ใช้วิธีนี้สอนลูกทาสให้เข้าใจทฤษฎีเรขาคณิต Pythagoreum มาแล้ว โดยใช่วิธีการ (diagram) ง่าย ๆ สอนไปทีละขั้น จนในที่สุดก็สามารถเข้าใจหลักใหญ่ได้สำเร็จ พฤติการณ์นี้แสดงให้เห็นถึงจุดเริ่มต้นของการใช้แบบเรียนโปรแกรม (ประทีป สยามชัย, 2510 : 223) ต่อมาได้นักการศึกษาและนักจิตวิทยาหลายท่าน เช่น Pavlov, Thorndike ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับทฤษฎีการเรียนรู้ ซึ่งนับว่าเป็นพื้นฐานของการเรียนการสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม หลังจากนั้นแบบเรียนโปรแกรมก็ได้พัฒนาขึ้นตามลำดับ (เดื่อนิจ ทองสับรित, 2515 : 17)

ต่อมาการจัดระบบการศึกษาของสหรัฐอเมริกาไม่เค้เท่าที่ควร เกิดภาวะขาดแคลนครูที่ป่สมรรถภาพ ทำให้สกินเนอร์ (B.F. Skinner) แห่งมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด (Harvard University) เกิดแนวความคิดและสร้างผลงานชิ้นใหม่ขึ้น โดยการเขียนโปรแกรมที่ข้ดทฤษฎีการเรียนรู้แบบสิ่งเร้ากับการตอบสนองและผนวกด้วยการเสริมแรงมาทดลองใช้กับเครื่องช่วยสอนชนิดใหม่ที่เขาประดิษฐ์ขึ้นในปี ค.ศ. 1950 และในปี 1954 วารสารชื่อ Harvard Education Review ได้ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานนี้ขึ้น จึงทำให้การสอนด้วยโปรแกรม (programmed Instruction) ได้รับความสนใจแพร่หลายมากขึ้น

เครื่องช่วยสอนของสกินเนอร์ได้พัฒนาไปสู่แบบต่าง ๆ ที่ซับซ้อนมากขึ้น มีหลักการเขียนโปรแกรมแบบใหม่ ๆ รวมทั้งมีการนำเสนอโปรแกรมในรูปแบบของแบบเรียน (Programmed Texts) มีการนำแบบเรียนโปรแกรมไปใช้ทั้งในด้านการศึกษา และในด้านอื่น ๆ มากมาย (Leith, 1966 : 135) และในปัจจุบันแบบเรียนโปรแกรมมีบทบาทแพร่หลายอยู่โดยทั่วไป เช่น ในด้านการศึกษา การฝึกหัดบุคคลากรในโรงงาน อุตสาหกรรม ธุรกิจ และในกองทัพ

ลักษณะของแบบเรียนโปรแกรม

เอ็ดเวิร์ด ทราย (Edward Fry, 1963 . 2) ได้กำหนดลักษณะกล่าวถึงลักษณะพื้นฐานของแบบเรียนโปรแกรมไว้ดังนี้

1. แบ่งเนื้อหาวิชาออกเป็นหน่วยเล็ก ๆ เรือชั้นย่อย ๆ ที่เรียกว่ากรอบ (Frame) แต่ละกรอบอาจจะมีขนาดของกรอบแตกต่างกันไปได้ ตั้งแต่ประโยคหนึ่งจนถึงข้อความเป็นตอน ๆ (Paragraph)

2. การตอบสนอง (Response) อย่างจริงจังของผู้เรียนในแต่ละกรอบ อาจเป็นแบบที่ผู้เรียนต้องสร้างคำตอบ (Constructed - response) เช่น เขียนคำตอบลงในช่องว่างท้ายคำถาม หรือในที่ว่างเว้นว่างไว้ให้ หรืออาจเป็นแบบที่มีคำตอบไว้ให้เลือก (Multiple - choice) ทำให้ผู้เรียนแต่ละคนเกิดความเข้าใจในเนื้อหา ที่ได้จากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ของแบบเรียน

3. การรายงานผลการตอบสนองอย่างฉับพลัน เป็นการเสริมแรงแบบตอบกลับทันที (Immediate Feedback Reinforcement) ที่ทำให้นักเรียนทราบว่า การตอบสนองของตนถูกหรือผิด และสามารถแก้ไขความเข้าใจผิดของตนได้ทันที

4. การจัดเรียงลำดับหน่วยย่อย ๆ ของแบบเรียนต้องต่อเนื่องกันไป เป็นลำดับจากง่ายไปหายาก การนำเสนอเนื้อหาในแต่ละกรอบ ควรลำดับขึ้นของเรื่องให้ชัดเจนง่ายต่อการเข้าใจ และทำให้ผู้เรียนตอบสนองต่อเรื่องนั้นได้โดยตรง

5. การสร้างแบบเรียนต้องคำนึงถึงผู้เรียนเป็นเกณฑ์ ดังนั้นจึงต้องนำเอาแบบเรียนที่เขียนขึ้นไปทดลองใช้กับผู้ที่สามารถใช้แบบเรียนนี้ได้ เพื่อแก้ไขจุดบกพร่อง และปรับปรุงให้สมบูรณ์แล้วจึงนำออกใช้ได้

6. แบบเรียนที่ดีต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนดำเนินการเรียนไปตามอัตราความสามารถของตนเอง และเป็นอิสระจากคนอื่น ๆ

ประทีป สยามรัช (ประทีป สยามรัช, 2510 : 226) ได้สรุปประโยชน์ที่ได้จากแบบเรียนโปรแกรมไว้ดังนี้

1. นักเรียนมีโอกาสเรียนด้วยตนเอง และดำเนินไปตามอัตราความสามารถของตน ซึ่งเท่ากับนักเรียนมีโอกาสเรียนรู้กับครูทั่วคอตัว ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจเร็วขึ้น

2. ช่วยแบ่งเบาภาระในการสอนข้อเท็จจริงต่าง ๆ ทำให้ครูมีเวลาในการเตรียมบทเรียนที่เป็นไปในทางสร้างสรรค์ และก้าวหน้ามากขึ้น
3. นักเรียนเรียนด้วยตนเองในเวลาที่ยังคงไม่มีใครเฝ้าเย็บ และสามารถเกิดความเข้าใจกิจกรรมของตนได้ทันที ไม่ต้องปลอบทิ้งไว้
4. สามารถสนองความสามารถ และความแตกต่างระหว่างบุคคลได้เป็นอย่างดี เด็กเรียนเร็วก็ก้าวหน้าเร็ว เด็กเรียนช้าก็ก้าวหน้าช้า ไม่จำเป็นต้องเรียนไปพร้อมกัน
5. เป็นการแก้ไขการใช้การศึกษาในปัจจุบันที่นิยมทำงานเป็นกลุ่ม และสนใจเนื้อหาวิชาน้อยไป
6. เป็นการแก้ปัญหาคาไรวาทกรรมครูได้ โดยครูคนหนึ่งควบคุมนักเรียนให้เรียนโดยแบบเรียนโปรแกรมได้คราวละหลายสิบคน

ชนิดของแบบเรียนโปรแกรม

แบบเรียนโปรแกรมที่ใช้อยู่โดยทั่วไป แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ (เตือนใจทองสมบัติ, 2515 : 7-9)

1. แบบเรียนโปรแกรมชนิดที่นำมาใช้กับเครื่องช่วยสอน (Teaching Machine Programs)
2. แบบเรียนโปรแกรมชนิดที่นำมาให้ผู้เรียนเรียนด้วยตนเองโดยไม่ต้องมีเครื่องช่วย และมีรูปลักษณะเป็นแบบเรียนหรือหนังสือ (Programmed Text-book)

แบบเรียนโปรแกรมทั้งสองชนิดแบ่งตามเทคนิคการเขียนโปรแกรมได้ 2 แบบ คือ

1. แบบเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง (Linear Programmed)
เป็นแบบเรียนที่จัดให้ผู้เรียนได้อ่านข้อความเดียวกัน ลำดับเดียวกัน และตอบคำถามเหมือนกัน ส่วนมากมักให้ผู้เรียนสร้างคำตอบเอง (Constructed - response)
2. แบบเรียนโปรแกรมแบบสาขา (Branching Programmed)
วิธีนี้เป็นการลำดับข้อความ ซึ่งขึ้นอยู่กับคำตอบที่ผู้เรียนเลือกตอบ คำตอบแต่ละข้อ

โปรแกรม ก้าวไว้ให้เลือกตอบ (multiple - choice) ตามเนื้อหาของแบบเรียน

ผลการวิจัยเกี่ยวกับการสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมในต่างประเทศ

มอส (Moses, 1965 5793-A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม กับนักเรียนที่เรียนจากการสอนตามปกติของครู ในวิชาฟิสิกส์ระดับอุดมศึกษารุ่นปีที่ 1 เสนอเป็นวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก (Ed.D.) ที่มหาวิทยาลัยยูสตัน เมื่อ ค.ศ. 1962 โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่มคือ

กลุ่มควบคุม เรียนจากการสอนตามปกติของครู
กลุ่มทดลอง เรียนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม

ทั้งสองกลุ่มสอนตามเนื้อหาเดียวกันในหลักสูตร เมื่อเรียนจบเนื้อหาทั้งหมดวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่มเปรียบเทียบกัน ผลปรากฏว่า กลุ่มนักเรียนที่เรียนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม มีผลสัมฤทธิ์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติของครู อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ว่านักเรียนกลุ่มที่มีความสามารถทางการเรียนต่ำ จะไม่สามารถเรียนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมได้

ดัตตัน (Dutton, 1963 . 2382-A) ได้วิจัยเปรียบเทียบการสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติในวิชาวิทยาศาสตร์ เกรด 4 ในหัวข้อ แรงเสียดทานและความร้อน โดยทดลองกับนักเรียน เกรด 4 ในโรงเรียนประถมศึกษาจำนวน 111 คนเป็นกลุ่มตัวอย่าง และแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองสอนด้วยแบบเรียนโปรแกรม และกลุ่มควบคุมสอนด้วยวิธีปกติ ทั้งสองกลุ่มสอนในเนื้อหาเดียวกันเป็นเวลา 5 สัปดาห์ แล้วนำผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้งสองกลุ่มมาเปรียบเทียบกัน ผลปรากฏว่ากลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ไวท์ (white, 1970 . 3373-1) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบผลการสอนแบบโปรแกรมและการสอนตามปกติในวิชาฟิสิกส์ระดับวิทยาลัย โดยแบ่งนิสิตออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง 73 คนสอนด้วยแบบเรียนโปรแกรม และกลุ่มควบคุม 58 คนสอนด้วยวิธีปกติ ทั้งสองกลุ่มพบทวนวิชาคณิตศาสตร์ในเรื่องเดียวกัน เมื่อสอนเสร็จ

ก็นำผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้งสองกลุ่มมาเปรียบเทียบกัน ผลปรากฏว่ากลุ่มทดลองมีความสามารถทางคำนวณดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทางด้านการแก้ปัญหาแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เกรทซิงเกอร์ (Cavin Greatsinger, 1968 : 87-90) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความสำเร็จทางการเรียนเลขเศษส่วน โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ หลังการทดลองปรากฏว่า ผลการเรียนทั้งสองแบบแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมประหยัดเวลามากกว่า

มอริเบอร์ (Moriber, 1969 : 214-216) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบผลการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องทฤษฎีอะตอมและพันธะเคมี โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ ทั้งสองกลุ่มสอนในเนื้อหาเดียวกันเป็นเวลา 3 สัปดาห์ หลังการทดลองปรากฏว่า กลุ่มที่เรียนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการวิจัยเกี่ยวกับการสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมในประเทศไทย

ปรีชา คุณวลลี (ปรีชา คุณวลลี, 2515 : 25) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนวิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ ในเนื้อหาความร้อน แสง และเสียง หลังการทดลองปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

วรรณา เจียมทะวงษ์ (วรรณา เจียมทะวงษ์, 2515 : 40) ได้ทดลองใช้แบบเรียนโปรแกรมวิชาเลขคณิต สอนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เปรียบเทียบกับการสอนตามปกติ หลังการทดลองปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแต่ผู้วิจัยพบว่าเมื่อสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมจะทำให้นักเรียนมีเวลาว่างสำหรับทำกิจกรรมอื่น และง่ายต่อการควบคุมชั้น

นิรันดร์ แนนชิล (นิรันดร์ แนนชิล, 2518 : 30) ได้ทดลองใช้แบบเรียนโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เปรียบเทียบกับการสอนตามปกติ หลังการทดลองปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง

สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มสูงขึ้นกว่าเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อรุณพร มุณเฑาะพ (อรุณพร มุณเฑาะพ, 2518 : 31-32) ได้ทดลองใช้แบบเรียนโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ สอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เปรียบเทียบกับการสอนตามปกติ หลังการทดลองปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และทัศนคติของนักเรียนทั้งสองกลุ่มสูงขึ้นกว่าเดิมแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

วิวัฒน์ วัชรสิทธิ์ (วิวัฒน์ วัชรสิทธิ์, 2519 : 35) ได้ทดลองใช้แบบเรียนโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องทัศนอุปกรณ์อย่างง่ายสอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เปรียบเทียบกับการสอนตามปกติของครู หลังการทดลองปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทัศนคติของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงขึ้นแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนทัศนคติของนักเรียนกลุ่มควบคุมต่ำลงแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังพบว่านักเรียนที่เรียนโดยโปรแกรมเรียนโปรแกรม มีทัศนคติที่ดีต่อแบบเรียนโปรแกรม

จิตติมา เหมกิตติวัฒน์ (จิตติมา เหมกิตติวัฒน์, 2519 : 39) ได้ทดลองใช้แบบเรียนโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องพืชและการขยายพันธุ์พืช สอนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เปรียบเทียบกับการสอนตามปกติของครู หลังการทดลองปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และนักเรียนทั้งสองกลุ่มมีทัศนคติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นกว่าเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากผลงานวิจัยดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการสอนโดยโปรแกรมเรียนโปรแกรม ให้ผลการเรียนรู้แก่ผู้เรียนได้ดียิ่งขึ้นไม่ยิ่งหย่อนไปจากการสอนของครู นอกจากนั้นแบบเรียนโปรแกรมยังช่วยประหยัดเวลาของผู้เรียนและผู้สอนอีกด้วย จึงควรมีการศึกษาริวิจัยในเรื่องแบบเรียนโปรแกรมให้กว้างขวางยิ่งขึ้น อันจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษานักเรียนต่อไป

หน้า 3

วิธีดำเนินการ

การสร้างแบบเรียนโปรแกรม

ผู้วิจัยได้เลือกเนื้อหาวิชาแสงตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาระดับสูง พ.ศ.2510 บางตอนมาทำเป็นแบบเรียนโปรแกรมสำหรับการทดลอง ในการสร้างแบบเรียนผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาและวิเคราะห์ความมุ่งหมายทั่วไปของวิชาวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาระดับสูง พ.ศ.2510

2. ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหาวิชาแสงตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาระดับสูง พ.ศ.2510 อย่างละเอียด โดยอาศัยสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 แนะนำการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาระดับสูง พ.ศ.2510 ของหน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู

2.2 หนังสือแบบเรียนวิชาแสงสำหรับชั้นเตรียมอุดมศึกษาของ พ.อ.พงษ์ พันธุกุล

2.3 หนังสือแบบเรียนวิทยาศาสตร์ยุคอิเล็กทรอนิกส์ แสง ของ บุญถิ่น อัตถากร สมทรง รัตนจารย และ ร.ท.ลือชิต สว่างวรรณ

2.4 แบบเรียนวิทยาศาสตร์วิชาแสง-เสียง ประโยชน์นิยมศึกษา ตอนปลายของ พิมพ์ กลกิจ

2.5 หนังสือแสงฉบับประสบการณ์ของ ศักดา ศิริพันธุ์

3. ตั้งจุดมุ่งหมายเฉพาะและจุดมุ่งหมายเชิง พฤติกรรมสำหรับเนื้อหาแต่ละตอนที่จะสร้างแบบเรียนโปรแกรม

4. เขียนแบบเรียนโปรแกรมแบบเส้นตรง โดยแบ่งเป็นกรอบที่จัดเรียงลำดับเนื้อหาว่าง่ายไปหายาก ให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมดังกล่าว และนำแบบเรียนโปรแกรมที่เขียนเสร็จแล้วให้ผู้ชำนาญการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ทั้งในด้านการถูกต้องของเนื้อหาวิชาและวิธีการเขียนโปรแกรม แล้วนำมาปรับปรุง

ใหม่ก่อนที่จะนำไปใช้

5. ทดสอบแบบเรียนโปรแกรม โดยนำแบบเรียนโปรแกรมที่สร้างขึ้นไปทดสอบตามลำดับดังนี้

5.1 ทดสอบแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One - to - one testing)

โดยนำแบบเรียนโปรแกรมไปทดสอบกับนักศึกษาที่เรียนจบระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงแล้ว และยังไม่เคยเรียนเนื้อหาวิชานี้มาก่อนจำนวน 4 คน จึงจัดให้เรียนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมครั้งละ 1 คน เพื่อจะได้สังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักศึกษาแต่ละคนได้อย่างใกล้ชิด และจดบันทึกข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เป็นเหตุให้นักศึกษาสงสัยหรือตอบผิดได้อย่างไรจะเอียง แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขแบบเรียนโดยหลักการเกณฑ์ของการเขียนแบบเรียนโปรแกรมที่ดีของอุดม มุ่งเกษม (อุดม มุ่งเกษม, 2513 : 25) ดังนี้

5.1.1 ให้นักเรียนตอบข้อแรกได้ถูกต้องเมื่อกระตุ้นให้นัก-

เรียนอยากเรียน

5.1.2 ให้นักเรียนเรียนรู้ตามลำดับขั้นจากง่ายไปหายาก

5.1.3 ให้นักเรียนตอบได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ และให้ตอบ

ผิดได้โดยมีอัตราผิดพลาด (error rate) ไม่เกิน 5%

5.2 ทดสอบแบบกลุ่มเล็ก (Small group testing)

นำแบบเรียนที่ปรับปรุงแล้วจากข้อ 5.1 ไปใช้กับนักศึกษาภาคการระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงปีที่ 1 วิชาเอกวิทยาศาสตร์ ของวิทยาลัยครูอุดรดิตถ์ จังหวัดอุดรดิตถ์ จำนวน 36 คน แล้วจึงนำแบบเรียนมาปรับปรุงแก้ไข จนได้มาตรฐานของแบบเรียนโปรแกรมที่ดี

5.3 ทดสอบภาคสนาม (Field testing) นำแบบเรียนที่ปรับปรุง

แล้วจากข้อ 5.2 ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการสอนด้วยแบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ

การสร้างแบบทดสอบ

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาแสงระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษาระดับสูง เป็นแบบทดสอบที่ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว จากคำตอบที่กำหนดให้ซึ่งมี 4 ตัวเลือก จำนวน 80 ข้อ แล้วนำไปทดสอบกับนักศึกษาภาคการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษาระดับสูงปีที่ 2 วิชาเอกวิทยาศาสตร์ ของวิทยาลัยครูนครสวรรค์ ซึ่งเคยเรียนวิชานี้มาแล้วจำนวน 100 คน เป็นชาย 53 คน เป็นหญิง 47 คน แล้วนำแบบทดสอบมาวิเคราะห์เป็นรายข้อ โดยตรวจให้คะแนนข้อที่ตอบถูก 1 คะแนน และข้อที่ตอบผิดให้ 0 คะแนน นำผลที่ได้มาวิเคราะห์และคัดเลือกเอาเฉพาะข้อที่มีความยาก (p) ระหว่าง .20-.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป โดยใช้หลักการวิเคราะห์ข้อสอบตามเทคนิค 27 % ของ จุง-เตห์แพน (Chung-Teh Fan) ได้แบบทดสอบที่จะไปใช้ในการทดสอบจริงจำนวน 52 ข้อ แบบทดสอบนี้เมื่อนำไปหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตรของคูเคอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) สูตรที่ 20 ได้ค่าความเชื่อมั่น .8493

2. แบบสอบถามทัศนคติทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า รวบรวม และขออนุญาตนำแบบสอบถามที่ทำเอาไว้ในปริมาณหนึ่งที่เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีการศึกษา 2517 มาใช้ในการทดลองครั้งนี้

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้ เป็นนักศึกษาคณะการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษาระดับสูงปีที่ 1 ของวิทยาลัยครูนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ ประจำปีการศึกษา 2518 จำนวน 36 คน เป็นชาย 21 คน เป็นหญิง 15 คน ซึ่งทำการทดลองในภาคเรียนฤดูร้อน ปีการศึกษา 2518 ใช้เวลาทำการสอนทั้งหมด 12 ชั่วโมง การเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการ Simple Random Sampling จากกลุ่มตัวอย่างเพื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 18 คน ดังรายละเอียดที่จำแนกตามกลุ่ม

และแจกแจงตาราง 1

ตาราง 1 จำนวนนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่างในการทดลอง จำแนกตามเพศ

กลุ่มตัวอย่าง	ชาย	หญิง	รวม
กลุ่มทดลอง	11	7	18
กลุ่มควบคุม	10	8	18
รวม	21	15	36

เมื่อแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง แล้วผู้วิจัยได้ทำการทดสอบเพื่อวิเคราะห์พื้นฐานความรู้ของนักศึกษาทั้ง 2 กลุ่มนี้ ว่าแตกต่างกันหรือไม่ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาแสง ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการศึกษากครั้งนี้ แล้วนำผลที่ได้มาหาค่าคะแนนเฉลี่ย และทดสอบดูความแตกต่าง กันแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 เปรียบเทียบคะแนนความรู้พื้นฐานวิชาแสง ก่อนการเรียนรู้ของนักศึกษาในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{X}$	s^2	t
กลุ่มทดลอง	18	15.0556	14.1732	0.1045
กลุ่มควบคุม	18	14.9444	6.1732	

จากตาราง 2 แสดงให้เห็นว่ารายเฉลี่ยของคะแนนมีค่าใกล้เคียงกัน และพบว่านักศึกษาทั้งสองกลุ่ม มีความรู้พื้นฐานวิชาแสงแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ ก่อนทำการทดลองสอน กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีความรู้พื้นฐานในเนื้อหาที่จะเรียนทักเทียมกัน

การดำเนินการทดลอง

ในการทดลองผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1. จากการแบ่งกลุ่มตัวอย่าง 36 คน ออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 18 คน แล้วจึงให้ตัวแทนกลุ่มจับฉลาก เลือกเป็นกลุ่มทดลองหรือกลุ่มควบคุม

2. ทำการทดสอบก่อนการเรียน (Pre-test) กับกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม เพื่อวัดความรู้พื้นฐานในเนื้อหาที่จะเรียน และพื้นฐานทางทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ ด้วย

2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาแสง

2.2 แบบสอบถามทัศนคติทางวิทยาศาสตร์

3. ทำการสอนกับกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้เนื้อหาวิชาเดียวกัน และใช้เวลาในการสอนทั้งหมด 12 ชั่วโมงเท่ากัน แต่วิธีสอนต่างกันดังนี้

3.1 กลุ่มควบคุม มีอาจารย์ประจำวิชาวิทยาศาสตร์ของวิทยาลัยครู นครสวรรค์เป็นผู้สอน ซึ่งสอนโดยวิธีบรรยาย สาธิต และอภิปราย ประกอบกับอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ไม่ใช่แบบเรียนโปรแกรม

3.2 กลุ่มทดลอง ผู้วิจัยทำหน้าที่ควบคุมการเรียนของนักศึกษา และดำเนินการสอนด้วยตนเอง โดยใช้แบบเรียนโปรแกรม และปฏิบัติการสอนเป็นชั้น ๆ ดังนี้

3.2.1 อธิบายหลักเกณฑ์การใช้แบบเรียนโปรแกรม ประกอบกับ "คำแนะนำการเรียนด้วยแบบเรียนโปรแกรม"

3.2.2 เมื่อนักศึกษาเข้าใจการใช้แบบเรียนโปรแกรมดีแล้ว จึงให้นักศึกษาเริ่มเรียนเนื้อหาวิชาแสงจากแบบเรียนโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3.2.3 ผู้วิจัยควบคุมชั้นอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้ความช่วยเหลือแก่นักศึกษาเป็นรายบุคคล

4. เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนครบตามเนื้อหาที่กำหนดไว้ จึงทดสอบ (Post-test) วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และวัดทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาทั้งสองกลุ่ม สำหรับนักศึกษากลุ่มทดลองต้องตอบคำถามเกี่ยวกับทัศนคติต่อแบบเรียนโปรแกรมด้วย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้อจากการทดลองไปวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติต่าง ๆ ดังนี้

1. รายเฉลี่ย (Mean) ของคะแนนจำนวนจากสูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

$$\bar{X} = \text{รายเฉลี่ยของคะแนน}$$

$$\sum X = \text{ผลรวมของคะแนน}$$

$$N = \text{จำนวนนักศึกษาในกลุ่ม}$$

2. ความแปรปรวนของคะแนนจำนวนจากสูตร

$$s^2 = \frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}$$

$$s^2 = \text{ความแปรปรวนของคะแนน}$$

$$\sum X = \text{ผลรวมของคะแนน}$$

$$\sum X^2 = \text{ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง}$$

$$N = \text{จำนวนนักศึกษาในกลุ่ม}$$

3. เปรียบเทียบคะแนนของการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียน และคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการเรียนภายในกลุ่มเดียวกัน จำนวนจากสูตร

$$t = \frac{\bar{D}}{s_{\bar{D}}}$$

$$\bar{D} = \text{คะแนนเฉลี่ยของความแตกต่าง}$$

$$s_{\bar{D}} = \text{ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ D หาได้จากสูตร}$$

$$s_{\bar{D}} = \frac{s_D}{\sqrt{N}}$$

$$D = \text{ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่}$$

$$s_D = \sqrt{\frac{N\sum D^2 - (\sum D)^2}{N(N-1)}}$$

N = จำนวนนักศึกษาในกลุ่ม

4. เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนการทดสอบ ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ภายหลังการเรียนรู้ คำนวณจากสูตร

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(N_1-1)s_1^2 + (N_2-1)s_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \left\{ \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right\}}}$$

$\bar{X}_1$ = คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1

$\bar{X}_2$ = คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ 2

s_1^2 = ความแปรปรวนของคะแนนของกลุ่มที่ 1

s_2^2 = ความแปรปรวนของคะแนนของกลุ่มที่ 2

N_1 = จำนวนนักศึกษาในกลุ่มที่ 1

N_2 = จำนวนนักศึกษาในกลุ่มที่ 2

5. การหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ คำนวณจาก

สูตร

$$r_{tt} = \frac{ns^2 - \bar{X}(n-\bar{X})}{(n-1)s^2}$$

r_{tt} = ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n = จำนวนชดถาม

s^2 = ความแปรปรวนของคะแนนจากการทดสอบ

$\bar{X}$ = รายเฉลี่ยของคะแนน

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง และแปลความหมายของการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในการวิเคราะห์ดังนี้

N	=	จำนวนนักศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	=	รายเฉลี่ยของคะแนน
s^2	=	ความแปรปรวนของคะแนน
t	=	ค่าอัตราส่วนที่ใช้ทดสอบนัยสำคัญทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการทดลอง แบ่งตามลำดับดังนี้

1. เปรียบเทียบคะแนนความรู้พื้นฐาน
2. เปรียบเทียบคะแนนความรู้พื้นฐานกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. เปรียบเทียบคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการเรียน
5. สรรวหาทัศนคติของนักศึกษาในกลุ่มทดลองที่มีต่อแบบเรียนโปรแกรม

การเปรียบเทียบคะแนนความรู้พื้นฐาน

ก่อนทดลองผู้วิจัยได้ทดสอบเพื่อวัดความรู้พื้นฐาน ในเนื้อหาวิชาที่ทำการทดลองสอน ของนักศึกษาในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ผลการวิเคราะห์ได้แสดงไว้ในตาราง 3

ตาราง 3 ความแตกต่างของคะแนนความรู้พื้นฐาน ระหว่างนักศึกษาในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{X}$	s^2	t
กลุ่มทดลอง	18	15.0556	14.1732	0.1045
กลุ่มควบคุม	18	14.9444	6.1732	

จากตาราง 3 แสดงให้เห็นว่า รายเฉลี่ยของคะแนนมีค่าใกล้เคียงกันและเมื่อนำมาเปรียบเทียบกันพบว่า นักศึกษากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความรู้พื้นฐานในเนื้อหาวิชาที่ทำการทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือก่อนการทดลอง นักศึกษาทั้งสองกลุ่มมีความรู้พื้นฐานในเนื้อหาวิชาที่ทำการทดลองเท่าเทียมกัน

การเปรียบเทียบคะแนนความรู้พื้นฐานกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างคะแนนความรู้พื้นฐานกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักศึกษากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลการวิเคราะห์ได้แสดงไว้ในตาราง 4 และตาราง 5

ตาราง 4 ความแตกต่างระหว่างคะแนนความรู้พื้นฐานกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักศึกษากลุ่มทดลอง

คะแนน	N	$\sum D$	$\sum D^2$	t
ความรู้พื้นฐาน	18	482	13372	21.7194*
ผลสัมฤทธิ์	18			

* $p < .05$

จากตาราง 4 การวิเคราะห์พบว่า รายเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียนสูงกว่ารายเฉลี่ยของคะแนนความรู้พื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05 นั่นคือนักศึกษาสามารถเรียนรู้ได้จากแบบเรียนโปรแกรม

ตาราง 5 ความแตกต่างระหว่างคะแนนความรู้พื้นฐานกับคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักศึกษาในกลุ่มควบคุม

คะแนน	N	ΣD	ΣD^2	t
ความรู้พื้นฐาน	18			
ผลสัมฤทธิ์	18	345	7141	15.8525 *

* $p < .05$

จากตาราง 5 การวิเคราะห์พบว่ารายเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียนสูงกว่ารายเฉลี่ยของคะแนนความรู้พื้นฐานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05 นั่นคือนักศึกษาสามารถเรียนรู้ได้จากแบบเรียนโปรแกรม

การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียน

ผู้วิจัยได้นำผลสัมฤทธิ์ในการเรียนของนักศึกษาในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาความแตกต่าง ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตาราง 6

ตาราง 6 ความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนักศึกษาในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{X}$	s^2	t
กลุ่มทดลอง	18	41.8333	48.9706	
กลุ่มควบคุม	18	34.1111	31.9869	3.4612 *

* $p < .05$

จากตาราง 6 การวิเคราะห์พบว่ารายเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในกลุ่มทดลองสูงกว่ารายเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05 นั่นคือนักศึกษาที่เรียนจากแบบเรียนโปรแกรมเกิดการเรียนรู้ได้ดีกว่านักศึกษาที่เรียนจากการสอนแบบปกติของอาจารย์

การเปรียบเทียบคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการเรียน

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบวัดทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยแบบสอบถามทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ โดยทำการสอบถามทั้งก่อนการเรียนและหลังการเรียน แล้วนำคะแนนมาเปรียบเทียบกัน ผลการวิเคราะห์ได้แสดงไว้ในตาราง 7 และตาราง 8

ตาราง 7 ความแตกต่างของคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ ในการทดสอบครั้งแรกและครั้งที่สองของนักศึกษากลุ่มทดลอง

คะแนน	N	ΣD	ΣD^2	t
การทดสอบครั้งแรก	18	18	1640	0.4343
การทดสอบครั้งที่สอง	18			

จากตาราง 7 การวิเคราะห์พบว่าในการทดสอบครั้งแรกและครั้งที่สองของนักศึกษากลุ่มทดลอง จะแนบทัศนคติทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกับค่านัยมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือการสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมไม่มีผลกระทบทำให้ทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างเปลี่ยนแปลง

ตาราง 8 ความแตกต่างของคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ ในการทดสอบครั้งแรกและครั้งหลัง ของนักศึกษากลุ่มควบคุม

คะแนน	n	SD	SD ²	t
การทดสอบครั้งแรก	18	-29	993	-0.9162
การทดสอบครั้งหลัง	18			

จากตาราง 8 การวิเคราะห์พบว่าในการทดสอบครั้งแรกและครั้งหลังของนักศึกษากลุ่มควบคุม คะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นี่คือการสะท้อนตามปกติของอาจารย์ไม่มีผลกระทำให้นักศึกษาทัศนคติของกลุ่ตัวอย่างเปลี่ยนแปลง

การสำรวจทัศนคติของนักศึกษากลุ่มทดลองที่ใช้ออบแบบเรียนโปรแกรม

ภายหลังจากการทดลองสิ้นสุดลงแล้ว ผู้วิจัยได้สอบถามความรู้สึกของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ออบแบบเรียนโปรแกรม โดยถามว่า "ท่านมีความรู้สึกต่อแบบเรียนโปรแกรมอย่างไร และนี่แตกต่างจากคำตอบคือ ชอบเรียนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม กับไม่ชอบเรียนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม โดยผู้วิจัยมีความเชื่อว่าท่านักศึกษาคงว่าชอบเรียนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมแล้ว แสดงว่านักศึกษามีทัศนคติที่ดีต่อแบบเรียนโปรแกรมและในทางตรงกันข้ามถ้านักศึกษาคงว่าไม่ชอบเรียนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมก็จะแสดงว่า นักศึกษามีทัศนคติที่ไม่ดีต่อแบบเรียนโปรแกรม

จากการสอบถามสำรวจทัศนคติต่อแบบเรียนโปรแกรมของนักศึกษากลุ่มทดลองปรากฏว่า นักศึกษากลุ่มทดลองจำนวนทั้งหมด 18 คน คงว่าชอบเรียนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม หรือกล่าวได้ว่านักศึกษากลุ่มทดลองมีทัศนคติที่ดีต่อแบบเรียนโปรแกรม

บทที่ 5

รูป อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ

การศึกษาเปรียบเทียบแบบผลการสอนวิชาแสงระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษาระดับสูง โดยใ้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ มีค่าทั้งเชิงและผลของการศึกษาค้นคว้า ดังนี้

ความมุ่งหมายในการศึกษา

1. เพื่อสร้างแบบเรียน โปรแกรมวิชาแสงระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษาระดับสูงบางหัวเรื่อง
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาแสงบางหัวเรื่อง ของนักศึกษาาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษาระดับสูงที่เก็บได้จากแบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติของอาจารย์
3. เพื่อศึกษาความเปลี่ยนแปลงทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาหลังจากการเรียนโดยใ้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติของอาจารย์
4. เพื่อสำรวจทัศนคติของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษาระดับสูงกลุ่มทดลองที่มีต่อแบบเรียนโปรแกรม

สมมติฐานในการศึกษา

1. ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาแสงของนักศึกษากลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม
2. นักศึกษากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ภายหลังการเรียนสูงกว่าก่อนการเรียน
3. นักศึกษากลุ่มทดลองมีทัศนคติที่ดีต่อแบบเรียนโปรแกรมวิชาแสงที่สร้างขึ้นใช้ในการทดลองครั้งนี้

วิธีดำเนินการ

1. การสร้างเครื่องมือ

1.1 การสร้างแบบเรียนโปรแกรม ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการและวิธีการเขียนแบบเรียนโปรแกรม แล้วจึงสร้างแบบเรียนโปรแกรมวิชาแสงระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาระดับสูงบางหัวเรื่อง แล้วนำไปทดลองใช้กับนักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์เพื่อเป็นการทดสอบแบบเรียนแบบ "นางสาวหนึ่ง" และแบบกลุ่มเล็ก สำหรับการทดลองแบบภาคสนามนั้น ผู้วิจัยดำเนินการเก็บเอาผลทดลองสอน เพื่อเปรียบเทียบผลการสอนด้วยแบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ

1.2 การสร้างแบบทดสอบ แบบทดสอบที่ใช้ในการศึกษาเป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาแสงระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาระดับสูงบางหัวเรื่อง เป็นแบบปรโยชนิก 4 ตัวเลือก จำนวน 80 ข้อ แล้วนำไปทดสอบกับนักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาระดับสูงปีที่ 2 จำนวน 100 คน เพื่อนำผลจากการทดสอบมาวิเคราะห์เป็นรายข้อ และค่าเลือกเฉพาะ ข้อที่มีความยาก (p) ระหว่าง .20 - .80 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ใดทั้งหมด 52 ข้อ ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .8493

1.3 แบบสอบถามทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ติดต่อขอเสนอแนะ และขออนุญาตนำแบบสอบถามที่หาเอาไว้ในปีการศึกษา 2517 นี้มาใช้ในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีการศึกษา 2517 มาใช้ในการทดลองครั้งนี้

2. กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาระดับสูงปีที่ 1 ของวิทยาลัยครูนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 36 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้

กลุ่มทดลอง เป็นนักศึกษาทั้งหมด 18 คน แบ่งเป็นชาย 11 คน เป็นหญิง 7 คน ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ควบคุมการเรียนการสอน โดยใช้แบบเรียนโปรแกรม

กลุ่มควบคุม มีนักศึกษาทั้งหมด 18 คน แบ่งเป็นชาย 10 คน เป็นหญิง 8 คน ซึ่งมีอาจารย์ประจำภาควิชาศาสตร์ของวิทยาลัยครูนครสวรรค์ เป็นผู้สอน โดยใช้วิธีสอนตามปกติ

3. การทดลองสอน กระทำในภาคเรียนฤดูร้อน ปีการศึกษา 2518 วิชา เวลาเรียนทั้งหมด 12 ชั่วโมง

4. การรวบรวมข้อมูล โดยทำการทดลองก่อนการเรียน (Pre-test) และหลังการเรียน (Post-test) กับกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม ด้วยแบบทดสอบ วัตถุประสงค์เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงของความรู้ก่อนการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับ นักศึกษากลุ่มทดลองเมื่อสอนเสร็จให้ตอบข้อสอบถามท้าย วิชาที่ออกแบบเรียนไปรวมท้าย

สรุปผลการวิจัย

1. นักศึกษากลุ่มที่เรียนเวลาแบบเรียนโปรแกรม และนักศึกษากลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติของอาจารย์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05
2. นักศึกษากลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาสูง สูงกว่านักศึกษาในกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .05
3. นักศึกษาที่เรียนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมมีการเปลี่ยนแปลงทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ในทางที่สูงขึ้นแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนนักศึกษาที่เรียนเวลาการสอนตามปกติของอาจารย์มีการเปลี่ยนแปลงทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ ในทางที่ต่ำลงแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ
4. นักศึกษาที่เรียนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม มีทัศนคติที่ดีต่อแบบเรียนโปรแกรม

อภิปรายผล

การศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนวิชาสส ระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา ชั้นสูงบางหัวเรื่อง โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติของอาจารย์ผู้วิจัย ปรากฏว่าทั้งสองกลุ่มและสอนกลุ่มทดลองด้วยตนเองโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมที่สร้างขึ้น ส่วนกลุ่มควบคุมให้อาจารย์วิทยาศาสตร์ที่สอนประจำควบคุมและดำเนินการสอนเอง การที่ผู้วิจัยไม่ใช้กลุ่มและสอนกลุ่มควบคุมด้วยตนเอง เพราะจะทำให้เกิดความลำเอียงในการสอนขึ้นได้

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าแบบเรียนโปรแกรม สามารถทำให้นักศึกษาที่เรียน และใช้แบบเรียนโปรแกรม เรียนรู้ได้เร็วกว่านักศึกษาที่เรียนจากการสอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเร็วนับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งเอาไว้ ทั้งนี้ เพราะแบบเรียนโปรแกรมเป็นแบบเรียนที่ทำให้ นักศึกษาได้เรียนรู้ในเนื้อหาวิชาจากง่ายไปหายากตามลำดับขั้นตอน (frame) และนักศึกษายังได้มีส่วนร่วมในการเรียนอยู่ตลอดเวลา โดยการตอบคำถามในกรอบปัญหา ซึ่งมีคำตอบที่ถูกต้องให้นักศึกษาตรวจสอบได้ด้วยตนเองเป็นแรงเสริมที่ทำให้ นักศึกษากระตือรือร้นที่จะเรียนอยู่เสมอ นอกจากนี้การสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมยังผสมผสานกับการสอนนักศึกษาเป็นรายบุคคล ทำให้สามารถแก้ปัญหาเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคลได้เป็นอย่างดี นักศึกษาไม่มีความกังวลในการเรียน เพราะสามารถเรียนไปตามอัตราความสามารถและศักยภาพของตนเอง สำหรับการสำรวจทัศนคติของนักศึกษาที่มีต่อแบบเรียนโปรแกรม พบว่า นักศึกษามีทัศนคติที่ดีต่อแบบเรียนโปรแกรม ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะเหตุผลดังที่กล่าวมาแล้ว ส่วนการศึกษาเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ ที่พบว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงนั้น เพราะในเรื่องของทัศนคติเป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงได้ยากและจะเกิดขึ้นในลักษณะการสะสม ในการทดลองนี้ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษาระดับสูง เป็นกลุ่มตัวอย่าง เป็นหนุ่มเป็นสาวแล้ว และใช้เวลาในการทดลองเพียง 12 ชั่วโมง การเปลี่ยนแปลง ทัศนคติทางวิทยาศาสตร์จึงไม่สามารถวัดความแตกต่างได้

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสังเกตเห็นว่าการสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม มีข้อสังเกตว่า

1. นักศึกษามีความกระตือรือร้นที่จะเรียน สังเกตได้จากขณะที่เรียนนักศึกษาทุกคนจะเรียนด้วยความตั้งใจ มีความเพียรพยายามและพอใจในการเรียน
2. นักศึกษาต้องรับผิดชอบในการเรียนด้วยตนเอง และต้องปฏิบัติตามคำสั่งของแบบเรียนซึ่งเป็นการสร้างนิสัยในการรับผิดชอบ และรับผิดชอบต่อตนเองไปในตัว
3. ไม่มีเนื้อหาเรื่องวิชาในชั้นเรียน นักศึกษาสามารถปรึกษากับเพื่อนหรือเดินไปไหนมาไหนในชั้นได้โดยไม่เป็นอุปสรรคต่อการเรียนของตน

4. แก้ไขปัญหาความแตกต่างระหว่างบุคคลได้เป็นอย่างดี นักศึกษาสามารถเรียนไปตามอัตราความสามารถและสติปัญญาของตน

5. ผู้สอนมีเวลาว่างทำกิจกรรมอื่นเพื่อเพิ่มพูนประสิทธิภาพของการสอนและมีโอกาสช่วยเหลือนักศึกษาที่เรียนช้าได้มากขึ้นโดยไม่ทำให้นักศึกษาที่เรียนเก่งต้องเสียเวลา

6. การสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมทำให้นักศึกษาเรียนได้เร็วกว่าการสอนตามปกติ โดยเฉพาะนักศึกษาที่เรียนได้เร็วจะปีเวลาว่างสำหรับทบทวนหรือศึกษาเพิ่มเติมได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

จากการศึกษาวิจัยของผู้อื่นและวิจัยเองพบว่าการสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมทำให้นักศึกษาเรียนได้เร็วขึ้นเกี่ยวกับการสอนตามปกติของครู ดังนั้นผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษาควรให้ความสนใจ โดยส่งเสริมให้มีการสร้าง การใช้ และการทำการวิจัยเกี่ยวกับแบบเรียนโปรแกรมให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

2.1 ควรจะได้มีการศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติของครูในวิชาต่าง ๆ กับกลุ่มตัวอย่างทุกระดับการศึกษา โดยใช้เนื้อหาและเวลาทดลองให้มากพอสมควร

2.2 ควรจะมีการทดลองเปรียบเทียบผลการสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนโดยวิธีอื่น ๆ บ้าง เช่น การสอนแบบสืบสวนสอบสวน (Inquiry Method)

2.3 ควรศึกษาผลของการใช้แบบเรียนโปรแกรมกับนักเรียนที่มีระดับสติปัญญาและความสามารถต่าง ๆ กัน เพื่อให้นักเรียนประเภทใดได้รับผลจากการเรียนโดยใช้แบบเรียนมากที่สุด

2.4 ควรจะศึกษาเพื่อค้นหาองค์ประกอบอะไรบ้างที่จะช่วยให้การสอนด้วยแบบเรียนโปรแกรมได้ผลดี เช่น ลักษณะของวิชา บทบาทของครูขณะใช้แบบเรียนโปรแกรม หรือ ลักษณะของแบบเรียนโปรแกรม

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- จิตติมา เหมกิตติวัธน์ การศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนวิทยาศาสตร์ เรื่องพืช และการขยายพันธุ์พืช ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ ปริญานิพนธ์ กอ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2519, 44 หน้า.
- เพื่อนใจ ทงสัสมิต แบบเรียนสำเร็จรูป เอกสารประกอบการเรียนคณะครูศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2515, 121 หน้า.
- นิรันดร์ แนบชิด การทดลองเปรียบเทียบผลการสอนวิชาวิทยาศาสตร์บางหัวข้อในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ ปริญานิพนธ์ กอ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2518, 34 หน้า.
- บุญกิน อัครากร สมทรง รัตนจารย์ และ ลิขิต สว่างวรรณ, ร.ท. แบบเรียนวิทยาศาสตร์ชุดอิเล็กทรอนิกส์ แสง อักษรเจริญทัศน์ 2502, 187 หน้า.
- ประทีป สยามชัย "บทเรียนสำเร็จรูป" ชุมนุมทางวิชาการ รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่หนึ่ง 1-5 สิงหาคม 2510 กรมสามัญศึกษา หน้า 221-228.
- ปรีชา กุณวลลสี การศึกษาเปรียบเทียบการสอนวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ ปริญานิพนธ์ กอ.ม. วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร 2515, 42 หน้า.
- เป็รื่อง กุมุค การสร้างแบบเรียนสำเร็จรูป ศูนย์โสตทัศนศึกษาวิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร 2516, 131 หน้า.
- พงษ์ พันธุกุล, พ.อ. และ คณิต อินจันทร์วงศ์ แบบเรียนวิชาแสงประโยชน์มัธยมศึกษาตอนปลาย พิมพ์ครั้งที่ 12 อักษรเจริญทัศน์ 2517, 393 หน้า.

