



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาหลักการสื่อสารทางแสง
หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
โดย นายกฤษฎา คำคำวัน

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตย์วงศ์)

27 เมษายน 2550

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร. มานิตย์ สิทธิชัย)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ อรรถกิตติมากุล)

กรรมการ

(อาจารย์ ดร. จริญญา แสนราช)

กรรมการ

(นาวาอากาศเอก ดร. วีระชัย เขาว์กำเนิด)

การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาหลักการสื่อสารทางแสง
หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

นายกฤษฎา คำคำวัน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2549
ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชื่อ : นายกฤษฎา ตาคำวัน
ชื่อวิทยานิพนธ์ : การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอน วิชา การสื่อสารทางแสง
หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
สาขาวิชา : ไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อาจารย์ ดร.มานิตย์ สิริรัชช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ อรรคทิมากุล
ปีการศึกษา : 2549

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอน วิชา การสื่อสารทางแสง หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต วิธีดำเนินการวิจัย เริ่มจากการสร้างชุดการสอนซึ่ง ประกอบด้วย คู่มือครู สื่อการสอน ที่ครอบคลุมเนื้อหาวิชา การสื่อสารทางแสง จากนั้นจึงนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาอิเล็กทรอนิกส์ คณะครูศาสตร์อุตสาหกรรม ชั้นปีที่ 3 ภาคสมทบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตภาคพายัพ ที่ได้ลงทะเบียนเรียน วิชา การสื่อสารทางแสง ในปีการศึกษา 2/2549 จำนวน 13 คน โดยให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน ระหว่างการเรียนให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน เมื่อสิ้นสุดการเรียนแต่ละครั้ง และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เมื่อจบทุกบทเรียน หลังจากนั้นนำคะแนนที่ได้มาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพชุดการสอน และวิเคราะห์หาความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้ สถิติค่าที

ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดการสอนวิชา การสื่อสารทางแสง ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีประสิทธิภาพร้อยละ 80.44/80.32 สูงกว่าเกณฑ์กำหนดไว้ร้อยละ 80/80 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ และจากการทดสอบด้วยสถิติค่าที โดยเปรียบเทียบคะแนนสอบก่อนเรียน ($\bar{X} = 10.23, S.D. = 2.86$) และคะแนนสอบหลังเรียน ($\bar{X} = 56.23, S.D. = 6.39$) พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่า นักศึกษามีความรู้เพิ่มขึ้นหลังจากเรียนด้วยชุดการสอนนี้

(วิทยานิพนธ์นี้มีจำนวนทั้งสิ้น 228 หน้า)

คำสำคัญ : ชุดการสอน , ประสิทธิภาพ , การสื่อสารทางแสง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

Name : Mr.Kristsada Takumwun
Thesis Title : The Construction and Efficiency Validation of the Instructional Package on
Optical Communication ,industry science graduate course,Rajamangala
Institute of Technology University.
Major Field : Electrical Technology
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok
Thesis Advisors: Dr.Manit Sittichai
Assistant Professor Dr.Somsak Akatimagool
Academic Year : 2006

Abstract

This research aimed to construct and validate the efficiency of the instructional package on Optical Communication. Engineering Electronics Major, Bachelor Degree in Engineering, Rajamangala of Technology University. The instructional package was constructed which consists of teachers' handbook, teaching aids, exercises and test. Samples were 13 students registering in the second semester and in academic year 2006 at Rajamangala of Technology Lanna University, Payab Campus. They did the pre-test before taking the course and worked on the test after each unit then the post-test. The scores were computed for its efficiency. Then there was analysis to find the learning achievement using t-test .

The results showed that this instructional package had efficiency at 80.44/80.32 which was higher than the set criterion 80/80. However, the comparison between pre-test ($\bar{X} = 10.23, S.D. = 2.86$) and post-test scores ($\bar{X} = 56.23, S.D. = 6.39$) reported statistic significant difference at .05. Learning aschievement after using developed instructional package was higher thern before using it so we could conclude that student had more knowledge after using our instructional package.

(Total 228 pages)

Keywords : Instructional package , Efficiency , Optical Communication

Advisor

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้เพราะได้รับความช่วยเหลือของท่านอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ ดร.มานิตย์ สิทธิชัย และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ อรรคทิมากุล ซึ่งเป็นคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ความกรุณา ให้โอกาสให้คำแนะนำ ข้อคิด แนวทาง และวิธีการต่างๆ ในการสร้างชุดการสอนและวิธีการดำเนินการวิจัย ตลอดจนด้านความถูกต้องของเนื้อหาและภาษาที่ใช้ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อริคม กฤษบุตร อาจารย์ วรรดิ อัสวานวัตร อาจารย์อดิสรณ์ เดชารัตน์ อาจารย์สุพจน์ พิบูลเวช และอาจารย์ สมศรี ขุนเอียด ที่ได้กรุณาสละเวลา ให้คำปรึกษาแนะนำ แสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการสร้างชุดการสอน

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คุณพ่อสุพรรณ และคุณแม่สายทอง คำคำวัน ภรรยา ญาติ พี่น้องทุกคน ผู้คอยให้กำลังใจและให้การสนับสนุนด้วยดีตลอดมา รวมทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ ที่นับถือทุกท่าน และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้กล่าวนามไว้ในที่นี้ ซึ่งทั้งหมดมีส่วนร่วมและช่วยเหลือเป็นอย่างมากที่ทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงลงด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตภาคพายัพและมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ วิทยาเขตนนทบุรี ที่ให้ความร่วมมือในการทดลองชุดการสอนเป็นอย่างดี

กฤษฎา คำคำวัน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น	4
1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย	4
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 ความหมายของชุดการสอน	7
2.2 ประเภทและส่วนประกอบของชุดการสอน	9
2.3 ประโยชน์และคุณค่าของชุดการสอน	11
2.4 หลักการและทฤษฎีที่นำมาใช้ในการผลิตชุดการสอน	12
2.5 ขั้นตอนการสร้างชุดการสอน	13
2.6 หลักเกณฑ์ในการเลือกสื่อการเรียนการสอน	15
2.7 การวางแผนสร้างแบบทดสอบ	18
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	27
3.1 กำหนดแบบแผนการทดลอง	27
3.2 กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	28
3.3 สร้างชุดการสอน	28

สารบัญ(ต่อ)

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล	38
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	39
บทที่ 4 ผลการวิจัย	45
4.1 ผลของชุดการสอน	45
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมี 5 ส่วนดังนี้	47
4.2.1 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง	47
4.2.2 ผลการวิเคราะห์คะแนนทดสอบท้ายบทเรียน	47
4.2.3 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน	48
4.2.4 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดการสอน	49
4.2.5 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน	50
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	51
5.1 สรุปผลการวิจัย	54
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	54
5.3 ข้อเสนอแนะ	55
บรรณานุกรม	57
ภาคผนวก ก	59
รายนามผู้เชี่ยวชาญ	59
แบบสอบถามความคิดเห็นสำหรับผู้เชี่ยวชาญ	65
ข้อสอบตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	74
ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อสอบ	114
แบบประเมินชุดการสอน	119
ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ	123
ภาคผนวก ข	127
ผลการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก	127
ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก ก	129
ตารางวิเคราะห์หลักสูตร วิชาการสื่อสารทางแสง	133
ภาคผนวก ง	143
โครงการสอนและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	143
ภาคผนวก จ	151
ตัวอย่างชุดการสอน	151
แบบทดสอบท้ายบทที่ 1	187
เฉลยแบบทดสอบท้ายบทที่ 1	191
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	193
เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	211
เฉลยวิธีทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	213
ภาคผนวก ฉ	221
การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพจากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน(E_1)	221
การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน(E_2)	222
การเปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยชุดการสอน	223
การเปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียนก่อนและหลังเรียน ของกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน	224
การหาค่าประสิทธิภาพสัมพัทธ์ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ของกลุ่มตัวอย่าง	227
ประวัติผู้วิจัย	228