พิทักษ์ รัตนพลเดช นโยบายการศึกษายุควิทยาศาสตร์ วิทยาลัยวิชาการศึกษา
ประสานมิตร 2513, 74 หน้า.

วิฑูรย์ รัตนพลเดช 1 กิจกรรมวิทยาศาสตร์กับการพัฒนาประเทศ งานนิพนธ์เพื่อการค่า
2514, 82 หน้า.

วิมล กลกิจ แบบเรียนวิทยาศาสตร์วิชา แรง-ใช้แรง ประโยชน์มัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงพิมพ์คุรุสภา 2507, 384 หน้า.

วรรณภา เจริญทรวงศ์ การศึกษาเปรียบเทียบการสอนวิชาเลขคณิตให้ประถมปีที่ 5
ระหว่างการใช้แบบเรียนสำเร็จรูปกับการสอนตามปกติ ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.
วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร 2515, 71 หน้า.

วิวัฒน์ วังวิทย์ การศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องทัศนอุปกรณ์
อย่างง่ายชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ
ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2519, 39 หน้า.

ศักดิ์ดา ศิริพันธ์ แสงรับประสบการณ์ พิมพ์ครั้งที่ 2 โรงพิมพ์สวนพิมพ์ 2516,
หน้า 1-306.

สุชน ชวยเกิด การเปรียบเทียบผลการสอนวิชาเคมี 1 บางหัวข้อ ในระดับชั้น
ป.กศ.สูง โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ ปริญญานิพนธ์
กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2518, 35 หน้า.

อรรณพ บุณยอนันต์ การศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนวิชาภาษาอังกฤษ เรื่องไวยากรณ์ และ
เชื้อเพลิง ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอน
ตามปกติ ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2518,
42 หน้า.

- Carlvin, Allen D., Programmed Instruction - Bold New Venture, Indiana University Press, 1969, 250 pp.
- Dutton, Sherman Sumpter, "An Experimental Study in the Programming of Science Instruction for Fourth Grade" Dissertation Abstracts, 24 : 2382-A, December 1963.
- Fan, Chung - Teh, Item Analysis Table, Educational Testing Service, 1952, 52 pp.
- Ferguson, George A., Statistical Analysis in Psychology and Education, New York, Mc Graw-Hill Book Company, 1966, 466 pp.
- Fine, Benjamin, Teaching Machine, Sterling Publishing Co., New York, 1962, 176 pp.
- Fry, Edward B., Teaching Machines and Programmed Instruction, Mc Graw-Hill Book Company, Inc., New York, 1963, 244 pp.
- Greetsinger, Gavin, "An Experimental Study of Programmed Instruction in Division of Fraction" A.V. Communication Review 16 (Spring 1968). P. 87-90
- Leith, G.O.M. and others, A Handbook of Programmed Learning, University of Birmingham Education Dept., 1966, 152 pp.
- Moriber George, "The Effects of Programmed Instruction in a College Physical Science Course for Non-science Student," Journal of Research in Science Teaching 6 : 214-216, No.3, 1969.
- Moses, John Irvin, "A Comparison of the Result Achievement with Programmed Learning and Traditional Classroom Techniques in First year Algebra at Spring Branch Junior High School," Dissertation Abstracts, 25 : 5793-A, April, 1965.
- Schramm, Wilbur, The Research on Programmed Instruction : An Annotated Bibliography, U.S. Dept. of Health Educational and Welfare, Washington, D.C., 1964, 114 pp.
- Sears, Francis W., and Zemansky, Mark A., College Physics Massachusetts, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1969, P.777-952.
- White, Charles Colven, "The Use of Programmed Texts of Remedial Mathematic Instruction in College," Dissertation Abstracts 30 : 3373 - A, February, 1970.

ภาคผนวก

ภาคผนวก 1

การวิเคราะห์ข้อมูล

ค่าความยาก (p) "ระดับอำนาจจำแนก" (r) ของแบบทดสอบ

ข้อที่	P_H	P_L	p	r	ข้อที่	P_H	P_L	p	r
1	.88	.63	.76	.33	25	.1	.44	.78	.75
2	.92	.63	.79	.41	26	.67	.30	.48	.37
3	.74	.33	.54	.41	27	.81	.56	.69	.29
4	.96	.44	.74	.54	28	.44	.04	.21	.57
5	.1	.33	.74	.79	29	.78	.56	.67	.25
6	.88	.30	.61	.60	30	.74	.33	.54	.41
7	.78	.56	.67	.25	31	.96	.32	.64	.76
8	.1	.26	.70	.82	32	.92	.59	.77	.44
9	.1	.37	.75	.78	33	.96	.48	.76	.32
10	.96	.26	.66	.74	34	.96	.52	.78	.59
11	.92	.44	.71	.56	35	.92	.63	.79	.41
12	.59	.37	.48	.22	36	.92	.52	.74	.50
13	.63	.41	.52	.22	37	.88	.63	.76	.33
14	.85	.34	.60	.53	38	.92	.41	.69	.58
15	.92	.41	.69	.58	39	.92	.48	.72	.53
16	.92	.41	.69	.58	40	.85	.26	.57	.59
17	.78	.56	.67	.25	41	.81	.44	.65	.40
18	.88	.37	.64	.54	42	.96	.30	.68	.72
19	.92	.56	.73	.39	43	.88	.33	.62	.57
20	.96	.56	.79	.57	44	.67	.26	.46	.41
21	.88	.56	.73	.39	45	.63	.19	.40	.46
22	.88	.37	.64	.54	46	.78	.26	.52	.52
23	.96	.41	.73	.66	47	.85	.26	.57	.59
24	.88	.26	.59	.62	48	.78	.48	.64	.32

ν 1000	r_{H}	P_{H}	ρ	r
49	.56	.26	.41	.36
50	.78	.44	.62	.36

ν 1000	r_{H}	P_{H}	ρ	r
51	.88	.26	.59	.62
52	.88	.44	.68	.49

๕๖

ภาคผนวก 2

แผนเรียนโปรแกรมวิชาแสง

ระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาระดับสูงบางหัวเรื่อง

ข้อแนะนำการอ่านแบบเรียนโปรแกรม

สิ่งที่เราได้อ่านนี้เรียกว่า "แบบเรียนโปรแกรม" ซึ่งจะสอนให้ท่านมีความรู้เรื่องหลักการปฏิบัติวิธีการศึกษาขั้นสูง โดยให้ท่านเรียนด้วยตนเอง ขอให้ท่านอ่านข้อความต่อไปนี้ให้เข้าใจ ก่อนที่จะเริ่มเรียนจากแบบเรียนโปรแกรม ในการเรียนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมมีข้อแนะนำดังนี้

1. อ่านแบบเรียนไปทีละกรอบตามลำดับ อย่าข้ามกรอบหนึ่งกรอบไปเป็นอันขาด และที่อ่านเสร็จแล้วจะพักอ่านบ้างก็ได้ใจในแต่ละกรอบให้
 2. ในแบบเรียนบางกรอบจะมีช่องว่างเว้นไว้ หมายถึงให้ท่านเติมคำตอบหรือข้อความที่ถูกต้องลงไป
 3. ในแบบเรียนบางกรอบจะมีคำถาม และมีคำตอบที่ถูกต้องของคำถามอยู่ด้วย ให้ท่านเลือกคำตอบที่ถูกต้อง แล้วขีดเขียนไว้ทำเครื่องหมายลงที่คำตอบนั้น
 4. ในแบบเรียนบางกรอบจะมีคำสั่งให้ท่านวาดรูปหรือตอบในรูปแบบให้สมบูรณ์
 5. ในแบบเรียนบางกรอบจะไม่มีช่องว่างให้เติมคำตอบ หรือคำถามให้หาคำตอบเพียงแต่เป็นการอธิบายให้เกิดความเข้าใจในบทเรียน เพื่อเป็นแนวทางในการตอบคำถามกรอบต่อไป
 6. คำตอบที่ถูกต้องของแบบเรียนแต่ละกรอบจะอยู่ตอนท้ายของแบบเรียน ให้ท่านตรวจคำตอบของท่านก่อนที่จะอ่านกรอบต่อไป ถ้าผิดอย่าเสียใจขอให้ท่านกลับไปอ่านข้อความก่อนหน้านั้นอีกครั้งหนึ่งจนเข้าใจ แล้วแก้คำตอบที่ผิดให้ถูกต้องเสียก่อนจึงอ่านกรอบต่อไป
 7. จงพยายามทำแบบเรียนด้วยตัวเอง และอย่าดูคำตอบก่อนเป็นอันขาดเพราะจะไม่ช่วยให้ท่านมีความรู้ขึ้นได้เลย และเป็นการเรียนที่เสียเปล่า
 8. การเรียนโดยใช้แบบเรียนนี้ไปจาเป็นจะต้องเรียนให้เสร็จพร้อมๆกับคนอื่น ให้ท่านเรียนไปตามความสามารถ ถ้าเหนื่อยก็หยุดพักและทำคอกาภายหลัง หรือจะหยุดพักความรู้ที่เรียนมากก่อนแล้วก็ได้
- ท่านจะมีความรู้เช่นเดียวกับเพื่อน ๆ และจะมีความรู้จากการสอนของอาจารย์หากท่านได้ปฏิบัติตามข้อแนะนำเป็นอย่างดี

เรื่อง การสะท้อนแสง

1.

การที่เรามองเห็นวัตถุที่ไม่มีแสงในตัวเองได้เนื่องจากมีแสงจากวัตถุที่มีแสงในตัวเองเดินทางไปถึงตาของเราที่พื้นผิวของวัตถุที่ไม่มีแสงในตัวเองแล้วสะท้อนเข้าสู่ตาเรา เราจึงมองเห็นวัตถุที่ไม่มีแสงในตัวเองได้

วัตถุที่มีแสงในตัวเองถึงขีดความที่กล่าวมานี้มีคุณสมบัติอย่างไร

ก. สะท้อนแสงได้

ข. ไม่สะท้อนแสง

2.

ดวงจันทร์ไม่มีแสงในตัวเอง แต่เราสามารถมองเห็นดวงจันทร์ได้ เนื่องจากมีแสงจากดวงอาทิตย์เดินทางไปถึงตาของเราที่พื้นผิวของดวงจันทร์แล้ว_____เข้าสู่ตาเรา

3.

ทำไมเราจึงมองเห็นดาวศุกร์ซึ่งไม่มีแสงในตัวเองได้

4.

ตามปกติวัตถุต่าง ๆ สามารถสะท้อนแสงได้อันเป็นสาเหตุที่ทำให้เรามองเห็นวัตถุต่าง ๆ ซึ่งไม่สว่างในตัวเองก็ดังกล่าวนั้นแล้วในกรณีก่อนหน้านี้

สาเหตุที่เรามองเห็นวัตถุซึ่งไม่มีแสงในตัวเองได้ก็เนื่องมาจากการที่วัตถุต่าง ๆ สามารถ _____ โถงนั้นเอง

5.

วัตถุแก่จะมีคุณสมบัติสะท้อนแสงได้ไม่เท่ากัน วัตถุบางชนิดสะท้อนแสงได้มาก วัตถุบางชนิดสะท้อนแสงได้โดย

แผนแถวเรียบตามผิวที่ด้านหลัง และพื้นห้องที่ทาสีขาว วัตถุทั้งสองอย่างนี้กล่าวนั้นมีคุณสมบัติในการสะท้อนแสงเป็นอย่างไร

ก. วัตถุทั้งสองอย่างนี้กล่าวนั้นสะท้อนแสงได้เท่ากัน

ข. วัตถุทั้งสองอย่างนี้กล่าวนั้นสะท้อนแสงได้ไม่เท่ากัน

6.

คุณสมบัติประจำตัวของวัตถุเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้วัตถุต่าง ๆ สามารถสะท้อนแสงได้มากหรือน้อย นอกจากนี้ลักษณะพื้นผิวของวัตถุก็มีส่วนทำให้วัตถุนั้นสะท้อนแสงได้มากหรือน้อยด้วย

7.

สิ่งที่ทำให้วัตถุต่าง ๆ สะท้อนแสงได้มากหรือน้อยคือคุณสมบัติประจำตัวของวัตถุ และ _____

8.

โลหะเกลี้ยงเรียบขัดเป็นมันและแก้วเรียบฉาบปรอททึบหลังเป็นวัตถุที่สะท้อนแสงได้ดีมาก ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติประจำตัวของวัตถุและลักษณะพื้นผิวของวัตถุทั้งสองนั่นเอง

9.

โลหะเกลี้ยงเรียบขัดเป็นมัน และแก้วเรียบฉาบปรอททึบหลังมีคุณสมบัติในการสะท้อนแสงเป็นอย่างไร

ก. สะท้อนแสงได้ดีมาก

ข. สะท้อนแสงได้ไม่ดี

10.

เราทราบแล้วว่า คุณสมบัติประจำตัวของวัตถุและลักษณะพื้นผิวของวัตถุ เป็นสิ่งที่ทำให้วัตถุสะท้อนแสงได้มากหรือน้อย นอกจากสองสิ่งนี้แล้วยังมีอีกสิ่งหนึ่งที่ทำให้วัตถุสะท้อนแสงได้มากหรือน้อย คือ มุมที่แสงไปตกกระทบกับพื้นผิวของวัตถุ

11.

มุมที่แสงไปตกกระทบบนพื้นผิวของวัตถุเป็นสิ่งที่ทำให้วัตถุสามารถสะท้อนแสงได้
มากหรือน้อย ถ้าแสงตกกระทบบนพื้นผิวของวัตถุเป็นมุมฉาก แสงก็สะท้อนน้อย ถ้าแสงตกกระทบบน
กับพื้นผิวของวัตถุเป็นมุมเอียง แสงก็สะท้อนมาก

12.

แสงตกกระทบบนผิววัตถุตั้งเป็นฉากกับระนาบปรอทด้านหลังเป็นมุมกี่องศาจึงจะ
สะท้อนแสงได้มากที่สุด

ก. 30 องศา

ข. 60 องศา

ค. 90 องศา

13.

วัตถุจะสะท้อนแสงได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้คือ

1. _____

2. _____

3. _____

14.

โลหะเก็บมาเร็วมาขัดเป็นมันและแก้วเรียบฉาบปรอทด้านหลังสะท้อนแสงได้ดีมากและ
ได้แสงสะท้อนที่เป็นระเบียบเราจึงใช้ทำกระจก

โลหะเก็บเร็วมาขัดเป็นมันและแก้วเรียบฉาบปรอทด้านหลังใช้ทำกระจกเพราะ
ได้มากและให้แสงสะท้อนที่เป็นระเบียบ

15.

วัตถุอื่นนอกจากโลหะเก็บเร็วมาขัดเป็นมัน และแก้วเรียบฉาบปรอทด้านหลัง
ก็ใช้ทำกระจกได้ถ้า ได้ดีมากและให้แสงสะท้อนที่

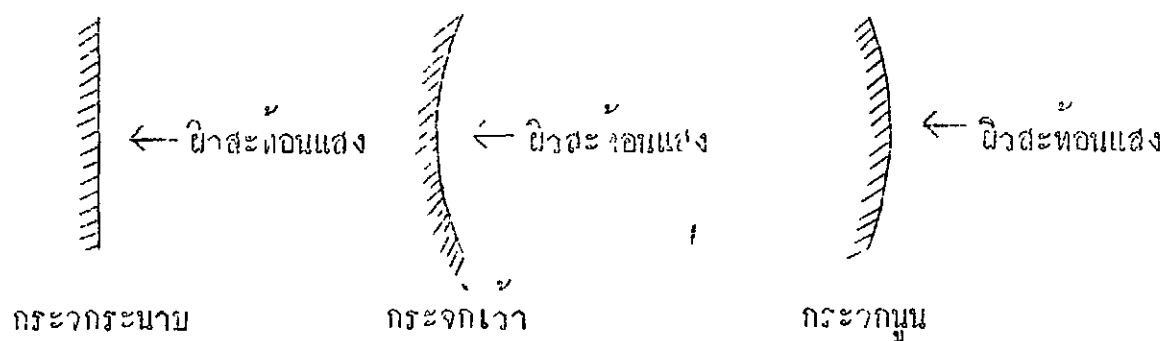
16.

กระจกมีหลายชนิดด้วยกันดังนี้

1. กระจกเงา (Plane Mirror) คือกระจกที่มีผิวสะท้อนเป็นระนาบ
2. กระจกเว้า (Concave Mirror) คือกระจกที่มีผิวสะท้อนแสงเป็นส่วนหนึ่งของทรงกลมกลวงโดยมีค่าภายในของทรงกลมเป็นผิวสะท้อนแสง
3. กระจกนูน (Convex Mirror) คือกระจกที่มีผิวสะท้อนแสงเป็นส่วนหนึ่งของทรงกลมกลวงโดยมีค่าภายนอกของทรงกลมเป็นผิวสะท้อนแสง

17.

รูปต่อไปนี้แสดงถึงกระจกชนิดต่าง ๆ



18.

จงเขียนรูปกระจกเงาและเขียนกำกับด้วยว่าทิศทางแสงอยู่ด้านไหน

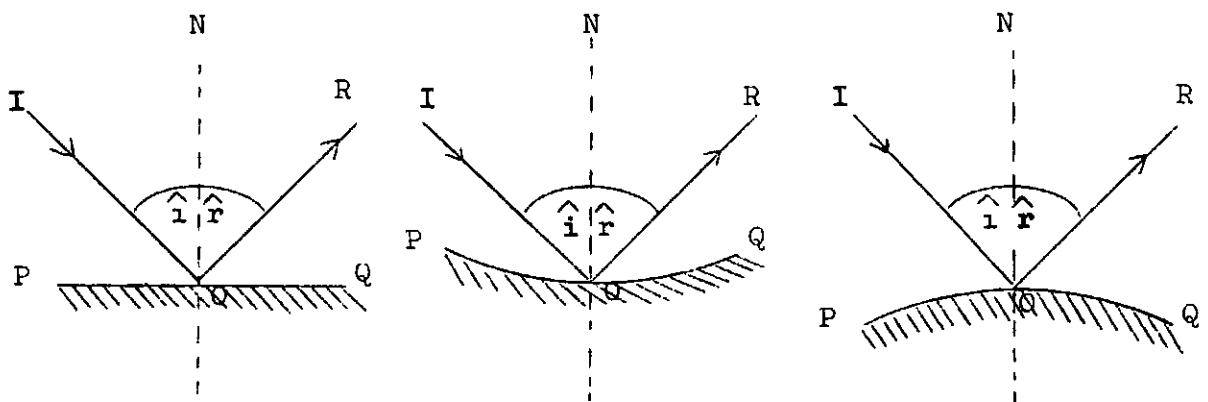
19.

จงเขียนรูปกระจกเว้าและเขียนกำกับด้วยว่าทิศทางแสงอยู่ด้านไหน

20. วาดเขียนรูปกระจกนูนและเขียนกำกับด้วยว่า ผิวสะท้อนแสงอยู่ด้านไหน

21.

เขียนแสดงเส้นทางมาตกระพบที่กระจก (กระจกเงา กระจกเว้าหรือกระจกนูน) แล้วสะท้อน ในกรณีที่เราควรทราบข้อใดบ้าง ๆ ที่สำคัญดังนี้



จากรูป PQ คือกระจก (กระจกเงา กระจกเว้า หรือกระจกนูน)

O คือจุดที่รังสีตกกระทบกระจก

NO คือเส้นปกติ

IO คือรังสีตกกระทบ

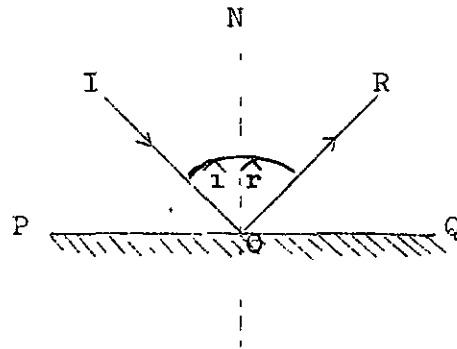
OR คือรังสีสะท้อน

$\hat{i}$ คือมุมตกกระทบ

$\hat{r}$ คือมุมสะท้อน

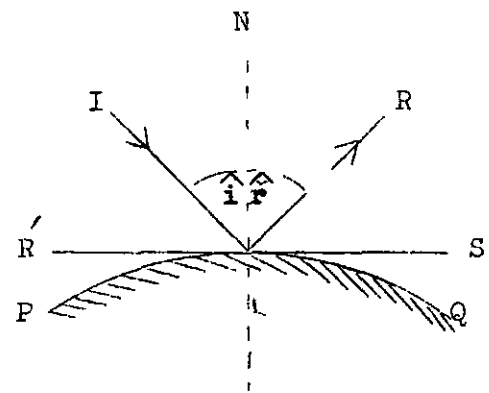
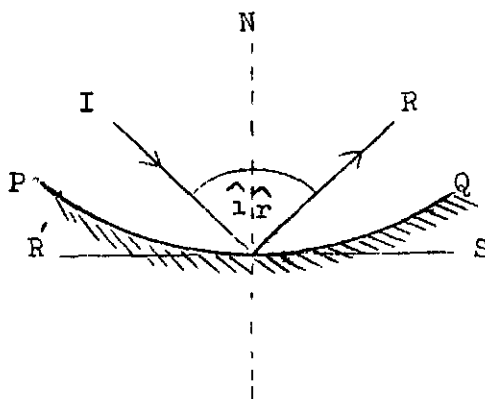
22.

เส้นปกติของกระจกเงาแบนคือเส้นตรงที่ตั้งฉากกับกระจก ณ จุดที่แสงตกกระทบบ
จากรูปข้างล่าง ON คือเส้นปกติซึ่ง _____ กับกระจก ณ จุดที่แสงตกกระทบบ (จุด O)



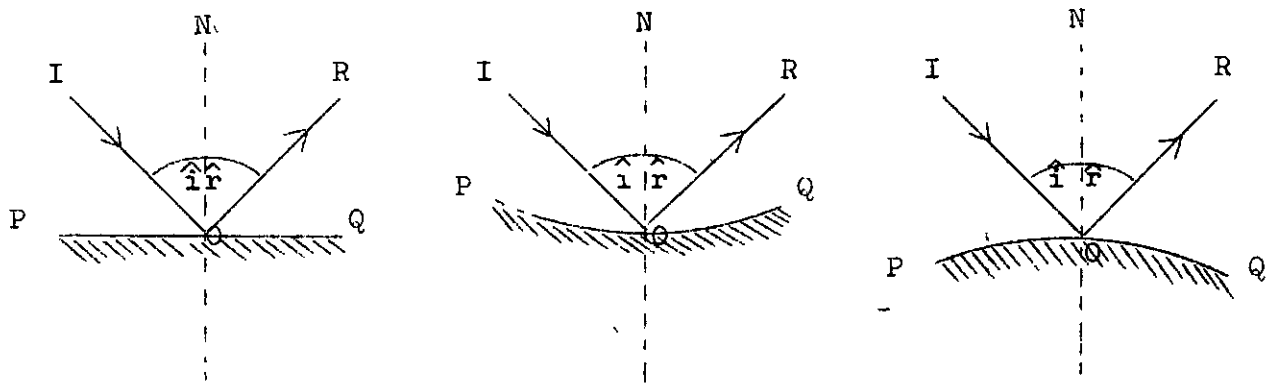
23.

เส้นปกติของกระจกเว้าหรือกระจกนูนคือเส้นตรงที่ตั้งฉากกับเส้นสัมผัสของ
กระจก ณ จุดที่แสงตกกระทบบ



จากรูป R'S คือเส้นสัมผัส ซึ่งสัมผัสกับกระจก (กระจกเว้าหรือกระจกนูน)
ณ จุดที่แสงตกกระทบบ (จุด O)
ดังนั้น ON คือเส้นปกติซึ่ง _____ กับ _____ ของกระจก
(เส้น R'S) ณ จุดที่แสงตกกระทบบ (จุด O)

24.



จากรูป $\hat{i}$ คือมุมตกกระทบ ซึ่งเป็นมุมที่รังสีตกกระทบทำกับเส้นปกติ
 $\hat{r}$ คือมุมสะท้อนซึ่งเป็นมุมที่รังสีสะท้อนทำกับเส้นปกติ

Q

25.

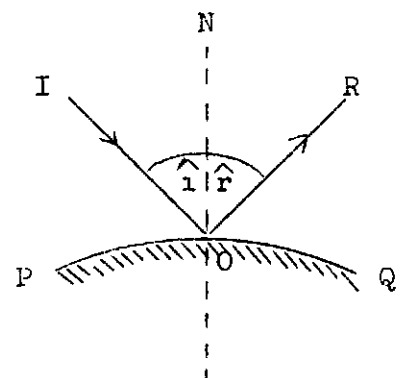
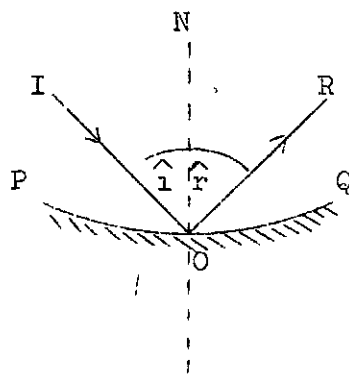
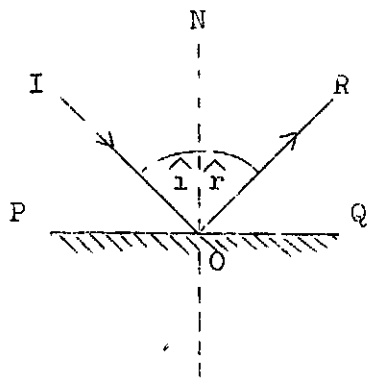
มุมตกกระทบเป็นมุมที่รังสีตกกระทบทำกับ _____

26.

มุมสะท้อนเป็นมุมที่รังสีสะท้อนทำกับ _____

27.

เมื่อรังสีแสงตกฉากมาตกกระทบบนที่กระจก (กระจกขนาน กระจกนูน หรือ กระจกเว้า) แล้วจะเกิดอะไรขึ้นในกรณีนี้ เราสามารถหาคำตอบได้ดังต่อไปนี้



จากรูป	PQ	คือ	_____
	O	คือ	_____
	NC	คือ	_____
	IO	คือ	_____
	OR	คือ	_____
	$\angle i$	คือ	_____
	$\angle r$	คือ	_____

28.

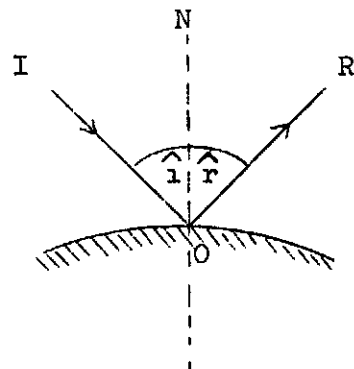
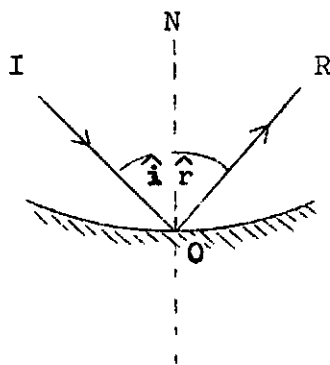
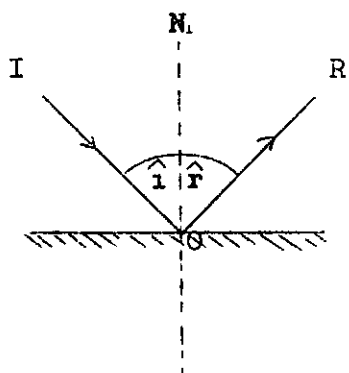
จากการทดลองเกี่ยวกับการสะท้อนแสงที่กระจกพบว่า การสะท้อนแสงที่กระจกเป็น

ไปตามกฎ 2 ประการคือ

1. รังสีตกกระทบได้ปกติ และรังสีสะท้อนอยู่บนระนาบเดียวกัน
2. มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน

กฎ 2 ประการนี้ เรียกว่า 'กฎการสะท้อนแสง'

29.



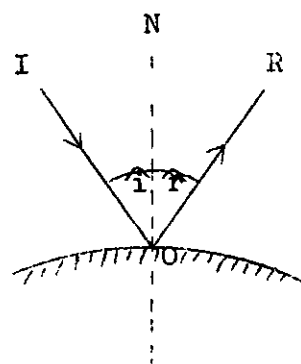
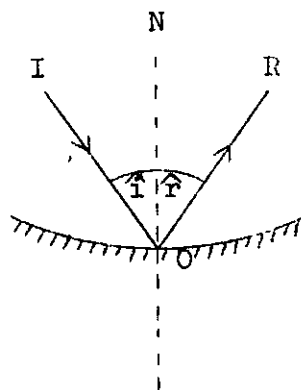
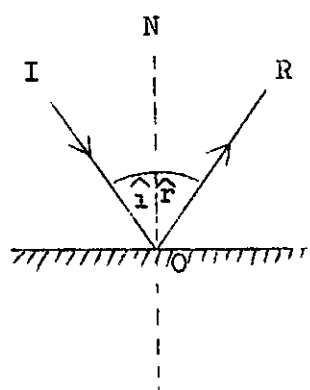
จากรูป IO คือรังสีตกกระทบ

NO คือเส้นปกติ

OR คือรังสีสะท้อน

โดยกฎของการสะท้อน IO , NO และ OR อยู่บน _____ เดียวกัน

30.



จากรูป i คือมุมตกกระทบ

r คือมุมสะท้อน

โดยการวัดการสะท้อนแสง ถ้า i โตเท่ากับ 35 องศา r จะโตเท่ากับ _____ องศา

31.

การสะท้อนแสงมีอยู่ 2 ข้อคือ

1. _____

2. _____

32.

เมื่อไม่แสงจากวัตถุเดินทางไปถึงกระทบที่กระจกแล้วสะท้อนไปรวมกัน ณ บริเวณ
หนึ่งทีภาชนะหรือตาหลังมองกระจก จะทำให้เกิดภาพของวัตถุที่ ๑ บริเวณนั้น

33.

แล้วจากวัตถุเมื่อเดินทางไปถึงกระทบที่กระจกแล้วสะท้อนไปรวมกัน ณ บริเวณหนึ่ง
ทีภาชนะหรือตาหลังมองกระจก จะทำให้เกิดอะไรขึ้น ณ บริเวณที่แสงสะท้อนไปรวมกัน

- ก. เกิดภาพของวัตถุขึ้น ณ บริเวณที่แสงสะท้อนไปรวมกัน
 - ข. ไม่เกิดอะไรขึ้น ณ บริเวณที่แสงสะท้อนไปรวมกัน
-

34.

ภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจกมีอยู่ 2 ชนิด คือ

- 1. ภาพจริง
 - 2. ภาพเสมือน
- ๐

35.

ภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจกมีอยู่ 2 ชนิด คือ

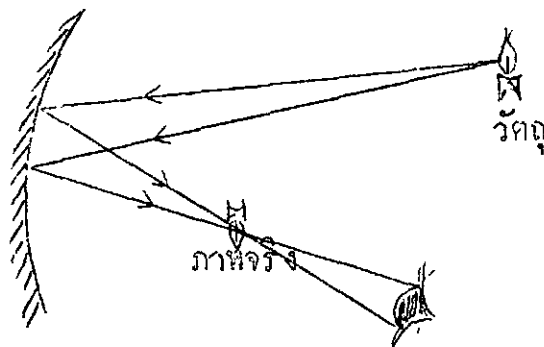
1. ภาพ _____
2. ภาพ _____

36.

ภาพจริงของวัตถุที่เกิดจากกระจก เกิดจากการที่มีแสงจากวัตถุเดินทางไปถึงกระจกแล้วสะท้อนกลับมารวมกันเป็นบริเวณหนึ่งจริง ๆ ทำให้เกิดภาพจริงของวัตถุขึ้นที่บริเวณนั้น ภาพจริงของวัตถุนี้จะเกิดที่ด้านหลังของกระจก

กระจกเงาเป็นกระจกชนิดเดียวที่ทำให้เกิดภาพจริงของวัตถุ (กระจกเงา ทำให้เกิดภาพเสมือนก็ได้)

รูปร่างต่างไปแต่หลักการสะท้อนแสงจากวัตถุที่กระจกเงา จึงทำให้เกิดภาพจริงของวัตถุ



37.

เมื่อมีแสงจากวัตถุเดินทางไปถึงกระทบที่กระจกแล้วสะท้อน แสงที่สะท้อนนี้จะไปรวมที่เพื่อบริเวณใดจึงจะ ทำให้เกิด _____ ของวัตถุขึ้นที่บริเวณนั้น

38.

มีกระจกชนิดเดียวที่ทำให้เกิดภาพจริงของวัตถุได้ ซึ่งได้แก่กระจกในข้อไหน

- ก. กระจกบาน
 - ข. กระจกเงา
 - ค. กระจกนูน
-

39.

ภาพจริงของวัตถุที่เกิดจากกระจกเว้านี้ จะเกิดที่ด้านไหนของกระจก

- ก. ด้านขวาของกระจก
- ข. ด้านข้างของกระจก

40.

ภาพจริงของวัตถุที่เกิดจากกระจกเว้า ซึ่งเกิดที่หน้ากระจก เราเอากล
ไปรับภาพจริงของวัตถุ ณ บริเวณที่เกิดภาพได้

เราเอากลไปรับภาพจริงของวัตถุที่เกิดจากกระจกเว้าได้หรือไม่

ก. เอากลไปรับภาพได้

ข. เอากลไปรับภาพไม่ได้

41.

ภาพจริงของวัตถุที่เกิดจากกระจกเว้าจะมีลักษณะหัวกลับจากวัตถุเดิมเสมอ
ภาพจริงของวัตถุที่เกิดจากกระจกเว้ามีลักษณะอย่างไร

ก. หัวตั้งเหมือนวัตถุเดิม

ข. หัวกลับจากวัตถุเดิม

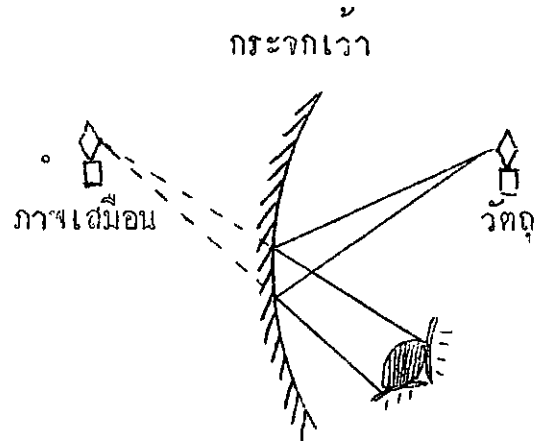
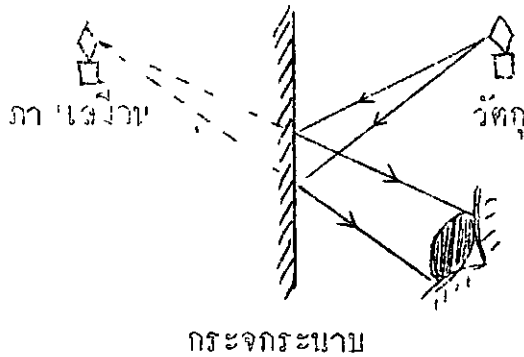
42.

ภาพเสมือนของวัตถุที่เกิดจากกระจก เกิดจากการที่แสงจากวัตถุเดินทางป
ตกกระทบที่กระจกแล้วสะท้อน แสงที่สะท้อนนี้จะเสมือนไปรวมกันที่บริเวณหนึ่ง ทำให้เกิด
ภาพเสมือนของวัตถุขึ้นที่บริเวณนั้น ภาพเสมือนของวัตถุนี้จะเกิดที่ด้านหลังของกระจก

43.

กระจกเงาบว กระจกเงาเว้า และกระจกนูน เป็นกระจกที่ทำให้เกิดภาพเสมือน
โก่งขึ้น

รูปข้างล่างนี้แสดงการสะท้อนแสงที่กระจกชนิดต่าง ๆ จึงทำให้เกิดภาพเสมือน
ของวัตถุขึ้น



44.

ที่กล่าวว่าแสงสะท้อนเสมือนไปรวมกันที่บริเวณหนึ่ง หมายความว่าแสงสะท้อนนี้ไม่ได้
ไปรวมกันจริง ๆ แต่ถ้าเราลากเส้นตรงต่อแนวแสงสะท้อนให้ออกไปจะทำให้แสงสะท้อนไปรวมกัน
(หรือตัดกัน) ที่บริเวณหนึ่งได้

45.

เมื่อสืบค้นจากวัตถุเดินทางไปตามทฤษฎีที่กระทำแล้วระบอบ ของที่สะท้อนนี้จะ
เคลื่อนไปรวมกับที่มีเวลาหนึ่งทำให้เกิด _____ ของวัตถุขึ้นที่บริเวณนั้น

46.

กระจกทุกชนิดทำให้เกิดภาพเสมือนของวัตถุได้ทั้งนี้ ซึ่งได้แก่กระจกดังต่อไปนี้
คือ กระจก _____ กระจก _____ และ กระจก _____

47.

ภาพเวกเตอร์ของวัตถุที่เกิดจากกระจกมี ๒ ลักษณะได้แก่

ก. ภาพหน้าของกระจก

ข. ภาพหลังของกระจก

48.

ภาพเหมือนของวัตถุที่เกิดจากกระจกนี้ เราเอามาไปรับภาพเหมือนของวัตถุ
๓ บริเวณที่เกิดภาพเหมือนของวัตถุหลังกระจกใบใด

เราเอามาไปรับภาพเหมือนของวัตถุ ๓ บริเวณที่เกิดภาพเหมือนของวัตถุ
หลังกระจกใดหรือไป

ก. เอา มาไปรับภาพได้

ข. เอา มาไปรับภาพไม่ได้

49.

ภาพเหมือนของวัตถุที่เกิดจากกระจกจะมีลักษณะหัวตั้งเหมือนวัตถุเดิมเสมอ
ภาพเหมือนของวัตถุที่เกิดจากกระจกมีลักษณะอย่างไร

ก. หัวตั้งเหมือนวัตถุเดิม

ข. หัวกลับจากวัตถุเดิม

คำขอมีคำถูกต้องของแบบเรียกโปรแกรมเรื่องการสะท้อนแสง

1.

ก. สะท้อนแสงได้

2.

สะท้อน

3.

เรามองเห็นดาวศุกร์ซึ่งไม่มีแสงในตัวเองได้ เพราะมันบดบังจากดวงอาทิตย์
เดินทางไปตกกระทบพื้นผิวของดาวศุกร์แล้วสะท้อนเข้าสู่อุปตาเรา (หรือข้อความอื่นที่มี
ความหมายเช่นเดียวกัน)

4.

สะท้อนแสง

5.

ข. วัตถุข้างเคียงอย่างใดก็ตามมาสะท้อนแสงได้ไม่เท่ากัน

7.

ลักษณะพื้นผิวของวัตถุ

9.

ก. สะท้อนแสงได้ดีมาก

12.

ค. 90 องศา

13.

1. คุณสมบัติประจำตัวของวัตถุ
 2. ลักษณะพื้นผิวของวัตถุ
 3. มุมที่แสงไปตกกระทบวัตถุ
-

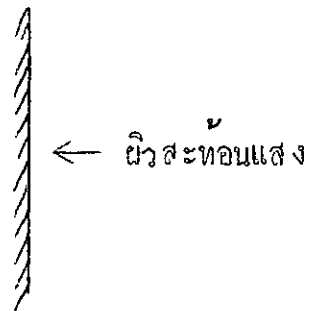
14.

สะท้อนแสง

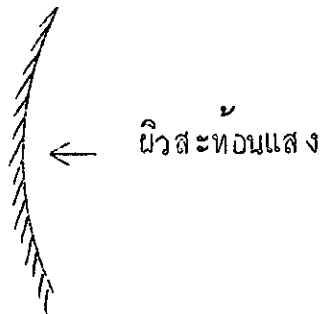
15.

๒
สะท้อนแสง
เป็นระเบียบ

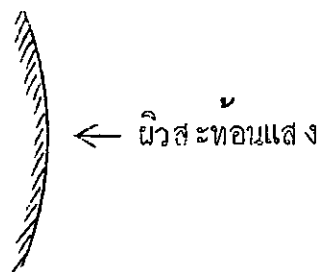
13.