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 ตัวอย่างตารางวิเคราะห์หลักสูตร	21
2-2 ตัวอย่างการให้น้ำหนักในตารางวิเคราะห์หลักสูตร	22
2-3 ผลรวมของการแปลงค่าเฉลี่ยเป็นตาราง 1000 ที่ยังไม่ลงตัว	22
2-4 ตาราง 1000 ที่เสร็จสมบูรณ์	23
3-1 กำหนดแบบแผนการทดลอง	27
3-2 ตารางวิเคราะห์หลักสูตร	31
4-1 ผลของชุดการสอน	45
4-2 คะแนนก่อนเรียน ของนักเรียนกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ	46
4-3 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง	47
4-4 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบท้ายบทเรียน	48
4-5 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน	48
4-6 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดการสอน	49
4-7 ตารางคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน	50
4-8 แสดงคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ	51
ก-1 แสดงผลการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสม ของใบเนื้อหาแต่ละหัวข้อ ของวิชาการสื่อสารทางแสง	72
ก-2 การวิเคราะห์แบบทดสอบเพื่อหาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	114
ก-3 แสดงผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอน	123
ข-1 แสดงผลค่าต่ำสุด ค่าสูงสุดและค่าเฉลี่ยของค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น	131
ค-1 ตารางวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญของเนื้อหา จากผู้เชี่ยวชาญ	133
ค-2 ตารางวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญของพฤติกรรมจากผู้เชี่ยวชาญ	136
ค-3 สรุปข้อสอบที่ออกตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร	138

สารบัญตาราง (ต่อ)

ค-4 ข้อสอบที่ต้องการออกและที่อยู่ในเนื้อหาและพฤติกรรม	140
ค-5 ข้อสอบที่ต้องการออกและที่อยู่ในเนื้อหาและพฤติกรรม	141
ง-1 โครงการสอนแต่ละสัปดาห์	143
ฉ-1 คะแนนแบบทดสอบหลังบทเรียน คำร้อยละของผู้เรียน	221
ฉ-2 คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	222
ฉ-3 คะแนนการเปรียบเทียบการเรียนด้วยชุดการสอน วิชาการศึกษาทางแสง	223
ฉ-4 คะแนนความก้าวหน้าในการเรียนของนักเรียนกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ	224
ฉ-5 การหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน	226

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
3-1 แผนผังขั้นการสร้างชุดการสอน	28
3-2 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ	32
3-3 ขั้นตอนการสร้างสื่อการเรียนการสอน	34
3-4 ตัวอย่างของภาพเคลื่อนไหวของคลื่นแสง	35
3-5 ตัวอย่างของภาพเคลื่อนไหวการมัลติเพล็กซ์ทางแสง ที่อยู่ในเพาเวอร์พอยต์	36
3-6 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล	38
4-2 ชุดการสอนวิชาการสื่อสารทางแสง	46
4-2 สื่อการสอนวิชาการสื่อสารทางแสง	47

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันโลกได้มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีอยู่ตลอดเวลาไม่ว่าจะเป็นทางด้านธุรกิจ การสื่อสารและการขยายตัวของสังคม ทำให้ที่จะปฏิเสธไม่ได้ว่าเทคโนโลยีเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีพของมนุษย์และทุกหน่วยงานมีแนวความคิดที่จะพัฒนาหน่วยงานของตนให้เจริญก้าวหน้าทัดเทียมกับมาตรฐานสากล จึงได้มีการสรรหาวิธีการและระบบใหม่ๆเข้ามาใช้ในหน่วยงานของตน ยกตัวอย่างเช่น องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ได้มีการนำเทคโนโลยี การสื่อสารด้วยเคเบิลใยแก้วมาแทนการสื่อสารแบบเดิมที่สื่อสารด้วยสายโคแอกเชียลซึ่งสายเคเบิลใยแก้วนี้ สามารถรับส่งข้อมูลได้มากกว่าสายโคแอกเชียลได้อย่างมหาศาลจึงทำให้องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทยสามารถรองรับคู่สายโทรศัพท์ได้มากขึ้นหลายสิบเท่าตัวจึงเป็นที่พอใจของลูกค้า ในการติดต่อสื่อสารที่ไม่ขัดข้องและ ด้านเทคโนโลยีใหม่ๆที่เข้ามาเช่น ADSL(อินเทอร์เน็ตความเร็วสูง) ส่วนทางด้านการศึกษาก็เช่นเดียวกันได้มีการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการศึกษา เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการศึกษาหรือเพิ่มคุณภาพทางการศึกษา ให้มากขึ้นด้วยการแสวงหาวิธีการ เพื่อให้การจัดการศึกษามุ่งบรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้ทรัพยากรอย่างประหยัด

จากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเทคโนโลยีดังกล่าว ทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ได้เล็งความสำคัญของรายวิชาที่จะบรรจุลงในหลักสูตร ให้มีความทันสมัยและสอดคล้องกับการพัฒนาประเทศ จึงได้มีการส่งเสริมให้มีการพัฒนาปรับปรุงชุดการเรียนการสอนของวิชาที่เพิ่มเข้ามาในหลักสูตร เพื่อให้นักศึกษาได้รู้ถึงเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่เข้ามาและทำให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ สามารถประยุกต์ใช้ความรู้และนำไปปฏิบัติได้จริง และทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีวิทยาเขตราชมงคล ยังได้ส่งเสริมการผลิตตำรา เอกสารทางวิชาการและสื่อการเรียนการสอนในสาขาต่างๆ โดยเฉพาะวิชาที่มีเนื้อหามาก ยากต่อการเข้าใจและใช้จินตนาการสูง

วิชาการสื่อสารทางแสง (11-712-422) หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต เป็นวิชาทฤษฎีวิชาหนึ่งในหลักสูตรของช่างโทรคมนาคมพื้นฐาน ซึ่งได้มีการกำหนดลงในหลักสูตรมาหลายปีแล้วและเป็นวิชาที่สำคัญอย่างยิ่งในการเรียนพื้นฐานโทรคมนาคม จึงจำเป็นอย่างมากที่จะต้องเน้น

ในเนื้อหาของรายวิชาให้มีเนื้อหาที่ทันสมัยครอบคลุมวัตถุประสงค์และ สอดคล้องกับการพัฒนาประเทศ เพื่อให้ให้นักศึกษาช่างโทรคมนาคมได้รู้ เข้าใจ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ช่วยเพิ่มจินตนาการ ในการเรียนเนื้อหาที่ซับซ้อนและ ประยุกต์ใช้ในวิชานี้ในด้านการงานเช่นการส่งสัญญาณเสียงผ่านเส้นใยแก้ว

จากการสอบถามอาจารย์ผู้สอนวิชาการสื่อสารทางแสงพบว่า ปัญหาของชุดการเรียนการสอนวิชาการสื่อสารทางแสง คือ

- ขาดวัตถุประสงค์ที่ครอบคลุมหัวเรื่อง
- ขาดเนื้อหาที่กระชับและครอบคลุมหลักสูตร
- ขาดสื่อที่จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายเช่นภาพเคลื่อนไหวในเนื้อหาที่ซับซ้อน

ชุดการสอนที่มีคุณลักษณะและคุณค่าเหมาะสมกับสภาพปัญหาจำเป็นอย่างยิ่งเพราะชุดการสอนประกอบด้วยวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่สำคัญ เช่น วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม แผนการสอน สื่อการเรียนการสอน แบบประเมินผล เป็นต้น จึงทำให้ชุดการสอนมีประโยชน์และคุณค่าต่อการเรียนการสอนอยู่หลายประการคือ ช่วยลดภาระของผู้สอน ทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้ในแนวเดียวกันช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในการสอนอย่างเชื่อถือได้ ช่วยให้ผู้สอนถ่ายทอดเนื้อหาและประสบการณ์ที่สลับซับซ้อน ช่วยให้ผู้เรียนไม่ต้องเสียเวลาในการคิดค้นมาก ช่วยสร้างความพร้อมและความมั่นใจแก่ผู้สอน (สมหญิง, 2529: 72)

จากปัญหาความไม่สมบูรณ์ในวัตถุประสงค์ เนื้อหา และสื่อของชุดการเรียนการสอน วิชาการสื่อสารทางแสง ดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาแนวทาง และวิธีการแก้ไขปัญหา โดยการสร้างชุดการสอน (Instructional Package) ในวิชา การสื่อสารทางแสง เพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ อันจะทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างชุดการสอน วิชาการสื่อสารทางแสง หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตภาคพายัพ

1.2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอน วิชา การสื่อสารทางแสง หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตภาคพายัพ

1.2.3 เพื่อ วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษาที่มีประสิทธิผลทางการเรียนที่แตกต่างกัน

1.3 สมมติฐานในการวิจัย

1.3.1 ชุดการสอนเรื่อง การสื่อสารทางแสง (11-712-422) ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

1.3.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่มี ประสิทธิภาพการเรียนรู้แตกต่างกันที่ศึกษา โดยชุดการสอนวิชาการสื่อสารทางแสง กลุ่มสูงมีความก้าวหน้าทางการเรียนมากกว่ากลุ่มต่ำอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาการสื่อสารทางแสง หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตภาคพายัพ ประกอบด้วย แผนการสอนใบเนื้อหา ใบกิจกรรม แบบทดสอบท้ายบทเรียน เมื่อผู้เรียนเรียนจบในบทเรียนนั้น แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อผู้เรียนเรียนจบทุกหัวเรื่อง สื่อการสอน คือ โปรแกรมนำเสนอเพาเวอร์พอยท์ (Programs PowerPoint) ที่ประกอบด้วยภาพเคลื่อนไหวและใบเนื้อหาโดยชุดการสอนนี้ ประกอบด้วยหัวข้อเรื่องดังนี้

1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแก้ว
2. แสงกับเส้นใยแก้ว
3. สายเคเบิลใยแก้ว

- ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร ได้แก่ นักศึกษาที่เรียนหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรสาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตภาคพายัพ

2. กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการสื่อสารทางแสง หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ชั้นปีที่ 3 ภาคสมทบ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตภาคพายัพ จำนวน 13 คน

- ตัวแปรในการศึกษา

ตัวแปรต้น ได้แก่ ตัวแปรทดลองหรือตัวแปรกระตุ้น ซึ่งเป็นวิธีการสอนโดยใช้ชุดการสอนเรื่อง การสื่อสารทางแสง

ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาโดยใช้ชุดการสอนที่สร้างขึ้น

1.5 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.5.1 นักเรียนที่เรียนตามหลักสูตรนี้มีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ เนื่องจากได้ผ่านการสอบคัดเลือกเข้ามาศึกษาต่อโดยมาตรฐานเดียวกัน

1.5.2 การวิจัยครั้งนี้ไม่คำนึงถึง อายุ เพศ พื้นฐานทางเศรษฐกิจ สังคม อารมณ์ และช่วงเวลาการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

1.6 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 คู่มือครู หมายถึง เป็นสื่อประสมที่ได้จากระบบการผลิต และการนำสื่อการสอน ที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชา หน่วย หัวข้อเรื่องและวัตถุประสงค์ เพื่อช่วยให้การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม การเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ (ชัยงค์ , 2523: 118)

1.6.1.1 แผนการสอน หมายถึง แนวทางที่เตรียมไว้ล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการสอน โดยจะบอกรายละเอียดของจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม รายการสอน วิธีการสอน/กิจกรรมการสอน สื่อการสอน การวัด/ประเมินผล และเวลาที่ใช้ในการสอน

1.6.1.2 ในวิชาการสื่อสารทางแสงนี้ ผู้วิจัยได้นำมาทำเป็นใบเนื้อหาในชุดการสอน วิชาการสื่อสารทางแสง 3 บท จากทั้งหมด 7 บทประกอบด้วย

1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแก้ว
2. แสงกับเส้นใยแก้ว
3. สายเคเบิลใยแก้ว

จากทั้งหมด 7 หัวข้อเรื่อง

1.6.1.3 แบบทดสอบท้ายบทเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ให้นักศึกษาทำหลังจากเรียนจบในแต่ละหัวข้อ เพื่อประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษา

1.6.1.4 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่ให้นักศึกษาทำภายหลังจากเรียนด้วยชุดการสอนจบแล้ว

1.6.2 สื่อการสอน หมายถึง วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการที่ใช้เป็นสื่อกลางให้ผู้สอนสามารถส่งหรือถ่ายทอดความรู้ไปยังผู้เรียน ได้แก่ เพาเวอร์พอย, ชุดสาธิต, เอกสารประกอบคำบรรยาย และอื่นๆ เป็นต้น

1.6.3 ประสิทธิภาพของชุดการสอน หมายถึง คุณภาพของชุดการสอนที่วัดจากค่าคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาทั้งหมด จากการทำแบบทดสอบหลังบทเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.6.4 เกณฑ์ที่กำหนด 80/80 หมายถึง ระดับคะแนนเฉลี่ยที่คาดหวังของผู้วิจัยที่กำหนดขึ้นจากการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม จากบทเรียนของชุดการสอน โดยกำหนดดังนี้

80 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยประสิทธิภาพที่ได้จากการทำแบบทดสอบหลังเรียนของทุกหัวข้อเรื่องรวมกัน

80 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนเฉลี่ยประสิทธิภาพที่ได้ จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากการเรียนรู้ครบทุกหัวข้อเรื่องแล้ว

1.6.5 ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง ผู้ที่มีประสบการณ์ด้านการสอนเกี่ยวกับวิชาโทรคมนาคมหรือรายวิชาที่มีเนื้อหาใกล้เคียงกัน และมีวุฒิทางการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาตรี หรือผู้ที่มีประสบการณ์ ด้านการออกแบบสื่อการเรียนการสอน อย่างน้อย 5 ปี