19.



20.



22.

ตั้งฉาก

23.

ตั้งฉาก
เส้นสัมผัส

25.

เส้นปกติ

26.

เส้นปกติ

27.

PQ	คือ	<u>กระบอก (กระบอกยาว กระบอกเว้า หรือกระบอกมน)</u>
O	คือ	<u>จุดที่รังสีตกกระทบ</u>
NO	คือ	<u>เส้นปกติ</u>
IO	คือ	<u>รังสีตกกระทบ</u>
OR	คือ	<u>รังสีสะท้อน</u>
$\hat{i}$	คือ	<u>มุมตกกระทบ</u>
$\hat{r}$	คือ	<u>มุมสะท้อน</u>

29.

ระบายน

30.

35

31.

1. รังสีตกกระทบ เส้นปกติและรังสีสะท้อนอยู่บนระนาบเดียวกัน
 2. มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน
-

33.

- ก. เกิดภาพจริงวัตถุตั้งอยู่หน้าจุดโฟกัส
-

35.

จริง
เสมือน

37.

ภาพจริง

38.

ข. กระฉกเว้า

39.

ก. ความยาวของกระฉก

40.

ก. เวลาที่ไปรับภาพได้

41.

ข. หักกลับจากวัตถุเดิม

45.

ภาพเสมือน

46.

ระนาบ

เว้า

บน

47.

ข. ถ่านหุงของกระแจะ

48.

ข. เฉาก๊วยไปรักษาไม่ได้

49.

ก. หัวตั้งเว้าว่าวักตฤณ

เรื่อง การสะท้อนแสงที่กระจกเงา

1.

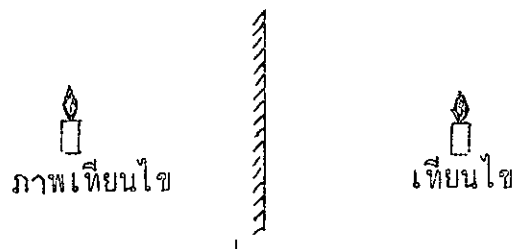
เราทราบแล้วว่าเมื่อแสงจากวัตถุเดินทางไปตกกระทบบนที่กระจกเงาแล้วสะท้อนแสงที่สะท้อนนี้จะเสมือนไปรวมกันที่บริเวณหนึ่งด้านหลังของกระจกเงา ทำให้เกิดภาพเสมือนของวัตถุขึ้นที่บริเวณนั้น

2.

ภาพเสมือนของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาจะอยู่ที่ด้านหลังของกระจกเป็นระยะห่างจากกระจกเท่ากับระยะห่างของวัตถุจากกระจก นั่นคือภาพเสมือนของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงามีระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุเสมอ

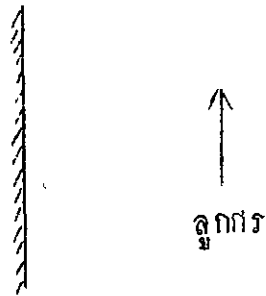
3.

เมื่อวางเทียนไขไว้หน้ากระจกเงา จะทำให้เกิดภาพเสมือนของเทียนไขที่หลังกระจกดังรูป



ถ้าเทียนไขอยู่ห่างจากกระจก ๕ นิ้ว ภาพเสมือนของเทียนไขจะอยู่ห่างจากกระจก _____ นิ้ว

4.



วงกลมที่มีแนวเส้นภาพเสมือนของตุ๊กกรที่เกิดขึ้นความโค้งกระจกให้ตุ๊กกว้าง

5.



วงกลมที่มีแนวเส้นภาพและแนวรูปกระจกเงาของไปให้ตุ๊กกว้าง

6.

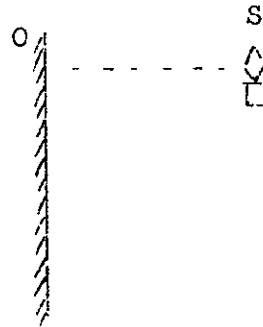
การพิสูจน์ว่าอากาศมีความหนาแน่นที่ใกล้จากกระเจกะนั้นมีระยะห่างเท่ากับระยะวัตถุ
ทำได้ 2 วิธีด้วยกันคือ

1. พิสูจน์โดยวิธีเรขาคณิต
2. พิสูจน์โดยวิธีปารัลแลกซ์ (Parallax)

7.

ต่อไปนี้จะเป็นการพิสูจน์ว่าอากาศมีความหนาแน่นที่ใกล้จากกระเจกะนั้นมีระยะห่าง
เท่ากับระยะวัตถุโดยวิธีเรขาคณิต

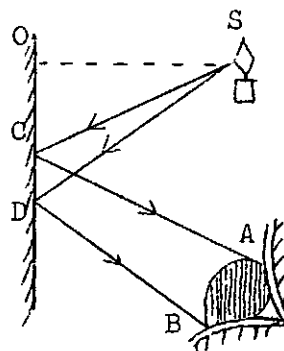
กำหนดให้มีวัตถุวางไว้ที่ตำแหน่ง S หน้ากระเจกะนั้น และห่างจากกระเจก
เป็นระยะ OS ดังรูป



(ตัวอย่างที่ 8)

8.

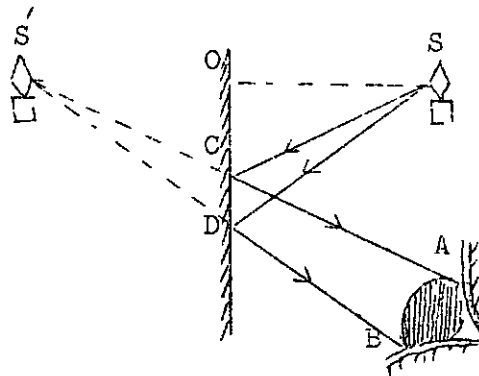
มีรังสีแสงจากวัตถุเกิดทางไปในแนว SC และ SD ไปตกกระเจกะนั้นที่จุด C
และ D ตามลำดับและสะท้อนเข้าสู่ตาในแนว CA และ DB ดังรูป



(ตัวอย่างที่ 9)

9.

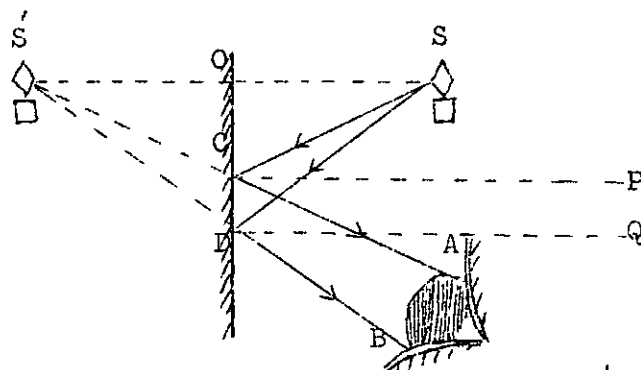
เมื่อกระจกเงาที่ CA และ DB ออกไปทางด้านหลังกระจก รังสีที่สะท้อนออกไปนี้ จะไปตกที่ตำแหน่ง S' ทำให้เกิดภาพเสมือนของวัตถุที่ตำแหน่ง S' ดังรูป



(ต่อกรวยที่ 10)

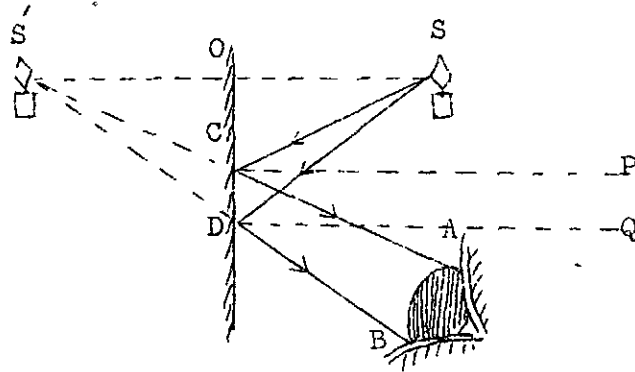
10.

ฉากแนวปกติ CP กับ DQ และฉาก SO จะได้รูปดังนี้



(ต่อกรวยที่ 11)

11.



การพิสูจน์ว่าภาพเสมือนของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาชนิดนูนมีระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ
นี้ ถ้าพิจารณาจากรูปที่เราสร้างขึ้นก็ถือการพิสูจน์ว่า $S'O =$ _____ นั่นเอง

(ต่อกองที่ 12)

12.

การพิสูจน์ว่า $S'O = OS$ นี้ เราอาจทำได้โดยการพิสูจน์ให้ได้ว่า $\triangle S'CO$
และ $\triangle SCO$ เท่ากันทุกประการ เพราะเมื่อ $\triangle S'CO$ และ $\triangle SCO$ เท่ากันทุกประการ
แล้ว $S'O$ ย่อมเท่ากับ _____

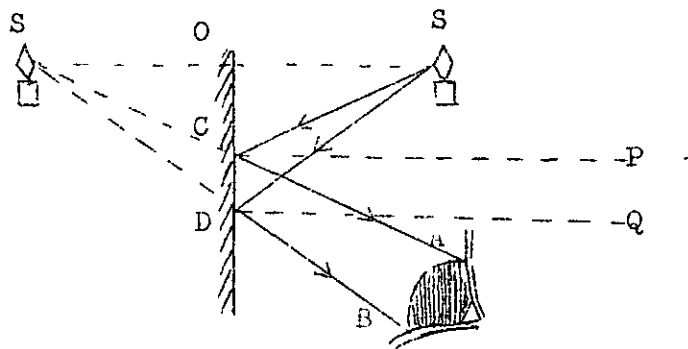
(ต่อกองที่ 13)

13.

ก่อนที่จะพิสูจน์ว่า $\triangle S'CO$ และ $\triangle SCO$ เท่ากันทุกประการ เราจะต้องพิสูจน์ให้ได้
ว่า $\triangle S'CD$ และ $\triangle SCD$ เท่ากันทุกประการก่อน เพราะเมื่อ $\triangle S'CD$ และ $\triangle SCD$ เท่า
กันทุกประการแล้ว $S'C$ ย่อมเท่ากับ _____ จึงจะนำมาใช้เป็นประโยชน์ในการพิสูจน์ว่า
 $\triangle S'CO$ และ $\triangle SCO$ เท่ากันทุกประการต่อไป

(ต่อกองที่ 14)

14.



การให้ว่า $\triangle S'CD$ และ $\triangle SCD$ เท่ากันทุกประการนี้ เราว่าเป็นกล่องพิสูจน์
ความบาง ๆ ในรูปเท่ากันด้วยหาว่าถูกต้องดังนี้

$$\begin{aligned} \angle SCP &= \angle PCA & (\text{มุมตกกระทบ} = \text{มุมสะท้อน}) \\ \angle SCD &= \angle ACD \\ \text{แต่ } \angle ACD &= \angle OCS' \\ \angle SCD &= \angle S'CD \end{aligned}$$

ในทำนองเดียวกันอาจพิสูจน์ได้ว่า $\angle SDC = \angle S'DC$

(ตัวอย่างที่ 15)

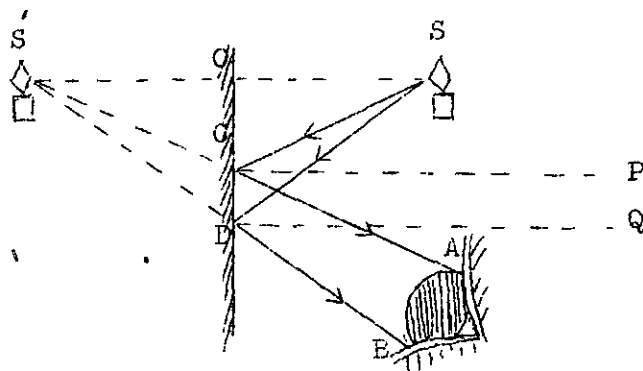
15.

เมื่อให้ว่าความบาง ๆ ในรูปเท่ากันอยู่เลยมาแล้วในกรอบที่ 14 ก่อไปนี้
จะพิสูจน์ว่า $\triangle SCD$ และ $\triangle S'CD$ เท่ากันทุกประการดังนี้

$$\begin{aligned} \text{พิจารณา } \triangle SCD \text{ และ } \triangle S'CD \\ \angle SCD &= \angle S'CD & (\text{พิสูจน์มาแล้ว}) \\ \angle SDC &= \angle S'DC & (\text{พิสูจน์มาแล้ว}) \\ DC & \text{ เป็นด้านร่วม} \\ \therefore \triangle SCD &= \triangle S'CD & \text{ทุกประการ} \\ \text{นั่นคือ } SC &= \end{aligned}$$

(ตัวอย่างที่ 16)

16.



เราพิสูจน์ได้ว่า $\triangle SCD$ และ $\triangle S'CD$ เท่ากันทุกประการ เป็นผลให้ทราบว่า $SC = S'C$ จึงจะนำมาใช้ในการพิสูจน์ว่า $\triangle SCO$ และ $\triangle S'CO$ เท่ากันทุกประการ ดังต่อไปนี้

พิจารณา $\triangle SCO$ และ $\triangle S'CO$

$$SC = S'C \quad (\text{พิสูจน์มาแล้ว})$$

$$\angle SCD = \angle S'CD \quad (\text{พิสูจน์มาแล้ว})$$

CO เป็นด้านรวม

$$\triangle SCO = \triangle S'CO \quad \text{ทุกประการ}$$

$$\text{ให้} \angle OS = \angle OS'$$

(ต่อกรอบที่ 17)

17.

จากการที่เราพิสูจน์ได้ว่า $OS = OS'$ นี้ก็พอเราพิสูจน์ได้แล้วว่า ภาพเสมือนของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาจะมีระยะภาพเท่ากับ เซนติเมตร

18.

สำหรับการพิสูจน์ว่าภาพเสมือนของกระจกเงามีระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุโดยวิธีปารัลแลกซ์ (Parallax) จะไม่กล่าวไว้ในแบบเรียนโปรแกรมนี้ แต่นักศึกษาสนใจขอให้ไปค้นคว้าจากหนังสือแบบเรียนวิชาแสงระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

19.

ถ้าเราใช้หลอดวัตถุที่เกิดจากกระดูกจะพบว่ามีลักษณะคล้ายกันกับวัตถุจากกระดูกอื่น ๆ และจากกระดูกอื่น ๆ เช่น เราสามารถนำกระดูกจากกระดูกอื่น ๆ มาใช้แทนกระดูกของเราในกระดูกของเราได้ เราสามารถนำกระดูกอื่น ๆ มาใช้แทนกระดูกของเราได้ แต่เมื่อมองดูกระดูกที่เราใช้แทนกระดูกของเราในกระดูกของเรา จะเห็นว่าเราต้องนำกระดูกอื่น ๆ มาใช้แทนกระดูกของเรา

20.

ถ้าเราใช้กระดูกอื่น ๆ มาใช้แทนกระดูกของเราในกระดูกของเรา จะมีลักษณะคล้ายกันกับกระดูกอื่น ๆ หรือไม่
ลักษณะคล้ายกัน _____

21.

ถ้าเราใช้กระดูกอื่น ๆ มาใช้แทนกระดูกของเราในกระดูกของเรา จะมีลักษณะคล้ายกันกับกระดูกอื่น ๆ หรือไม่
ลักษณะคล้ายกัน _____

22.

การที่ภาพของวัตถุที่เกิดจากกระดูกจะพบว่ามีลักษณะคล้ายกันกับวัตถุจากกระดูกอื่น ๆ และจากกระดูกอื่น ๆ เรียกว่า การพลิกคว่ำ (Lateral Inversion)

23.

ลักษณะการเคลื่อนไหวของวัตถุที่เกิดจากผลกระทบข้างเคียงกับวัตถุจากขวา
เป็นซ้ายและจากซ้ายเป็นขวาเรียกว่า _____

24.

การพลิกคว่ำ (Lateral Inversion) คืออะไร

การพลิกคว่ำ (Lateral Inversion) คือ _____

25.

การเก็บแบบระยะไกลทางเหนือของแสงเงาของเงาวัตถุที่เกิดจาก
กระจกเงาที่เราใช้ติดตามักมีดังนี้

1. เงาวัตถุวางไว้บนกระจกเงาแบบกึ่งรูป



• วัตถุ

2. กำหนดตำแหน่งเงาของวัตถุบนกระจกเงาให้ถูกต้องตามหลักที่ว่าระยะภาพ
เท่ากับระยะวัตถุ ดังรูป



ภาพ •

• วัตถุ

3. กำหนดตำแหน่งที่ตาจะมองเห็นเงาของวัตถุถึงรูป

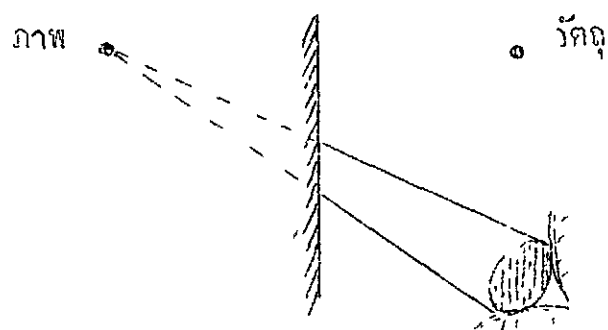


ภาพ •

• วัตถุ

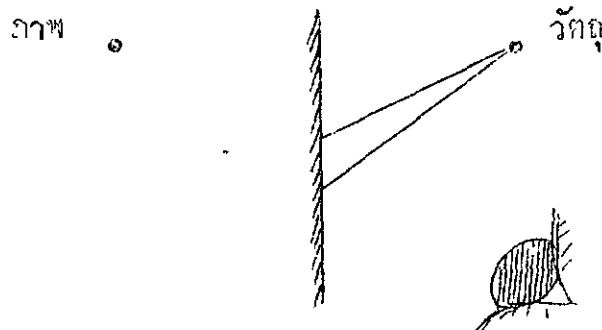


26.



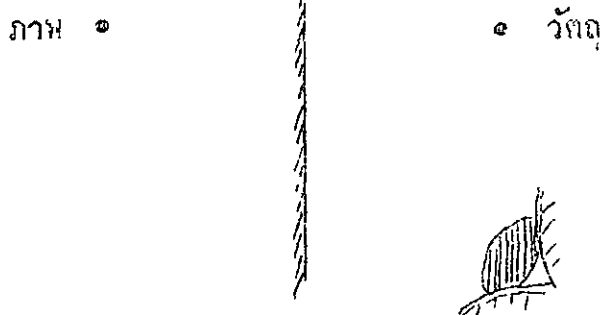
รูปนี้เป็นการเขียนแผนภาพแสงทางเกิดของ รเมื่อมองเห็นภาพหัวกลับของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาเว้า ซึ่งยังไม่สมบูรณ์ จึงต่อเติมให้สมบูรณ์

27.



รูปนี้เป็นการเขียนแผนภาพแสงทางเกิดของแสงเมื่อมองเห็นภาพหัวกลับของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาเว้า ซึ่งยังไม่สมบูรณ์ จึงต่อเติมให้สมบูรณ์

28.



รูปนี้เป็นการเขียนแผนภาพแสงทางเกิดของแสงเมื่อมองเห็นภาพหัวกลับของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาเว้า ซึ่งยังไม่สมบูรณ์ จึงต่อเติมให้สมบูรณ์

29.

ภาพ •



• วัตถุ

รูปนี้เป็นการเขียนแผนภาพแสดงทางเดินของแสงเงาของเห็นภาพเสมือนของวัตถุ
ที่เกิดจากการสะท้อนแบบกระจกเงาที่ยังไม่สมบูรณ์ จึงสะท้อนให้สมบูรณ์

30.



• วัตถุ

จากรูปที่กำหนดให้ จงเขียนแผนภาพแสดงทางเดินของแสงเงาของเห็นภาพเสมือน
ของวัตถุที่เกิดจากการสะท้อนแบบกระจกเงาที่ยังไม่สมบูรณ์

31.

การเกิดภาพของวัตถุซึ่งวางไว้ระหว่างกระจกเงาแบนสองบานที่วางทำมุมกัน

เพื่อหาว่าวัตถุวางไว้ระหว่างกระจกเงาแบนสองบานที่วางทำมุมกันจะเกิดภาพเสมือน

วางวัตถุจากกระจกเงาทั้งสองด้านหาคาบภาพ จำนวนของภาพที่เกิดขึ้น เราคำนวณได้จากสูตร

$$N = \frac{360}{\theta} - 1$$

เมื่อ N คือจำนวนของภาพที่เกิดขึ้นจากกระจกเงาทั้งสองบาน

θ คือมุมระหว่างกระจกเงาแบนสองบาน

32.

การใช้สูตร $N = \frac{360}{\theta} - 1$ เมื่อคำนวณหาว่าวนภาพเสมือนของวัตถุซึ่ง

วางไว้ระหว่างกระจกเงาแบนที่วางทำมุมกันนี้วิธีการใช้แตกต่างกัน 2 กรณี ดังนี้คือ

1. กรณีที่ θ หาร 360 ลงตัว เช่น $\theta = 90^\circ, 60^\circ, 30^\circ$

2. กรณีที่ θ หาร 360 ไม่ลงตัว เช่น $\theta = 70^\circ, 50^\circ, 35^\circ$

33.

การใช้สูตร $N = \frac{360}{\theta} - 1$ ในกรณีที่ θ หาร 360 ไม่ลงตัว

ในกรณีที่ θ หาร 360 ไม่ลงตัว การใช้สูตร $N = \frac{360}{\theta} - 1$ เพื่อ

คำนวณหาจำนวนภาพเสมือนของวัตถุซึ่งวางไว้ระหว่างกระจกเงาแบนสองบานที่วางทำมุม

กัน เราจะได้คำตอบที่ถูกต้องถ้าปัดเศษที่คั่นทศนิยมในกรอบที่ 34

34.

ตัวอย่าง จงคำนวณหาจำนวนภาพเสมือนของวัตถุที่เกิดขึ้นเมื่อวางวัตถุไว้
ระหว่างกระจกระนาบสองบานที่ห่างกัน 90 องศา

จากสูตร
$$N = \frac{360}{\theta} - 1$$

จากโจทย์
$$\theta = 90 \text{ องศา}$$

$$N = \text{ต้องการทราบ}$$

แทนค่าลงในสูตร

$$N = \frac{360}{90} - 1$$

$$N = 4 - 1$$

$$N = 3$$

ตอบ ภาพที่เกิดขึ้นมีจำนวน 3 ภาพ

35.

เมื่อวางวัตถุไว้ระหว่างกระจกระนาบสองบานที่วางห่างกัน 60 องศา จะเกิด
ภาพเสมือนของวัตถุจากกระจกทั้งสองบานเป็นจำนวน 5 ภาพ

36.

เมื่อวางวัตถุไว้ระหว่างกระจกเงาสองบานที่วางห่างกัน 30 ซม. จะเกิดภาพเสมือนของวัตถุจากกระจกทั้งสองเป็นจำนวน ___ ภาพ

37.

ตัวอย่าง เมื่อวางวัตถุไว้ระหว่างกระจกเงาสองบานจะเกิดภาพเสมือนของวัตถุจากกระจกทั้งสองบานเป็นจำนวน 7 ภาพ กระจกเงาสองบานนี้วางห่างกันเท่าไร (คิดในกรณีที่ 360 องศา ๑ องศา)

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad N &= \frac{360}{\theta} - 1 \\ \text{จากโจทย์} \quad N &= 7 \text{ ภาพ} \\ \theta &= \text{ต้องการทราบ} \end{aligned}$$

แทนค่าต่าง ๆ ลงในสูตร

$$7 = \frac{360}{\theta} - 1$$

$$8 = \frac{360}{\theta}$$

$$\theta = \frac{360}{8}$$

$$\theta = 45 \text{ องศา}$$

ตอบ กระจกเงาสองบานวางห่างกัน ___ องศา

38.

เมื่อวางวัตถุไว้ระหว่างกระจกเงาขนานสองบาน จะเกิดภาพเสมือนของวัตถุ
จากกระจกทั้งสองบานเป็นจำนวน 17 ภาพ กระจกเงาขนานนี้วางห่างกัน
___ องศา (คิดในกรณีที่มี 360 องศา 0 องศา)

39.

เมื่อวางวัตถุไว้ระหว่างกระจกเงาขนานสองบาน จะเกิดภาพเสมือนของวัตถุ
จากกระจกทั้งสองบานเป็นจำนวน 8 ภาพ กระจกเงาขนานนี้วางห่างกัน
___ องศา (คิดในกรณีที่มี 360 องศา 0 องศา)

40.

การใช้สูตร $N = \frac{360}{\theta} - 1$ ในกรณีที่ θ หยาบ 360 ไม่ลงตัว
ในกรณีที่ θ หยาบ 360 ไม่ลงตัว การใช้สูตร $N = \frac{360}{\theta} - 1$ เพื่อหา
จำนวนภาพเสมือนของวัตถุ ซึ่งวางไว้ระหว่างกระจกเงาขนานที่วางห่างกัน
ให้ทำดังนี้คือ

ให้เศษที่เหลือจากการหาร 360 ด้วย θ ขึ้นเป็น 1 เล็กก่อน แล้ว
จึงทำการคำนวณต่อไปเช่นเดียวกับในกรณีที่ θ หยาบ 360 ลงตัว ดังตัวอย่างในกรอบ
ที่ 41

41.

ตัวอย่าง : เมื่อวางวัตถุไว้ระหว่างกระจกขนาน 2 กระจกวางห่างกัน 50 ซม.

$$\text{จากสูตร} \quad N = \frac{360}{\theta} - 1$$

$$\text{จากโจทย์} \quad \theta = 50 \text{ องศา}$$

$$N = \text{ต้องการทราบ}$$

$$\text{แทนค่าลงในสูตร} \quad N = \frac{360}{50} - 1$$

$$N = 7.2 - 1$$

$$N = 6.2$$

$$N = 6 \text{ ภาพ}$$

ตอบ : กระจกเกิดภาพจำนวน 6 ภาพ

42.

เมื่อวางวัตถุไว้ระหว่างกระจกขนาน 2 กระจกวางห่างกัน 30 ซม. กระจกเกิดภาพเหมือนของวัตถุจากกระจกทั้งสองข้างเป็นจำนวน 6 ภาพ

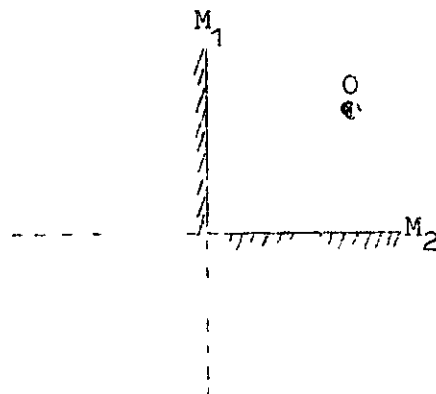
43.

เมื่อวางวัตถุไว้ระหว่างกระจกขนาน 2 กระจกวางห่างกัน 70 ซม. กระจกเกิดภาพเหมือนของวัตถุจากกระจกทั้งสองข้างเป็นจำนวน 6 ภาพ

การ เชนแบบภาพ เพื่อหาว่าเวลาเปลี่ยนของวัตถุที่เกิดขึ้นหลังการกระเจนนาน
สองภาพ หนึ่งภาพก่อน และ หนึ่งภาพหลังการกระเจนนานสองภาพที่วางห่างกัน

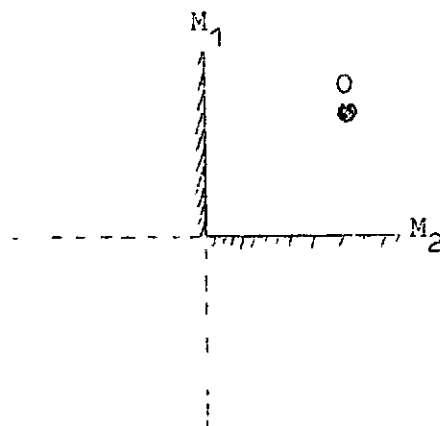
สมมุติว่าเวลา 0 วางไว้ระหว่างกระเจนนาน M_1 กับ M_2 หนึ่งภาพห่างกัน
 90° จากกัน เราจึงได้ภาพของเวลา 0 ที่ยาวเวลา 0 เปลี่ยนของวัตถุที่เกิดขึ้นหลังการกระเจนนาน
 ถึงเวลาใดก็ได้

1. ให้เราดูการกระเจนนาน M_1 กับ M_2 จากภาพที่ 90° จากกัน เราจะเขียน
 วัตถุ 0 วางไว้ระหว่างกระเจนนานทั้งสองจนกระทั่งเขียนจบองกระเจนนาน M_1 กับ M_2
 ดังรูป



(ต่อกรอบที่ 45)

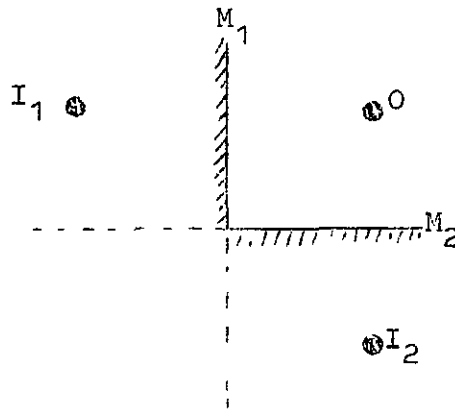
2. เขียนภาพของวัตถุที่เกิดขึ้นจากการกระเจนนาน M_1 และ M_2 ให้ถูกต้องตามหลักที่
 ว่าจะสะท้อนเข้ากับระนาบวัตถุ โดยให้ I_1 เป็นภาพสะท้อนของวัตถุที่เกิดขึ้นจากการกระเจนนาน
 M_1 และให้ I_2 เป็นภาพสะท้อนของวัตถุที่เกิดขึ้นจากการกระเจนนาน M_2
 จากรูปการสะท้อนจึงเขียน I_1 และ I_2 ให้ถูกต้องตามวิธีการในขั้นที่ 2



(ต่อกรอบที่ 46)

46.

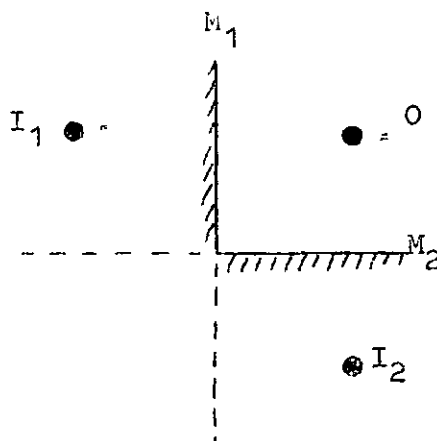
3. ถ้า I_1 เกิดหลังกระจกกระดาน M_1 แล้วยุณหภูมิของกระจกกระดาน M_2 จึงทำให้มันเกิดวัตถุเงาของกระจกกระดาน M_2 ซึ่งเราเขียนภาพเงาของวัตถุเสมือนที่เกิดจากกระจก M_2 ไปตามหลักที่ว่าระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ โดยให้ภาพเสมือนของวัตถุเสมือนที่เกิดจากกระจก M_2 นี้เป็น I_3
 จากรูปข้างบนนี้ เราจะเห็นภาพ I_3 ได้ถูกต้องตามวิธีการในขั้นที่ 3



(ต่อกรอบที่ 47)

47.

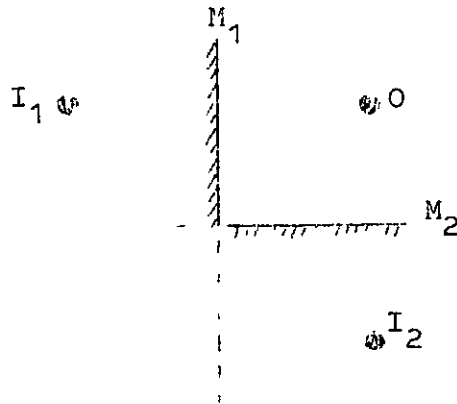
4. ภาพ I_2 เกิดอยู่หลังกระจกกระดาน M_2 แล้วยุณหภูมิของกระจกกระดาน M_1 จึงทำให้มันเกิดวัตถุเงาของกระจกกระดาน M_1 ซึ่งเราเขียนภาพเงาของวัตถุเสมือนที่เกิดจากกระจก M_1 ไปตามหลักที่ว่าระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ โดยให้ภาพเสมือนของวัตถุที่เกิดจากกระจก M_1 นี้เป็น I_4
 จากรูปข้างบนนี้ เราจะเห็นภาพ I_4 ได้ถูกต้องตามวิธีการในขั้นที่ 4



(ต่อกรอบที่ 48)

48.

จากกรณีที่กล่าวหาใน วงเล็บกลาง I_3 และ I_4 ตามวิธีการในข้อที่ 3 และ 4 ตามลำดับ แล้วจง



(ต่อกรณที่ 49)

49.

จากการเห็นแบบภาพในกรณีที่ 48 จะเห็นว่าภาพ I_3 และ I_4 อยู่ใกล้กับ และเกิดอยู่ข้างบน แกน M_1 และ M_2 จึงไม่ทำให้เกิดภาพอีกต่อไป

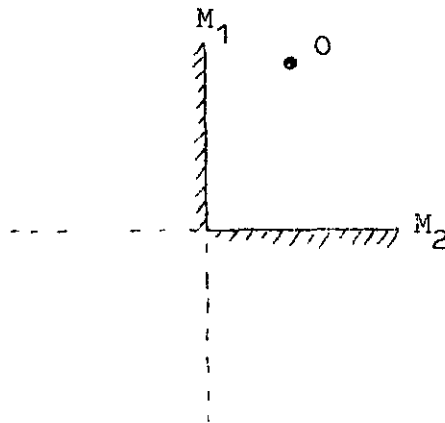
จากการเห็นแบบภาพเกิดจากการฉายภาพเส้นของวัตถุที่เกิดขึ้นจากกระบวนนาที่ วางทำมุมกับ 90 องศาตามลำดับขึ้นเป็นภาพ ทำให้เราทราบว่าภาพเส้นของวัตถุที่เกิดจาก กระบวนนาสองภาพวางทำมุมกับ 90 องศา มีทั้งหมดเพียง 3 ภาพ เราจะมองเห็นเส้น 1 ภาพ

50.

การเขียนแผนภาพเพื่อหาว่ามวลเดิมของวัตถุที่เกิดขึ้นหลังการชนแบบ
สองยานวิ่งวางลำขนกับ เมื่ออาจวัตถุวิ่งเข้าชนกันสองยานวางลำขนกับ โคมไฟ
วงกลมเขตรอบปลายการเคลื่อนที่ของยาน

สมมติว่าวัตถุวางลำขนวางกระดาน M_1 กับ M_2 วางลำขนกับ
90 องศา เราจึงเขียนแผนภาพเพื่อหาว่ามวลเดิมของวัตถุที่เกิดขึ้นหลังการชนทั้ง
สองยานได้ดังนี้

1. เขียนรูปการชนกัน M_1 กับ M_2 วางลำขนกับ 90 องศา และเขียน
รูปวัตถุ 0 วางแนววางกระดานทั้งสองวางลำขนกับเขียนขอบของกระดาน M_1 และ M_2
ดังรูป

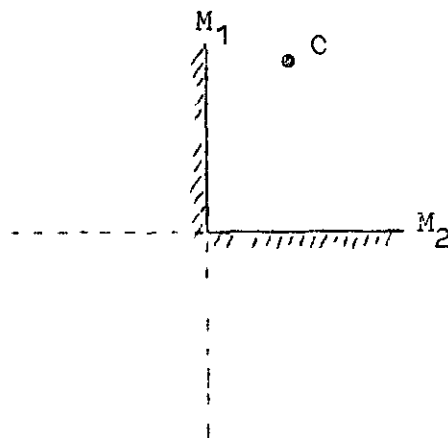


(ต่อกรอบที่ 51)

51.

2. เขียนวงกลมโดยให้จุดที่การชนกันทั้งสองวางลำขนกับเป็นจุดศูนย์กลางและ
ให้ระยะจากจุดศูนย์กลางถึงตำแหน่งของวัตถุเป็นรัศมี ซึ่งเมื่อเขียนวงกลมเสร็จแล้ว วัตถุจะอยู่
บนเส้นรอบวงวงกลมวงกลม

จากรูปที่กำหนดได้ วาดเขียนวงกลมตามวิธีการในขั้นที่ 2



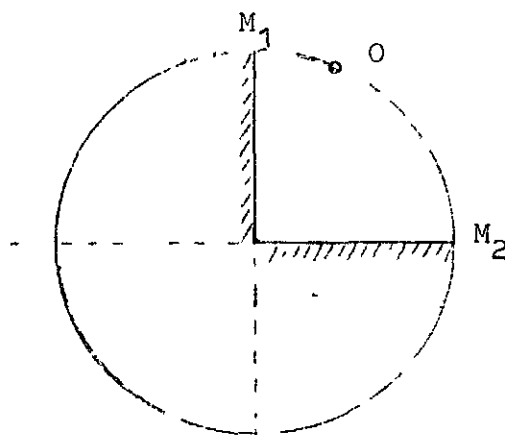
(ต่อกรอบที่ 52)

3. เมื่อภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจกกระดาน M_1 ให้ถูกต้องตามหลักที่ว่า
ระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ โดยให้ I_1 เป็นภาพเสมือนของวัตถุที่เกิดจากกระจก M_1

การเขียนภาพ I_1 ให้วัตถุที่วางความตึกกระจก M_1 เป็นจุดศูนย์กลางและให้
ระยะจากจุดศูนย์กลางถึงตำแหน่งวัตถุเป็นรัศมีเขียนส่วนโค้งตัดกับเส้นรอบวงของวงกลม ส่วนที่
อยู่ด้านหลังกระจก M_1 จะได้ตำแหน่งของภาพ I_1

จากข้อมูลที่กำหนดให้ จึงเขียนแผนภาพตามวิธีการในข้อที่ 3 จึงได้ตำแหน่งของ

ภาพ I_1

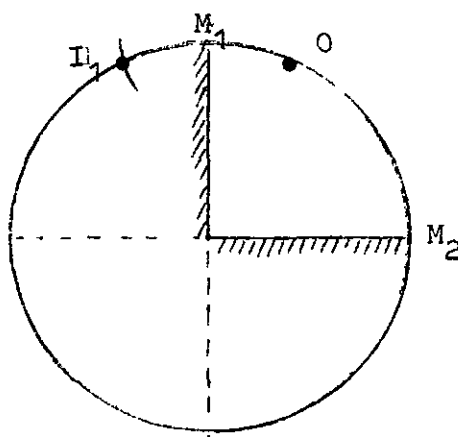


(ต่อกรณที่ 53)

4. เมื่อภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจกกระดาน M_2 ให้ถูกต้องตามหลักที่ว่าระยะ
ภาพเท่ากับระยะวัตถุ โดยให้ I_2 เป็นภาพเสมือนของวัตถุที่เกิดจากกระจก M_2

การเขียนภาพ I_2 ให้วัตถุที่วางความตึกกระจก M_2 เป็นจุดศูนย์กลางและให้
ระยะจากจุดศูนย์กลางถึงตำแหน่งวัตถุเป็นรัศมีเขียนส่วนโค้งตัดกับเส้นรอบวงของวงกลม ส่วนที่
อยู่ด้านหลังกระจก M_2 จะได้ตำแหน่งของภาพ I_2

จากข้อมูลที่กำหนดให้ จึงเขียนแผนภาพตามวิธีการในข้อที่ 4 จึงได้ตำแหน่งของภาพ I_2



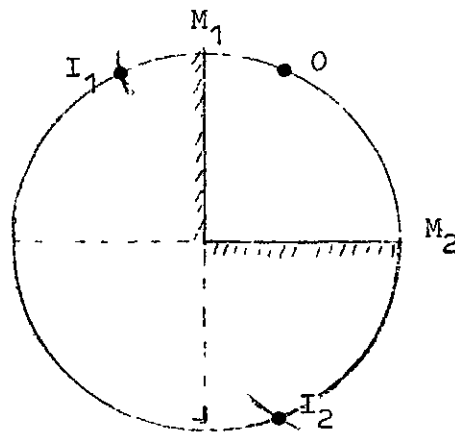
(ต่อกรณที่ 54)

54.

5. ภาพเสมือน I_1 เกิดหลังกระจก M_1 แต่อยู่หน้าแนวกระจก M_2 จึงทำหน้าที่เป็นวัตถุเสมือนของกระจก M_2 จึงเราเขียนภาพเสมือนของวัตถุเสมือนที่เกิดหลังกระจก M_2 ให้ถูกตามหลักที่ว่าระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ โดยให้ภาพเสมือนของวัตถุเสมือนที่เกิดจากกระจก M_2 นี้เป็น I_3

การเขียนภาพเสมือน I_3 ให้ใช้จุดที่แนวกระจก M_2 ตัดวงกลมเป็นจุดศูนย์กลาง และให้ระยะจากจุดศูนย์กลางถึงภาพเสมือน I_1 เป็นรัศมีเขียนวงโค้งครึ่งวงกลมของวงกลมวงนั้นเป็นแนวกระจก M_2 ก็จะได้อำนาจของภาพ I_3

จากรูปที่จำแนกได้ จึงเขียนแผนภาพการวิสัยขึ้นที่ 5 พบใจตำแหน่งของภาพ I_3



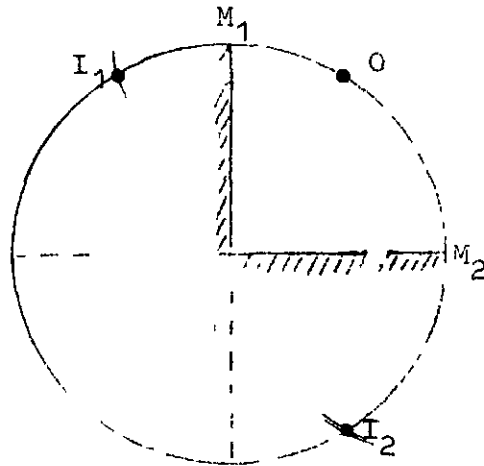
(ต่อรูปที่ 55)

55.

6. ภาพเสมือนของ I_2 เกิดหลังกระจก M_2 แต่อยู่หน้าแนวกระจก M_1 จึงทำหน้าที่เป็นวัตถุเสมือนของกระจก M_1 จึงเราเขียนภาพเสมือนของวัตถุเสมือนที่เกิดหลังกระจก M_1 ให้ถูกตามหลักที่ว่าระยะภาพเท่ากับระยะวัตถุ โดยให้ภาพเสมือนของวัตถุเสมือนที่เกิดจากกระจก M_1 นี้เป็น I_4

การเขียนภาพเสมือน I_4 ให้ใช้จุดที่แนวกระจก M_1 ตัดวงกลมเป็นจุดศูนย์กลาง และให้ระยะจากจุดศูนย์กลางถึงตำแหน่งวัตถุเสมือน I_2 เป็นรัศมีเขียนวงโค้งครึ่งวงกลมของวงกลมวงนั้นเป็นแนวกระจก M_1 ก็จะได้อำนาจของภาพ I_4

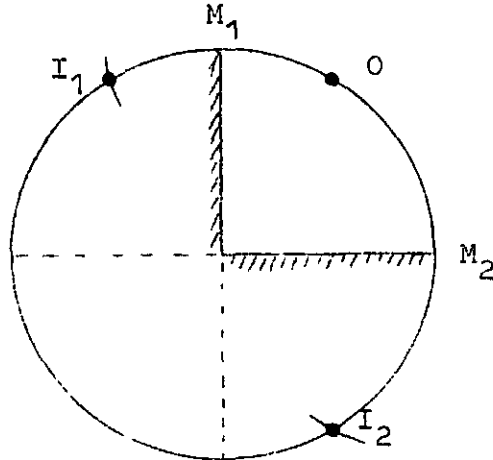
จากรูปที่กำหนดให้ วงเส้นแวงแนวภาพตามวิธีการในข้อที่ 6 จงแก้ตำแหน่งของภาพ I_4



(ต่อกรอบที่ 56)

56.

จากรูปที่กำหนดให้ จงเขียนแผนภาพตามวิธีการในข้อที่ 5 จงแก้ตำแหน่งของภาพ I_3 และเขียนแผนภาพตามวิธีการในข้อที่ 6 จงแก้ตำแหน่งของภาพ I_4



(ต่อกรอบที่ 57)

57.

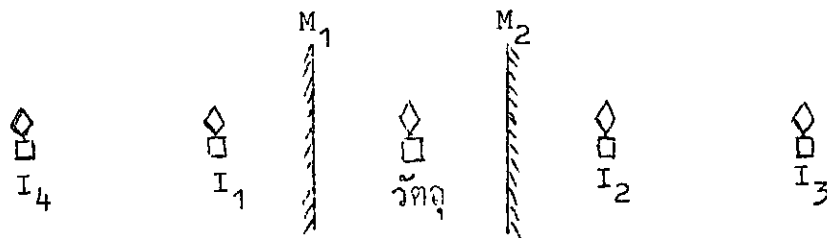
จากการเขียนแผนภาพในกรอบที่ 56 จะเห็นว่าภาพ I_3 และ I_4 อยู่ใกล้กัน และเกือบจะตรงแนวระจก M_1 และ M_2 จึงไม่ทำให้เกิดภาพอีกต่อไป

จากการเขียนแผนภาพเพื่อหาว่าเวลาเดียวของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาที่วางหัวมุมกัน 90 องศาตามลำดับที่เข้ามา ทำให้เราทราบว่าค่าเดียวของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาสองบานวางหัวมุมกัน 90 องศา มีทั้งหมดเพียง 3 ภาพ เพราะชนกันเสีย 1 ภาพ

58.

ภาพที่เกิดขึ้นเมื่อวางวัตถุไว้ระหว่างกระจกระนาบสองบานที่วางขนานกัน และหันหน้าเข้าหากัน

เมื่อวางวัตถุไว้ระหว่างกระจกระนาบสองบานที่วางขนานกันและหันหน้าเข้าหากัน จะเกิดภาพเสมือนของวัตถุขึ้นมากมายไม่มีที่สิ้นสุด เพราะภาพที่เกิดขึ้นจากกระจกทั้งสองบานจะทำหน้าที่เป็นวัตถุเสมือนทำให้เกิดการสะท้อนเกิดเป็นภาพต่อเนื่องไว้เรื่อยไปเรื่อยๆ ดังรูป



59.

จะเกิดภาพเสมือนของวัตถุขึ้นมากมาย ไม่มีที่สิ้นสุด เมื่อวางวัตถุไว้ระหว่างกระจกระนาบสองบานที่วาง _____ กันและหันหน้าเข้าหากัน

60.

เมื่อวางวัตถุไว้ระหว่างกระจกระนาบสองบานที่วางขนานกัน และหันหน้าเข้าหากันจะเกิดภาพเสมือนของวัตถุขึ้นเป็นจำนวนเท่าไร

ก. ไม่เกิดภาพเสมือนของวัตถุขึ้นเลย

ข. เกิดภาพเสมือนของวัตถุขึ้นมากมายไม่มีที่สิ้นสุด

61.

การดำ เหวโจทย์มี เราเกี่ยวกับการสะท้อนแสงที่กระจกเงา

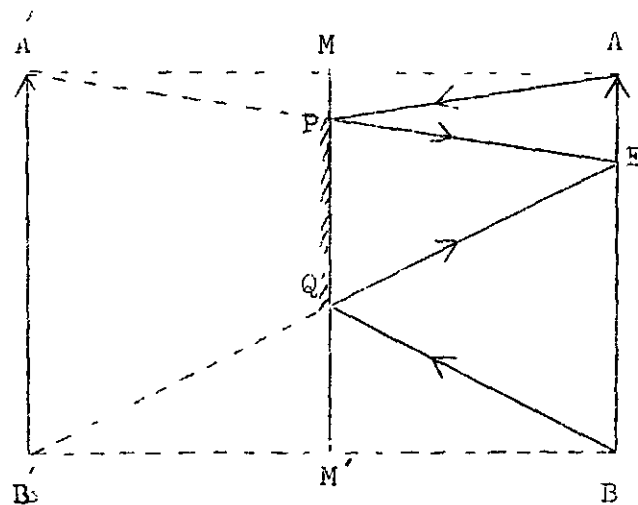
การดำ เหวโจทย์มี เราเกี่ยวกับการสะท้อนแสงที่กระจกเงา เราอาศัยสิ่งที่เราทราบ อยู่แล้วเกี่ยวกับการสะท้อนแสงที่กระจกเงาเป็นหลักในการดำ เหว โจทย์ที่เราทราบอยู่แล้วเกี่ยวกับการ สะท้อนแสงที่กระจกเงา คือ

เรา สามารถหาการสะท้อนแสงที่กระจกเงาได้โดยไม่ต้องอาศัยการสะท้อนแสง และเมื่อ เราวัดดูไว้แล้วการ สะท้อนแสงจะ เกิดขึ้นเสมอและคงที่ขึ้นกับลักษณะภาพ เรากับระยะ วัดดูเสมอ

62.

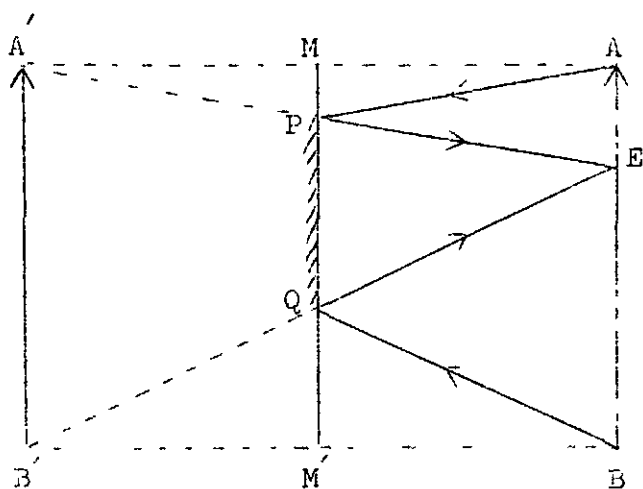
ตัวอย่าง วาดรูปแสดงการที่แสงจะมองเห็นภาพของตัว เองในกระจกเงาได้ตลอดตัวนั้น กระจกเงาจะมองเห็นภาพของตัว เองทั้งส่วนของความสูงของตัว

วิธีทำ ให้ AB เป็นกึ่งตัวอยู่ที่ E เป็นจุดศูนย์กลางที่ตั้งอยู่ในแนว MM' เราจะมองเห็นภาพ ของตัว เองคือ $A'B'$ ในกระจกดังรูป



(ดูกรอบที่ 63)

63.



เราพบว่าความเงาของคนที่เกิดในกระจกหน้าระยะการเฝ้ากับระยะวัตถุ

ถึงนั้น

$$AM = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$BM' = \underline{\hspace{2cm}}$$

(ต่อกรอบที่ 64)

64.

จากรูปการวางตัวของ E จะมองเห็นภาพกระจกเงาของเขาคือ A' ได้จะต้องมีรังสี AP
ตกกระทบบนกระจกที่ P แล้วสะท้อนเข้าตาในแนว

และตาของคนที่ E จะมองเห็นภาพเงาของเขาคือ B' ได้จะต้องมีรังสี BQ
ตกกระทบบนกระจกที่ Q แล้วสะท้อนเข้าตาในแนว

(ต่อกรอบที่ 65)

65.

จากรูปเราจะเห็นว่าการที่คนจะมองเห็นภาพของตัวเองในกระจกได้ตลอดทั่วกระจก
จะต้องยาวอย่างน้อยเท่าไร

ก. กระจกต้องยาวอย่างน้อย MM'

ข. กระจกต้องยาวอย่างน้อย PQ

(ต่อกรอบที่ 66)

66.

เราพบว่าถ้า P และ Q เป็นจุดบนเส้นตรง AB ที่แบ่ง AB ออกเป็น 3 ส่วนเท่าๆกัน แล้ว PQ มีค่าเท่าไร
 เราได้ว่า $PQ = \frac{AB}{3}$ เพราะว่า P และ Q เป็นจุดที่แบ่ง AB ออกเป็น 3 ส่วนเท่าๆกัน
 ให้ $AP = x$ แล้ว $PQ = x$ และ $QB = x$ ดังนั้น $AB = AP + PQ + QB = x + x + x = 3x$
 หมายความว่า $x = \frac{AB}{3}$ และ $PQ = \frac{AB}{3}$

67.

การพิสูจน์ว่า $PQ = \frac{AB}{2}$ เราทำได้ดังนี้

ใน $\triangle ABE$

M เป็นจุดกึ่งกลางของด้าน AB และ MP ขนานกับ AE

P เป็นจุดกึ่งกลางของด้าน BE

ในทำนองเดียวกันเราได้ว่า Q เป็นจุดกึ่งกลางของด้าน AE

(ข้อกรอบที่ 68)

68.

ใน $\triangle ABE$

PQ เป็นเส้นตรงที่ลากเชื่อมจุดกึ่งกลางของด้าน EA และ EB

$$PQ = \frac{AB}{2}$$

$$\text{แต่ } AB = AB$$

$$PQ = \frac{AB}{2}$$

(ข้อกรอบที่ 69)

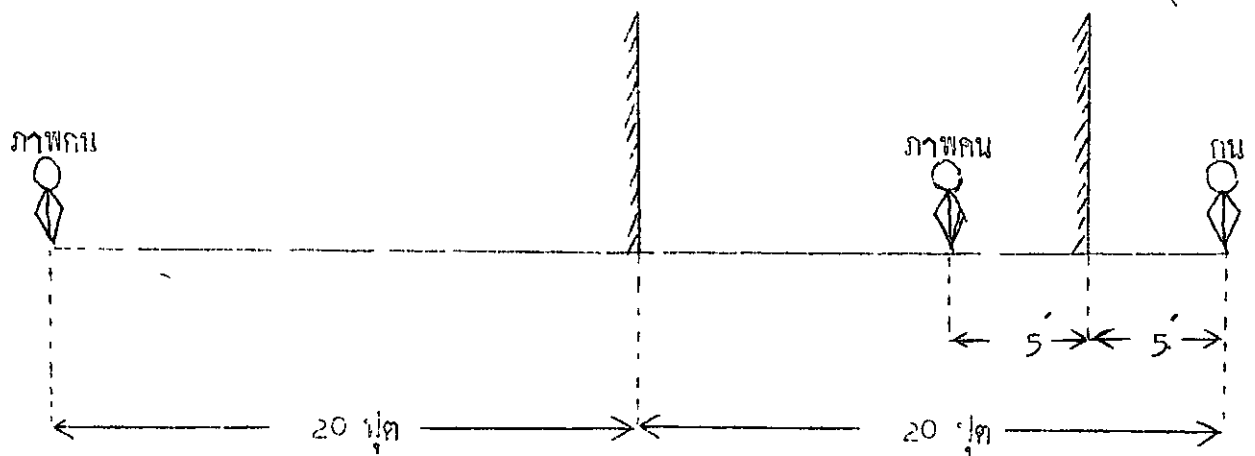
69.

เราได้ว่า $PQ = \frac{AB}{2}$ นั่นคือ PQ จะแบ่ง AB ออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆกัน
 ให้ $AP = x$ แล้ว $PQ = x$ และ $QB = x$ ดังนั้น $AB = AP + PQ + QB = x + x + x = 3x$
 หมายความว่า $x = \frac{AB}{3}$ และ $PQ = \frac{AB}{3}$

70.

ตัวอย่าง คนอยู่ห่างจากกระจกเงา 20 ฟุต ถ้าเงาของคนวิ่งเข้าหาคน
 กระจกอยู่ห่างจากคน 5 ฟุต ในเวลา 3 นาที จงหาความเร็วของภาพคน

วิธีทำ เราหาความเร็วภาพคนได้ดังนี้



ก่อนเงากระจกจะเข้ามาอยู่ห่างจากกระจก	=	20	ฟุต
ภาพคนอยู่ห่างจากกระจก	=	—	ฟุต
เมื่อเงากระจกเข้ามาอยู่ห่างจากกระจก	=	5	ฟุต
ภาพคนเมื่อเงากระจกเข้ามาอยู่ห่างจากกระจก	=	—	ฟุต

(ต่อกรอมนที่ 71)

71.

$$\begin{aligned}
 \text{รวมเครื่องจักรกลและค่าเช่าเครื่องจักรกล} &= 20 + 20 = 40 \text{ ไร่} \\
 \text{เพื่อเอาเครื่องจักรกลและค่าเช่าไปขาย} &= 5 + 5 = 10 \text{ ไร่} \\
 \text{ระยะทางรวม} &= 40 - 10 = 30 \text{ ไร่} \\
 \text{การปลูกข้าวในระยะเวลา 40 ไร่ใช้เวลา} &= 3 \text{ นาที} \\
 \text{เวลาปลูกข้าวในระยะเวลา 30 ไร่ใช้เวลา} &= \underline{\hspace{1cm}} \text{ นาที}
 \end{aligned}$$

(ต่อข้อที่ 72)

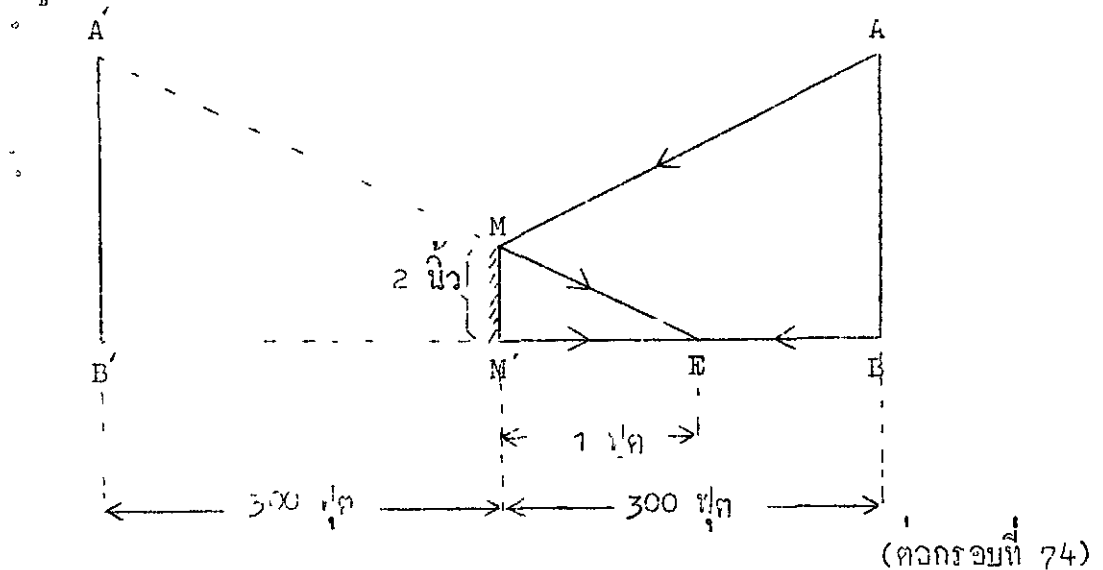
72.

$$\begin{aligned}
 &\text{การปลูกข้าวในระยะเวลา 30 ไร่ใช้เวลา 3 นาที} \\
 &\text{การปลูกข้าวเร็ว} = \frac{30 \text{ ไร่}}{3 \text{ นาที}} = 10 \text{ ไร่/นาที} \\
 &\text{ถ้าปลูกข้าวในระยะเวลาเร็วเท่ากับ} \underline{\hspace{1cm}} \text{ ไร่/นาที} \quad \text{ตอบ}
 \end{aligned}$$

73.

โอรุ่ย ตั้งกระดานกระดานสูง 2 นิ้ว ห่างจากตา 1 ฟุต ทำให้ภาพต้นไม้ในกระจก
ใจทอดคดแพนจาก โอรุ่ยห่างจากกระจก 300 ฟุต ระวังความสูงของต้นไม้

วิธีทำ โอรุ่ย AB เป็นต้นไม้ยืนอยู่หน้ากระจก MM' เกิดภาพเงาของต้นไม้คือ A'B'
ในกระจกตั้งรูป



74.

จากรูปที่ 73 จะมองเห็นภาพต้นไม้ A' ได้จะต้องมีรังสี AM ตกกระทบ
กระจกที่ M แล้วสะท้อนเข้ามาในแนว _____

และถ้าอยู่ที่ E จะมองเห็น โอรุ่ยในกระจกที่ B' ได้จะต้องมีรังสี BM' ตกกระทบ
กระจกที่ M' แล้วสะท้อนเข้ามาในแนว _____

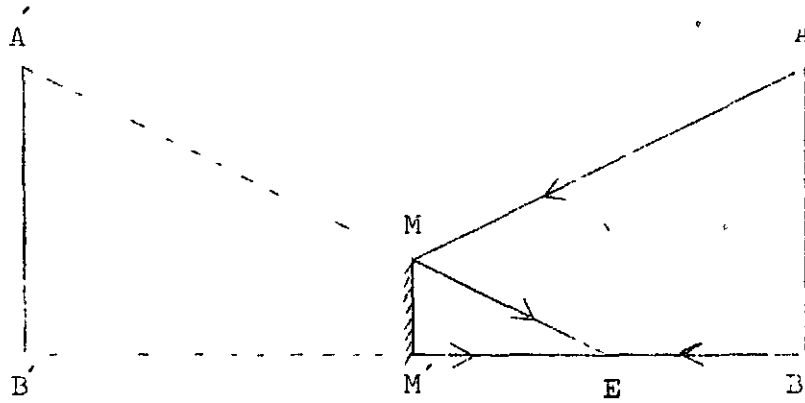
(ตัวอย่างที่ 75)

75.

โจทย์ข้อนี้ต้องการทราบว่าต้นไม้สูงเท่ากับเท่าไร ซึ่งก็ให้เราจะต้องหาให้โอรุ่ย AB
หรือ A'B' สูงเท่ากับเท่าไร การหาว่า AB หรือ A'B' สูงเท่ากับเท่าไร ทำได้ดังนี้

(ตัวอย่างที่ 77)

76.



จากรูป $\Delta EMM'$ และ ΔEAB เป็น Δ คล้าย

$$\frac{MM'}{AB} = \frac{EM'}{EB} \quad \text{-----} \quad (1)$$

จากโจทย์เรารู้ว่า

$$\begin{aligned} MM' &= \text{---} \text{ ฟุต} \\ EM' &= \text{---} \text{ ฟุต} \\ EB &= \text{---} \text{ ฟุต} \end{aligned}$$

(ตอบที่ 77)

77.

จากข้อที่ 76 ได้ความสัมพันธ์ว่า

$$\frac{MM'}{AB} = \frac{EM'}{EB} \quad \text{-----} \quad (1)$$

เมื่อแทน MM' ด้วย $\frac{1}{6}$ ฟุต แทน EM' ด้วย 1 ฟุต และแทน EB ด้วย 3.1 ฟุต ความสัมพันธ์จากการ (1) จะเขียนได้เป็น

$$\frac{\frac{1}{6}}{AB} = \text{---}$$

(ตอบที่ 78)

78.

จากกรณที่ 77 ได้วางรั้วดังนี้

$$\frac{1}{AB} = \frac{1}{501}$$

$$AB = \frac{1}{5} \times 501$$

$$AB = \frac{1}{5} \times 501$$

$$AB = \frac{1}{5} \times 501$$

(ต่อกรณที่ 79)

79.

จากกรณที่ 76 ได้ว่า

$$AB = 50 \text{ ไร่ } 2 \text{ งาน}$$

เราทราบว่า AB หรือ A B กว้างของต้นไม้ นั่นคือเราทราบ
 ว่าต้นไม้สูงเท่ากับ _____ ไร่ _____ งาน ตอบ

กำหนดว่าทำางของแบบเรียนโปรแกรมเรื่องการระจางของที่กระวาระนาบ

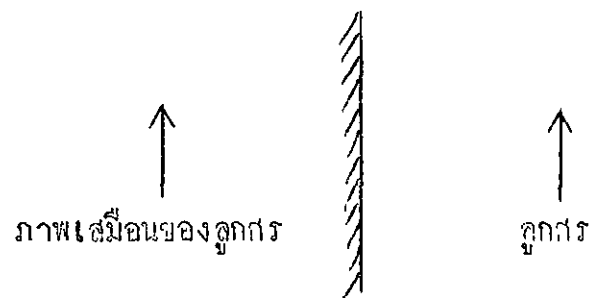
1.

ภาพเดมิก

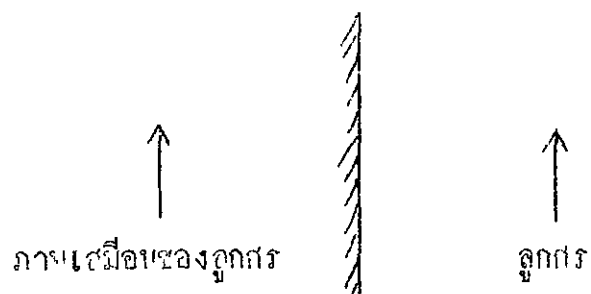
3.

2

4.



5.



11.

OS

12.

OS

13.

SC

15.

SC

16.

OS

17.

រដ្ឋបាល

20.

นาย

21.

ชวา

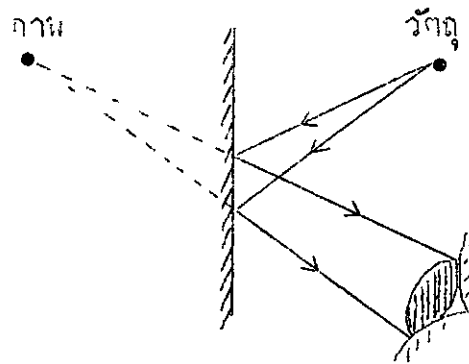
23.

ปรีทวากวิไล

24.

การที่ภาวเวียง ของวัตถุที่เกิดจากกระบวนการอันมีลักษณะกลับข้างกับกับวัตถุ
จากชวาเป็นนายและจากนายเป็นชวา (หรือขอความเอนทนกว่าหมาย เช่นเดียวกัน)

26.



27.

รูปถ่ายเกี่ยวข้องกับกรณีที่ 26

28.

รูปเขียนเกี่ยวข้องกับกรณีที่ 26

29.

รูปวาดเกี่ยวข้องกับกรณีที่ 26

30.

รูปถ่ายเกี่ยวข้องกับกรณีที่ 26

34.

2

35.

2

36.

11

37.

45

38.

20

39.

40

41.

2

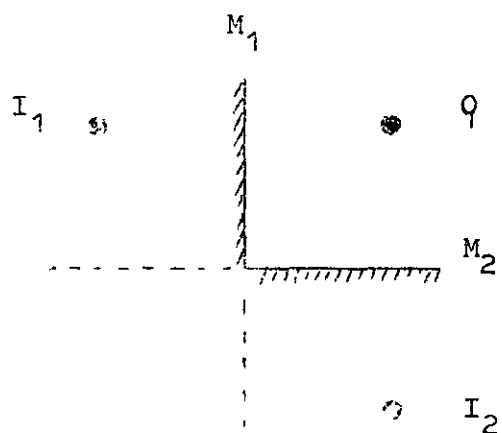
42.

4

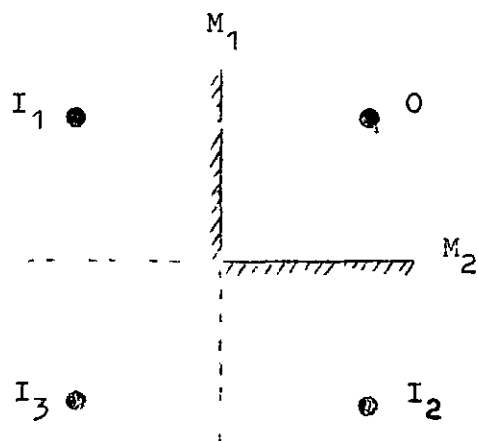
43.

5

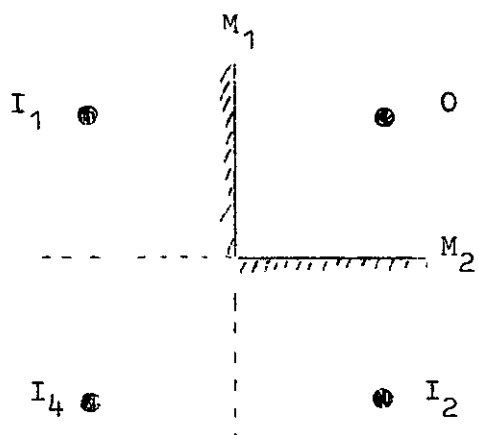
45.



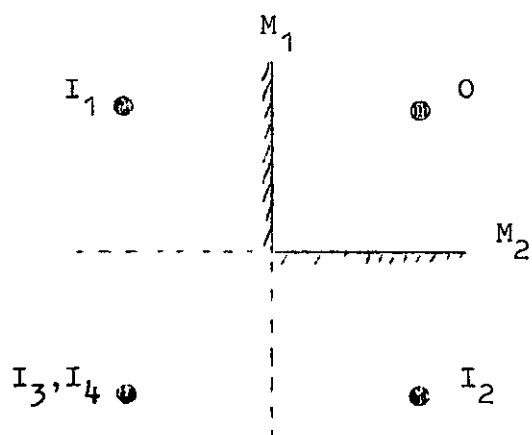
46.



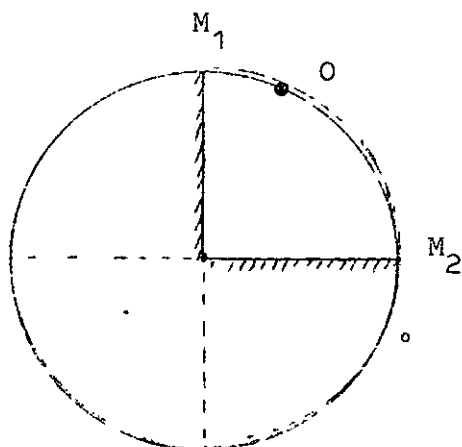
47.



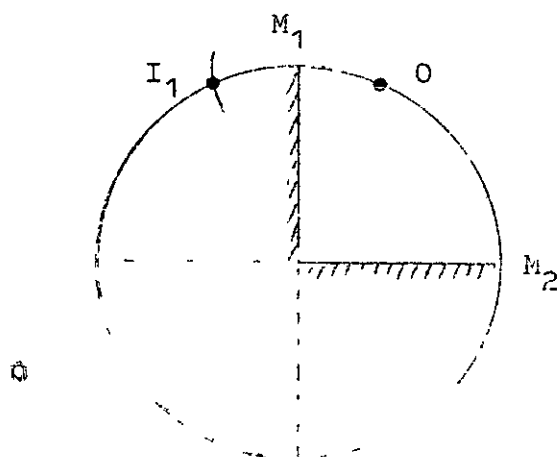
48.



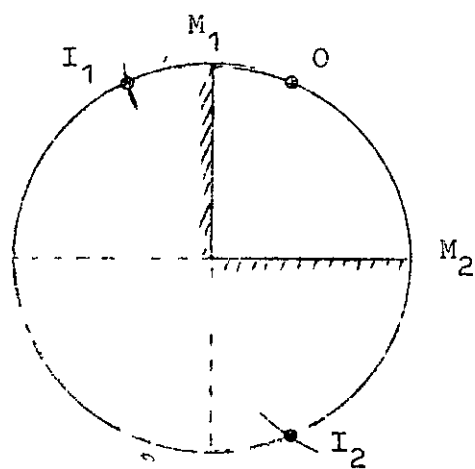
51.



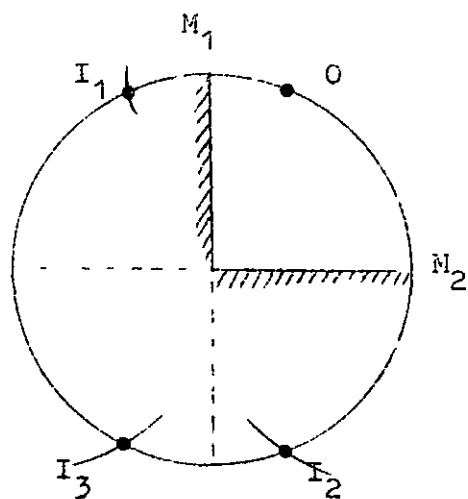
52.



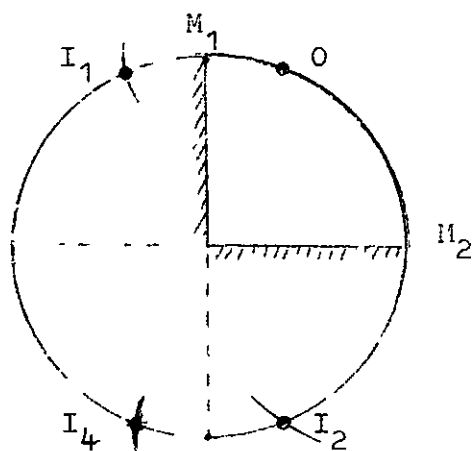
53.



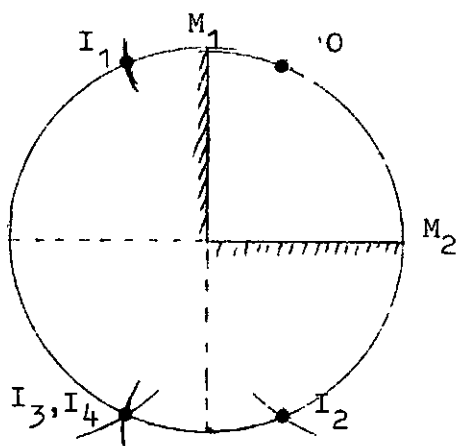
54.



55.



56.



59.

ชญา

60.

๑. เกล็ดปลาเป็นของวัตถุขึ้นจากภายนอกที่มีตัวผู้

63.

MA

MB

64.

PE

QE

65.

๓. กระดาษทองขาวอย่างเคย PQ

66.

AB
2

67.

BE

68.

AB
2

69.

กริ่งทอง

70.

40

10

71.

2

72.

10

74.

ME

ME WJG ME

76.

1/6

1

301

77.

1

301

78.

50

2

เรื่อง การสะท้อนแสงที่กระจกโค้ง

1.

กระจกโค้งคือกระจกที่เป็นส่วนหนึ่งของกระจกทรงกลม กระจกโค้งมีอยู่ 2 ชนิดด้วยกันดังต่อไปนี้

1. กระจกเว้า (Concave Mirror)

2. กระจกนูน (Convex Mirror)

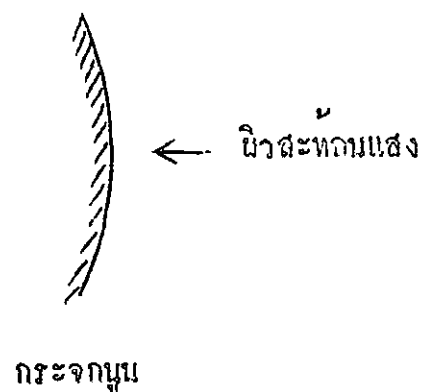
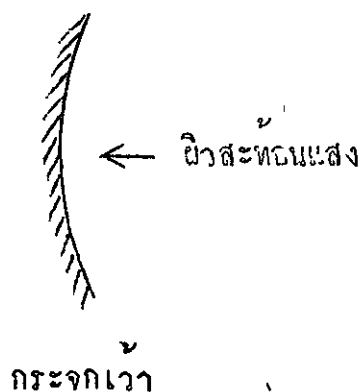
2.

กระจกเว้า (Concave Mirror) คือกระจกที่มีผิวสะท้อนแสงเป็นส่วนหนึ่งของทรงกลมกลวง โดยมีคาน้ำใบของทรงกลมเป็นผิวสะท้อนแสง

กระจกนูน (Convex Mirror) คือกระจกที่มีผิวสะท้อนแสงเป็นส่วนหนึ่งของทรงกลมกลวง โดยมีคาน้ำใบนอกของทรงกลมเป็นผิวสะท้อนแสง

3.

รูปต่อไปนี้แสดงถึงกระจกเว้าและกระจกนูน



4.

จงเขียนกฎการสะท้อนและเขียนกำกับด้วยว่าผิวสะท้อนแสงอยู่ภายใน

5.

จงเขียนกฎการหักเหและเขียนกำกับด้วยว่าผิวสะท้อนแสงอยู่ภายใน

6.

เมื่อแสงเกิดทางขาดการสะท้อนที่กระจกเงาหรือกระจกนูนจะเกิดการสะท้อนแสงขึ้น และการสะท้อนแสงที่กระจกเงาหรือกระจกนูนเป็นไปตามกฎการสะท้อนแสงทุกประการ ทั้งนี้ มีลักษณะเฉพาะมาด้วย

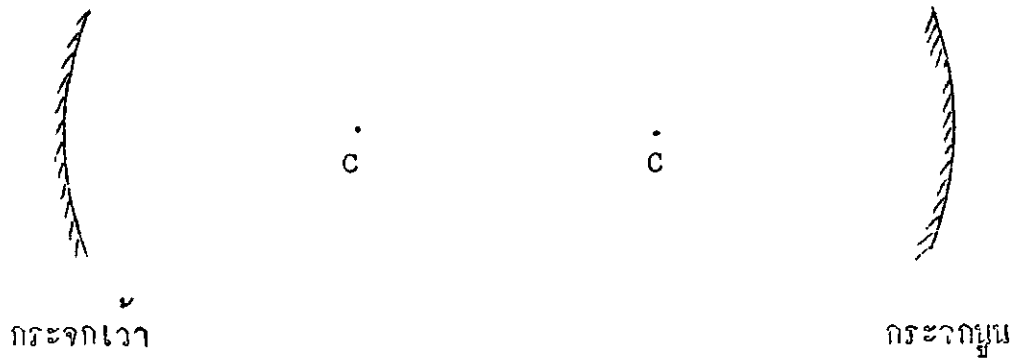
7.

ข้อควรระวังที่ควรคำนึงถึงความปลอดภัย

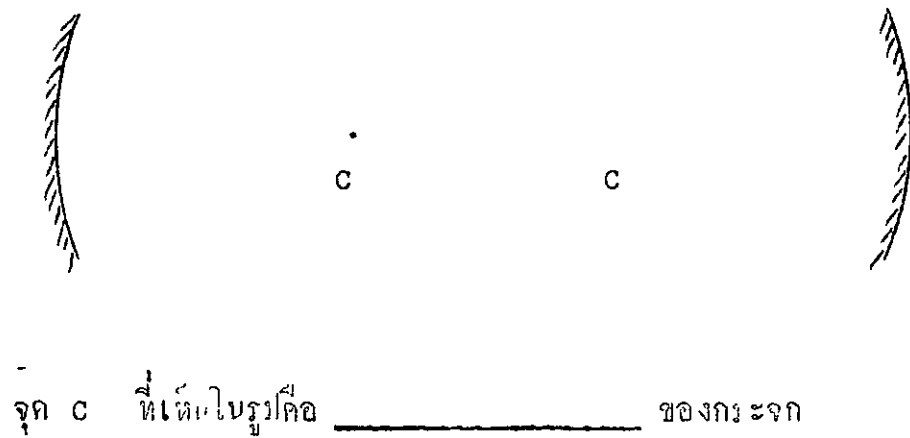
- ก. การสะท้อนแสงที่กระจกเงาหรือกระจกนูนเป็นไปตามกฎการสะท้อนแสงทุกประการ
- ข. การสะท้อนแสงที่กระจกเงาหรือกระจกนูนไม่เป็นไปตามกฎการสะท้อนแสงทุกประการ

8.

ส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญของกระจกเงาและกระจกนูน
รูปข้างล่างนี้เป็นรูปกระจกเงาและกระจกนูนที่มีจุดศูนย์กลางความโค้งอยู่ที่จุด C



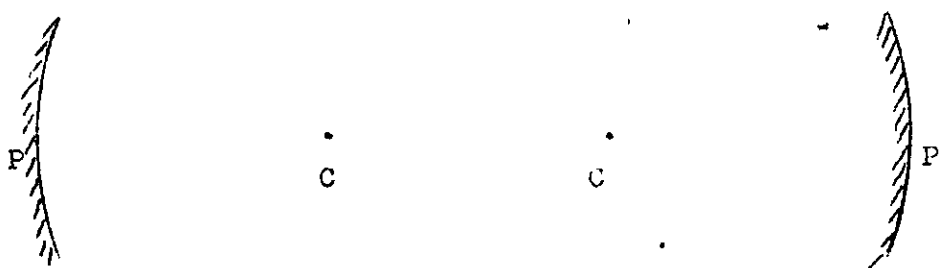
9.



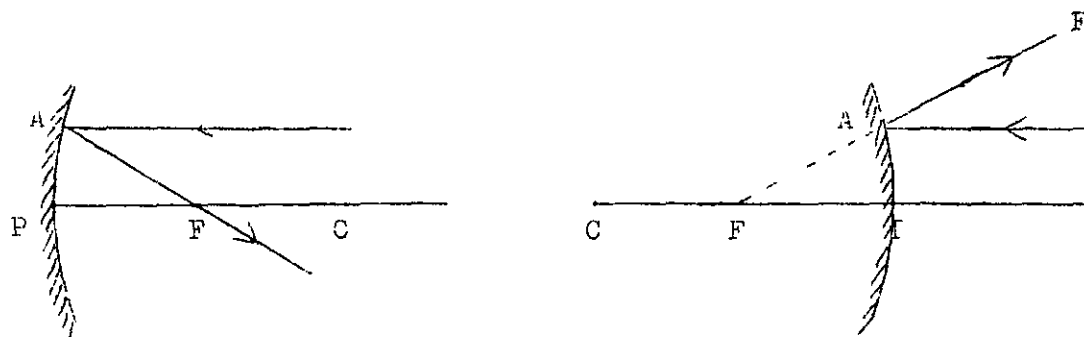
จุด C ที่เห็นในรูปคือ _____ ของกระจก

10.

ขีดของกระจก เป็นจุดที่แสงจากบนผิวกระจก ที่เห็นในรูปขีดของกระจกอยู่ที่จุด P



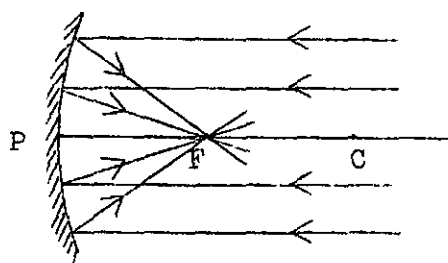
14.



ที่เห็นเป็นรูปจุด F คือ _____

15.

สำหรับกระจกเงาเมื่อมีแสงที่ขนานกับ แกนमुख สำคัญของกระจกมาตกกระทบกระจก
แสงนี้จะสะท้อนที่ผิวกระจกแล้วมารวมกันที่จริง ๆ ที่จุดโฟกัสमुखสำคัญของกระจก เราจึงเรียกจุด
โฟกัสमुखสำคัญของกระจกเงานี้ว่า จุดโฟกัสमुखสำคัญ จุดโฟกัสमुखสำคัญจริงนี้จะอยู่ที่ด้านหน้า
ของกระจกเงา ดังรูป

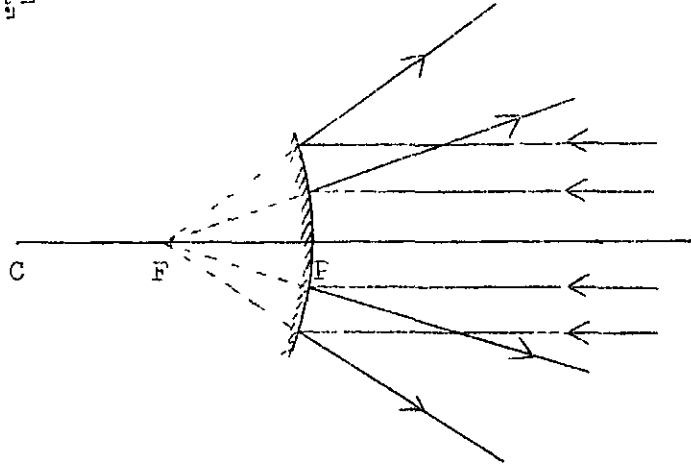


16.

จุดโฟกัสमुखสำคัญของกระจกเงาเป็นจุดโฟกัสमुखสำคัญ _____ และอยู่ที่ด้าน _____
ของกระจกเงา

17.

ถ้าเราพิจารณารูปแบบภาพของเลนส์นูนกับเลนส์เว้า สำหรับของจริงมาตกกระทบบนกระจก แสดงว่าจะสร้างภาพที่ใดบนฉากอย่างไรบ้าง เราสามารถที่จะหาจุดโฟกัสของกระจก เราจึงเรียกจุดนี้ว่า จุดโฟกัส และจะบอกกันว่า จุดโฟกัสของกระจก จุดโฟกัสของกระจก เหนือหรือต่ำกว่าเลนส์

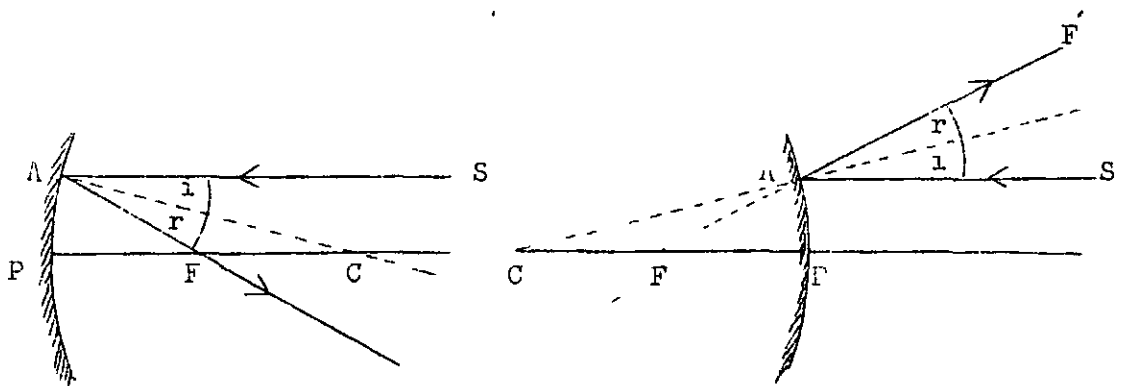


18.