1.6.6 สื่อการสอน หมายถึง วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการที่ใช้เป็นสื่อกลางให้ผู้สอนสามารถส่งหรือถ่ายทอดความรู้ไปยังผู้เรียน ได้แก่ เพาเวอร์พอยต์, ชุดสาธิตและเอกสารประกอบคำบรรยาย เป็นต้น

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 เป็นแนวทางในการปรับปรุงชุดการสอนวิชาการสื่อสารทางแสง ให้ครอบคลุมเนื้อหายิ่งขึ้น

1.7.2 ช่วยสร้างจินตนาการในการเรียนในหัวข้อที่ซับซ้อนให้เข้าใจง่ายขึ้น

1.7.3 ชุดการสอนนี้สามารถนำไปปรับปรุงหรือดัดแปลงให้เหมาะสม เพื่อใช้เป็นชุดฝึกอบรมเส้นใยแก้ว ในสถานประกอบการต่างๆได้

1.7.4 ช่วยให้ผู้เรียนมีสภาพภาพทางการเรียนสูงขึ้น เมื่อเรียนด้วยชุดการสอนวิชาการสื่อสารทางแสง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย เพื่อใช้ในการพิจารณาสร้างชุดการสอน วิชาการสื่อสารทางแสง (11-712-422) หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ความหมายของชุดการสอน
2. ประเภทและส่วนประกอบของชุดการสอน
3. ประโยชน์และคุณค่าของชุดการสอน
4. หลักการและทฤษฎีที่นำมาใช้ในการผลิตชุดการสอน
5. ขั้นตอนการสร้างชุดการสอน
6. หลักเกณฑ์ในการเลือกสื่อการเรียนการสอน
7. การวางแผนสร้างแบบทดสอบ
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของชุดการสอน

จากการศึกษาเกี่ยวข้องกับชุดการสอน (Instructional package) มีนักการศึกษาหลายๆ ท่านได้กล่าวถึงความหมายของชุดการสอนไว้ดังนี้ คือ

ชุดการสอน หมายถึง ชุดของวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่ประกอบกันขึ้นเพื่อใช้สอน จะมีสื่อมากกว่าหนึ่งชิ้นขึ้นไป สื่อจะอยู่ในรูปของสื่อประสม วัสดุอุปกรณ์ และวิธีนำมาบูรณาการ โดยใช้วิธีจัดระบบเพื่อให้ชุดการสอนแต่ละชุดมีประสิทธิภาพ ชุดการสอนแต่ละชุดมีความสมบูรณ์เบ็ดเสร็จในตัวเอง ชุดการสอนอาจอยู่ในแฟ้มหรือกล่อง มีจำนวนเท่ากับหน่วยการสอนในแต่ละวิชา (สมหญิง, 2529: 66)

ชุดการสอน คือ การนำระบบสื่อประสม (Multimedia) ที่สอดคล้องกับเนื้อหา และประสบการณ์ของแต่ละหน่วย มาช่วยให้เรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ นิยมจัดเป็นกล่องหรือซองเป็นหมวดๆ (ประดิษฐ์, 2525: 172)

ชุดการสอน คือ การรวบรวมสื่อการสอนอย่างสมบูรณ์ตามแบบแผนที่วางไว้ เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายของการสอน ชุดการสอนเป็นสื่อประสมสำเร็จรูป เพื่อให้ครูใช้ในการสอน โดยที่

ครูไม่ต้องเตรียมสื่ออื่นๆ หรือวางแผนการสอนใหม่ ภายในชุดการสอนจะมีสื่อ และแนะนำวิธีดำเนินการสอน พร้อมทั้งจะให้ครูนำไปใช้ในการสอนได้ทันทีโดยไม่มีข้อยุ่งยากแต่อย่างใด เพียงแต่ครูพิจารณาว่า จุดมุ่งหมายของชุดการสอนตรงกับจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ครูก็สามารถนำชุดการสอนไปใช้ได้ (ศักดิ์, 2523: 30)

ชุดการสอน คือ การรวบรวมสื่อการสอนอย่างสมบูรณ์แบบตามแบบแผนที่วางไว้ เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายของการสอน ชุดการสอนเป็นระบบสื่อประสมสำเร็จรูป เพื่อให้ครูใช้ในการสอน โดยที่ครูไม่ต้องเตรียมสื่ออื่นๆ หรือวางแผนการสอนใหม่ เพราะชุดการสอนมีชื่อ และข้อแนะนำวิธีดำเนินการสอน พร้อมทั้งจะให้ครูหยิบใช้ในการสอนได้ทันที (นิพนธ์, 2519: 62)

ชุดการสอน คือ การรวบรวมสื่อการสอนอย่างสมบูรณ์ตามแบบแผนที่วางไว้ เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายของการสอน ชุดการสอนเป็นระบบสื่อประสมสำเร็จรูปเพื่อให้ครูใช้ในการสอน โดยที่ครูไม่ต้องเตรียมสื่ออื่นๆ หรือวางแผนการสอนใหม่ (สมปอง, 2543: 91)

ชุดการสอน หมายถึง ระบบการนำสื่อประสมที่สอดคล้องกับเนื้อหาวิชา และประสบการณ์ของแต่ละหน่วย มาช่วยในการเปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนแต่ละคน ให้บรรลุจุดมุ่งหมาย (ไชยยศ, 2526: 196)

ชุดการสอน เป็นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ อันประกอบด้วย วัตถุประสงค์ เนื้อหา และวัสดุอุปกรณ์ทั้งหลายไว้เป็นชุด ๆ (จะใส่เป็นกล่อง หรือชุด หรือถุง หรือห่อ ก็ได้) เพื่อจัดกิจกรรมให้เกิดการเรียนรู้ (เสาวนีย์, 2528: 291)

ชุดการเรียนการสอน หมายถึงการวางแผนการเรียนการสอนโดยใช้สื่อต่างๆ ร่วมกัน (Multimedia approach) หรือหมายถึง การใช้สื่อประสม เพื่อสร้างประสบการณ์ในการเรียนรู้อย่างกว้างขวาง และเป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้ โดยจัดไว้เป็นชุดในลักษณะของหรือกล่อง(วาสนา, 2530: 138)

ชุดการสอน เป็นการนำสื่อการสอนหลายประเภทมาใช้ร่วมกัน ในรูปแบบของสื่อประสม โดยการใช้สื่อประสมนี้เป็นการนำโสตทัศนูปกรณ์ ตั้งแต่สองอย่างขึ้นไป มาใช้ร่วมกันในการเรียนการสอน (กิดานันท์, 2531: 81)

ชุดการสอน เป็นสื่อการสอนชนิดหนึ่งซึ่งเป็นชุดของสื่อประสม หมายถึง สื่อการสอนตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปรวมกัน เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ตามที่ต้องการ สื่อที่นำมาใช้ร่วมกันนี้ จะช่วยเสริมประสบการณ์ซึ่งกันและกันตามลำดับขั้นที่จัดเอาไว้ โดยจัดขึ้นสำหรับหน่วยการเรียนรู้ตามหัวข้อ เนื้อหา และประสบการณ์ของแต่ละหน่วยที่ต้องการให้ผู้เรียนได้รับ โดยจัดเอาไว้เป็นชุดๆ บรรจุในซองหรือกระเป๋า แล้วแต่ผู้สร้างจะทำขึ้น (บุญเกื้อ, 2530: 67)