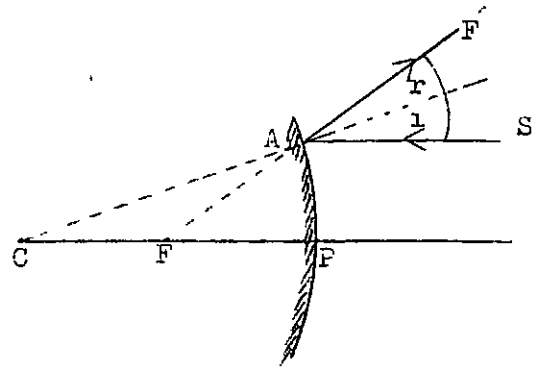
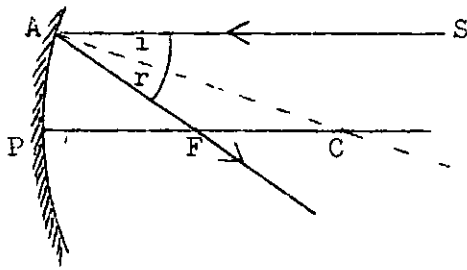
จุดโฟกัสสำคัญของกระจกนูนไม่พบจุดโฟกัส _____ และอยู่ที่ตำแหน่ง _____ ของกระจกนูน

19.

รัศมีความโค้งของกระจก คือระยะทางจากจุดศูนย์กลางความโค้งของกระจกไปยังจุดใด ๆ บนผิวกระจก จากรูปที่ 1. ระยะทาง PC และระยะทาง AC ก็คือรัศมีความโค้งของกระจก

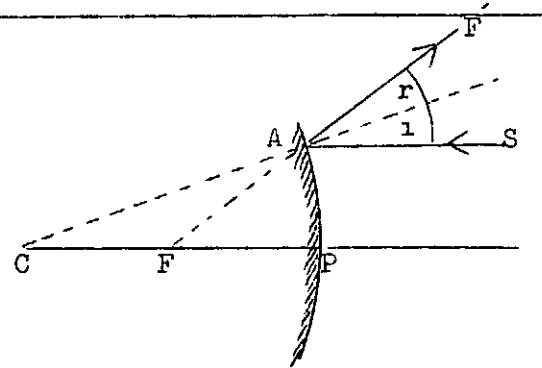
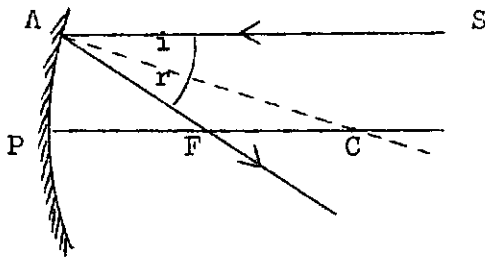


20.



จากรูประยะทางที่เป็นรัศมีมีความโค้งของกระจกคือระยะทาง และระยะทาง

21.

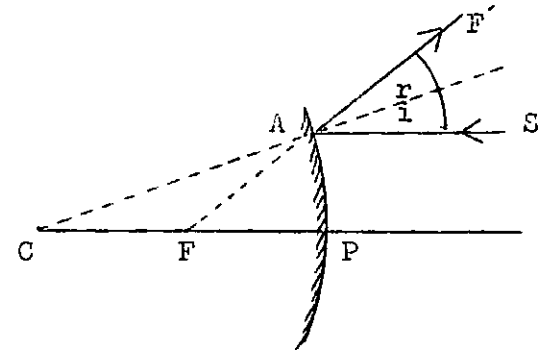
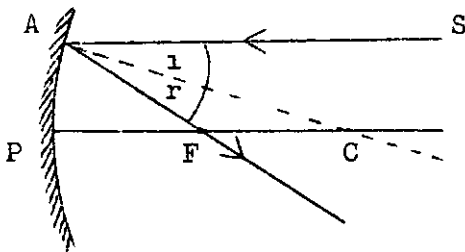


จากรูประยะทาง PC และระยะทาง AC คือ ของกระจก

22.

เส้นปกติของกระจกเงาหรือกระจกนูน คือเส้นตรงซึ่งตั้งฉากกับเส้นสัมผัสของกระจก

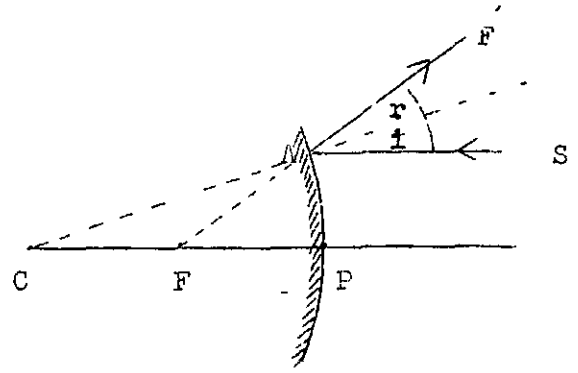
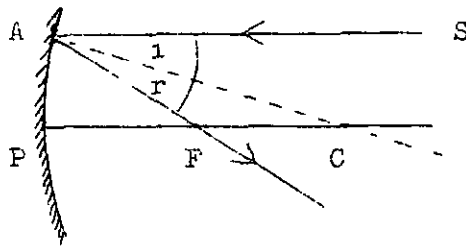
๓) จุดที่แสงตกกระทบ



จากรูป PC เป็นรัศมีมีความโค้งของกระจกซึ่งตั้งฉากกับเส้นสัมผัสของกระจกที่จุด P (เพราะรัศมีมีความโค้งย่อตั้งฉากกับเส้นสัมผัส ๓) จุดสัมผัสเส้น) ฉะนั้นแสงตกกระทบกระจกที่จุด P เส้นตรง PC ก็จะทำหน้าที่เป็นเส้นปกติของกระจก

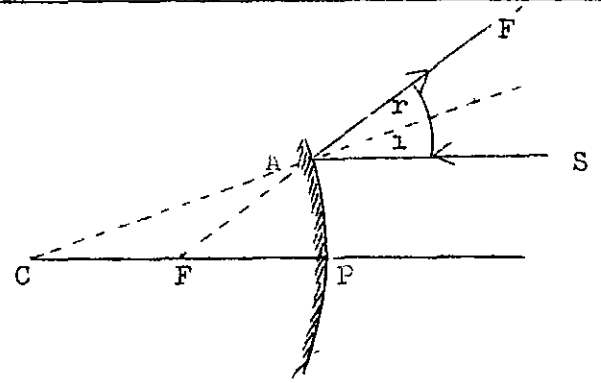
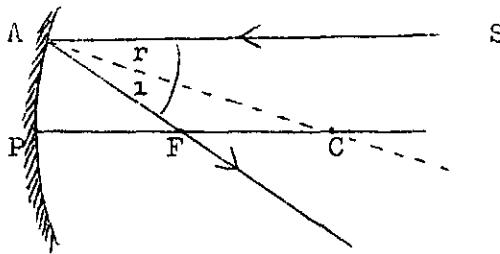
และจากรูป AC เป็นรัศมีมีความโค้งของกระจกซึ่งตั้งฉากกับเส้นสัมผัสของกระจกที่จุด A จากรูปแสงตกกระทบกระจกที่จุด A แล้วสะท้อน ดังนั้นเส้นตรง AC จึงทำหน้าที่เป็นเส้นปกติของกระจก

23.



จากรูปแสดงการสะท้อนของแสงที่จุด A และ AC เป็นรัศมีความโค้งของกระจก หากตั้งเส้นสัมผัสที่จุด A (โดยหารัศมีของกระจกด้วย 2) จะได้ว่ามุม i และ r มีค่าเท่ากัน จึงทำหน้าที่ย่อย

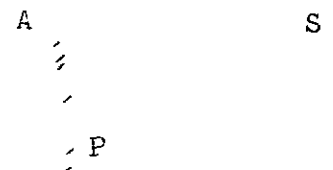
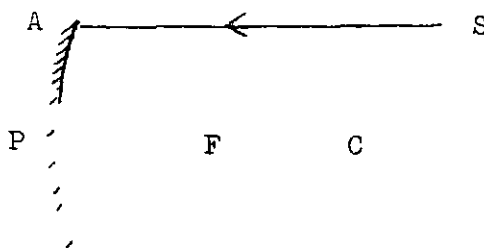
24.



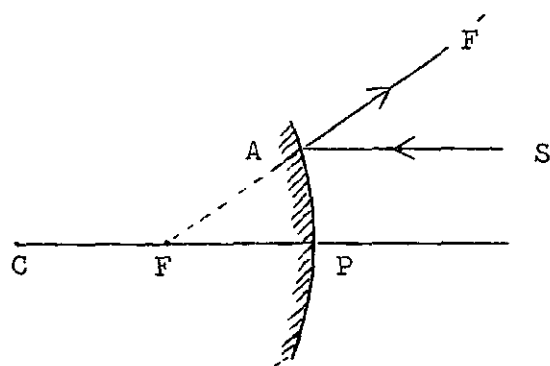
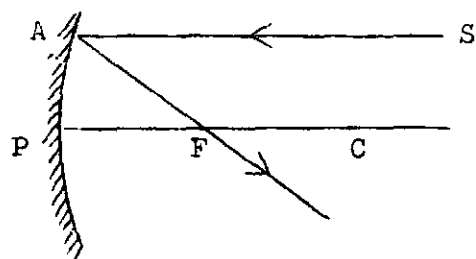
จากรูป	i	มุมตกกระทบ
	r	มุมสะท้อน
ถ้า	i	20 องศา
	r	_____ องศา

25.

จากรูปที่กำหนดให้ SA เป็นรังสีตกกระทบ ซึ่งวางกับแกนหลักของกระจก และตกกระทบที่จุด A บนผิวกระจกโค้ง (ทั้งกระจกเว้าและกระจกนูน)

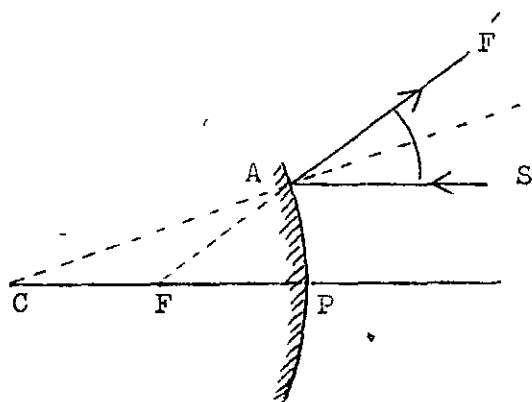
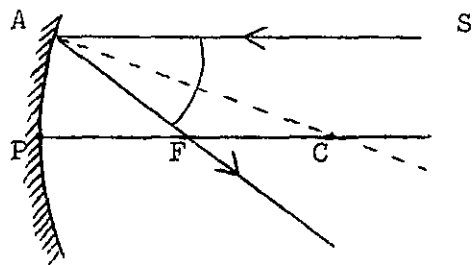


26.



จากรูปที่ 26. ถ้าให้ SA เป็นรังสีตกกระทบ AF เป็นรังสีสะท้อนที่กระจกเว้า และ AF' เป็นรังสีสะท้อนที่กระจกนูน วงเวียนเส้นปกติให้ถูกต้อง (ทั้งกระจกเว้าและกระจกนูน)

27.



เมื่อ 1 คือมุมตกกระทบ r คือมุมสะท้อน จงเขียน 1 และ r ลงไปในรูปที่กำหนดให้มาถูกต้อง (ทั้งกระจกเว้าและกระจกนูน)

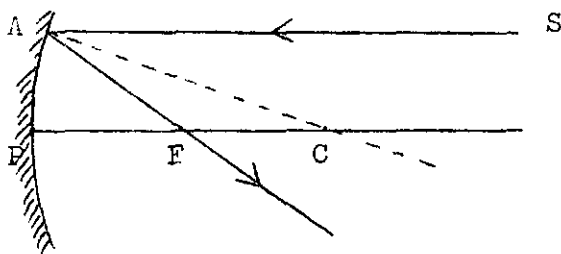
28.

การหาความยาวของเส้นตรงที่ลากจากจุดหนึ่งไปยังเส้นตรง

(ระยะทางจากจุดหนึ่งไปยังเส้นตรง)

ถ้าให้ f เป็นความยาวของเส้นตรงที่ลากจากจุด R ไปยังเส้นตรง AB ของรูปที่ 28 แล้วหาความยาวของเส้นตรงที่ลากจาก R ไปยังเส้นตรง AB ได้ดังนี้

กำหนดให้ AC เป็นเส้นตรงที่ลากจากจุด A ไปยังจุด C บนเส้นตรง AB และ CA เป็นเส้นตรงที่ลากจากจุด C ไปยังจุด A บนเส้นตรง AB แล้วหาความยาวของเส้นตรงที่ลากจาก R ไปยังเส้นตรง AB ได้ดังนี้



(ต่อกรณที่ 29)

29.

จากรูป

$$\begin{aligned} \widehat{SAC} &= \widehat{CAF} & (\text{มุมตรงกัน} &= \text{มุมแย้ง}) \\ \widehat{SAC} &= \widehat{ACF} \\ \widehat{CAF} &= \end{aligned}$$

(ต่อกรณที่ 30)

30.

พิจารณา $\triangle AFC$

$$\begin{aligned} \widehat{CAF} &= \widehat{ACF} \\ AF &= \end{aligned}$$

(ต่อกรณที่ 31)

31.

ถ้า SA อยู่ใกล้กับแกน PC มาก ๆ เราควรตัดใกล้จุด A อยู่ใกล้กับจุด P ถึงมีระยะ AF ก็เท่ากับระยะ _____

(ตอบที่ 32)

32.

จากข้อที่ 31 เราได้ว่า

$$AF = FC$$

และจากข้อที่ 31 เราได้ว่า

$$AF = PF$$

สรุปได้ว่า

$$PF = \underline{\hspace{2cm}}$$

(ตอบที่ 33)

33.

จากข้อที่ 32 เราได้ว่า

$$PF = FC$$

จากการที่ $PF = FC$

เราจึงอาจเขียนได้ว่า

$$PF = \frac{PF + FC}{2}$$

แต่ $PF + FC$ ก็คือ PC

$$\underline{\hspace{2cm}} = \frac{PC}{2}$$

(ตอบที่ 34)

34.

จากกรณี 33 เราได้ว่า

$$PF = \frac{PC}{2}$$

นั่นคือ PF ก็คือ f และระยะ PC ก็คือ R

$$f = \frac{R}{2}$$

(กรณี 35)

35.

จากกรณี 34 เราได้ว่า

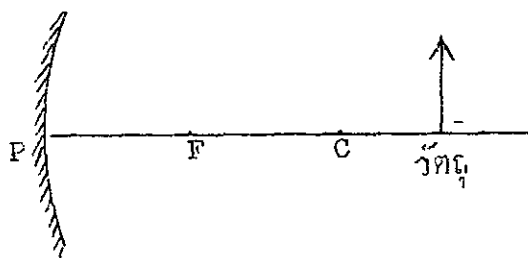
$$f = \frac{R}{2}$$

นั่นคือ เราหาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวโฟกัสกับความโค้งของกระจกได้แล้วว่า ความยาวโฟกัสของกระจกโค้งยาวเท่ากับครึ่งหนึ่งของรัศมีความโค้ง

หมายเหตุ การหาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวโฟกัสกับความโค้งของกระจกโค้งที่ได้ออกมานี้ใช้รูปที่ 34.1 ว่า ถ้าใช้รูปที่ 34.2 ก็จะพบว่า ระยะ f และ R จะเท่ากัน

36.

การเขียนแผนภาพแสงทางเค้นของแสงเพื่อหาตำแหน่งของภาพจริงที่เกิดจากกระจกเว้า

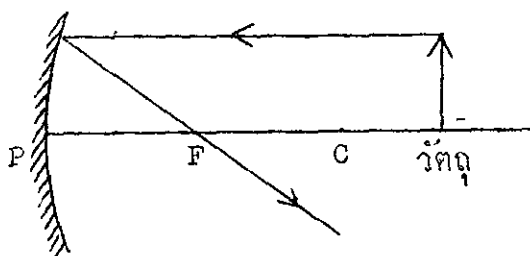


เมื่อวางวัตถุไว้หน้ากระจกเว้าโดยวางตั้งฉากกับแกนमुखสำคัญของกระจกถึงรูป เรามีวิธีเขียนแผนภาพแสงทางเค้นของแสงเพื่อหาตำแหน่งและขนาดของภาพจริงที่เกิดขึ้นจากกระจกเว้าได้ดังนี้

(ต่อข้อที่ 37)

37.

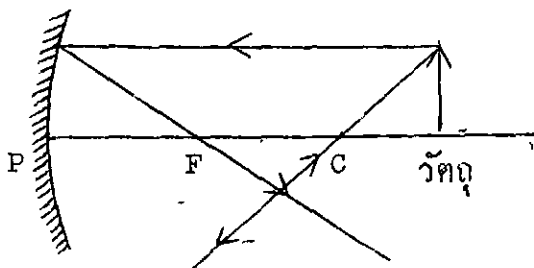
1. ลากเส้นตรงแสดงทางเค้นของแสงจากปลายวัตถุขนานกับเส้นแกนमुखสำคัญของกระจกไปตกที่กระจก แล้วจะพบแนวเว้าไปที่ศูนย์กลางของกระจกถึงรูป



(ต่อข้อที่ 38)

38.

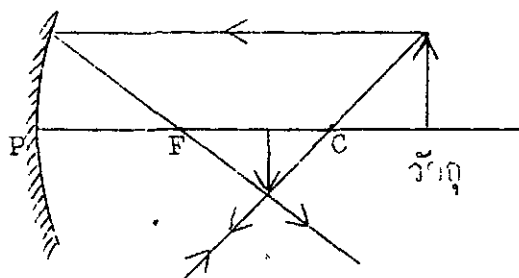
2. ลากเส้นแสดงทางเค้นของแสงจากปลายวัตถุไปยังกระจกในแนวผ่านจุดศูนย์กลางควาโค้งของกระจก เมื่อแสงนี้ไปตกที่กระจกจะสะท้อนกลับตามแนวเดิม (เพราะเป็นแสงที่ตกกระทบบนแนวเส้นปกติ จึงยอมสะท้อนกลับตามแนวเดิมเสมอ) ดังรูป



(ต่อข้อที่ 39)

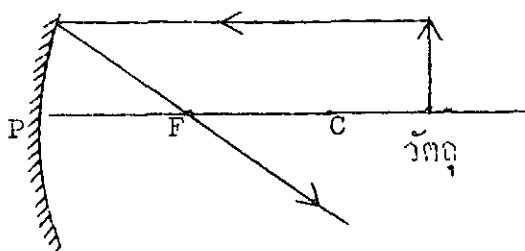
39.

3. หากเราใช้ขนนกปลายทู่หรือวัตถุในข้อที่ 1 และ 2 จะเห็นว่าแสงเมื่อตกกระทบบนกระจกเงาวัดสะท้อนกลับที่ P จุดหนึ่ง จุดนี้จะเป็นตำแหน่งของจุดรวมแสงของกระจกเงาวัด



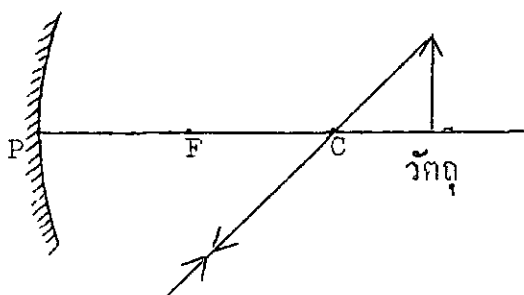
40.

จากรูปที่กำหนดให้เป็นการใช้ขนนกปลายทู่หรือวัตถุในข้อที่ 1 และ 2 จะเห็นว่าแสงเมื่อตกกระทบบนกระจกเงาวัดสะท้อนกลับที่ P จุดหนึ่ง จุดนี้จะเป็นตำแหน่งของจุดรวมแสงของกระจกเงาวัด



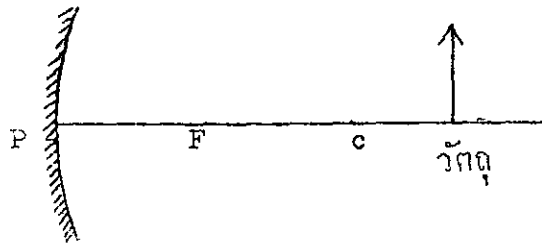
41.

จากรูปที่กำหนดให้เป็นการใช้ขนนกปลายทู่หรือวัตถุในข้อที่ 1 และ 2 จะเห็นว่าแสงเมื่อตกกระทบบนกระจกเงาวัดสะท้อนกลับที่ P จุดหนึ่ง จุดนี้จะเป็นตำแหน่งของจุดรวมแสงของกระจกเงาวัด



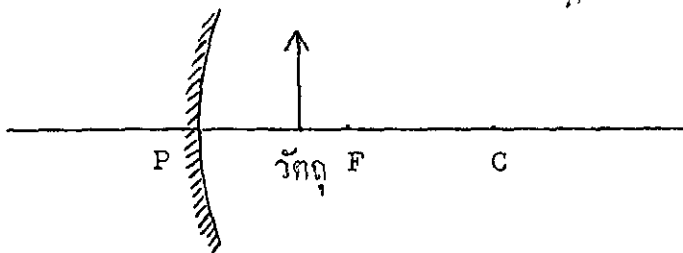
42.

จากรูปที่ 42 เรายังคงใช้แนวภาพแสดงทางเดินของแสง เพื่อหาคำอธิบายของภาพ
จริงที่เกิดจากกระจกเงาโค้งนูน



43.

การเขียนแผนภาพแสงของภาพเกิดของแสงเพื่อหาคำอธิบายของภาพเสมือนที่เกิดจากกระจกเงา

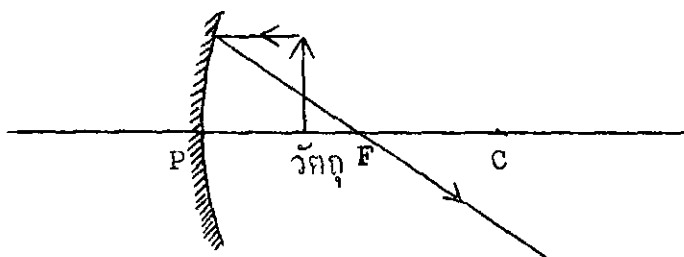


เมื่อวางวัตถุไว้หน้ากระจกเงาโทมวางตั้งฉากกับแกนนำถึงถึงรูป เราจึงเขียน
แผนภาพแสงของแสงเพื่อหาคำอธิบายของภาพเสมือนที่เกิดจากกระจกเงาได้ดังนี้

(ตัวอย่างที่ 44)

44.

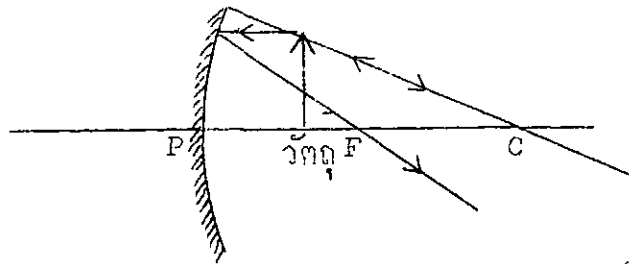
1. จากแนวการแสดงทางเดินของแสงจากวัตถุหน้ากับเส้นแกนนำสำคัญของกระจก
ไปตกกระทบที่กระจกแล้วสะท้อนตามกฎไปให้มุมสำคัญของกระจกดังรูป



(ตัวอย่างที่ 45)

45.

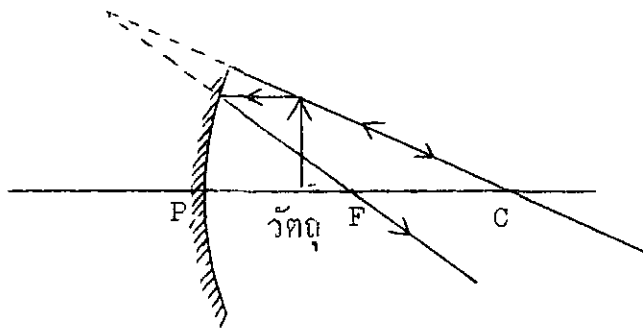
2. จากการสร้างภาพตามวิธีการในข้อที่ 1 และ 2 จะเห็นว่าแสงหนึ่งตกกระทบบนจอแล้วสะท้อนกลับเข้าตาอีก จะสังเกตเห็นว่าแสงจะสะท้อนกลับตามแนวเดิมดังรูป



(ตัวอย่างที่ 46)

46.

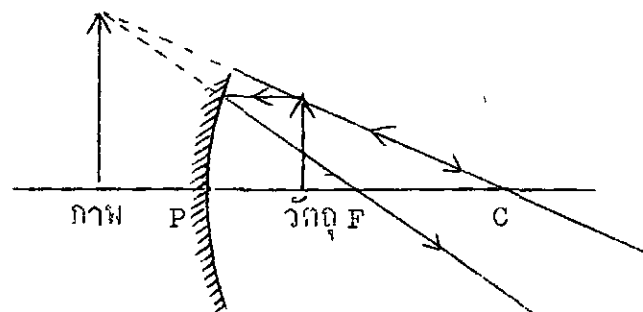
3. จากการเขียนแผนภาพตามวิธีการในข้อที่ 1 และ 2 จะเห็นว่าแสงหนึ่งตกกระทบบนจอแล้วสะท้อนกลับเข้าตาอีก จะสังเกตเห็นว่าแสงจะสะท้อนกลับตามแนวเดิมดังรูป



(ตัวอย่างที่ 47)

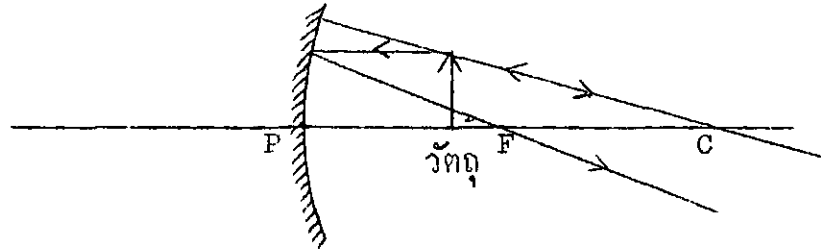
47.

4. จากการเขียนแผนภาพตามวิธีการในข้อที่ 3 จะเห็นว่าแสงหนึ่งตกกระทบบนจอแล้วสะท้อนกลับเข้าตาอีก จะสังเกตเห็นว่าแสงจะสะท้อนกลับตามแนวเดิมดังรูป



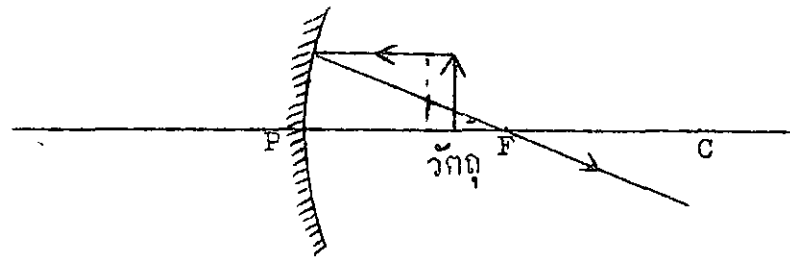
48.

จากรูปที่กำหนดให้เป็นการเขียนแผนภาพแสดงทางเดินของแสงเพื่อหาคำแทนของภาพเสมือนที่เกิดจากกระจกเว้าซึ่งยังไม่สมบูรณ์ จงเขียนต่อให้สมบูรณ์



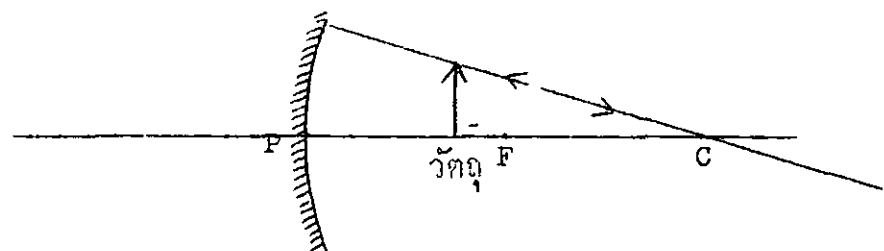
49.

จากรูปที่กำหนดให้เป็นการเขียนแผนภาพแสดงทางเดินของแสงเพื่อหาคำแทนของภาพเสมือนที่เกิดจากกระจกเว้าซึ่งยังไม่สมบูรณ์ จงเขียนต่อให้สมบูรณ์



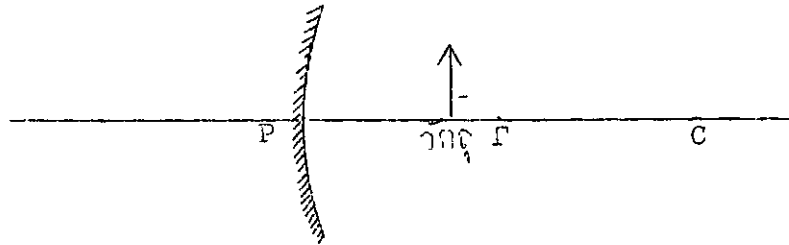
50.

จากรูปที่กำหนดให้เป็นการเขียนแผนภาพแสดงทางเดินของแสงเพื่อหาคำแทนของภาพเสมือนที่เกิดจากกระจกเว้าซึ่งยังไม่สมบูรณ์ จงเขียนต่อให้สมบูรณ์



51.

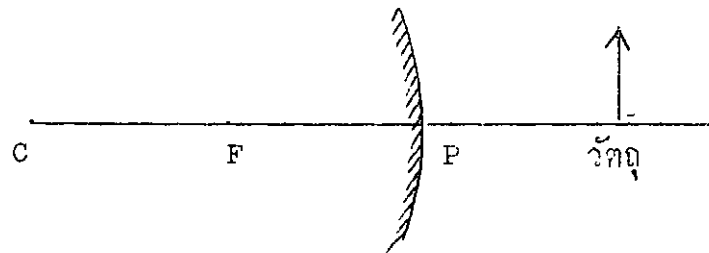
จากรูปที่กำหนดให้ จงเขียนแนวทางการหาตำแหน่งของแสงเมื่อหาตำแหน่งของภาพโดยวิธีเกิดภาพด้วยวิธีมุม



52.

การเขียนแนวทางการหาตำแหน่งของแสงเพื่อหาตำแหน่งของภาพโดยวิธีเกิดภาพ

กระจกนูน

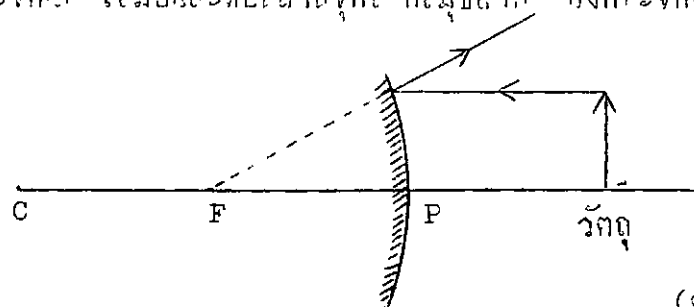


เมื่อวางวัตถุไว้ที่กระจกนูนโดยวางตั้งฉากกับแกนหลักของกระจกตั้งรูป เรามีวิธีเขียนแนวทางการหาตำแหน่งของภาพโดยวิธีเกิดภาพด้วยวิธีมุม

(ต่อกรอบที่ 53)

53.

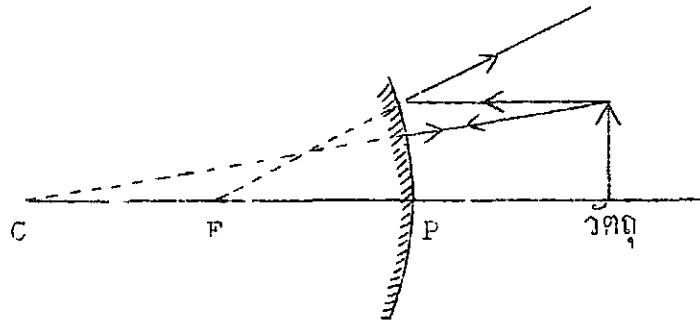
1. จากแนวทางการหาตำแหน่งของแสงหาว่าจุดบนกับเส้นบนของสำคัญของกระจกนูนที่กระจกนูนจะมีขนาดของวัตถุที่สัมพันธ์กับกระจกตั้งรูป



(ต่อกรอบที่ 54)

54.

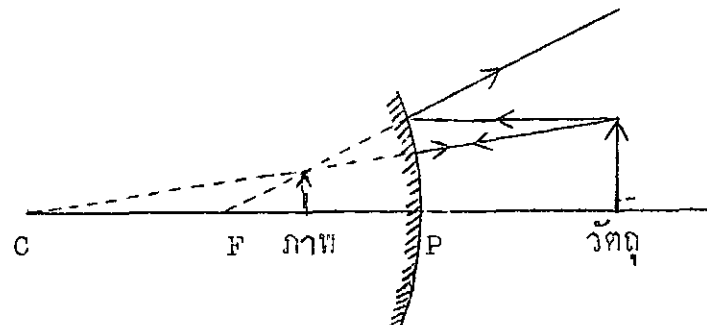
2. วาดเส้นตรงแสดงทางเดินของแสงจากปลายวัตถุไปยังกระจกเงาแบนในแนว
วัตถุแนบกลางควายโค้งกระจกเงาแบนไปตั้งฉากกับแนวเดิม จากจุดที่
แสงตกกระทบกระจกเงาลากเส้นต่อจนมาถึงวัตถุแนบกลางควายโค้งของกระจกถึงรูป



(คัดกรรบทที่ 55)

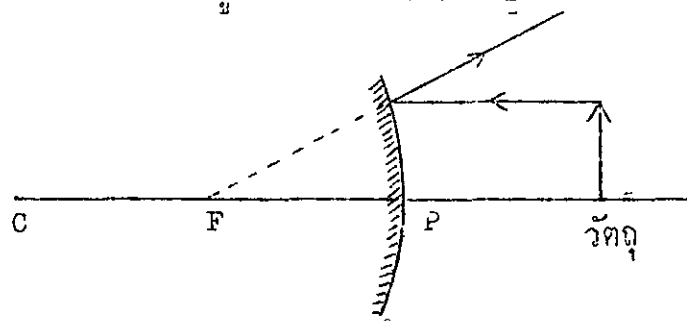
55.

3. วาดการเขียนแผนภาพตามวิธีในชั้นที่ 1 และ 2 จะเห็นว่าเมื่อแสงตกกระทบบน
กระจกแล้วจะสะท้อนมาที่กัน ๒ จุดหนึ่ง จุดนี้จะเป็นตำแหน่งของภาพตามต้องการดังรูป



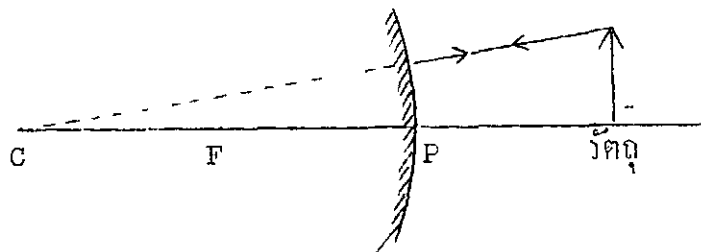
56.

จากรูปที่กำหนดให้ไว้เพื่อการศึกษาเขียนแผนภาพแสดงทางเดินของแสงเพื่อหาตำแหน่งของภาพ
เสมือนที่เกิดจากกระจกเงาโค้งไปยังสมมุติ จงเขียนข้อใดต่อไปนี้



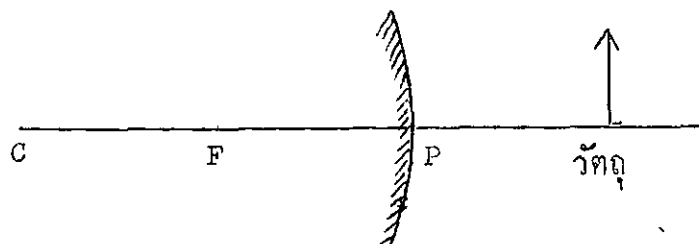
57.

รูปที่ ๑๖ แสดงการเขียนแผนภาพแสงทางเค้นของแสงเมื่อวาดตำแหน่งของภาพ
ที่เกิดจากกระจกเวก ซึ่งยังไปส่วอื่นๆ วงเวียนต่อไปให้ดูด้วย



58.

จากรูปที่ ๑๖ เราได้จริงเขียนแผนภาพแสงทางเค้นของแสงเมื่อวาดตำแหน่งของภาพที่เกิด
ที่เกิดจากกระจกเวก ไปดูด้วย



59.

การเกิดภาพจากกระจกโค้งเมื่อวางวัตถุไว้ตามตำแหน่งต่าง ๆ

การวางวัตถุที่เกิดจากกระจกโค้งจะมีลักษณะ ขนาดและตำแหน่งที่อยู่มากมายกับไปตามตำแหน่งของวัตถุวางไว้กระจก

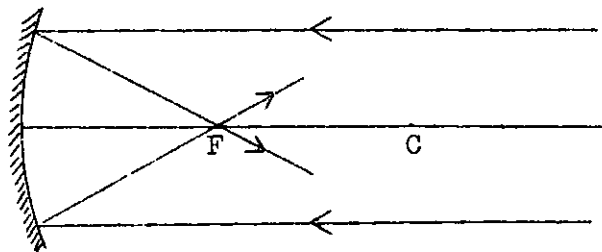
การวางวัตถุวางสามจุดแรกเราเริ่มวางวัตถุให้อยู่ห่างจากกระจกมากที่สุด แล้วเปลี่ยนตำแหน่งวางวัตถุใกล้กระจกเข้ามาเรื่อย ๆ จนวัตถุอยู่ติดกระจก นี่เราจะหาลักษณะ ขนาด และตำแหน่งของภาพที่เกิดจากกระจกโดยการเขียนภาพตามวิธีที่โดยแสงไว้ในกรอบที่ 36 58

60.

สำหรับกระจกเว้าตำแหน่งการวางวัตถุไว้หน้ากระจกอยู่ 7 ตำแหน่ง ดังต่อไปนี้

1. วางวัตถุไว้ที่ตำแหน่งซึ่งอยู่ไกลจากกระจกมากที่สุด หรือเรียกว่าระยะอนันต์

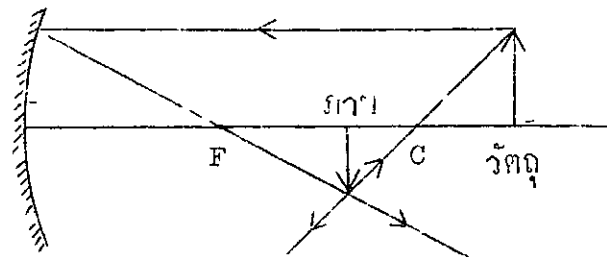
ในกรณีที่วัตถุอยู่ไกลมาก ๆ เราไม่สามารถเขียนรูปวัตถุได้ เราเขียนโคตแทนเพียงทางเดินของแสงจากวัตถุถึงเลนทางขวามือกับเลนบนมุมฉากของกระจก เมื่อแสงโคตกระทบกับกระจกจะสะท้อนกลับตัดกันที่จุดโฟกัสจึงรูป



จากการเขียนแผนภาพทำให้ทราบว่าภาพที่เกิดขึ้นเป็นการจริง หัวกลับ มีขนาดเล็กที่สุด อยู่ที่ _____

61.

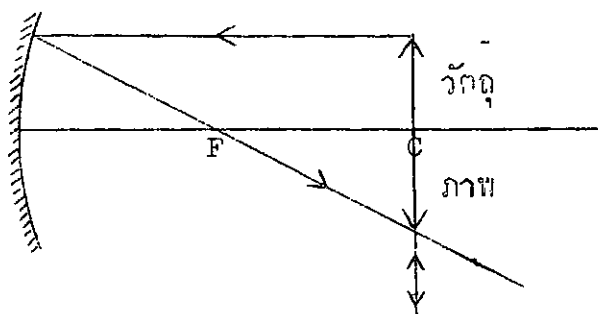
2. วางวัตถุไว้บนกระจกนูน ศึกษาลักษณะความโค้งของกระจก แต่ไม่ถึงระยะศูนย์กลาง



จากการเขียนแผนภาพทำให้ทราบว่าภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพ _____ หัว _____
ขนาดเล็กว่วัตถุ อยู่ระหว่างจุดโฟกัสกับจุดศูนย์กลางความโค้งของกระจก

62.

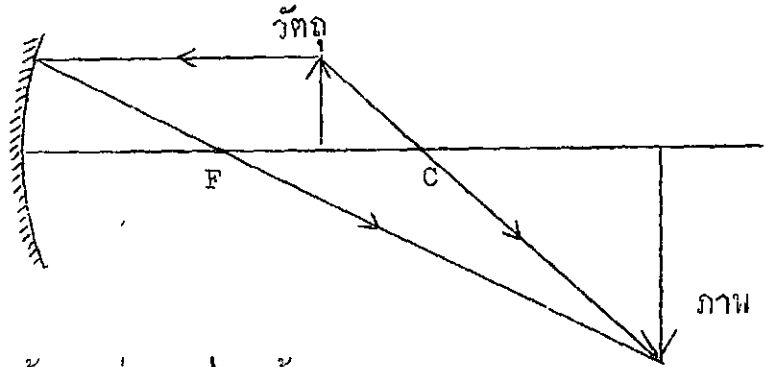
3. วางวัตถุไว้ที่จุดศูนย์กลางความโค้งของกระจก



จากการเขียนแผนภาพทำให้ทราบว่าภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพ _____ หัว _____
ขนาดเท่ากับวัตถุ อยู่หลังเดียวกับวัตถุ

63.

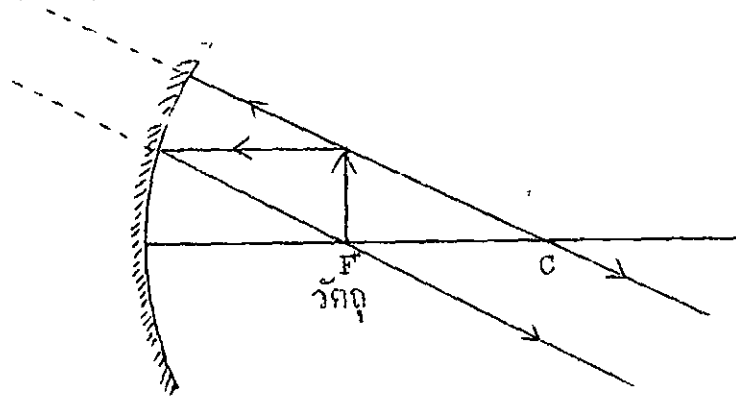
4. วางวัตถุไว้ระหว่างจุดโฟกัสกับจุดศูนย์กลางความโค้งของกระจก



จากการเขียนภาพทำให้ทราบว่าภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพ _____ หัว _____ ขนาดใหญ่กว่าวัตถุ อยู่นอกจุดศูนย์กลางความโค้งของกระจกแต่ไม่ถึงระยะขนานต์

64.