จากความหมายของชุดการสอนที่นักการศึกษาหลายๆท่านกล่าวไว้ สรุปได้ว่า ชุดการสอน หรือชุดการเรียนการสอน หมายถึง ชุดของสื่อประสมที่จัดทำขึ้นให้สอดคล้องกับเนื้อหาวิชา และ ประสิทธิภาพของแต่ละหน่วย ซึ่งนิยมจัดเป็นกล่อง หรือถุง หรือซอง อย่างมีระเบียบ เพื่อให้ครู นำมาใช้ในการสอนได้สะดวก โดยที่ครูไม่ต้องเตรียมสื่ออื่นๆ หรือวางแผนการสอนใหม่ และ ช่วยให้การดำเนินการสอนของครูเป็นไปด้วยความสะดวก และมีประสิทธิภาพ

2.2 ประเภทและส่วนประกอบของชุดการสอน

ถ้าแบ่งชุดการสอนออกตามลักษณะการใช้แล้ว จะแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

2.2.1 ชุดการสอนประกอบการบรรยาย

เป็นชุดการสอนที่กำหนดกิจกรรมและสื่อการสอน ให้ครูได้ใช้ประกอบการสอนแบบบรรยาย เพื่อ บทบาทให้ครูพูดน้อยลง และเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมกิจกรรมการเรียนรู้มากขึ้น เนื่องจาก เป็นชุดการสอนที่ครูเป็นผู้ใช้ บางครั้งจึงเรียกว่า ชุดการสอนสำหรับครู(ชม, 2527: 101)

สิ่งที่บรรจุในกล่องหรือซองของชุดการสอนประเภทนี้ ได้แก่

2.2.1.1 คู่มือครู ซึ่งเปรียบเสมือนแผนการสอนหรือบันทึกการสอนของครู ประกอบด้วย

- ก. จุดมุ่งหมายของหลักสูตร และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- ข. รายละเอียดเกี่ยวกับเนื้อหาวิชา
- ค. การดำเนินกิจกรรม หรือวิธีการที่จะทำให้ผู้เรียนบรรลุถึงพฤติกรรมขั้น

สุดท้าย (Terminal behaviors) นั่นคือขั้นดำเนินการสอน

ง. รายการบอกชนิดของสื่อการเรียนการสอนตามลำดับ

จ. กำหนดแนะนำการใช้สื่อการเรียนการสอนตามลำดับ

2.2.1.2 สื่อการเรียนการสอน (Instruction media) ที่ใช้ประกอบการสอนเพื่อให้บรรลุ ความมุ่งหมาย สื่อการสอนมีหลายชนิด เช่น รูปภาพ แผนภูมิ เทป สไลด์ หรืออื่นๆ ซึ่งแต่ละชนิดจะ ส่งเสริมการเรียนการสอนให้ได้ผล และได้รับการเลือกสรรมาแล้วอย่างเหมาะสมกับกิจกรรมการ เรียนการสอน

2.2.1.3 แบบฝึกหัดเสริมทักษะ

2.2.1.4 แบบทดสอบที่ใช้ในการทดสอบก่อนและหลังการเรียนการสอน (วาสนา, 2525:

138)

2.2.2 ชุดการสอนสำหรับกิจกรรมกลุ่ม

ชุดการสอนประเภทนี้ ใช้ร่วมกับการสอนแบบศูนย์การเรียนรู้ ซึ่งครูจะทำหน้าที่เป็นผู้ประสานงาน คอยแนะนำช่วยเหลือและควบคุมโปรแกรมการเรียนรู้ให้บรรลุจุดมุ่งหมาย (สมปอง, 2543: 87) ประกอบด้วย

2.2.2.1 คู่มือครู ซึ่งจะช่วยให้การสอนแบบศูนย์ต่างๆ ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในคู่มือครูจะมีคำชี้แจงสำหรับครู สิ่งที่ครูต้องเตรียม บทบาทของนักเรียน การจัดชั้นเรียนพร้อมแผนผัง แผนการสอน เนื้อหาสาระประจำศูนย์ต่างๆ แบบทดสอบก่อนและหลังเรียน

2.2.2.2 สื่อสำหรับศูนย์กิจกรรม มีบัตรคำสั่ง บัตรเนื้อหา บัตรกิจกรรม บัตรคำถามหรือบัตรนำอภิปรายและบัตรเฉลยรวมทั้งสื่อการเรียนอื่นๆ เช่น รูปภาพ แบบเรียน เป็นต้น จำนวนบัตรต่างๆ หรือสื่อการเรียนอาจจะมีเท่ากับจำนวนนักเรียนในกลุ่ม หรืออาจใช้ร่วมกันก็ได้ไม่จำเป็นต้องครบทุกคน

2.2.2.3 แบบฝึกปฏิบัติ (Workbook) แบบฝึกหัดตามที่มอบหมายไว้ในบัตรกิจกรรม อาจแยกเป็นชุดๆ หรือรวมกันเป็นเล่มก็ได้

2.2.2.4 แบบทดสอบสำหรับการประเมินผล ซึ่งใช้ก่อนและหลังการเรียนรู้โดยมีกระดาษคำตอบเตรียมไว้พร้อมสำหรับการทดสอบก่อนเรียน เพื่อวัดพื้นฐานความรู้เดิมของผู้เรียน แล้วเก็บผลไว้เปรียบเทียบกับผลการทดสอบหลังเรียน ส่วนการทดสอบหลังเรียนซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน จะนำไปประเมินผลการเรียนของนักเรียนโดยใช้แบบอิงเกณฑ์

2.2.3 ชุดการสอนรายบุคคล

เป็นชุดการสอนที่จัดระบบขั้นตอน เพื่อให้ผู้เรียนใช้เรียนด้วยตนเองตามลำดับความสามารถของแต่ละบุคคล เมื่อศึกษาจบแล้วจะทำการทดสอบประเมินผลความก้าวหน้า และศึกษาชุดต่อไปตามลำดับ เมื่อมีปัญหาผู้เรียนจะปรึกษากันได้ระหว่างผู้เรียน และผู้สอนพร้อมที่จะให้ความช่วยเหลือทันที ในฐานะผู้ประสานงานหรือผู้ชี้แนะแนวทางการเรียน ชุดการสอนแบบนี้จัดขึ้นเพื่อส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ของแต่ละบุคคล ให้พัฒนาการเรียนรู้ของตนเองไปได้จนสุดความสามารถ โดยไม่ต้องเสียเวลารอคอยผู้อื่น อันเป็นการถูกต้องและยุติธรรมในการจัดการเรียนการสอน ในปัจจุบันนี้ชุดการสอนแบบนี้บางครั้งเราเรียกว่า บทเรียนโมดูล (ชม, 2527: 102)

ชุดการสอนแบบรายบุคคลหรือบทเรียนโมดูลจะประกอบด้วย

2.2.3.1 บทนำหรือคำชี้แจง

2.2.3.2 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.2.3.3 การประเมินผลก่อนการเรียนรู้

2.2.3.4 กิจกรรมการเรียนรู้

2.2.3.5 การประเมินผลหลังการเรียนรู้ (เสาวนีย์, 2528: 287)

2.3 ประโยชน์และคุณค่าของชุดการสอน

2.3.1 ช่วยลดภาระของผู้สอน เมื่อมีชุดการสอนสำเร็จแล้ว ครูผู้สอนจะดำเนินการสอนตามคำแนะนำที่มีไว้ให้พร้อม ผู้สอนไม่จำเป็นต้องเสียเวลาทำสื่อการสอนใหม่ ทำให้ครูมีเวลาเตรียมการสอน ทดลอง และศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมในเนื้อหาตามชุดการสอนกำหนด ทำให้ครูมีประสบการณ์กว้างขวาง ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการสอนของครู

2.3.2 ทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้ลึกแผนเดียวกัน ครูแต่ละคนย่อมมีความรู้ความสามารถในการถ่ายทอดความรู้แตกต่างกันในเรื่องเดียวกัน เด็กอาจได้รับความรู้และได้รายละเอียดต่าง ๆ เป็นคนละแนวไม่เท่ากัน ชุดการสอนมีจุดมุ่งหมายชัดเจนที่เป็นพฤติกรรม มีข้อเสนอแนะกิจกรรมการใช้สื่อการสอนและข้อสอบประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนได้อย่างพร้อมมูล (ลัดดา, 2523: 31)

2.3.3 ช่วยให้ผู้สอนสามารถถ่ายทอดเนื้อหาวิชาและประสบการณ์ที่สลับซับซ้อน และมีลักษณะเป็นนามธรรมสูง เช่น การทำงานของเครื่องกล การทำงานของอวัยวะในร่างกาย การเจริญเติบโตของสัตว์ชั้นต่ำ ฯลฯ ซึ่งผู้สอนไม่สามารถถ่ายทอดด้วยการบรรยายได้ดี

2.3.4 ช่วยเร้าความสนใจของผู้เรียนต่อสิ่งที่กำลังศึกษา เพราะชุดการสอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนของตนเองได้มากที่สุด

2.3.5 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น ฝึกการตัดสินใจ แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม

2.3.6 ช่วยสร้างความพร้อมและความมั่นใจแก่ผู้สอน เพราะชุดการสอนผลิตไว้เป็นหมวดหมู่สามารถหยิบไปใช้ได้ทันที โดยเฉพาะผู้ที่ไม่ค่อยมีเวลาในการเตรียมการสอนล่วงหน้า

2.3.7 ทำให้การเรียนการสอนของผู้เรียนเป็นอิสระจากอารมณ์ของผู้สอน ชุดการสอนสามารถทำให้ผู้เรียนเรียนได้ตลอด ไม่ว่าอาจารย์ผู้สอนจะมีสภาพหรือมีความคับข้องทางอารมณ์มากน้อยเพียงใด (ไชยยศ, 2521: 295)

2.3.8 ชุดการสอนทำให้เกิดประสิทธิภาพในการสอนอย่างเชื่อถือได้ เพราะชุดการสอนผลิตขึ้นด้วยวิธีการเข้าสู่ระบบ (System approach) โดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ เช่น ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะวิชานั้น ๆ นักโศกทัศน์ศึกษา นักจิตวิทยา ครูผู้เชี่ยวชาญการวัดผล ผู้เรียน ผู้ปกครอง ร่วมกันผลิตชุดการสอน (สมปอง , 2543: 92)

2.3.9 ช่วยให้นักเรียนรู้จุดมุ่งหมายของการเรียนอย่างชัดเจน ตลอดจนรู้วิธีการที่จะบรรลุจุดมุ่งหมายนั้น เป็นการเพิ่มพูนการสนใจในการเรียน นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการกระทำ

2.3.10 เป็นประโยชน์ในการบริหารการศึกษา ทำให้การศึกษาเป็นขบวนการที่ตรวจสอบคุณภาพของการศึกษาได้ ตรวจสอบผลการปฏิบัติหน้าที่ของครูได้

2.3.11 เป็นขบวนการเรียนรู้ที่ครบถ้วนในช่วงเวลาที่กำหนดนักเรียนรู้ผลการกระทำของตน เป็นการเสริมแรงการเรียนรู้ประการหนึ่ง

2.3.12 ชุดการสอนเป็นขบวนการที่ครบทั้งระบบ เริ่มตั้งแต่จุดมุ่งหมาย ขบวนการสอนและการประเมินผล(ชม, 2527: 99)

2.4 หลักการและทฤษฎีที่นำมาใช้ในการผลิตชุดการสอน

เสาวนีย์(2528: 292) ได้ให้หลักการและทฤษฎีที่สำคัญพื้นฐานในการสร้างชุดการสอน คือ

2.4.1 ความแตกต่างระหว่างบุคคล

นักการศึกษาได้นำหลักจิตวิทยาในด้านความแตกต่างระหว่างบุคคลใช้ เพราะถือว่าการสอนนั้นไม่สามารถปั้นผู้เรียนให้เป็นแม่พิมพ์เดียวกันได้ในเวลาที่เท่ากัน เพราะผู้เรียนแต่ละคนจะเรียนรู้ตามวิถีทางของเขา และใช้เวลาเรียนในเรื่องหนึ่งๆ ที่แตกต่างกันไปความแตกต่างเหล่านี้มีความแตกต่างในด้านความสามารถ สถิติปัญญาความต้องการ ความสนใจร่างกาย อารมณ์และสังคม ด้วยเหตุผลที่คนเรามีความแตกต่างกันดังกล่าว ผู้สร้างชุดการสอนจึงพยายามที่จะหาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการที่จะทำให้ผู้เรียนได้เรียนอย่างบรรลุผล สำเร็จตามการจัดการสอนตามเอกลักษณ์หรือการศึกษาด้วยตนเอง ซึ่งล้วนแต่เป็นวิธีสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนตามความแตกต่างของแต่ละคน

2.4.2 การนำสื่อประสมมาใช้

เป็นการนำเอาสื่อการสอนหลายประเภทมาใช้สัมพันธ์กันอย่างมีระบบ ความพยายามอันนี้ก็เพื่อที่จะเปลี่ยนแปลงการเรียนการสอน จากเดิมที่เคยยึดครูเป็นแหล่งให้ความรู้หลัก มาเป็นการจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนเรียนด้วยการใช้แหล่งความรู้จากสื่อประเภทต่างๆ

2.4.3 ทฤษฎีการเรียนรู้

จิตวิทยาการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้

2.4.3.1 เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนด้วยตนเอง

2.4.3.2 ตรวจสอบผลการเรียนของตนเองว่าถูกหรือผิดได้ทันที

2.4.3.3 มีการเสริมแรง คือ ผู้เรียนจะเกิดความภาคภูมิใจ ดีใจที่ตนเองทำได้ถูกต้อง เป็นการให้กำลังใจที่จะเรียนต่อไป ถ้าตนเองทำไม่ถูกต้องจะได้ทราบว่าที่ถูกต้องต้องได้นั้นคืออะไร จะได้

ไต่ตรองพิจารณาทำให้เกิดความเข้าใจ ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดความท้อถอยหรือสิ้นหวังในการเรียน เพราะเขาจะมีโอกาสที่จะสำเร็จได้เหมือนคนอื่นเหมือนกัน

2.4.3.4 เรียนรู้ไปทีละขั้น ตามความสามารถและความสนใจของตนเอง

2.4.4 การใช้วิธีวิเคราะห์ระบบ

เป็นการนำเอาการวิเคราะห์ระบบมาใช้ โดยจัดเนื้อหาวิชาให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและวัยของผู้เรียน ทุกสิ่งทุกอย่างที่จัดไว้ในชุดการสอนจะสร้างขึ้นอย่างมีระบบ จะต้องมีการตรวจเช็คทุกขั้นตอนและทุกอย่างจะต้องสัมพันธ์สอดคล้องกันเป็นอย่างดี มีการทดลองปรับปรุงจนมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเป็นที่เชื่อถือได้ จึงจะนำออกใช้