5. วางวัตถุไว้ที่จุดโฟกัส

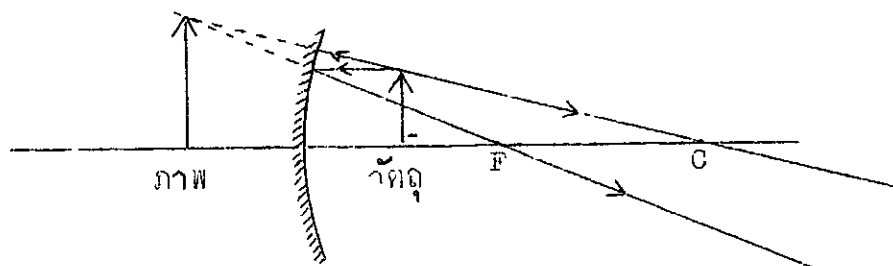


ในกรณีนี้แสงมุ่งเดินทางจากวัตถุไปตกกระจก. มที่กระจกแล้วจะสะท้อนกลับในแนวที่ขนานกัน ถ้าเราต่อทางเดินของแสงนี้ออกไปเรื่อย ๆ ทั้งทางคาบหนาและด้านหลังกระจก แสงนี้จะไปพบกันที่ระยะขนานต์

จากการเขียนแผนภาพทำให้ทราบว่าภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพจริง หัวกลับจากวัตถุ ขนาดใหญ่ที่สุด ที่ระยะอนันต์ด้านหน้าของกระจก หรือเกิดภาพเสมือน หัวตั้ง เมื่อวัตถุที่ _____ ด้านหลังของกระจก

65.

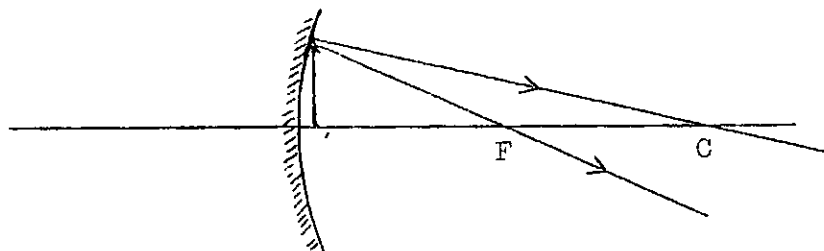
6. วางวัตถุไว้ระหว่างกระจกกับจุดโฟกัส



จากการเขียนแผนภาพทำให้ทราบว่าภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพ _____ หัว _____ ขนาด _____
อยู่หลังกระจกแต่ไม่ถึงระยะอันต์

66.

7. วางวัตถุไว้ที่ขั้วกระจก

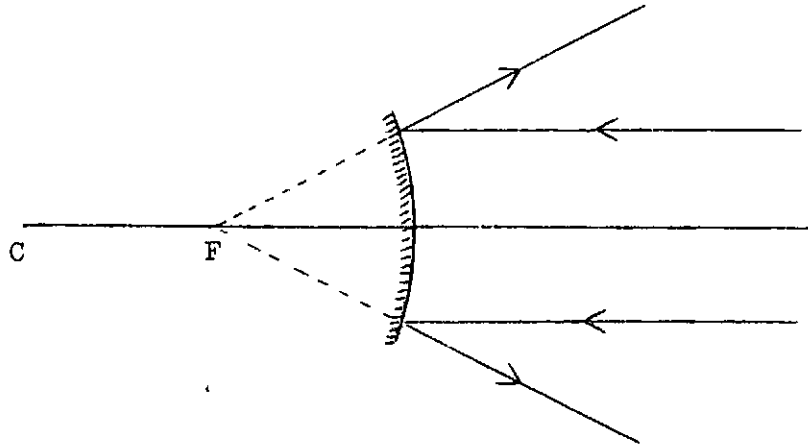


จากการเขียนแผนภาพทำให้ทราบว่าภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพเสมือน หัว _____
ขนาดเท่ากับวัตถุ อยู่ใกล้กระจกวัตถุ

67.

สำหรับกระจกนูนตำแหน่งการวางวัตถุไว้หน้ากระจกอยู่ 3 ตำแหน่ง ดังต่อไปนี้

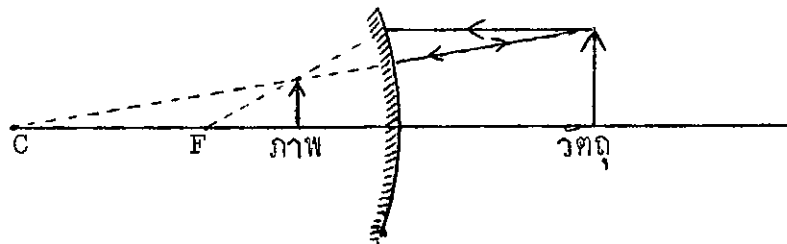
1. วางวัตถุไว้ที่ระยะอนันต์



จากการ เปรียบเทียบ เราพบว่าภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพเสมือน หัวตั้ง ขนาดเล็กที่สุด
อยู่ที่ _____

68.

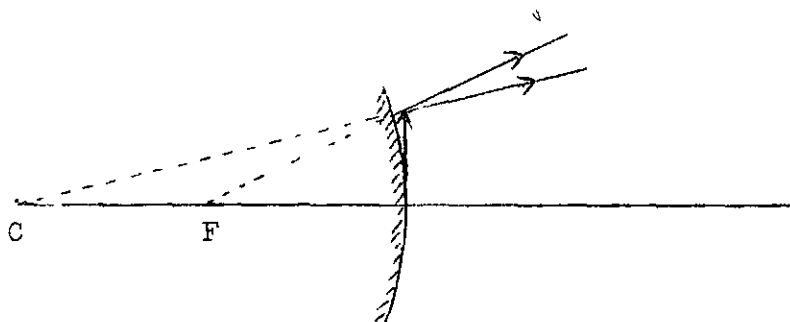
2. วางวัตถุไว้หน้ากระจกแต่ไม่ถึงระยะอนันต์



จากการ เปรียบเทียบ เราพบว่าภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพ _____ หัว _____
ขนาด _____ อยู่ระหว่างจุดโฟกัสกับจุดมองกระจก

69.

3. วางวัตถุไว้ห้ขั้วกระจก

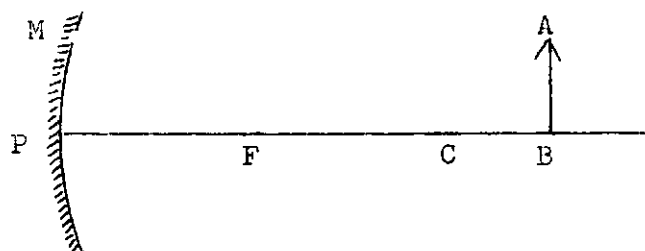


วางกำลังไว้ เพื่อกำหนดว่าวัตถุที่เกิดขึ้นเป็นภาพจริงหรือ หัวตั้ง
ขนาด _____ อยู่ใกล้กับวัตถุ

70.

การหาความเข้มที่ระหว่างระยะภาพ ระยะวัตถุ และความยาวโฟกัสของ
กระจกโค้ง

ให้ AB เป็นวัตถุวางไว้หน้ากระจกเว้า ซึ่งมีขั้วกระจกอยู่ที่ P จุดไฟส่องอยู่ที่ F และจุดศูนย์กลางความโค้งอยู่ที่ C ดังรูป

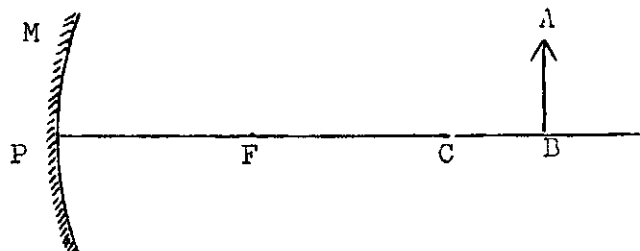


(ประกอบที่ 71)

71.

จากรูป ประกอบที่ 70 ถ้าเขียนแผนภาพแสดงการเดินทางของแสงจากวัตถุ AB ตามวิธีที่กล่าวมาแล้ว ประกอบที่ 36 - 39 จะได้ภาพจริงของวัตถุซึ่งก็คือภาพ A'B'

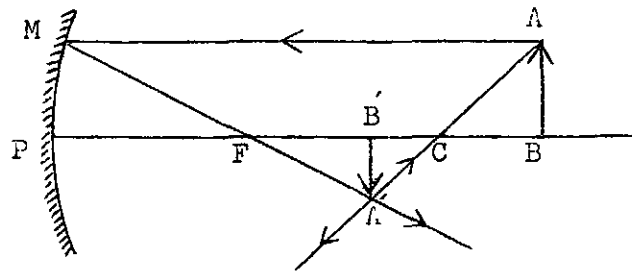
จากรูปประกอบที่ 70 ซึ่งลอกลงไว้ข้างล่างนี้ วาดเขียนแผนภาพตามวิธีที่กล่าวไว้ในประกอบที่ 36 - 39 จนได้ภาพ A'B'



(ประกอบที่ 72)

72.

จากถ้อยคำ ๗๑ ประการนี้



ถ้าได้

f	เป็นความยาวไปกั๊ดของกระจก	งักก็อระยะ	PF
u	เป็นระยะวัตถุ	งักก็อระยะ	PD
v	เป็นระยะภาพ	งักก็อระยะ	_____

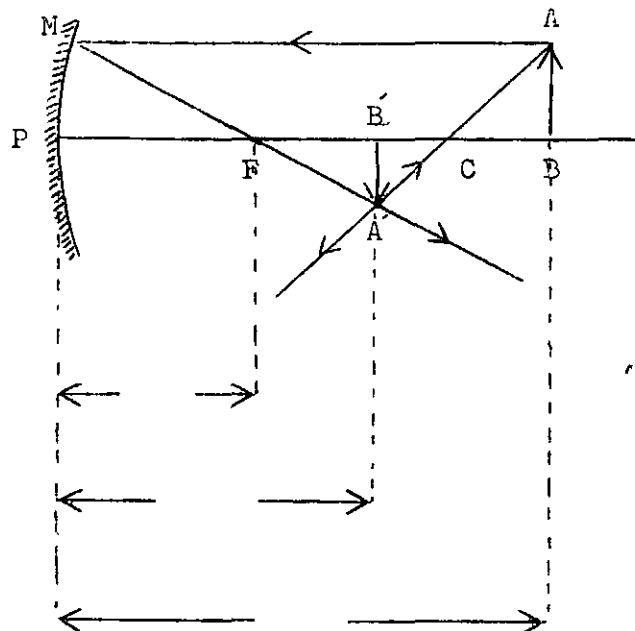
๙ เป้าระบะวัตร ^{๑๔} ๑๔ กิอระบะ PB

v เป็นระบะภาพ สิ่งก่อก่อระบะ

(ศก.ร.อบต. 73)

75.

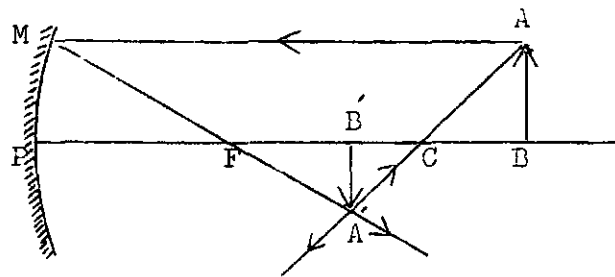
วงเวียนฉัตร σ f แทนความยาวโฟกัส ใช้ประจุลบ n แทนระยะวัตถุ
และใช้วงฉัตร v แทนระยะภาพ ลงในรูปให้ถูกต้อง



(ศอกกรอบที่ 74)

74.

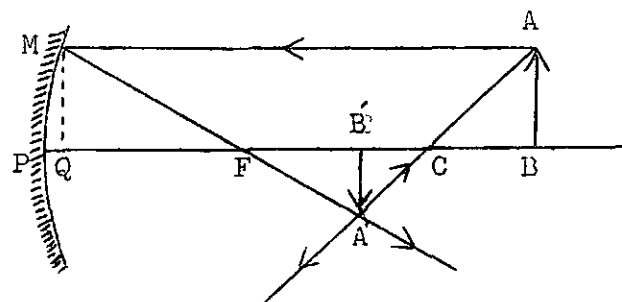
จากรูปประกอบที่ 72 ซึ่งลอกไว้อย่างล้างใจ จงลากเส้นตรงจากจุด M พบเส้น
แกนमुखสำคัญของกระจกจุด Q โดยให้เส้นตรงที่สร้างขึ้นตั้งฉากกับเส้นแกนमुखสำคัญของ
กระจก (เส้นตรงที่สร้างขึ้นนี้ให้ใจเส้นประ)



(ประกอบที่ 75)

75.

จากรูปที่ 74 ใ้รูปดังนี้



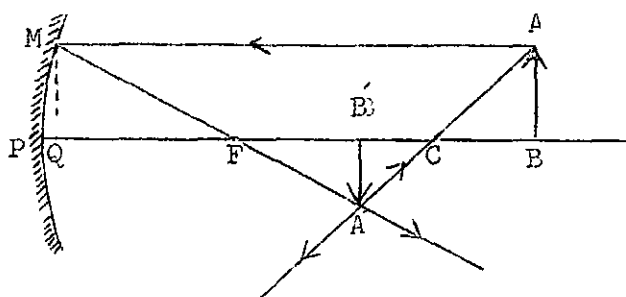
$\triangle AB'F$ และ $\triangle MQF$ คล้ายกัน

$$\frac{AB'}{MQ} = \frac{BF}{QF}$$

$\triangle AB'C$ และ $\triangle ABC$ คล้ายกัน

$$\frac{AB'}{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$$

78.



พิจารณาจากรูปจะเห็นว่า

$$\begin{aligned} FB' &= PB' - PF \\ B'C &= PC - \underline{\hspace{1cm}} \\ CB &= PB - \underline{\hspace{1cm}} \end{aligned}$$

(ต่อกรอมนที่ 79)

79.

จากกรอมนที่ 77 เราได้ความสัมพันธ์ว่า

$$\frac{FB'}{PF} = \frac{B'C}{CB} \quad \text{--- (2)}$$

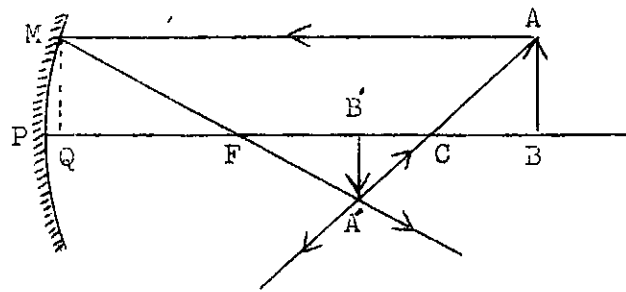
และจากกรอมนที่ 78 เราได้ความสัมพันธ์ว่า

$$\begin{aligned} FB' &= PB' - PF \\ B'C &= PC - PB' \\ CB &= PB - PC \end{aligned}$$

โดยการแต่ค่า FB' ด้วย $PB' - PF$ แทนค่า $B'C$ ด้วย $PC - PB'$ และแทนค่า CB ด้วย $PB - PC$ ความสัมพันธ์ตามสมการ (2) จะเขียนได้เป็น

$$\frac{PB' - PF}{PF} = \underline{\hspace{1cm}}$$

(ต่อกรอมนที่ 80)



จากกรอบที่ ๗๖ ได้ความสัมพันธ์ว่า

$$\frac{PB' - PF}{PF} = \frac{PC - PB'}{PB - PC} \quad \text{----- (3)}$$

จากรูป	PB	คือ	u
	PF	คือ	f
	PC	คือ	2 f
	PB'	คือ	v

เมื่อแทน PB ด้วย u แทน PF ด้วย f แทน PC ด้วย 2f และแทน PB' ด้วย v ความสัมพันธ์ความสมการ (3) จะเขียนได้เป็น

$$\frac{v - f}{f} = \frac{2f - v}{u - 2f}$$

(ตรวจสอบที่ 81)

จากกรอบที่ 80 ได้ความสัมพันธ์ว่า

$$\frac{v - f}{f} = \frac{2f - v}{u - 2f}$$

โดยการคูณไขว้จะได้ว่า

$$(v - f)(u - 2f) = \underline{\hspace{2cm}}$$

(ตรวจสอบที่ 82)

82.

จากกรณที่ 31 ได้ว่า

$$(v - f)(u - 2f) = f(2f - v)$$

ถ้าเราจัดไปโดยให้ปริศนาได้ว่า

$$vu = fu - fv$$

ถ้าเรา $\frac{1}{fvu}$ คูณตลอดจะได้ว่า

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$$

(สมการที่ 32)

83.

จากกรณที่ 32 ได้ว่า

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$$

จึงได้ความสัมพันธ์ของระยะภาพ ระยะวัตถุ และความยาวโฟกัสของกระจกโค้ง

เป็นดังนี้

หมายเหตุ

การหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะภาพ ระยะวัตถุ และความยาวโฟกัสของกระจกโค้งที่แสดงมานี้เป็นการหาความสัมพันธ์โดยใช้กระจกเว้า ถ้าใช้กระจกนูนก็ให้ดูว่าทำนองเดียวกัน และได้ผลเหมือนกัน

84.

การคำนวณโฟกัสเกี่ยวกับกระจกเงาโค้งในสูตร $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$ นี้ เพื่อแทนค่าระยะทาง f , v หรือ u ด้วยตัวเลข จะต้องเขียนเครื่องหมายกำกับบอกให้ตัวเลขใดเสมอ

การเขียนเครื่องหมายกำกับหน้าตัวเลขเมื่อแทนค่าระยะทาง f , v หรือ u มีหลักเกณฑ์ดังนี้คือ

ระยะทางใด ๆ ที่นับเป็น ระยะจริง เมื่อแทนค่าระยะทางด้วยตัวเลข ให้เขียนเครื่องหมายบวกกำกับหน้าตัวเลข

ระยะทางใด ๆ ที่นับเป็น ระยะเสมือน เมื่อแทนค่าระยะทางด้วยตัวเลข ให้เขียนเครื่องหมายลบกำกับหน้าตัวเลข

85.

เราทราบแล้วว่าระยะวัตถุเป็นระยะจริง ดังนั้นการแทนค่าระยะทาง u ด้วยตัวเลขในสูตร $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$ ค่าตัวเลขที่แทนลงไปนี้จะต้องมีเครื่องหมายเป็น _____ เสมอ

86.

เราทราบว่าความยาวโฟกัสของกระจกเงาเป็นระยะจริง ดังนั้นการแทนค่าระยะทาง f ด้วยตัวเลขลงในสูตร $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$ ค่าตัวเลขที่แทนลงไปนี้จะต้องมีเครื่องหมายเป็น _____

87.

เราทราบว่าความยาวโฟกัสของกระจกนูนเป็นระยะเสมือน ดังนั้นการแทนค่าระยะทาง f ด้วยตัวเลขลงในสูตร $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$ ค่าตัวเลขที่แทนลงไปนี้ จะต้องมีเครื่องหมายเป็น _____

68.

ในการคำนวณเวลาที่วัตถุใช้สูตร $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$ เมื่อเวลาของการกระเจิง v
ออกมาเป็นตัวเลขลบ และตัวเลขนี้เครื่องหมายบวกกับ แสดงว่าภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพ

89.

ในการคำนวณเวลาที่วัตถุใช้สูตร $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$ เมื่อเวลาของการกระเจิง v
ออกมาเป็นตัวเลขบวก และตัวเลขนี้เครื่องหมายลบกับ แสดงว่าภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพ

๖๐.

โจทย์ กระจกเงาความยาว 3 นิ้ว ถ้าวางวัตถุไว้หน้ากระจก โดยห่างจาก กระจก 7 นิ้ว วงกบนิกและตำแหน่งของภาพที่เกิดขึ้น

วิธีทำ

จากสูตร $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$

จากโจทย์ $f = 3$ นิ้ว

$u = 7$ นิ้ว

ต้องการทราบ

แทนค่าลงในสูตร

$$\frac{1}{3} = \frac{1}{v} + \frac{1}{7}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{3} - \frac{1}{7}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{7-3}{12}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{4}{12}$$

$$v = \frac{12}{4} = 3 \text{ นิ้ว}$$

ตอบ ภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพ _____ อยู่ที่ _____ ของกระจก ห่างจากกระจก _____ นิ้ว

91.

โจทย์ กระจกนูนมีความยาวโฟกัส 2 ฟุต ถ้าวางวัตถุไว้หน้ากระจกโดยห่างจากกระจก 5 ฟุต จงหาชนิดและตำแหน่งของภาพที่เกิดขึ้น

วิธีทำ

จากสูตร $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$

จากโจทย์ $f = -2$ ฟุต

$u = 5$ ฟุต

v = ? ต้องการทราบ

แทนค่าลงในสูตร

$$\frac{1}{-2} = \frac{1}{v} + \frac{1}{5}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{-2} - \frac{1}{5}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{-5 - 2}{10}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{-7}{10}$$

$$v = \frac{10}{-7} = -1.43 \text{ ฟุต}$$

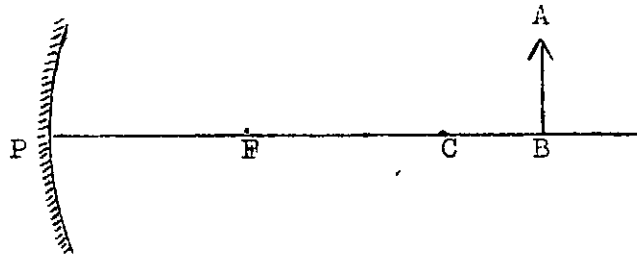
ตอบ ภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพ _____ อยู่ทีหลัง _____ ของกระจก ห่างจาก

กระจก _____ ฟุต

92.

การวาดภาพด้วยกล้องถ่ายภาพแบบฉายภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง

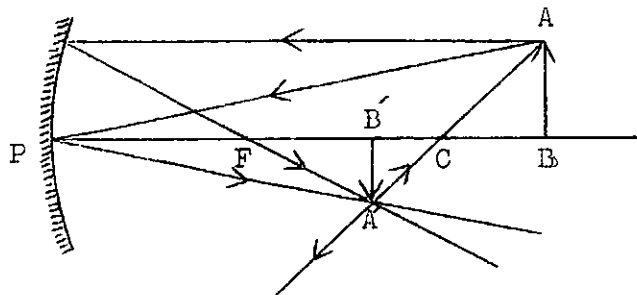
ให้ AB เป็นวัตถุวางไว้หน้ากระจกเงา ซึ่งมีขั้วกระจกอยู่ที่ P มีจุดโฟกัสอยู่ที่ F และมีจุดศูนย์กลางความโค้งอยู่ที่ C ดังรูป



(ต่อกรอบที่ 93)

93.

จากกรอบที่ 92 แสงจากวัตถุจะเปลี่ยนไปยังกระจกแล้วสะท้อนไปรวมกัน ทำให้เกิดภาพ $A'B'$ ดังรูป



(ต่อกรอบที่ 94)

94.

ถ้าได้ u คือระยะวัตถุ
 v คือระยะภาพ
 O คือขนาดของวัตถุ
 I คือขนาดของภาพ

เมื่อพิจารณาจากกรอบที่ 93

ระยะวัตถุหรือ u คือระยะ PB
 ระยะภาพหรือ v คือระยะ ____
 ขนาดของวัตถุหรือ O คือระยะ AB
 ขนาดของภาพหรือ I คือระยะ ____

95.

พิจารณาจากรูปใบประกอบที่ 94

$\triangle ABP$ และ $\triangle A'B'P$ คล้ายกัน

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{PB}{P'B'} \text{ ----- (1)}$$

โดยที่ $A'B'$ คือขนาดของภาพ แทน AB คือขนาดของวัตถุ แทน PB คือระยะภาพ และ $P'B'$ คือระยะวัตถุ ความสัมพันธ์ทางสมการ (1) จะได้ว่า

$$\frac{\text{ขนาดของภาพ}}{\text{ขนาดของวัตถุ}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

(ข้อกรณฑ์ 96)

96.

จากกรณฑ์ 95 ได้ความสัมพันธ์ว่า

$$\frac{\text{ขนาดของภาพ}}{\text{ขนาดของวัตถุ}} = \frac{\text{ระยะภาพ}}{\text{ระยะวัตถุ}}$$

อัตราส่วน $\frac{\text{ขนาดของภาพ}}{\text{ขนาดของวัตถุ}}$ นี้เรียกว่า การขยายขนาด (magnifying)

ดังนั้นจึงเขียนความสัมพันธ์ได้ว่า

การขยายขนาด	=	$\frac{\text{ขนาดของภาพ}}{\text{ขนาดของวัตถุ}}$	=	$\frac{\text{ระยะภาพ}}{\text{ระยะวัตถุ}}$	--- (2)
-------------	---	---	---	---	---------

(ข้อกรณฑ์ 97)

97.

จากกรอบที่ 96 ให้ความสัมพันธ์ว่า

$$\text{การขยายขนาด} = \frac{\text{ขนาดของภาพ}}{\text{ขนาดของวัตถุ}} = \frac{\text{ระยะภาพ}}{\text{ระยะวัตถุ}} \text{ ---- ②}$$

เมื่อแทนการขยายขนาดด้วย m แทนขนาดของภาพด้วย I แทนขนาดของวัตถุด้วย O แทนระยะภาพด้วย v และแทนระยะวัตถุด้วย u ความสัมพันธ์ตามสมการ ② จะเขียนได้เป็น

$$m = \frac{I}{O} = \underline{\hspace{2cm}}$$

(ถกกรอบที่ 98)

98.

จากกรอบที่ 97 ให้ความสัมพันธ์ว่า

$$m = \frac{I}{O} = \frac{v}{u} \text{ ---- ③}$$

ความสัมพันธ์ตามสมการ ② หรือ ③ นี้ เป็นสูตรที่ใช้สำหรับการขยายขนาดของภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง

หมายเหตุ

การหาสูตรสำหรับคำนวณหาการขยายขนาดของภาพ ที่เกิดจากกระจกโค้งที่แสดงมานี้เป็น การหาสูตรโดยใช้กระจกเงา ถ้าใช้กระจกนูนก็สูตรที่ตนเองได้บอกและได้บอกเช่นเดียวกัน

99.

การหาสูตรคำนวณค่าเวกเตอร์การขยายขนาดของภาพที่เกิดจากกระจกเงา โดย

จากสูตร $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$

จากสูตร $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$

$\frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u}$

$\frac{1}{v} = \frac{u - f}{fu}$

$\frac{u}{v} = \frac{u - f}{f}$

$\frac{v}{u} = \underline{\hspace{2cm}}$

(ข้อสอบปี 100)

100.

จากข้อ 99 ได้ว่า สัมพันธ์ว่า

$$\frac{v}{u} = \frac{f}{u - f} \text{ ----- ①}$$

เราทราบว่า $\frac{v}{u}$ คือ m เมื่อแทน $\frac{v}{u}$ ด้วย m ลงในความสัมพันธ์

ตามสมการ ① จะได้ว่า

$$m = \frac{f}{u - f}$$

ซึ่งก็คือสูตรสำหรับคำนวณการขยายขนาดของภาพที่เกิดจากกระจกเงาตัวเอง

101.

เราทราบว่าสูตรการขยายขนาดของภาพที่เกิดขึ้นจากกระจกโค้งขึ้นอยู่กับ
 วัตถุที่อยู่ใกล้หรือไกล $m = \frac{I}{O} = \frac{v}{u}$ และสูตร $m = \frac{f}{u - f}$
 ถ้าวัตถุอยู่ไกลจากสูตรทั้งสองนี้ จะเป็นตัวเลขที่บอกขนาดของภาพที่เกิดขึ้น
 ขนาดเล็กกว่าวัตถุ

102.

โจทย์ กระจกวัตถุสูง 2 นิ้ว วางไว้หน้ากระจกแล้ว ทำให้เกิดภาพเสมือนของวัตถุ
 ขึ้นด้านหลังกระจกขนาดสูง 4 นิ้ว ภาพที่เกิดขึ้นเป็นการขยายขนาดเท่าใด

วิธีทำ

จากสูตร	$m =$	$\frac{I}{O}$
จากโจทย์	$I =$	4 นิ้ว
	$O =$	2 นิ้ว
	m	การขยาย

ขนาดภาพ กระจกนูน

$$m = \frac{4}{2} = 2 \text{ เท่า}$$

ตอบ ภาพที่เกิดขึ้นเป็นการขยายขนาด 2 เท่า

199.

โจทย์ เมื่อวางวัตถุไว้หน้ากระจกนูน โดยวางห่างจากกระจก 3 ฟุต ทำให้เกิดภาพเสมือนของวัตถุอยู่หน้ากระจกห่างจากกระจกเป็นระยะ 1 ฟุต ภาพที่เกิดขึ้นนี้เป็นการขยายขนาดเท่าใด

วิธีทำ

จากโจทย์

$$m = \frac{v}{u}$$

$$v = 1 \quad \text{ฟุต}$$

$$u = 3 \quad \text{ฟุต}$$

$$m = \frac{1}{3} \quad \text{จากการวาง}$$

แทนค่าในสูตร

$$m = \frac{1}{3} = .33 \quad \text{เท่า}$$

ตอบ ภาพที่เกิดขึ้นมีการขยายขนาด 0.33 เท่า

104.

การฉายภาพการขยายขนาดของภาพที่เกิดจากกระจกโค้ง โดยให้สูตร $m = \frac{f}{u - f}$ เมื่อแทนค่า m , f แล้ว u เป็นตัวเลขลงในสูตร จะต้องเขียนเครื่องหมายกำกับลงไปให้เท่าตัว
เลขนั้นเสมอ

ถ้าเขียนเครื่องหมายกำกับหน้าตัวเลข เวลาแทนค่า f หรือ u ให้ไว้
หลักแรกเช่นเดียวกับที่เลขค่า u ในกรณีที่ 24 ถ้าเป็นกระจกเว้าค่าของ f จะเป็นบวก
ถ้าเป็นกระจกนูนค่าของ f จะเป็นลบ ส่วนค่าของ u จะเป็นบวกเสมอ

การเขียนเครื่องหมายกำกับหน้าตัวเลข เวลาแทนค่า m ให้พิจารณาจากภาพของวัตถุ
ถ้าใจอยุ่ด้านหน้า ถ้าเป็นค่าจริงค่าของ m จะเป็นบวก ถ้าเป็นค่าเสมือนค่าของ m จะเป็นลบ

105.

ถ้าใจอยุ่ด้านหลังภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจกเป็นภาพจริง เมื่อแทนค่า m เป็น
ค่าของในสูตร $m = \frac{f}{u - f}$ ค่าของตัวเลขที่แทนเองเป็นสูตร จะต้องมีเครื่องหมายเป็น

106.

ถ้าใจอยุ่ด้านหน้าภาพของวัตถุที่เกิดจากกระจกเป็นภาพเสมือน เมื่อแทนค่า m
เป็นตัวเลขในสูตร $m = \frac{f}{u - f}$ ค่าของตัวเลขที่แทนเองเป็นสูตร จะต้องมีเครื่องหมาย
เป็น _____

107.

โจทย์ เมื่อวางวัตถุห่างจากกระจกโค้ง 5 นิ้ว ทำให้เกิดภาพเสมือนของวัตถุ ขยายขึ้นเป็น 3 เท่า กระจกโค้งนี้มีความยาวโฟกัสเท่าไร และเป็นกระจกชนิดไหน

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \text{จากสูตร} \quad m &= \frac{f}{u - f} \\ m &= -3 && \text{เท่า} \\ u &= 5 && \text{นิ้ว} \\ f & && \text{จุดรวมการทาบ} \end{aligned}$$

แทนค่าลงในสูตร

$$\begin{aligned} -3 &= \frac{f}{5 - f} \\ -15 + 3f &= f \\ 2f &= 15 \end{aligned}$$

$$f = \frac{15}{2} = 7.5 \quad \text{นิ้ว}$$

ตอบ กระจกโค้งนี้เป็กระจก _____ มีความยาวโฟกัส _____ นิ้ว

108.

โจทย์ กระจกนูนมีความยาวโฟกัส 4 นิ้ว ถ้าวางวัตถุไว้หน้ากระจก โดยวาง
ต่างจากระยะโฟกัส 6 นิ้ว ภาพที่เกิดขึ้นจากกระจกจะมีการขยายขนาดเท่าไร

วิธีทำ

จากสูตร $m = \frac{f}{u - f}$

จากโจทย์ $f = -4$ นิ้ว

$u = 8$ นิ้ว

m ของการขยาย

แทนค่าลงในสูตร

$$m = \frac{-4}{8 - (-4)}$$

$$m = \frac{-4}{8 + 4}$$

$$m = -\frac{4}{12}$$

$$m = -\frac{1}{3}$$

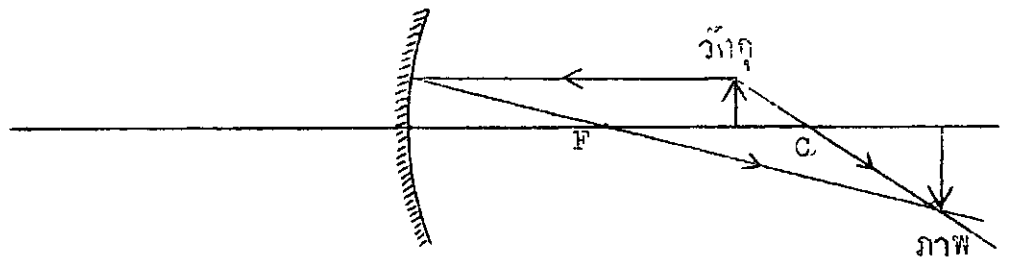
ตอบ ภาพที่เกิดขึ้นจะมีการขยายขนาด _____ เท่า

10.

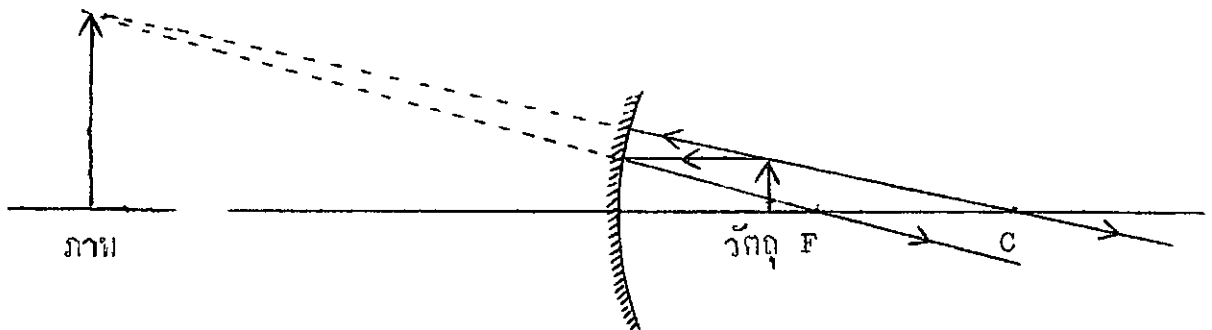
โจทย์ วัตถุจริงอยู่หน้ากระจกเงา ทำให้เกิดภาพจริงของวัตถุมีขนาดขยายขึ้นเป็น 4 เท่าของวัตถุ เมื่อเลื่อนวัตถุใกล้กระจกเข้าไป 10 เซนติเมตร ภาพที่ได้นั้นมีขนาดขยายเป็น 4 เท่าของวัตถุอีก แต่เป็นภาพเสมือน วงศาความยาวโฟกัสของกระจก

วิธีทำ เพื่อความสะดวกในการหาโจทย์แบบนี้ จะถ่วงวาดรูปคร่าว ๆ ตามที่โจทย์กำหนดเสียก่อน รูปที่เราหาพบอยู่ 2 รูปดังนี้

ก. เมื่อวัตถุใกล้กระจกเงา ทำให้เกิดภาพจริง มีขนาดขยายขึ้นเป็น 4 เท่า เขียนรูปคร่าว ๆ ได้ดังนี้



ข. เมื่อเลื่อนวัตถุใกล้กระจกเข้าไป 10 เซนติเมตร ทำให้เกิดภาพเสมือน มีขนาดขยาย 4 เท่า เขียนรูปคร่าว ๆ ได้ดังนี้



การคำนวณ

เมื่อวางวัตถุไว้กลางกระจกแล้วทำให้เกิดภาพจริงในแนวสายตาเป็น 4 เท่า
ของวัตถุ ถ้าให้ u_1 เป็นระยะวัตถุ และให้ v_1 เป็นระยะภาพ การคำนวณหาระยะภาพ
ทำได้ดังนี้

$$\text{จากกฎ } \frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

$$\text{ให้ค่า } \frac{1}{f} = 4$$

$$u = u_1$$

$$v = v_1$$

แทนค่าลงในสูตร

$$4 = \frac{1}{u_1} + \frac{1}{v_1}$$

$$v_1 = 4 u_1$$

เมื่อคำนวณค่าระยะวัตถุและระยะภาพแล้ว การคำนวณหาความยาวโฟกัสของกระจก
ทำได้ดังนี้

$$\text{จากสูตร } \frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

$$\text{ให้ค่า } u = u_1$$

$$v = v_1 = 4 u_1$$

$$f = \text{ต้องการหา}$$

แทนค่าลงในสูตร

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{4 u_1} + \frac{1}{u_1} \text{ ----- (1)}$$

เมื่อใช้เลนส์รวมการหักเหที่ 10 เซนติเมตร ทำให้เกิดภาพเสมือนมีขนาดขยาย
ซึ่งเป็น 4 เท่าของวัตถุ จาใช้ u_2 เป็นระยะวัตถุ การคำนวณหาระยะภาพทำได้ดังนี้

$$\text{จากสูตร} \quad m = \frac{v}{u}$$

$$\text{ในที่นี้} \quad m = 4$$

$$u = u_2 = u_1 - 10$$

$$v = v_2$$

แทนค่าใน ๑ ลงในสูตร

$$4 = \frac{v_2}{u_1 - 10}$$

$$v_2 = 4(u_1 - 10)$$

เมื่อใช้เลนส์รวมการหักเหที่ 10 เซนติเมตร ทำให้เกิดภาพเสมือนมีขนาดขยาย
ทำได้ดังนี้

$$\text{จากสูตร} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$$

$$\text{ในที่นี้} \quad u = u_1 - 10$$

$$v = v_2 = -4(u_1 - 10)$$

$$f = \text{ของกระจก}$$

แทนค่าใน ๑ ลงในสูตร

$$\frac{1}{f} = - \frac{1}{4(u_1 - 10)} + \frac{1}{u_1 - 10} \quad \text{-----} \textcircled{2}$$

สมการ ① กับสมการ ② เท่ากัน

$$\begin{aligned}\frac{1}{4u_1} + \frac{1}{u_1} &= \frac{1}{4(u_1 - 10)} + \frac{1}{(u_1 - 10)} \\ \frac{1 + 4}{4u_1} &= \frac{-1 + 4}{4(u_1 - 10)} \\ \frac{5}{u_1} &= \frac{3}{u_1 - 10} \\ u_1 &= 25 \quad \text{เซนติเมตร}\end{aligned}$$

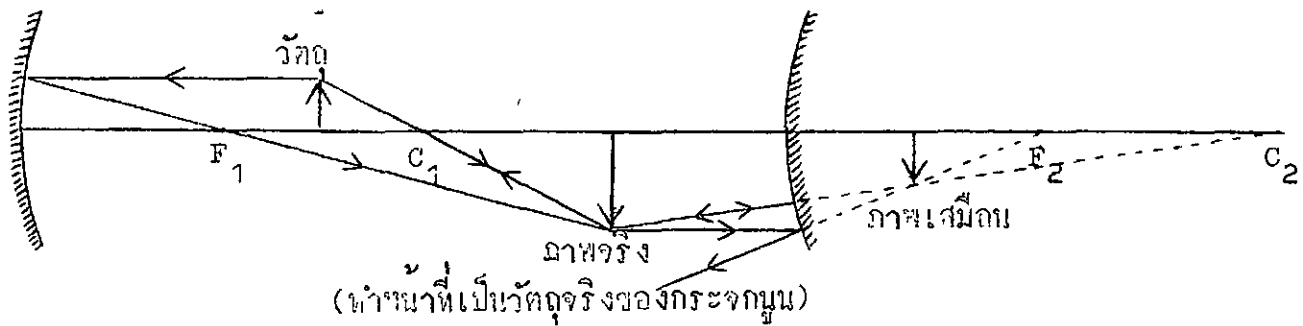
แทนค่า u_1 ใน ①

$$\begin{aligned}\frac{1}{f} &= \frac{1}{100} + \frac{1}{25} \\ \frac{1}{f} &= \frac{1}{20} \\ f &= 20 \quad \text{เซนติเมตร}\end{aligned}$$

ตอบ กว้างยาวไปใกล้ของกระจกเท่ากับ เซนติเมตร

โจทย์ กระจกเงาความยาวโฟกัส 10 เซนติเมตรกับกระจกนูนความยาวโฟกัส 15 เซนติเมตร วางให้ผิวสะท้อนหันเข้าหากันและห่างกัน 40 เซนติเมตร กระจกทั้งสองมีแกนमुखสำคัญร่วมกัน ถ้าวัตถุอยู่ในระนาบที่กระจกทั้งสองมีโดยมีแสงจากกระจกเงา 15 เซนติเมตร จงหาภาพ และระยะที่วัตถุทำให้เกิดขึ้นเวลาการสะท้อนสองครั้ง โดยให้ตั้งอยู่ที่กระจกเงาก่อน

วิธีทำ เมื่อวางกระจกให้ตรงทำให้ง่ายขึ้นโดยจะเปลี่ยนรูปดังนี้จากราว ๆ ดังนี้



โจทย์ข้อนี้กำหนดให้แสงเดินทางไปตกกระทบบนที่กระจกเงาแล้วสะท้อน ทำให้เกิดภาพจริงของวัตถุขึ้นที่ด้านหน้าของกระจกเงา ดังรูป ภาพจริงของวัตถุที่เกิดจากกระจกเงาจะทำหน้าที่เป็นวัตถุจริงของกระจกนูน แสงจากวัตถุจริงนี้จะเดินทางไปตกกระทบบนที่กระจกนูนแล้วสะท้อน ทำให้เกิดภาพเสมือนของวัตถุจริงขึ้นดังรูป

การคำนวณหาตำแหน่งของภาพที่เกิดขึ้นทำได้ดังนี้

การผสมเลนส์ที่ 1 ที่ระยะไกล

การวางวัตถุระยะไกลกว่าจุดรวมจะทำให้ได้จริง

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$$

$$f = 10 \quad \text{เมตริกเซน}$$

$$u = 15 \quad \text{เมตริกเซน}$$

$$v = \quad \text{ต้องการหา}$$

แทนค่าลงในสูตร

$$\frac{1}{10} = \frac{1}{v} + \frac{1}{15}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{10} - \frac{1}{15}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{3 - 2}{30}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{30}$$

$$v = 30 \quad \text{เมตริกเซน}$$

จากการผสมเลนส์ที่ 1 ที่ระยะไกล จะเกิดภาพจริงอยู่ห่างจากกระจกเงา

30 เมตริกเซน

การรวมกระจกที่ ๑ และ ๒

การคำนวณ ระยะยาวที่เกิดจากกระจกนี้ ทำได้ดังนี้

$$\text{จากสูตร} \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$$

$$\text{ให้} \quad f = -15$$

แนวทิศ

$$u = 40 - 30 = 10$$

แนวทิศ

$$v = \text{ต้องการหา}$$

แทนค่าลงในสูตร

$$-\frac{1}{15} = \frac{1}{v} + \frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{v} = -\frac{1}{15} - \frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{-2 - 3}{30}$$

$$\frac{1}{v} = -\frac{5}{30}$$

$$v = -6$$

แนวทิศ

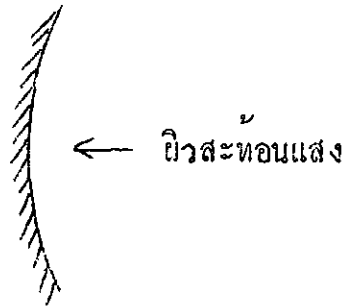
จากการคำนวณครั้งที่ ๒ ที่กระจกนี้ จะเกิดภาพเพิ่มเติมจากกระจกนี้

ห่างจากกระจกนี้ ระยะ _____ แนวทิศ

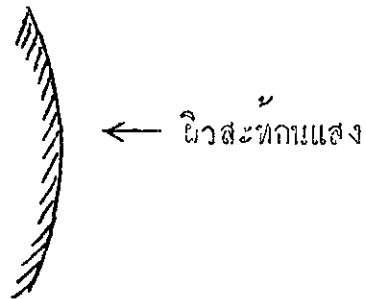
ตอบ

คำตอบที่ถูกต้องของแบบ เรียบโปรแกรม เรื่องการ สะท้อนแสงที่กระจกโค้ง

4.