2.5 ขั้นตอนการสร้างชุดการสอน

ชม (2527: 103-105) ได้กำหนดขั้นตอนในการพัฒนาชุดการสอน ดังนี้

1. วิเคราะห์และกำหนดความต้องการคือการพิจารณาว่าความต้องการอันจำเป็นนั้นคืออะไร ควรจะดูว่าหลักสูตรต้องการทำให้เกิดคุณลักษณะใด
2. กำหนดจุดหมายและจุดมุ่งหมาย โดยทำความเข้าใจจุดหมาย (Goal) ของรายวิชาก่อน แล้วต่อไปต้องกำหนดจุดมุ่งหมาย (Objective) ให้ชัดเจน
3. ออกแบบองค์ประกอบของระบบ
4. วิเคราะห์แหล่งวิทยาการที่ต้องการ แหล่งวิทยาการที่มีอยู่ และข้อจำกัด โดยพิจารณาจากทรัพยากรที่มีอยู่ ตลอดจนข้อจำกัดต่าง ๆ
5. การปฏิบัติเพื่อจัดหรือปรับปรุงข้อจำกัด
6. เลือกหรือพัฒนาวัสดุเพื่อการสอน
7. ออกแบบการประเมินผลการกระทำของนักเรียน
8. ทำการทดสอบ ทดลอง ประเมินผล เพื่อพัฒนาและฝึกอบรมครู
9. ปรับปรุงแก้ไขและประเมินผล
10. การประเมินเพื่อสรุป
11. การสร้างเป็นชุดหรือติดตั้งเพื่อใช้

ไชยศ (2521: 234) ได้กำหนดขั้นตอนในการผลิต 10 ขั้นตอนด้วยกัน คือ

1. กำหนดหมวดหมู่เนื้อหา และประสบการณ์ อาจจะกำหนดเป็นหมวดวิชา หรือบูรณาการ เป็นแบบสหวิทยาการตามที่เหมาะสม
2. กำหนดหน่วยการสอน โดยแบ่งเนื้อหาวิชาออกเป็นหน่วยการสอน ประมาณเนื้อหาวิชาที่ครูสามารถถ่ายทอดความรู้แก่นักเรียนได้ในหนึ่งสัปดาห์ หรือสอนได้หน่วยละครั้ง

3. กำหนดหัวเรื่อง ผู้สอนจะต้องถามตัวเองว่าในการสอนแต่ละหน่วยควรให้ประสบการณ์อะไรแก่ผู้เรียนบ้าง แล้วกำหนดหัวข้อเรื่องออกมาเป็นหน่วยการสอนย่อย

4. กำหนดมโนทัศน์และหลักการ มโนทัศน์และหลักการที่กำหนดขึ้นจะต้องสอดคล้องกับหน่วยและหัวเรื่อง โดยสรุปแนวคิด สาระ และหลักเกณฑ์ที่สำคัญไว้ เพื่อเป็นแนวทางจัดเนื้อหาการสอนให้สอดคล้องกัน

5. กำหนดวัตถุประสงค์ให้สอดคล้องกับหัวเรื่อง โดยเขียนเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ที่ต้องมีเกณฑ์การเปลี่ยนพฤติกรรมไว้ทุกครั้ง

6. กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งจะเป็แนวทาง การเลือกและผลิตสื่อการสอน

7. กำหนดแบบประเมินผล ต้องประเมินผลให้ตรงกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยใช้แบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Criterion Test) เพื่อให้ผู้สอนทราบว่า หลังจากการเรียนรู้จากชุดการสอนแล้ว นักเรียนได้เปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

8. เลือกและผลิตสื่อการสอน วัสดุอุปกรณ์และวิธีการที่ครูใช้ ถือเป็นสื่อการสอนทั้งสิ้น เมื่อผลิตสื่อการสอนของแต่ละหัวเรื่องแล้ว ก็จัดสื่อการสอนเหล่านั้นไว้เป็นหมวดหมู่ในกล่องที่เตรียมไว้ เพื่อนำไปทดลองหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้

9. หาประสิทธิภาพของชุดการสอน เพื่อเป็นการประกันว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมี ประสิทธิภาพในการสอน ผู้สร้างจำต้องกำหนดเกณฑ์ขึ้นโดยคำนึงถึงหลักการที่ว่า การเรียนรู้เป็น กระบวนการเพื่อช่วยให้การเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้เรียนบรรลุผล

10. การใช้ชุดการสอน เป็นขั้นการนำชุดการสอนไปใช้ ซึ่งจะต้องมีการตรวจสอบและ ปรับปรุงอยู่ตลอดเวลา

เสาวณีย์ (2528: 293) ได้กำหนดขั้นตอนในการสร้างชุดการสอน ดังนี้

1. วิเคราะห์และกำหนดความต้องการ
2. กำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์
3. ออกแบบองค์ประกอบของระบบ
4. วิเคราะห์แหล่งทรัพยากรที่ต้องการ ทั้งทรัพยากรที่มีอยู่และข้อจำกัด
5. เลือก และ หรือ ผลิตวัสดุเพื่อการสอน
6. ออกแบบและประเมินผลการเรียนของผู้เรียน
7. ทดลองและปรับปรุงแก้ไข
8. นำไปใช้

จากขั้นตอนการสร้างชุดการสอนที่นักการศึกษาหลาย ๆ ท่านกล่าวไว้ สรุปได้ว่า การสร้างชุดการสอน ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

1. วิเคราะห์และกำหนดความต้องการ
2. กำหนดหมวดหมู่เนื้อหา และประสบการณ์
3. กำหนดหน่วยการสอนโดยแบ่งเนื้อหาวิชาออกเป็นหน่วยการสอน
4. กำหนดหัวเรื่อง
5. กำหนดวัตถุประสงค์ให้สอดคล้องกับหัวเรื่อง
6. กำหนดกิจกรรมการสอน
7. วิเคราะห์แหล่งทรัพยากรที่ต้องการ ทั้งทรัพยากรที่มีอยู่และข้อจำกัด
8. เลือกหรือพัฒนาวัสดุเพื่อการสอน
9. ออกแบบการประเมินผลการกระทำของนักเรียน
10. ทำการทดสอบ ทดลองประเมินผล
11. ปรับปรุงแก้ไขและประเมินผล
12. นำไปใช้

2.6 หลักเกณฑ์ในการเลือกสื่อการเรียนการสอน

หลักการเลือกสื่อการสอนที่ดีนั้น นักการศึกษาโดยทั่วไปมีความเห็นว่า ไม่มีสื่อการสอนประเภทใดประเภทหนึ่ง มีคุณสมบัติที่ดีที่สุด และเหมาะสมที่สุดสำหรับการสอนทุกประเภท (สมปอง, 2542: 50) แต่นักการศึกษาได้ให้ข้อคิดในการเลือกสื่อการสอนที่เหมาะสมไว้ โดยพิจารณาที่องค์ประกอบต่าง ๆ 5 ประเด็น ดังนี้