5.



7.

ก. การสะท้อนแสงที่กระจกเว้าหรือกระจกนูนเป็นไปตามกฎการสะท้อนแสงทุกประการ

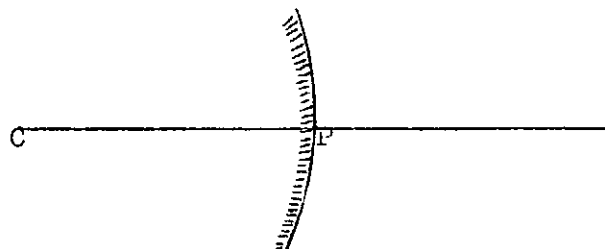
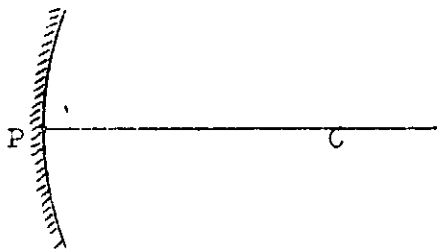
9.

จุดศูนย์กลางความโค้ง

11.

ซากกระจก

12.



14.

วัตถุ 'กึ่งจุด' ใต้

16.

จริง
เสมอ

18.

ตั้งฉาก
กับ

20.

PC

AC

21.

รัศมีความโค้ง

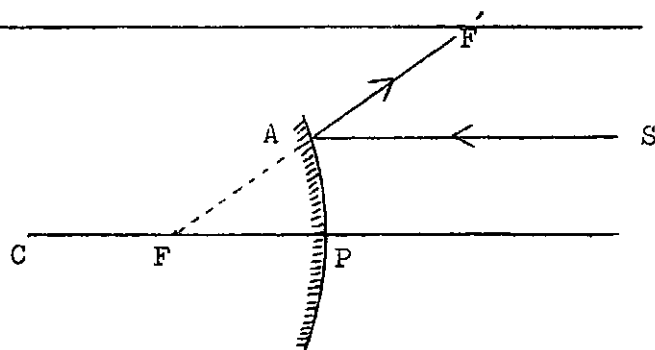
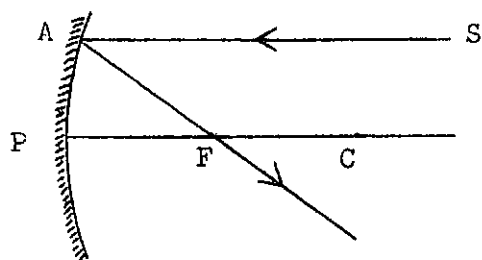
23.

เส้นปกติ

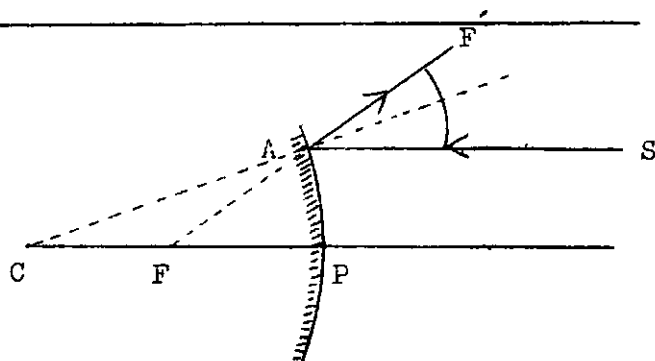
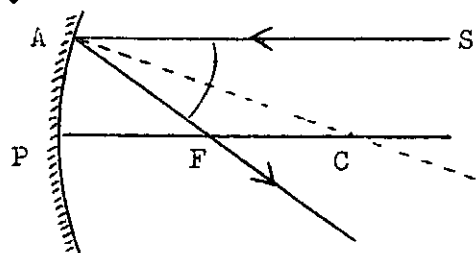
24.

20

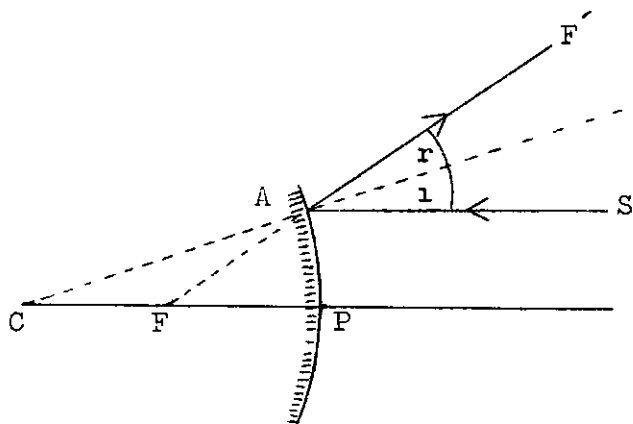
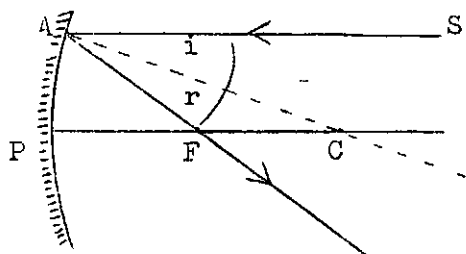
25.



26.



27.



29.

ACF

30.

FC

31.

PF

32.

FC

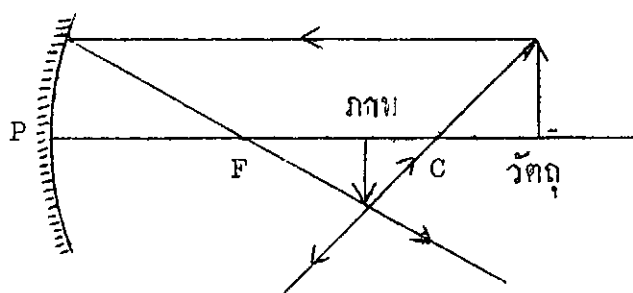
33.

PF

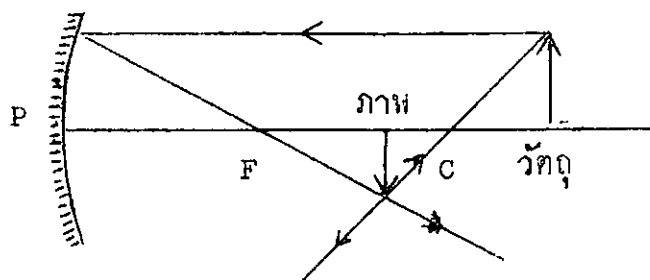
34.

f

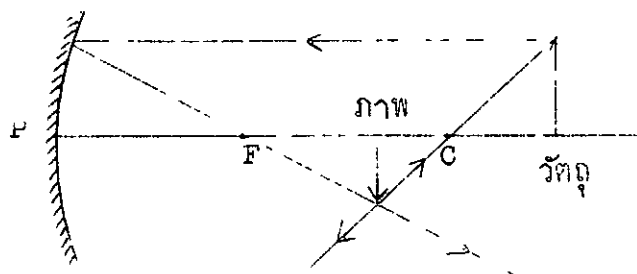
40.



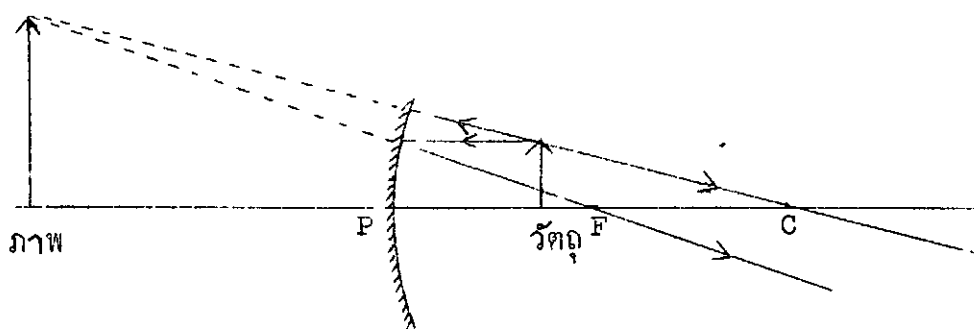
41.



42.



48.



49.

รูปเช่นเดียวกับกรอบที่ 48

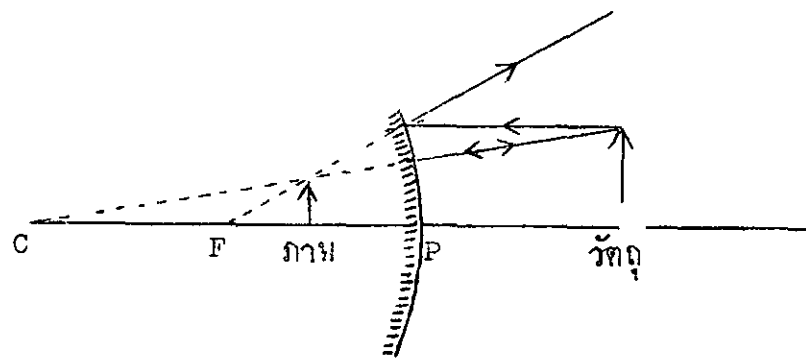
50.

รูปเช่นเดียวกับกรอบที่ 48

51.

รูป vẽเกี่ยวกับกฎข้อที่ 48

56.



57.

รูป วาดเกี่ยวกับกฎข้อที่ 56

58.

รูป วาดเกี่ยวกับกฎข้อที่ 56

60.

รูปปลา

61.

วิ่ง

ก๊วย

62.

วิ่ง

ก๊วย

63.

วิ่ง

ก๊วย

64.

ระบะอ้นเก้

65.

เตมีฮ่า

คั้ง

ไผ่ กวาวัวตุ

66.

ถึง

67.

จุดโฟกัส

68.

ได้มโน

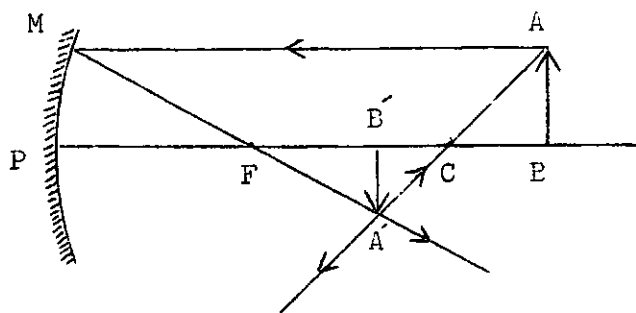
ถึง

เล็กกว่าวัตถุ

69.

เท่ากับวัตถุ

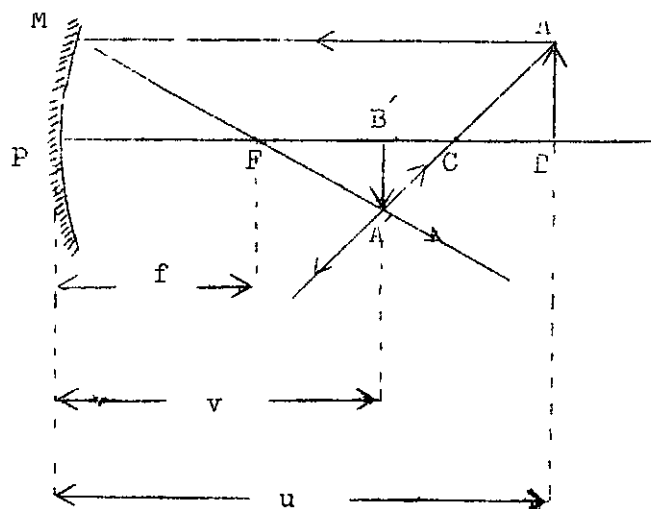
71.



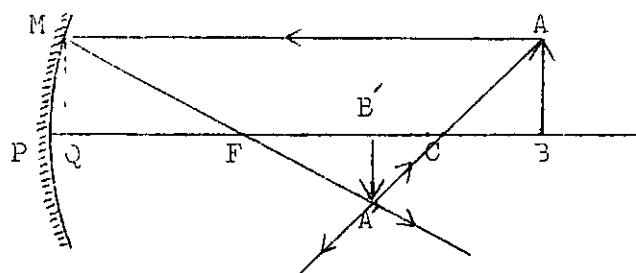
72.

PB'

73.



74.



75.

BC
CB

76.

BC
CB

77.

$$\frac{\frac{BC}{CB}}$$

78.

$$\frac{PB}{PB}$$

$$\frac{PC}{PC}$$

79.

$$\frac{PC-PB}{PC-PB}$$

$$\frac{PB-PC}{PB-PC}$$

80.

$$\frac{2f-v}{u-2f}$$

81.

$$\frac{f(2f-v)}{f(2f-v)}$$

82.

$\frac{1}{n}$

85.

บวก

86.

บวก

87.

ลบ

88.

จริง

89.

เสมือน

90.

จริง

หนา

5.25

91.

$$\frac{1.42}{1.42}$$

$$\frac{1.42}{1.42}$$

$$\frac{1.42}{1.42}$$

94.

$$\frac{PB}{AB}$$

$$\frac{AB}{AB}$$

95.

$$\frac{r}{r}$$

$$\frac{r}{r}$$

97.

$$\frac{v}{u}$$

99.

$$\frac{f}{u-f}$$

102.

$$\frac{2}{2}$$

103.

$$\frac{33}{33}$$

105.

111

106.

11

107.

111

7.5

108.

$\frac{1}{3}$

109.

20

110.

6

เรื่อง การส่องสว่าง (Illumination)

1.

วัตถุต่าง ๆ เช่น โคมไฟที่กำลังจุดสว่าง หลอดไฟฟ้ายี่ห้อกำลังจุดสว่าง และดวงอาทิตย์
สว่าง แต่เมื่อวัตถุก้าวขึ้น เราจะสามารถมองเห็นแสงสว่างออกมาจากตัวเองได้

การมองเห็นการเปล่งแสงสว่างออกมาจากตัวเองของวัตถุก้าวขึ้น
เราเรียกว่า กำลังส่องสว่าง (Illuminating Power)

2.

ดวงอาทิตย์ในการเปล่งแสงสว่างออกมาจากตัวเองของวัตถุก้าวขึ้นแสง เรียกว่า

3.

ถ้าวัตถุก้าวขึ้นสามารถเปล่งแสงสว่างออกมาจากตัวเองได้มาก เราเรียกว่า วัตถุ
ก้าวขึ้นมีกำลังส่องสว่างมาก และถ้าวัตถุก้าวขึ้นสามารถเปล่งแสงสว่างออกมาจากตัวเอง
ได้น้อย เราเรียกว่า วัตถุก้าวขึ้นมีกำลังส่องสว่างน้อย

4.

หลอดไฟฟ้ายี่ห้อ 20 วัตต์ และ 40 วัตต์ ถูกจุดให้สว่างขึ้นทั้งดวงหลอด หลอดไฟฟ้ายี่ห้อ
ดวงไหน จะมีกำลังส่องสว่างมากกว่ากัน

ก. หลอดไฟฟ้ายี่ห้อ 20 วัตต์มีกำลังส่องสว่างมากกว่าหลอดไฟฟ้ายี่ห้อ 40 วัตต์

ข. หลอดไฟฟ้ายี่ห้อ 40 วัตต์มีกำลังส่องสว่างมากกว่าหลอดไฟฟ้ายี่ห้อ 20 วัตต์

5.

กำลังของหลอดกำเนิดแสงนี้ หน่วยเป็น กำลังเทียน (Candle Power)

โดยกำหนดว่า

กำลังส่องสว่าง 1 กำลังเทียน คือ กำลังส่องสว่างของเทียนไขมาตรฐานหนึ่งเล่ม
ที่ค่าด้วยไขปลาวาฬบริสุทธิ์ 1 ปอนด์ ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง $\frac{7}{8}$ นิ้ว และใช้
ไขเทียนไขเล่มหนึ่งชั่วโมงจะ 120 เกรน (7.776 กรัม)

6.

กำลังส่องสว่างของหลอดกำเนิดแสงนี้ หน่วยเป็น _____

7.

เทียนไขมาตรฐานเล่มหนึ่ง ค่าด้วยไขปลาวาฬบริสุทธิ์หนัก $\frac{1}{6}$ ปอนด์ มีเส้นผ่าศูนย์กลาง
 $\frac{7}{8}$ นิ้ว และใช้ไขเล่มหนึ่งชั่วโมงจะ 120 เกรน ถ้าจุดเทียนเล่มนี้ขึ้น เทียนเล่มนี้จะมีกำลัง
ส่องสว่าง _____ กำลังเทียน

8.

เมื่อวัดเทียนไขมาตรฐานที่กล่าวถึงในตอนที่ 5 นี้กำลังส่องสว่างในหน่วย คังนิน
ในสมัยก่อนจะมีอีกวิธี หากอาศัยของแท่งประติมากรรมสร้างตะเกียงมาตรฐาน ซึ่งมีกำลัง
ส่องสว่างที่แน่นอน เมื่อใช้เปรียบเทียบกำลังส่องสว่างของหลอดกำเนิดแสงทั่วไป

ตะเกียงมาตรฐานที่มีก๊วยทาสตรสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบ
กำลังส่องสว่างที่เราควรทราบก็คือ

1. ตะเกียงเวอร์นอน - ฮาร์กอต เพนเทน (Vernon-Harcourt Pentane)

2. ตะเกียงเฮเฟอร์ (Hefner Alterneck)

9.

ตะเกียงเวอร์นอน - ฮาร์กอต เทนเตน มีกำลังส่องสว่าง 10 กำลังเทียนสากล
(International Candle Power ซึ่งเขียนย่อว่า I.C.P.)

ไขว้ไขว้ มีกำลังเทียนสากลตามมาตรฐานของตะเกียงเวอร์นอน-ฮาร์กอต เทนเตน
เล็กใช้ถ่าน

10.

ตะเกียงเวอร์นอน - ฮาร์กอต เทนเตน มีกำลังส่องสว่างเท่าไร

ก. 1 I.C.P.

ข. 10 I.C.P.

11.

ตะเกียงเฮลเลอร์ มีกำลังส่องสว่าง 1 กำลังเทียนเฮลเลอร์ ซึ่งมีความหมาย
0.9 I.C.P.

12.

ขอความต่อไป ขอความใหม่เพื่อขอความให้ถูกต้อง

ก. ตะเกียงเวอร์นอน - ฮาร์กอต เทนเตน มีกำลังส่องสว่างมากกว่าตะเกียง
เฮลเลอร์

ข. ตะเกียงเฮลเลอร์ มีกำลังส่องสว่างมากกว่าตะเกียงเวอร์นอน - ฮาร์กอต
เทนเตน

15.

ลูเมน (Lumen) คืออะไร

ลูเมน (Lumen) คือหน่วยสำหรับวัดปริมาณแสงที่เปล่งออกมาจากวัตถุกำเนิดแสงในหนึ่งวินาที โดยกำหนดว่า

ปริมาณของลูเมน คือ ปริมาณแสงที่เปล่งออกมาจากวัตถุกำเนิดแสงหนึ่งกำลังเทียน
ในวงกลมจุดศูนย์กลางของทรงกลมรัศมีหนึ่งเมตร ไปตกบนหนึ่งหน่วยพื้นที่บนผิวทรงกลมนี้ในเวลา
หนึ่งวินาที

การวัดปริมาณของลูเมนอาจใช้ทรงกลมรัศมีหนึ่งเมตร และพื้นที่ผิวของ
ทรงกลมหนึ่งตารางเมตร ที่ผิวของทรงกลมรัศมีหนึ่งเมตรจะขึ้นที่ผิวของทรงกลมหนึ่งตารางฟุต หรือ
หน่วยอย่างอื่นก็ได้

16.

วัตถุกำเนิดแสง 1 กำลังเทียน วาง ณ จุดศูนย์กลางของทรงกลมหนึ่งรัศมี
1 เซนติเมตร วัตถุกำเนิดแสงนี้จะเปล่งแสงไปตกบนพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร บนผิวของ
ทรงกลมนี้ในเวลา 1 วินาที ได้เท่ากับ — ลูเมน

17.

วัตถุทำเงาตรง 1 กำลังเขียน วาด ๓ จุดศูนย์กลางของทรงกลม ๑ นิ้วรัศมี
1 เมตร ถ้าจุดเงาตรงนี้จะเปลี่ยนไปภายในหนึ่งปี การวางเบรคบนผิวของทรงกลมนี้
ได้เท่ากับ _____

18.

วงเวียนกำลังเขียนของปริมาตรหนึ่งลูกบาศก์

19.

เราทราบแล้วว่า สูตรในการคำนวณหาพื้นที่ผิวทั้งหมดของทรงกลมคือ $A = 4\pi R^2$
เมื่อ A คือพื้นที่ผิวทั้งหมดของทรงกลม และ R คือรัศมีของทรงกลม
ถ้ารัศมีของทรงกลมยาวเท่ากับหนึ่งหน่วย ($R = 1$) ถ้าพื้นที่ผิวทั้งหมดของทรงกลมจะ
เท่ากับ _____

20.

จากปริมาณ ปริมาณแสงหนึ่งลูเมน คือ ปริมาณแสงที่เปล่งออกจากวัตถุทำเงาตรงหนึ่ง
กำลังเขียน วาด ๓ จุดศูนย์กลางของทรงกลม รัศมีหนึ่ง หน่วยไปตกบนหนึ่งหน่วยพื้นที่บนผิวทรงกลม
นี้ในเวลาหนึ่งวินาที

ตามวิชา ก. บนหนึ่งหน่วยพื้นที่บนผิวของทรงกลม จะมีปริมาณแสงไปตกเท่ากับ 1 ลูเมน
เมื่อพื้นที่ผิวทั้งหมดของทรงกลม เท่ากับ 4π ปริมาณแสงที่ไปตกบนพื้นที่ทั้งหมดของทรงกลม
เท่ากับเท่าไร

ก. 1 ลูเมน

ข. 4π ลูเมน

21.

ถ้านำวัตถุกำเนิดแสง P กำลังเขียน ไปวางที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมแทนวัตถุ
กำเนิดแสง P กำลังเขียน ความยาวของคลื่น จะมีปริมาณแสงไปตกบนพื้นที่ทั้งหมดของทรงกลม
เท่ากับเท่าใด

ก. 4π คูณ

ข. $4\pi P$ คูณ

22.

จากกรวย 1-20 และ 21 เราทราบแล้วว่าวัตถุกำเนิดแสง P กำลังเขียน ซึ่งวาง
ที่จุดศูนย์กลางของ ทรงกลมจะเปล่งแสงไปตกที่พื้นผิวของทรงกลมรัศมีหนึ่งหน่วย ในหนึ่งวินาทีได้
เท่ากับ $4\pi P$ คูณ

ตามที่กล่าวมาข้างต้นแล้วรัศมีของทรงกลมจะไม่เท่ากับหนึ่งหน่วย ปริมาณแสงที่วัตถุ
กำเนิดแสง P กำลังเขียนจะเปล่งออกมาได้ในหนึ่งวินาทีก็ยังคงเท่ากับ $4\pi P$ คูณ
เพราะวงโคจรที่วงโคจรจะยอมเปล่งปริมาณแสงออกมาได้เท่ากับในเวลาเท่ากับ ไม่ว่านำไป
วางไว้ที่ใดก็ตาม

ดังนั้นสรุปได้ว่า วัตถุกำเนิดแสง P กำลังเขียน เปล่งแสงออกมาในหนึ่งวินาทีได้
เท่ากับ _____ คูณ

23.

การที่เราทราบว่า วัตถุกำเนิดแสง P กำลังเขียน เปล่งแสงออกมาในหนึ่งวินาทีได้
เท่ากับ $4\pi P$ คูณ ข้อความที่กล่าวมาข้างต้นจะไม่มีข้อความ "หนึ่งวินาที" อยู่ควย ความหมาย
ของข้อความที่กล่าวมานี้ก็ยังเหมือนเดิม เพราะข้อความ " $4\pi P$ คูณ" เป็นสิ่งที่ชี้ชัดอยู่แล้วว่า
วัตถุกำเนิดแสง P กำลังเขียน จะต้องเปล่งแสงออกมาในหนึ่งวินาที

24.

ถ้าให้ L เป็นปริมาณแสงที่เปล่งออกมาจากวัตถุกำเนิดแสง P กำลังเทียน
สูตรการคำนวณหาปริมาณแสงที่เปล่งออกมาจากวัตถุกำเนิดแสง P กำลังเทียน จะเขียนได้
เป็นอย่างไร

ก. $L = 4\pi$ คูณเม

ข. $L = 4\pi P$ คูณเม

25.

วัตถุ วางหน้าวัตถุกำเนิดแสง 20 กำลังเทียน จะเปล่งปริมาณแสงออกมาได้
เท่าไรในเวลา 1 วินาที

จากสูตร $L = 4\pi P$ คูณเม

จากโจทย์ $P = 20$ กำลังเทียน
 L ต้องการหา

แทนค่าลงในสูตร

$L = 4\pi \times 20 = 80\pi$ คูณเม

ตอบ วัตถุกำเนิดแสง 20 กำลังเทียนเปล่งแสงออกมาได้เท่ากับ 80π คูณเม

26.

โจทย์ จงหาว่าวัตถุกำเนิดแสง 100 กำลังเปลี่ยนแปลงปริมาณแสงออกมาได้เท่าไร
ในเวลา 1 วินาที

จากสูตร	$L = 4\pi P$	ลูเมน
จากโจทย์	$P = \frac{L}{4\pi}$	กำลังเทียน
	L	ต้องการหา

แทนค่าลงในสมการในสูตร

$$L = \frac{4\pi \times 100}{1} = 1256.64 \text{ ลูเมน}$$

ตอบ วัตถุกำเนิดแสง 100 กำลังเปลี่ยนแปลงแสงออกมาได้เท่ากับ 1256.64 ลูเมน

27.

โจทย์ จงหาว่าวัตถุกำเนิดแสง 500 กำลังเปลี่ยนแปลงปริมาณแสงออกมาได้เท่าไร
ในเวลา 1 วินาที

จากสูตร	$L = 4\pi P$	ลูเมน
จากโจทย์	$P = \frac{L}{4\pi}$	กำลังเทียน
	L	ต้องการหา

แทนค่าลงในสมการในสูตร

$$L = \frac{4\pi \times 500}{1} = 6283.19 \text{ ลูเมน}$$

ตอบ วัตถุกำเนิดแสง 500 กำลังเปลี่ยนแปลงแสงออกมาได้เท่ากับ 6283.19 ลูเมน

28.

ความเข้มของการส่องสว่าง (Intensity of Illumination) คืออะไร
 ความเข้มของการส่องสว่างบนผิววัตถุใด คือปริมาณแสงที่ตกตั้งฉากบนหนึ่งหน่วยพื้นที่
 ของผิววัตถุในเวลา 1 วินาที

ถ้า L เป็นปริมาณแสงที่ตกตั้งฉากบนผิววัตถุใด ๆ ในเวลา 1 วินาที

A เป็นพื้นที่ที่รับแสงตก

I เป็นความเข้มของการส่องสว่าง

จากนิยามของความเข้มของการส่องสว่าง (Intensity of Illumination)

สูตรการคำนวณหาความเข้มของการส่องสว่างจะเป็นอย่างไร

ก. $I = \frac{L}{A}$ อูเมก - การางหน่วย

ข. $I = \frac{L}{A}$ อูเมก/การางหน่วย

29.

โจทย์ กล้วยแสง 30 อูเมกตกตั้งฉากบนพื้นที่ 6 ตารางฟุตในเวลา 1 วินาที
 ความเข้มของการส่องสว่างบนพื้นที่นี้จะเท่ากับเท่าไร

จากสูตร $I = \frac{L}{A}$ อูเมก/การางหน่วย

จากโจทย์ $L = 30$ อูเมก

$A = 6$ การางฟุต

I ต้องการทราบ

แทนค่าลงในสูตร $I = \frac{30}{6} = 5$ อูเมก/การางฟุต

ตอบ ความเข้มของการส่องสว่างบนพื้นที่ตามโจทย์เท่ากับ 5 อูเมก/การางฟุต

30.

โจทย์ ลำโพง 1500 จูเบตตังจากบนพื้นที่ 10 ตารางเมตร ในเวลา 1 วินาที ความเข้มแสงการส่องสว่างบนพื้นที่นี้จะเท่ากับเท่าไร

จากสูตร $I = \frac{L}{A}$ จูเบต/ตารางหน่วย

จากโจทย์ $L = \underline{\hspace{2cm}}$ จูเบต

$A = \underline{\hspace{2cm}}$ ตารางเมตร

$I = \underline{\hspace{2cm}}$ จอของการทราบ

แทนค่าลงในสูตร

$I = \frac{\hspace{2cm}}{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$ จูเบต/ตารางเมตร

ตอบ ความเข้มแสงการส่องสว่างบนพื้นที่ตามโจทย์เท่ากับ จูเบต/ตารางเมตร

31.

โจทย์ แหล่งแสงหนึ่งมีความเข้มแสงการส่องสว่าง 10 จูเบต/ตารางฟุต ถ้าห้องมีกว้าง 5 ฟุต ยาว 8 ฟุต แหล่งที่บดกตั้งจากบนพื้นที่ห้องนี้ในเวลา 1 วินาทีจะเท่ากับเท่าไร

จากสูตร $I = \frac{L}{A}$ จูเบต/ตารางหน่วย

จากโจทย์ $I = 10$ จูเบต/ตารางฟุต

$A = 5 \times 8 = 40$ ตารางฟุต

$L = \underline{\hspace{2cm}}$ จอของการทราบ

แทนค่าลงในสูตร

$10 = \frac{L}{40}$

$L = 10 \times 40 = 400$ จูเบต

ตอบ แหล่งที่บดกตั้งจากบนพื้นที่ห้องนี้ในเวลา 1 วินาทีเท่ากับ จูเบต

32.

การกำหนดความเข้มของการส่องสว่าง มีวิธีทำได้ 2 วิธี ดังนี้

1. ในกรณีที่ทราบค่าปริมาตรแสง L คูณกับ ผลตั้งฉากกับพื้นที่ A หน่วยเรก

ไฮดร I = $\frac{L}{A}$ คูณกับ/หาร่างแนว กำหนดค่าความเข้มแสงการส่องสว่างนี้ได้

2. ในกรณีที่ทราบค่าเปิดแสง P กำลังแสงวางอยู่ ณ จุดศูนย์กลางของทรงกลม

รัศมี R หน่วย การหาความเข้มแสงการส่องสว่าง ณ ทุก ๆ จุดบนผิวในทรงกลมทำได้โดยวิธีที่แสดงต่อไปนี้ ในภาพที่ 35

33.

ในกรณีที่ทราบค่าเปิดแสง P กำลังแสงวางอยู่ ณ จุดศูนย์กลางของทรงกลมรัศมี

R หน่วย การหาความเข้มแสงการส่องสว่าง ณ ทุก ๆ จุดบนผิวในทรงกลมทำได้ดังนี้

จำนวนแสงทั้งหมดที่ตกตั้งฉากบนผิวในทรงกลม = $4 \pi P$ คูณ

และใช้พื้นที่ผิวในทรงกลมทั้งหมดที่ได้รับแสง = $4 \pi R^2$ หาร่างแนว

ความเข้มแสงการส่องสว่าง ณ ทุก ๆ จุดบนผิวในทรงกลม = $\frac{4 \pi P}{4 \pi R^2} = \frac{P}{R^2}$ คูณกับ/หาร่างแนว

ซึ่งในกรณีที่ทราบค่าเปิดแสง P กำลังแสงวางอยู่ ณ จุดศูนย์กลางของทรงกลม

รัศมี R หน่วย การหาความเข้มแสงการส่องสว่าง ณ ทุก ๆ จุดบนผิวในทรงกลมทำได้โดย

ไฮดร

$$I = \frac{P}{R^2}$$

คูณกับ/หาร่างแนว

เมื่อ I คือความเข้มแสงการส่องสว่าง ณ ทุก ๆ จุดบนผิวในทรงกลม

34.

เราทราบว่าโคมไฟที่มีวัตต์ค่าเปิดแสง P กำลังเพี้ยนวางอยู่ ณ จุดศูนย์กลางของทรงกลมรัศมี R หน่วย การหาความเข้มแสงการส่องสว่าง ณ ทุก ๆ จุดบนผิวในทรงกลมคำนวณได้โดยสูตร $I = \frac{P}{R^2}$

สำหรับสูตร $I = \frac{P}{R^2}$ นี้ เราสามารถนำไปใช้คำนวณหาความเข้มแสงการส่องสว่าง ณ จุดใด ๆ ที่อยู่ห่างจากโคมไฟเปิดแสง P กำลังเป็นเป็นระยะทาง R หน่วยได้อีกด้วย

35.

ถ้าแสง L หนึ่ง ตกตั้งฉากกับพื้นที่ A หน่วย การหาความเข้มแสงการส่องสว่างบนพื้นที่ A นั้นได้โดยสูตร $I = \frac{L}{A}$ คูณ/หารด้วย

36.

ถ้ามีรัศมีค่าเปิดแสง P กำลังเพี้ยนวางอยู่ ณ จุดศูนย์กลางของทรงกลมรัศมี R หน่วย การหาความเข้มแสงการส่องสว่าง ณ ทุก ๆ จุดบนผิวในทรงกลมคำนวณได้โดยสูตร $I = \frac{P}{R^2}$ คูณ/หารด้วย

37.

ถ้ามีรัศมีค่าเปิดแสง P กำลังเพี้ยนวางอยู่ การหาความเข้มแสงการส่องสว่าง ณ จุดใด ๆ ซึ่งห่างจากรัศมีค่าเปิดแสงเป็นระยะทาง R หน่วย คำนวณได้โดยสูตร $I = \frac{P}{R^2}$ คูณ/หารด้วย

38.

โจทย์ จงหาความเข้มแสงของการส่องสว่าง ณ จุดที่อยู่ห่างจากทางไฟ 20 กำลังเทียน,
เป็นระยะทาง 2 ฟุต

จากสูตร	$I = \frac{P}{R^2}$	ลูเมน/ตารางฟุต
จากโจทย์	$P = 20$	กำลังเทียน
	$R = 2$	ฟุต
	I	ต้องการหา

แทนค่าลงในสูตร

$$I = \frac{20}{2^2} = \frac{20}{4} = 5 \quad \text{ลูเมน/ตารางฟุต}$$

ตอบ ความเข้มแสงของการส่องสว่างตามจุดที่อยู่ห่างจากทางไฟกับ 5 ลูเมน/ตารางฟุต

39.

โจทย์ จงหาความเข้มแสงของการส่องสว่าง ณ จุดที่อยู่ห่างจากทางไฟ 750 กำลังเทียน,
เป็นระยะทาง 5 ฟุต

จากสูตร	$I = \frac{P}{R^2}$	ลูเมน/ตารางฟุต
จากโจทย์	$P =$ <u> </u>	กำลังเทียน
	$R =$ <u> </u>	ฟุต
	I	ต้องการหา

แทนค่าลงในสูตร

$$I = \frac{\quad}{\quad} = \frac{\quad}{\quad} = \quad \quad \text{ลูเมน/ตารางฟุต}$$

ตอบ ความเข้มแสงของการส่องสว่างตามจุดที่อยู่ห่างจากทางไฟกับ ลูเมน/ตารางฟุต

40.

โจทย์ วงทากวางเข้บแต่งการส่องสว่าง ณ จุดที่อยู่ห่างจากดวงไฟ 720 กำลังเทียน
เป็นระยะทาง 6 เมตร

จากสูตร $I = \frac{P}{R^2}$ คูณเมม/ตารางหน่วย

จากโวลต์ $P = \frac{I \times R^2}{1}$ กำลังเทียน

$R = \frac{P}{I}$ เมตร

I ทองการหา

แทนค่าต่าง ๆ ลงในสูตร

$I = \frac{P}{R^2} = \frac{720}{6^2} = 20$ คูณเมม/ตารางเมตร
ตอบ ทวงเข้บแต่งการส่องสว่างตามโจทย์ถามเท่ากับ 20 คูณเมม/ตารางเมตร

41.

โจทย์ จุดที่อยู่ห่างจากดวงไฟ 10 เมตร เป็นระยะทาง 10 เมตร มีกำลังเทียน
ของการส่องสว่าง 8 คูณเมม/ตารางเซนติเมตร ดวงไฟดวงนี้กำลังส่องสว่างเท่าไร

จากสูตร $I = \frac{P}{R^2}$ คูณเมม/ตารางหน่วย

จากโวลต์ $I = \frac{P}{R^2}$ คูณเมม/ตารางเซนติเมตร

$R = 10$ เซนติเมตร

P ทองการหา

แทนค่าต่าง ๆ ลงในสูตร

$$8 = \frac{P}{10^2}$$

$$P = 8 \times 10^2 = 800 \quad \text{กำลังเทียน}$$

ตอบ ดวงไฟดวงนี้กำลังส่องสว่าง 800 กำลังเทียน

40.

โจทย์ จงหาความเข้มของการส่องสว่าง ณ จุดที่อยู่ห่างจากดวงไฟ 720 กำลังเทียน
เป็นระยะทาง 6 เมตร

จากสูตร $I = \frac{P}{R^2}$ ลูเมน/ตารางหน่วย

จากโวลต์ $P = \frac{I \times R^2}{1}$ กำลังเทียน

$R = \frac{P}{I}$ เมตร

I ทองการหา

แทนค่าต่าง ๆ ลงในสูตร

$I = \frac{P}{R^2} = \frac{720}{6^2} = 20$ ลูเมน/ตารางเมตร

ตอบ ความเข้มของการส่องสว่างตามโจทย์เท่ากับ 20 ลูเมน/ตารางเมตร

41.

โจทย์ จุดที่อยู่ห่างจากดวงไฟดวงหนึ่งเป็นระยะทาง 10 เซนติเมตร มีความเข้ม
ของการส่องสว่าง 8 ลูเมน/ตารางเซนติเมตร ดวงไฟดวงนี้กำลังส่องสว่างเท่าไร

จากสูตร $I = \frac{P}{R^2}$ ลูเมน/ตารางหน่วย

จากโวลต์ $I = \frac{P}{R^2}$ ลูเมน/ตารางเซนติเมตร

$R = 10$ เซนติเมตร

P ทองการหา

แทนค่าต่าง ๆ ลงในสูตร

$8 = \frac{P}{10^2}$

$P = 8 \times 10^2 = 800$ กำลังเทียน

ตอบ ดวงไฟดวงนี้กำลังส่องสว่าง 800 กำลังเทียน

42.

จากสูตรการหาความเข้มของการส่องสว่าง $I = \frac{P}{R^2}$ คูณเมบ/การวางหน่วย
ซึ่งเป็นการหาความเข้มของการส่องสว่าง ณ จุดใด ๆ ที่อยู่ห่างจากวัตถุกำเนิดแสง P
กำลังเป็นระยะทาง R ด้วย
ถ้าให้ $R = 1$ และบ่งลงในสูตร จะได้ว่า $I = \frac{P}{1^2}$ คูณเมบ/การวางหน่วย

(ข้อกรวยที่ 43)

43.

จากกรณีที่ 42 จะเห็นว่าเมื่อให้ $R = 1$ และบ่งลงในสูตรจะได้ว่า
 $I = P$ คูณเมบ/การวางหน่วย
ซึ่งในที่นี้ P คือ กำลังของวัตถุกำเนิดแสง P กำลังเป็นระยะทาง
1 หน่วย ความเข้มของการส่องสว่างจะเท่ากับกำลังส่องสว่างของวัตถุกำเนิดแสงพอดี

(ข้อกรวยที่ 44)

44.

จากกรณีที่ 42 และ 43 เราอาจให้คำนิยามของกำลังส่องสว่างของวัตถุกำเนิด
แสงได้ว่า
กำลังส่องสว่างของวัตถุกำเนิดแสงมีค่าเท่ากับควมเข้มของการส่องสว่างระยะ
หนึ่งหน่วยจากวัตถุกำเนิดแสงนั้น

45.

วัตถุที่อยู่ห่างจากตัวไป 60 กำลังเขียน เป็นระยะทาง 1 เมตร จะมีควม
เข้มของการส่องสว่างเท่ากับ ____ คูณเมบ/การวางหน่วย

46.

ที่จุดซึ่งอยู่ห่างจากดวงไฟดวงหนึ่งไประยะทาง 1 ฟุต มีความเข้มแห่งการส่องสว่าง 25 คูเบก/ตารางฟุต ดวงไฟดวงนี้มีกำลังส่องสว่าง ____ กำลังเทียน

47.

ดวงไฟ 12 กำลังเทียนทำให้เกิดความเข้มแห่งการส่องสว่าง 12 คูเบก/ตารางเซนติเมตร ณ จุดที่อยู่ห่างจากดวงไฟไประยะทาง ____ เซนติเมตร

48.

ดวงไฟ 1 กำลังเทียน จะทำให้เกิดความเข้มแห่งการส่องสว่างที่จุดซึ่งอยู่ห่างจากดวงไฟเป็นระยะทาง 1 ฟุต ใกล้เคียงกับ ____ คูเบก/ตารางฟุต

49.

ดวงไฟ 1 กำลังเทียนจะทำให้เกิดความเข้มแห่งการส่องสว่างที่จุดซึ่งอยู่ห่างจากดวงไฟไประยะทาง 1 เมตร ใกล้เคียงกับ ____ คูเบก/ตารางเมตร

50.

ดวงไฟ 1 กำลังเทียน จะทำให้เกิดความเข้มแห่งการส่องสว่างที่จุดซึ่งอยู่ห่างจากดวงไฟเป็นระยะทาง 1 เซนติเมตร ใกล้เคียงกับ ____ คูเบก/ตารางเซนติเมตร

51.

จากทฤษฎี 48 , 49 และ 50 เราอาจได้นิยามของความเข้มแสงการส่องสว่าง

1. ลูเมน/ตารางเมตร

ความเข้มแสงการส่องสว่าง 1 ลูเมน/ตารางเมตร คือความเข้มแสงการส่องสว่างที่
ส่องอยู่ทางราบวัดค่าเป็นองศา 1 กำลังเทียบ เป็นระยะทาง — เมตร

52.

หน่วยของความเข้มแสงการส่องสว่าง เช่น ลูเมน / ตารางฟุต ลูเมน/ตารางเมตร
และ ลูเมน/ตาราง นิ้วเมตร ในการใช้จะวัดไว้บนพื้นอย่างหนึ่ง ดังนี้

ลูเมน/ตารางฟุต ในทางปฏิบัติเรียกว่า ฟุต-เทียน

ลูเมน/ตารางเมตร ในทางปฏิบัติเรียกว่า เทียน-เมตร หรือลักซ์ (Lux)

ลูเมน/ตารางฟุตเมตร ในทางปฏิบัติเรียกว่า ฟุต (Foot)

53.

หน่วยของความเข้มแสงการส่องสว่าง ลูเมน/ตารางฟุต ในทางปฏิบัติเรียกว่า
อย่างไร

ก. ฟุต-เทียน

ข. เทียน-เมตร หรือลักซ์ (Lux)

ค. ฟุต (Foot)

54.

หน่วยของความเข้มแสงการส่องสว่าง ลูเมน/ตารางเมตร ในทางปฏิบัติเรียกว่า
อย่างไร

ก. ฟุต-เทียน

ข. เทียน-เมตร หรือลักซ์ (Lux)

ค. ฟุต (Foot)

55.

หน่วยของการวัดแสงสว่าง ดูงาน/ตารางเซนติเมตร ในทางปฏิบัติ
เรียกว่าอย่างไร

- ก. ฟุต-เทียน
- ข. เทียน-เมตร หรือลักซ์ (Lux)
- ค. ฟุต (Phot)

56.

กฎกำลังผกผัน (Inverse Square Law) กล่าวไว้ว่าอย่างไร

กฎกำลังผกผัน กล่าวไว้ว่า

ความเข้มของการส่องสว่างที่จุด ๆ หนึ่งผกผันเป็นสัดส่วนผกผันกับกำลังสองของ

ระยะทางจากวัตถุกำเนิดแสงถึงจุดนั้น

ถ้าให้ I เป็นความเข้มของการส่องสว่าง

R เป็นระยะทางจากวัตถุกำเนิดแสงถึงจุดนั้น

จากกฎข้างต้นจะได้ว่า

$$I \propto \frac{1}{R^2}$$

$$I = k \frac{1}{R^2} \quad (\text{เมื่อ } k \text{ เป็นค่าคงที่})$$

(ข้อกรณที่ 57)

57.

ถ้าให้ I_1 เป็นความเข้มของการส่องสว่างที่จุดหนึ่งอยู่ห่างจากวัตถุกำเนิดแสงเป็น

ระยะทาง R_1

I_2 เป็นความเข้มของการส่องสว่างที่จุดหนึ่งอยู่ห่างจากวัตถุกำเนิดแสงเป็น

ระยะทาง R_2

จากกฎกำลังผกผันจะได้ว่า

$$I_1 = k \frac{1}{R_1^2}$$

$$I_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

(ข้อกรณที่ 58)

50.

จากกรณที่ 5, ได้ว่า

$$I_1 = k \frac{1}{R_1^2}$$

$$I_2 = k \frac{1}{R_2^2}$$

เพื่อหา I_1 เทียบ I_2 จะได้ว่า

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{k \frac{1}{R_1^2}}{k \frac{1}{R_2^2}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

(ต่อกรณที่ 59)

59.

จากกฎกำลังของมกซ์เวลล์ได้ความสัมพันธ์ว่า

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}$$

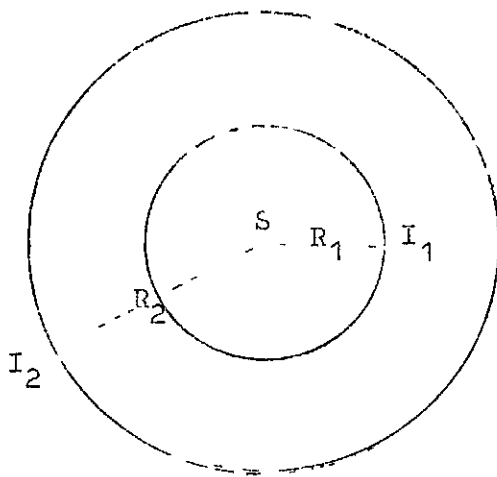
ถ้าเราใช้กฎกำลังความสัมพันธ์เป็นวงก็แสดงว่ากฎกำลังสองมกซ์เวลล์เป็นจริงด้วย
การพิสูจน์ว่าความสัมพันธ์นี้เป็นจริงมีอยู่ 2 วิธีกับ วิธีใช้พลังงานของทรงกลม และวิธีทางเรขาคณิต

60.

การฝึก ถ้าให้สองหมัดในเดือยตัวของหมัดกลม

ถ้าให้หมัดสองตัว ๑ หมัดกลมที่มีศูนย์กลางรวมกันอยู่ที่จุด S ให้ R_1 และ R_2 เป็นรัศมีของวงกลมทั้งสอง ถ้า S มีวงโคจรที่สามารถเปลี่ยนเป็นวงโคจรทั่ว

L รูปวงกลม



ทรงกลมรัศมี R_1 มีพื้นที่ผิว = $4 \pi R_1^2$ ตารางหน่วย
และทรงกลมรัศมี R_2 มีพื้นที่ผิว = _____ ตารางหน่วย

(ตอบข้อที่ 61)

61.

ถ้า I_1 เป็นความเข้มแสงที่จุดศูนย์กลางของวงกลมรัศมี R_1

และ I_2 เป็นความเข้มแสงที่จุดศูนย์กลางของวงกลมรัศมี R_2

จากสูตร $I = \frac{L}{A}$

จะได้ว่า $I_1 = \frac{L}{4 \pi R_1^2}$

$I_2 =$ _____

(ตอบข้อที่ 62)

62.

จากกรวยที่ 61 ได้ว่า

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{L}{4\pi R_1^2} \\ I_2 &= \frac{L}{4\pi R_2^2} \end{aligned}$$

หาร I_1 ด้วย I_2 จะได้

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{L}{4\pi R_1^2}}{\frac{L}{4\pi R_2^2}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

(จากกรวยที่ 61)

63.

จากกรวยที่ 62 ได้ว่า

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}$$

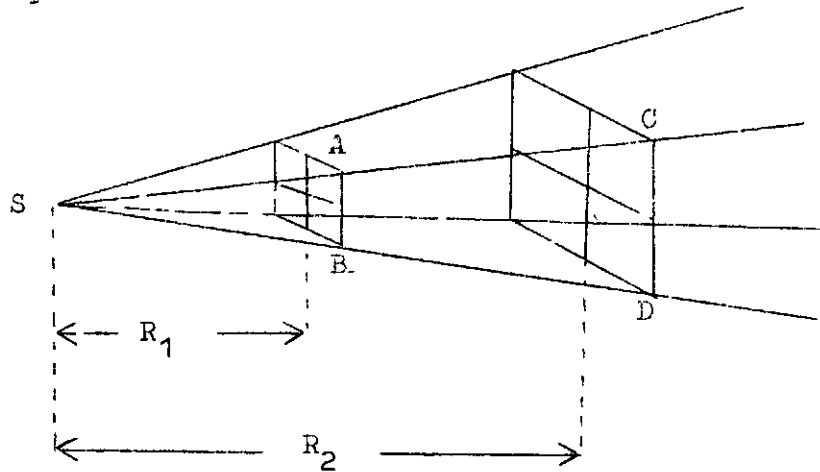
นี่ก็เหมือนกับที่ได้แล้วว่า กฎกำลังสองผกผันเป็นจริง

64.

การแผ่กระจายของแสงโดยวิธีทางเรขาคณิต

การแผ่กระจายโดยวิธีนี้จะคงสร้างรูปกรวยให้เหมือนกันที่ฐานเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสด้านและ
ให้ S เป็นจุดยอดของกรวยเหมือนกัน ซึ่งแสงฉายจากจุด S เข้าไปภายในกรวยทั้งหมดยก

ให้ L เป็น



ให้ L เป็นความเข้มแสงที่ A และ B อยู่ห่างจากจุด S เป็นระยะทาง R_1
และ L เป็นความเข้มแสงที่ C และ D อยู่ห่างจากจุด S เป็นระยะทาง R_2
พื้นที่ของ AB ที่ R_1 $= AB^2$
และพื้นที่ของ CD ที่ R_2 $=$ _____

(ทำกรอบที่ 65)

65.

ถ้า I_1 เป็นความเข้มแสงที่ A และ B อยู่ห่างจากจุด S เป็นระยะทาง R_1

และ I_2 เป็นความเข้มแสงที่ C และ D อยู่ห่างจากจุด S เป็นระยะทาง R_2

จากสูตร $I = \frac{L}{A}$
 $I_1 = \frac{L}{AB^2}$

$I_2 =$ _____

(ทำกรอบที่ 66)

66.

จากกรอบที่ 65 ได้ว่า

$$I_1 = \frac{L}{AB^2}$$

$$I_2 = \frac{L}{CD^2}$$

เมื่อหาร I_1 ด้วย I_2 จะได้ว่า

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{L}{AB^2}}{\frac{L}{CD^2}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

(ตอบข้อที่ 67)

67.

พิจารณากรอบที่ 61 โดยเรขาคณิตจะได้ว่า

$$\frac{CD}{AB} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$\frac{CD^2}{AB^2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

(ตอบข้อที่ 68)

68.

จากกรอบที่ 66 ได้ว่า

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{CD^2}{AB^2} \text{ ----- ①}$$

จากกรอบที่ 67 ได้ว่า

$$\frac{CD^2}{AB^2} = \frac{R_2^2}{R_1^2} \text{ ----- ②}$$

เมื่อแทนค่า

$$\frac{CD^2}{AB^2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}$$

ลงในความสัมพันธ์ตามสมการ ① จะได้ว่า

$$\frac{I_1}{I_2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

(ตอบข้อที่ 69)

69.

จากกรอบที่ 68 ไ้ว่า

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}$$

นั่นคือเราพิสูจน์ได้แล้วว่า กฎกำลังสองผกผันเป็นจริง

70.

โจทย์ ฉากอันหนึ่งมีความเข้มแสงการส่องสว่าง 90 ลูเมน/ตารางฟุต เมื่อวางห่างจากดวงไฟ 6 ฟุต ถ้าฉากอันนี้อยู่ห่างจากดวงไฟ 9 ฟุต ความเข้มแสงการส่องสว่างบนฉากจะเป็นเท่าไร

จากสูตร	$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2^2}{R_1^2}$	
จากโจทย์		
	$R_1 = 6$	ฟุต
	$I_1 = 90$	ลูเมน/ตารางฟุต
	$R_2 = 9$	ฟุต
	I_2	ต้องการหา

แทนค่าต่าง ๆ ลงในสูตร

$$\frac{90}{I_2} = \frac{2^2}{6^2}$$

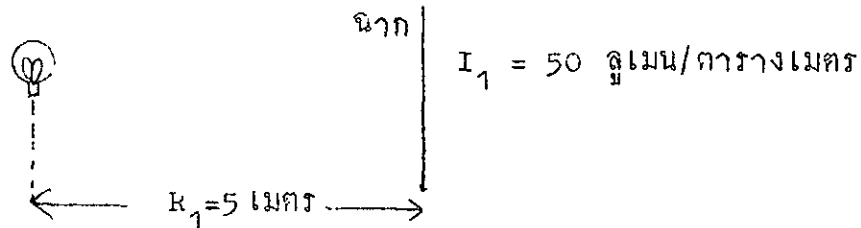
$$\frac{90}{I_2} = \frac{81}{36}$$

$$I_2 = \frac{90 \times 36}{81} = 40 \text{ ลูเมน/ตารางฟุต}$$

ตอบ ความเข้มแสงการส่องสว่างบนฉากตามที่โจทย์ถามเท่ากับ 40 ลูเมน/ตารางฟุต

71.

โจทย์ ที่ฉากซึ่งอยู่ห่างจากดวงไฟดวงหนึ่ง 5 เมตร มีความเข้มแสงการส่องสว่าง 50 ลูเมน/ตารางเมตร ถ้าเลื่อนฉากนี้ออกไปจนความเข้มแสงการส่องสว่างที่ฉากเท่ากับ 32 ลูเมน/ตารางเมตร ฉากนี้จะอยู่ห่างจากดวงไฟเท่าไร



จากสูตร	$\frac{I_1}{I_2}$	=	$\frac{R_2^2}{R_1^2}$	
จากโจทย์				
	I_1	=	50	ลูเมน / ตารางเมตร
	R_1	=	5	เมตร
	I_2	=	32	ลูเมน / ตารางเมตร
	R_2		ต้องการหา	

แทนค่าต่าง ๆ ลงในสูตร

$$\frac{50}{32} = \frac{R_2^2}{5^2}$$

$$\frac{50}{32} = \frac{R_2^2}{25}$$

$$R_2^2 = \frac{25 \times 50}{32} = \frac{25 \times 25}{16}$$

$$R_2 = \pm \frac{25}{4} = \pm 6.25 \text{ เมตร}$$

ตอบ ฉากจะอยู่ห่างจากดวงไฟเท่ากับ _____ เมตร

72.

เรื่องความเข้มของการส่องสว่างที่ความยาวคลื่นในกรอบก่อนหน้านี้ เป็นความเข้มของการส่องสว่างในกรณีที่แสงตกตั้งฉากกับผิวของวัตถุ จุดที่แสงตกเฉียงทำมุมไม่ตั้งฉากกับผิวของวัตถุ ความเข้มของการส่องสว่างบนผิวของวัตถุนี้จะไม่เท่ากับในกรณีที่แสงตกตั้งฉากกับผิวของวัตถุ

73.

ในกรณีที่แสงตกตั้งฉากกับผิวของวัตถุ และในกรณีที่แสงตกเฉียงทำมุมไม่ตั้งฉากกับผิวของวัตถุ ความเข้มของการส่องสว่างบนผิวของวัตถุจะเป็นอย่างไร

- ก. ทั้งสองกรณีความเข้มของการส่องสว่างบนผิวของวัตถุเท่ากัน
- ข. ทั้งสองกรณีความเข้มของการส่องสว่างบนผิวของวัตถุไม่เท่ากัน

74.

ในกรณีที่แสงตกเฉียงทำมุมไม่ตั้งฉากกับผิวของวัตถุ การคำนวณหาความเข้มของการส่องสว่างที่ผิวของวัตถุต้องใช้กฎโคไซน์ (Cosine Law)

กฎโคไซน์ (Cosine Law) ความยาว

ความเข้มของการส่องสว่างบนผิวของวัตถุที่เฉียงรับแสง จะเท่ากับผลคูณระหว่างความเข้มที่เกิดจากแสงตกตั้งฉากกับผิวของวัตถุ จุดที่แสงตกตั้งฉากกับผิวของวัตถุจะเรียกว่าจุดที่แสงตกตั้งฉากกับผิวของวัตถุแล้ว จากแนวตั้งฉากกับแนวแสงตก

75.

ถ้าให้ I' เป็นความเข้มของการส่องสว่างบนจอเมื่อ แสงตกเฉียงทำมุมไม่ตั้งฉากกับจอ

I เป็นความเข้มของการส่องสว่างบนจอเมื่อแสงตกตั้งฉากกับจอ

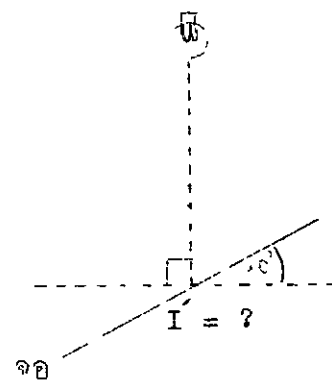
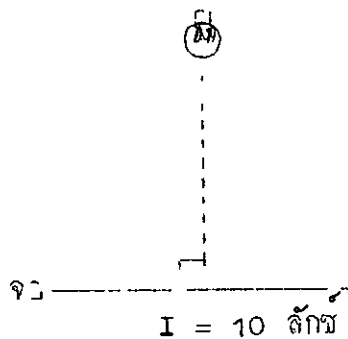
θ เป็นมุมที่จอเอียงไปจากแนวที่ทอดตั้งฉากกับแนวแสงตก

จากกฎโคไซน์ (Cosine Law) เขียนเป็นสูตรได้ว่า

$$I' = \underline{\hspace{2cm}}$$

76.

โจทย์ ควุงไฟควงหนึ่งเปล่งแสงไปตกตั้งฉากกับจอ ทำให้เกิดควมเข้มแห่งการส่องสว่าง ณ จุดหนึ่งบนจอเท่ากับ 10 ลักซ์ ถ้าหากจอนี้เอียงทำมุมกับแนวที่วอตั้งฉากกับแนวแสงตกเป็นมุมเท่ากับ 30 องศา ควมเข้มแห่งการส่องสว่าง ณ จุดเดิมซึ่งอยู่ห่างจากควงไฟเท่าเดิมจะเป็นเท่าไร



จากสูตร $I' = I \cos \theta$

จากโจทย์ $I = 10$ ลักซ์

$\theta = 30$ องศา

I' ต้องการหา

แทนค่าต่าง ๆ ลงในสูตร

$I' = 10 \times \cos 30$

$I' = 10 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 5\sqrt{3}$ ลักซ์

ตอบ ควมเข้มแห่งการส่องสว่างบนผิวของวัตถุ ณ จุดที่โจทย์ถามเท่ากับ

ลักซ์

77.

การที่เราใช้ความรู้เรื่องความเข้มแสงการส่องสว่าง ทำให้เราสามารถนำความรู้
นี้ไปใช้ประโยชน์ในการติดตั้งดวงไฟ เพื่อให้ได้แสงสว่างที่เหมาะสมกับการใช้ในแต่ละกรณี เช่น
ในการอ่านหนังสือ เจริญ ๆ หรือทำงานต่าง ๆ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เกิดความรำคาญ หรือ
เสียประสาทสายตา

o

78.

การอ่านหนังสือในที่ที่มีแสงสว่างมากหรือมากเกินไป จะทำให้รู้สึกไม่สบายสายตา
ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากความเข้มแสงการส่องสว่างมาที่หนังสือมากเกินไปนั่นเอง ดังนั้นใน
การอ่านหนังสือให้สบายสายตาบนหน้าหนังสือ จะต้องใช้ _____ พอเหมาะ

79.

ความเข้มแสงการส่องสว่างบนหน้าหนังสือที่พอเหมาะแก่การอ่านหนังสือให้สบาย
สายตา มีค่าประมาณ 3 ฟุต-เทียน หรือ 30 เทียน-เมตร

การอ่านหนังสือให้สบายสายตา ความเข้มแสงการส่องสว่างบนหน้าหนังสือควรใช้
ค่าประมาณ _____ เทียน-เทียน หรือ _____ เทียน-เมตร

โจนส์ จะจัดประชุมการกำหนดสองร่าง 15 กำลังเขียนร่างหนึ่งไว้ร่างจากแต่ละ
จากหนังสือแก้ไข ซึ่งจะนำร่างนี้ไปจัดพิมพ์โดยทันที ตามความเหมาะสมของการร่าง
โดยเฉพาะ ในการอธิบาย ซึ่งถืออย่างสบายใจมากทีเดียว 30 เลี่ยม-เมตร

จากเงื่อนไข	I	=	30	กฎเกณฑ์/ตารางเมตร
	F	=	15	กำลังเทียบ
	R			ต้องการหา

$$R = \pm \frac{1}{\sqrt{2}} = \pm \frac{1}{1.414} = \pm 0.70 \text{ เมตร}$$

ตอบ จะทองแถมทองไปไว้ดวงจากทิศอาบเหงื่อ _____ เมตร

81.

โจทย์ จะคำนวณแรงดันไฟฟ้า กำลังสองวงจร 27 กำลังไฟฟ้าวงจรหนึ่งโวลต์ วงจรวัดโตะ
 ด้านหนึ่งคือเอาไป วงจรตัวโตะหนึ่งตัวได้ ขยายขึ้นตาม ความเข้มแสงการส่องสว่างที่เอเฉพาะ
 ในการคำนวณ กำลังไฟฟ้าวงจรขยายตัวเท่ากับ 3 วัตต์-เดียน

จากสูตร $I = \frac{P}{R^2}$

จากโจทย์ $I = \frac{\text{---}}{\text{---}}$ คูณ/หารข้างใด

$P = \frac{\text{---}}{\text{---}}$ กำลังไฟฟ้า

$R = \frac{\text{---}}{\text{---}}$ ของการหา

แทนค่าต่าง ๆ ลงในสูตร

$\frac{\text{---}}{R^2} = \frac{\text{---}}{\text{---}} = \frac{\text{---}}{\text{---}}$

$R = \pm \frac{\text{---}}{\text{---}}$ วัตต์

ตอบ จะคำนวณแรงดันไฟฟ้า วงจรวัดโตะด้านหนึ่งคือ $\frac{\text{---}}{\text{---}}$ วัตต์

เครื่อง โฟโตมิเตอร์ (Photometer)

82.

เมื่อเราต้องการทราบว่าดวงไฟดวงหนึ่งมีกำลังส่องสว่างเท่าใด เราต้องนำดวงไฟดวงนี้ไปเปรียบเทียบกับดวงไฟมาตรฐาน หรือดวงไฟอื่นที่ทราบกำลังส่องสว่างอยู่แล้ว เพื่อเปรียบเทียบว่าดวงไฟดวงนี้มีกำลังส่องสว่างเป็นกี่เท่าของดวงไฟมาตรฐานหรือดวงไฟอื่นที่ทราบกำลังส่องสว่าง ก็จะทำให้เราทราบกำลังส่องสว่างของดวงไฟใดตามต้องการ

เครื่องมือที่ใช้ในการ เปรียบเทียบกำลังส่องสว่างของดวงไฟ เรียกว่าโฟโตมิเตอร์ (Photometer)

(ต่อกรอบที่ 83)

83.

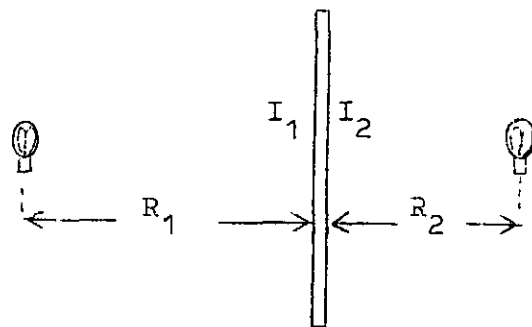
หลักการง่าย ๆ ในการสร้างโฟโตมิเตอร์ก็คือ ให้แสงจากดวงไฟที่ต้องการหาค่าส่องสว่าง ตกบนกระดาษมาตรฐาน หรือดวงไฟอื่นที่ทราบกำลังส่องสว่างอยู่แล้ว ในกรณีที่จอเดียวกัน

เมื่อปรับให้ดวงไฟที่ต้องการหาค่าส่องสว่าง และดวงไฟมาตรฐาน หรือดวงไฟอื่นที่ทราบกำลังส่องสว่างอยู่แล้ว อยู่ห่างจากจอในระยะพอเหมาะ จะทำให้ความเข้มของการส่องสว่างเนื่องมาจากดวงไฟแต่ละดวงบนจอเท่ากัน

จากการที่ความเข้มของการส่องสว่างบนจอเนื่องมาจากดวงไฟแต่ละดวงเท่ากัน ทำให้เราสามารถเปรียบเทียบกำลังส่องสว่างของดวงไฟทั้งสองได้โดยสูตร $I = \frac{P}{R^2}$

84.

ตัวอย่าง ทดลองวัดกำลังส่องสว่าง P_1 วางห่างจากจอข้างหนึ่งเป็นระยะทาง R_1 ขณะเดียวกัน ทดลองวัดความเข้มแสงส่องสว่าง P_2 วางห่างจากจออีกข้างหนึ่งเป็นระยะทาง R_2 ทำให้เกิดกราฟความเข้มแสงส่องสว่างบนจอทั้งสองข้างเท่ากัน การคำนวณเพื่อเปรียบเทียบกำลังส่องสว่างทำได้ดังนี้



ถ้าให้ I_1 เป็นความเข้มแสงการส่องสว่างบนจอที่เกิดจากหลอดไฟกำลังส่องสว่าง P_1 ซึ่งอยู่ห่างจากจอเป็นระยะทาง R_1

และ I_2 เป็นความเข้มแสงการส่องสว่างบนจอที่เกิดจากหลอดไฟกำลังส่องสว่าง P_2 ซึ่งอยู่ห่างจากจอเป็นระยะทาง R_2

จากสูตร

$$I = \frac{P}{R^2}$$

$$I_1 =$$

$$I_2 =$$

(ต่อกรอบที่ 85)

85.

จากกรวยที่ 34 ได้ว่า

$$I_1 = \frac{P_1}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{P_2}{R_2}$$

เนื่องจากกรวย 34 เป็นวงจรสองขั้วแบบไดโอดทั้งสองข้าง
นั้นค่า

$$I_1 = I_2$$

$$\frac{P_1}{R_1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

(ทอกรวยที่ 86)

86.

จากกรวยที่ 85 ได้ว่า

$$\frac{P_1}{R_1} = \frac{P_2}{R_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

หรือเขียนเป็น

$$P_1 : P_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

(ทอกรวยที่ 87)

87.

จากกรอบที่ 86 ได้ว่า

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_1^2}{R_2^2}$$

หรือเขียนเป็น

$$P_1 : P_2 = R_1^2 : R_2^2$$

เนื่องจากมีขนาด R_1 และ R_2 เราทราบถึงโคจรการวัด และเมื่อเปรียบเทียบในการสัมผัสหรือมองเข้าไป จะเห็นได้ทันทีว่า ถ้าไม่คำนึงถึงขนาดของ P_1 และมองไป ก็จะเห็นแสงสว่าง P_2 มีกำลังส่องสว่างเป็นสัดส่วนกับขนาดของ P_1 และถ้าเราทราบขนาดของ P_1 ก็จะหาขนาดของ P_2 ได้ทันที หรือถ้าเราทราบขนาดของ P_2 ก็จะหาขนาดของ P_1 ได้ทันที หรือถ้าเราทราบขนาดของ P_1 และ P_2 ก็จะหาขนาดของ R_1 และ R_2 ได้ทันที หรือถ้าเราทราบขนาดของ R_1 และ R_2 ก็จะหาขนาดของ P_1 และ P_2 ได้ทันที

88.

โฟโตมิเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบกำลังส่องสว่างของหลอดไฟที่อยู่ในหอยแบบด้วยกัน แต่ที่นิยมใช้กัน เราจะได้พบหลอดไฟชนิดที่โดยทั่วไป

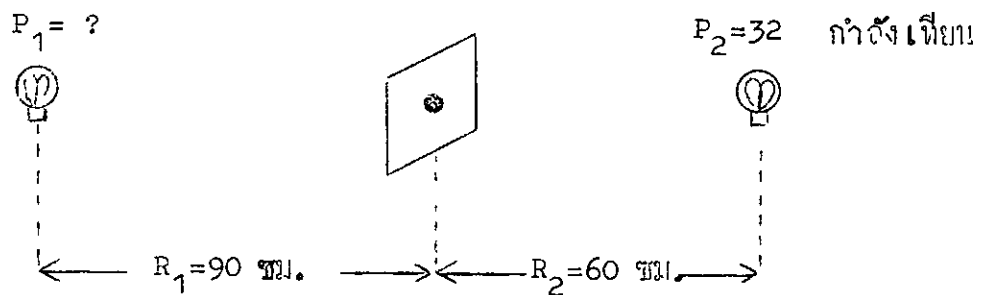
โฟโตมิเตอร์หอยน้ำมันของบุนเซน (Bunsen's Grease-Spot Photometer)

โฟโตมิเตอร์หอยพาราฟินของจอลีย์ (Joly's Paraffin Block Photometer)

รายละเอียดของโฟโตมิเตอร์ทั้งสองแบบนี้จะกล่าวถึงกันต่อไปจากหนังสือแบบเรียนวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

๕๙.

โจทย์ ท่อแก้ว หนึ่งวางห่างจากโคมไฟเมตรแบบขนาน 90 เซนติเมตร
ปรากฏว่าเมื่อเอาท่อแก้ววางไว้ที่ตำแหน่งว่าง 52 กำลังเทียน วางอีกข้างหนึ่งของ
โคมไฟอีกข้าง 60 เซนติเมตร ทำให้เกิดเงาที่วางท่อแก้ว (แสดงว่าท่อกว้างไม่เกิดการ
ส่องสว่างเมื่อเงาจากท่อแก้วไปแต่ละดวงเท่ากัน) จงหาค่ากำลังส่องสว่างของท่อแก้วนี้



จากสูตร

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_1^2}{R_2^2}$$

จากโจทย์

P_1 กำลังการหา

R_1 = 90 เซนติเมตร

P_2 = 32 กำลังเทียน

R_2 = 60 เซนติเมตร

แทนค่าลงในสูตร

$$\frac{P_1}{32} = \frac{90^2}{60^2}$$

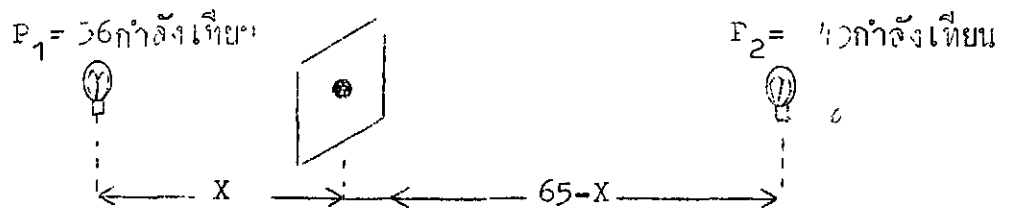
$$\frac{P_1}{32} = \frac{90 \times 90}{60 \times 60}$$

$$P_1 = \frac{90 \times 90 \times 32}{60 \times 60} = 72 \quad \text{กำลังเทียน}$$

ตอบ ท่อแก้วนี้กำลังส่องสว่าง 72 กำลังเทียน

90.

โจทย์ กระจกกำลังสองวาง 36 กำลังเทียน และวางไฟกำลังส่องสว่าง 49 กำลังเทียน วางอยู่ห่างกัน 65 เซนติเมตร จะถ่วงทำโฟโตมิเตอร์แบบนู เมื่อวางไว้ระหว่างกระจกทั้งสองกระจก จะทำให้พบตำแหน่งวางตามใดพอดี



สมมติว่าวางทำโฟโตมิเตอร์วางไว้ระหว่างกระจกทั้งสองกระจกที่ห่างจากกระจกไฟกำลังส่องสว่าง 36 กำลังเทียน เมื่อระยะทาง X เซนติเมตร

จากสูตร

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_1^2}{R_2^2}$$

จากโจทย์

P_1	=	36	กำลังเทียน
R_1	=	X	เซนติเมตร
P_2	=	49	กำลังเทียน
R_2	=	65-X	เซนติเมตร

แทนค่าลงในสูตร

$$\begin{aligned} \frac{36}{49} &= \frac{x^2}{(65-x)^2} \\ x^2 &= \frac{36}{49}(65-x)^2 \\ x &= \pm \frac{6}{7} (65 - x) \end{aligned}$$

$$\text{เมื่อ } x = \frac{6}{7} (65 - x) .$$

$$7x = 390 - 6x$$

$$13x = 390$$

$$x = \frac{390}{13} = 30$$

$$\text{เมื่อ } x = - \frac{6}{7} (65 - x) .$$

$$7x = - 390 + 6x$$

$$x = - 390$$

จะเห็นว่าค่าของ x มีอยู่ 2 ค่า ในกรณีนี้ใจความวกเฟ่มงค่าเดียว ก่อ

$x = 30$ เมติเมตร

ตอบ จะต้องทำไม้โคกึเตอร์มาวางไว้นางจากตรงไป ถ้างว้างว่าง 36 กัดังเพิม

เป็นระยะทาง เมติเมตร

การออกแบบทางของแบบรถยนต์ในระบบเปิดของการจราจร

2.

กำลังจราจร

4.

๕. การไหลเวียนจราจร

6.

กำลังเทียบ

7.

1

10.

๒. 10 B.C.P

12.

ก. การไหลเวียนจราจร อัตราควบคุมการจราจร
ไฮเวย์

14.

60

16.

1 คูณ

17.

1 คูณ

18.

พิจารณาของ สิ่งคู่ใหม่ คือ ปริมาณแสงที่แปลงจากวัตถุกำเนิดแสงหนึ่งรณำดังเพีย
ซึ่งวาง ก. คูณกับการมองตรงของวัตถุสิ่งคู่ใหม่ ไปกบนที่ ก. หน่วยพื้นที่ผิวของทรงกานนี้ใน
เวลาหนึ่งวินาที (หรือ เวลาเมื่อที่กล่าวมา อาจแทนได้มาก)

19.

4 II

20.

๓. 4 II คูณ

21.

$$P = 4 \pi P \text{ จูเนน}$$

22.

$$4 \pi P$$

24.

$$P = L = 4 \pi P \text{ จูเนน}$$

25.

$$80 \pi$$

26.

$$P = 100 \text{ กำลังไฟฟ้า}$$

$$L = \frac{4 \pi \times 100}{\text{จูล}} = \frac{400 \pi}{\text{จูล}}$$

ตอบ วัตถุกำลังเกิดแสง 100 กำลังไฟฟ้าไม่ส่งแสงออกมาให้เข้ากัน

$$\frac{400 \pi}{\text{จูล}}$$

27.

$$L = \frac{4 \pi P}{\lambda}$$

$$P = 500 \text{ กำลังวัตต์}$$

$$L = \frac{4 \pi \times 500}{\lambda} = \frac{2000 \pi}{\lambda} \text{ จูเนน}$$

ตอบ จักรกัมกำลัง 500 กำลังวัตต์ แผ่แสงออกมาได้เท่ากับ

$$\frac{2000 \pi}{\lambda} \text{ จูเนน}$$

29.

2

30.

$$L = 1500 \text{ จูเนน}$$

$$A = 100 \text{ ตารางเมตร}$$

$$I = \frac{1500}{100} = 15 \text{ จูเนน/ตารางเมตร}$$

ตอบ ความเข้มของการส่องสว่างบนพื้นผิวที่วางไว้เท่ากับ 15 จูเนน/ตารางเมตร

31.

400

35.

$$\frac{L}{A}$$

36.

$$\frac{I}{R^2}$$

37.

$$\frac{P}{R^2}$$

38.

$$5$$

39.

$$P = 750 \quad \text{กำลังไฟ}$$

$$R = 5 \quad \text{ฟุต}$$

$$I = \frac{750}{5^2} = \frac{750}{25} = 30 \quad \text{ลูเมน/ตารางฟุต}$$

ตอบ ความเข้มแสงการส่องสว่างที่โคมไฟเท่ากับ 30 ลูเมน/ตารางฟุต

40.

$$I = \frac{P}{R^2} \quad \text{ลูเมน/ตารางเมตร}$$

$$P = 720 \quad \text{กำลังไฟ}$$

$$R = 6 \quad \text{เมตร}$$

$$I = \frac{720}{6^2} = \frac{720}{36} = 20 \quad \text{ลูเมน/ตารางเมตร}$$

ตอบ ความเข้มแสงการส่องสว่างที่โคมไฟเท่ากับ 20 ลูเมน/ตารางเมตร

41.

800

42.

1

45.

60

46.

25

47.

1

48.

1

49.

1

50.

1

51.

1

53.

ก. $\frac{1}{\text{ฟุต-เทียน}}$

54.

ก. $\frac{1}{\text{ฟุต-เทียน}} \times 10^8 \text{ (Lux)}$

55.

ก. ฟุต (Foot)

57.

$$\frac{k \frac{1}{R_2^2}}{1}$$

58.

$$\frac{R_2^2}{R_1^2}$$

60.

$$\frac{4\pi R_2^2}{}$$

61.

$$\frac{L}{4\pi R_2^2}$$

62.

$$\frac{R_2^2}{k_1}$$

64.

$$\frac{CD^2}{}$$

65.

$$\frac{L}{CD^2}$$

66.

$$\frac{CD^2}{AB^2}$$

67.

$$\frac{R_2^2}{R_1^2}$$

68.

$$\frac{R_2^2}{R_1^2}$$

70.

$$\underline{40}$$

71.

$$\underline{6.25}$$

73.

ข. ทั้งสองกรณีความเข้มแสงการส่องสว่างบนผิวของวัตถุไม่เท่ากัน

75.

$$\underline{I \cos \theta}$$

76.

$$5\sqrt{3}$$

78.

ความเข้มแสงการส่องสว่าง

79.

3

30

80.

0.70

81.

$I = 3$ ลูเมน/ตารางฟุต

$P = 27$ กำลังเทียน

$$3 = \frac{27}{R^2}$$

$$R^2 = \frac{27}{3} = 9$$

$$R = 3 \text{ ฟุต}$$

ตอบ จะต้องแขวนดวงไฟไว้ห่างจากโต๊ะหนังสือ 3 ฟุต

84.

$$\frac{P_1}{R_1^2}$$

$$\frac{P_2}{R_2^2}$$

85.

$$\frac{P_2}{R_2^2}$$

86.

$$\frac{R_1^2}{R_2^2}$$

$$\frac{R_1^2}{R_2^2}$$

89.

$$\frac{72}{72}$$

90.

$$\frac{30}{30}$$

ภาคผนวก 3

แบบสอบถาม

แบบสอบถามทัศนคติทางวิทยาศาสตร์

จงทำเครื่องหมายวงกลมจุ่มรอบตัวอักษร ก. ข. ค. ง. หรือ จ. ใ้ียง
ตัวเดียวในแบบสอบถามแต่ละข้อที่ท่านเห็นว่าตรงกับความคิดของท่าน

-
- | | |
|---|---|
| 1. ถ้าท่านทดลองพบว่าน้ำเดือดที่ 80°C . ซึ่งโดยปกติแล้วน้ำเดือดที่ 100°C อย่างนี้แสดงว่าการทดลองของท่านเชื่อถือไม่ได้แน่ ๆ | 3. ท่านอาจเชื่อว่าความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ในหนังสือพิมพ์เป็นประจำ |
| ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | ก. เห็นด้วยอย่างยิ่ง |
| ข. ไม่เห็นด้วย | ข. เห็นด้วย |
| ค. ไม่แน่ใจ | ค. เฉย ๆ |
| ง. เห็นด้วย | ง. ไม่เห็นด้วย |
| จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง | จ. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง |
| 2. ถ้าท่านเคยอ่านหนังสือพบว่ากัมมันต์จะหลอมเหลว(กลายเป็นของเหลว)ที่ 115°C . แม้มีผู้ทำการทดลองให้ท่านรู้ว่ากัมมันต์หลอมเหลวที่ 100°C . ท่านก็ควรจะเชื่อและยอมรับผลการทดลองที่ดีที่สุดนี้ให้ท่านเห็นด้วยทันทีไว้ก่อน | 4. ท่านไม่ชอบเพื่อนที่ถามปัญหาความรู้ในห้องเรียน |
| ก. เห็นด้วยอย่างยิ่ง | ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง |
| ข. เห็นด้วย | ข. ไม่เห็นด้วย |
| ค. เฉย ๆ | ค. เฉย ๆ |
| ง. ไม่เห็นด้วย | ง. เห็นด้วย |
| จ. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง |
| | 5. ถ้าวิธีการพิสูจน์แน่ชัดว่าวิญญาณมีจริง ก็สมควรเชื่อ |
| | ก. เห็นด้วยอย่างยิ่ง |
| | ข. เห็นด้วย |
| | ค. เฉย ๆ |
| | ง. ไม่เห็นด้วย |
| | จ. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง |

6. การที่มนุษย์อวกาศเดินทางไปสำรวจดวงจันทร์นั้นเป็นการสืบ
เบาะแสและเสี่ยงอันตรายเกินไป
ไม่ว่าจะคุ้มกับความรู้ที่ได้มา
ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. ไม่เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. เห็นด้วย
จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง
7. ผ่านรู้สึกไม่พอใจ ถ้ามีใครมา
วิจารณ์ความผิดหรือการกระทำ
ของท่าน
ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. ไม่เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. เห็นด้วย
จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง
8. ถ้าไม่มีการบังคับ ทนายก็ไม่อยาก
ไปปลูกฝีหรือฉีดวัคซีนป้องกันโรค
ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. ไม่เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. เห็นด้วย
จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง
9. ดาวเคราะห์ทั้งหลายต่างก็กลม เพราะ
ฉะนั้นโลกจึงเป็นดาวเคราะห์ดวงหนึ่ง
ก็กลมด้วย
ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. ไม่เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. เห็นด้วย
จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง
10. การสอบคัดเลือกเรียนต่อต่างประเทศ
"ดวงช่วย" จึงจะสอบได้ เพราะมี
สมัครมีจำนวนมากเหลือเกิน
ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. ไม่เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. เห็นด้วย
จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง
11. ถ้าท่านสร้างบ้านท่านจะคงสร้าง
ศาลพระภูมิภายในบริเวณบ้านของ
ท่านด้วยเสมอ
ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. ไม่เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. เห็นด้วย
จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง

12. ทาหมอ่านคอดัมนัหมอกุในหนังสือ
พินพ์หรือวารสารต่าง ๆ เป็น
ประจำ

- ก. ไปเห็นด้วยอย่างยิ่ง
- ข. ไม่เห็นด้วย
- ค. เฉย ๆ
- ง. เห็นด้วย
- จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง

13. เมื่อท่านประสบเคราะห์ร้าย
หลายครั้งติดต่อกัน ท่านควรจะ
ไปหาพระสงฆ์เพื่อรศนัมนัค
สะเคาะเคราะห์

- ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- ข. ไม่เห็นด้วย
- ค. เฉย ๆ
- ง. เห็นด้วย
- จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง

14. เครื่องรางของขลังเป็ะสิ่งที่ไม่
น่าเชื่อถือ

- ก. เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- ข. เห็นด้วย
- ค. เฉย ๆ
- ง. ไม่เห็นด้วย
- จ. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

15. การลอกการบ้านมาส่งครูเป็นสิ่งที่
ไปคือ

- ก. เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- ข. เห็นด้วย
- ค. เฉย ๆ
- ง. ไม่เห็นด้วย
- จ. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

16. ท่านเห็นว่าการเข้าข้างเพื่อนที่ทำผิด
แม้จะเป็นเพื่อนสนิทของท่านก็ตาม เป็น
สิ่งที่ไม่ควรกระทำ

- ก. เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- ข. เห็นด้วย
- ค. เฉย ๆ
- ง. ไม่เห็นด้วย
- จ. ไปเห็นด้วยอย่างยิ่ง

17. บางครั้งเมื่อกันจะต้องทุจริตบางอย่างแก่
เพื่อประโยชน์และความก้าวหน้าของ
ตัวเราเองก็ไม่น่าเสียหาย

- ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- ข. ไม่เห็นด้วย
- ค. เฉย ๆ
- ง. เห็นด้วย
- จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง

18. ถ้าท่านทำแม่เหล็กหัดคิดประวัติศาสตร์
ได้คำตอบว่า ว่างกับเพื่อน ท่านมัก
แก้คำตอบให้ตรงกับคนอื่นเสมอ
ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. ไม่เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. เห็นด้วย
จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง

19. เมื่อท่านสงสัยอะไรท่านมักไม่สบายใจ
และพยายามหาคำตอบให้ได้
ก. เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. ไม่เห็นด้วย
จ. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