1. การเลือกสื่อการสอน จะต้องให้มีความสอดคล้องกันตามวัตถุประสงค์ของการสอน
2. การเลือกสื่อการสอน จะต้องให้มีความสอดคล้องตามลักษณะเนื้อหาวิชาที่สอน
3. การเลือกสื่อการสอน จะต้องให้มีความสอดคล้องกับลักษณะวิธีการสอนของครู
4. การเลือกสื่อการสอน จะต้องให้มีความสอดคล้องกับประสบการณ์ที่จัดไว้ให้นักเรียนได้เรียนรู้

5. การเลือกสื่อการสอน จะต้องให้มีความเหมาะสมกับสิ่งอำนวยความสะดวก

การเลือกสื่อการสอนเพื่อนำมาใช้ประกอบการสอน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง โดยในการเลือกสื่อ ผู้สอนจะต้องตั้งวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในการเรียนให้แน่นอนเสียก่อน เพื่อใช้วัตถุประสงค์นั้นเป็นตัวชี้้นำในการเลือกสื่อการสอนที่เหมาะสม (กิดานันท์, 2543: 99) นอกจากนี้ยังมีหลักการอื่น ๆ เพื่อประกอบการพิจารณา คือ

1. สื่อนั้นต้องสัมพันธ์กับเนื้อหาบทเรียนและจุดมุ่งหมายที่จะสอน
 2. เลือกสื่อที่มีเนื้อหาถูกต้อง ทันสมัย น่าสนใจ และเป็นสื่อที่จะให้ผลต่อการเรียนการสอนมากที่สุด ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาวิชานั้นได้ดีเป็นลำดับขั้นตอน

3. เป็นสื่อที่เหมาะสมกับวัย ระดับชั้น ความรู้ และประสบการณ์ของผู้เรียน
 4. สื่อนั้นควรสะดวกในการใช้ มีวิธีการไม่ซับซ้อนยุ่งยากจนเกินไป
 5. ต้องเป็นสื่อที่มีคุณภาพเทคนิคการผลิตที่ดี มีความชัดเจนและเป็นจริง
 6. มีราคาไม่แพงเกินไป หรือถ้าผลิตเองควรคุ้มกับเวลาและการลงทุน
- สมบุรณ์ (2534: 49) ได้ให้หลักเกณฑ์การเลือกสื่อการเรียนการสอน ดังนี้

1. สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
2. ตรงกับเนื้อหา
3. น่าสนใจ
4. เหมาะกับวัยผู้เรียน
5. สะดวกต่อการใช้และการเก็บรักษา

ลัดดา (2523: 67) ได้ให้หลักเกณฑ์การเลือกสื่อการเรียนการสอน ดังนี้

1. เลือกสื่อและประสบการณ์ที่สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน
 2. เลือกสื่อและประสบการณ์ที่สอดคล้องกับลักษณะการตอบสนอง และพฤติกรรมขั้นสุดท้ายของผู้เรียนที่คาดหวังจะให้เกิดขึ้น

3. เลือกสื่อและประสบการณ์ในการเรียนการสอน ที่เหมาะสมกับความสามารถ และประสบการณ์เดิมของแต่ละคน

4. เลือกสื่อและวัสดุอุปกรณ์ที่พอจะหาได้ การเลือกสื่อการเรียนการสอนจะต้องคำนึงถึงความสะดวกสบายในการนำสื่อขึ้นมาใช้ด้วย

วาสนา (2525: 17) ได้ให้หลักเกณฑ์การเลือกสื่อการเรียนการสอน ดังนี้

1. ให้เหมาะสมและสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม
 2. เหมาะกับกิจกรรมหรือประสบการณ์ที่จัดขึ้นเพื่อการเรียนการสอน
 3. เหมาะสมกับวัย และความสนใจของผู้เรียน
 4. คำนึงถึงการประหยัด สื่อที่เลือกมาใช้ควรให้ผลคุ้มค่ากับการลงทุน ทั้งในด้านเงินทอง และเวลาที่เสียไป

5. ใช้ได้สะดวก ปลอดภัย

ไชยยศ (2526: 157) ได้ให้หลักเกณฑ์การเลือกสื่อการเรียนการสอน ดังนี้

1. สื่อต้องสัมพันธ์กับจุดมุ่งหมาย และเรื่องที่จะสอน

2. สื่อต้องเหมาะสมกับความรู้และประสบการณ์ของผู้เรียน
3. เหมาะสมกับวัยและระดับชั้นของผู้เรียน
4. เนื้อหาและวิธีใช้ไม่ยุ่งยากซับซ้อน
5. น่าสนใจ ทันสมัยและไม่ซับซ้อน
6. เนื้อหามีความถูกต้อง
7. เทคนิคการผลิตดี เช่น เกี่ยวกับขนาด สี เสียง ภาพ ความเป็นจริง และการจูงใจ เป็นต้น
8. เป็นสื่อที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน
9. สามารถนำเข้าร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนได้ดี
10. ถ้ามีสื่อการสอนหลายอย่างในเรื่องเดียวกัน ให้พิจารณาว่าสื่อใดเหมาะสมที่สุดที่ควรจะทำให้ความรู้ความเข้าใจแก่ผู้เรียนได้ดีที่สุดในระยะเวลาอันสั้นที่สุด

ชม (2527: 59 – 60) ได้ให้หลักเกณฑ์การเลือกสื่อการเรียนการสอน ดังนี้

1. เหมาะสมกับจุดมุ่งหมาย
2. ระดับความยากง่าย เหมาะกับความเข้าใจของผู้เรียน
3. ค่าใช้จ่าย
4. ความสะดวก ความพร้อมทุกเมื่อ เมื่อต้องการจะใช้
5. คุณภาพทางเทคนิค

จริยา (2535: 7 – 8) ได้ให้หลักเกณฑ์เกี่ยวกับสื่อการเรียนการสอน ดังนี้

1. ความเหมาะสม สื่อที่จะใช้นั้นเหมาะสมกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนหรือไม่
2. ความถูกต้อง สื่อที่จะใช้ช่วยให้นักเรียนได้ข้อสรุปที่ถูกต้องหรือไม่ในเนื้อหา
3. ความเข้าใจ สื่อที่ใช้นั้นช่วยให้นักเรียนรู้จักคิดอย่างมีเหตุผล และให้ข้อมูลที่ถูกต้องแก่นักเรียนหรือไม่
4. ประสบการณ์ที่ได้รับ สื่อที่จะใช้นั้นช่วยเพิ่มพูนประสบการณ์แก่นักเรียนหรือไม่อย่างไร
5. เหมาะสมกับวัย ระดับชั้น จำนวนผู้เรียน ความสามารถ ความสนใจ รวมทั้งทักษะและรูปแบบการเรียนของนักเรียนหรือไม่
6. เหมาะสมกับทัศนคติและทักษะของครูผู้สอนหรือไม่
7. ใช้การได้ดี ในแง่ก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนรู้ได้ดีหรือไม่
8. คู่กับราคา และการลงทุนในการผลิตและการนำมาใช้
9. สื่อนั้นช่วยให้นักเรียนร่วมกิจกรรมตามที่ครูต้องการหรือไม่
10. ระยะเวลาในการเสนอสื่อการสอนนั้นเหมาะสมหรือไม่

11. สื่อนั้นช่วยเสนอแนะกิจกรรมอื่น ๆ ที่นักเรียนอาจปฏิบัติเพิ่มเติมได้หรือไม่

12. มีสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้สื่อนั้นแค่ไหน อาทิ เช่น สถานที่ แสงสว่าง สิ่งอำนวยความสะดวกอื่น ๆ เป็นต้น

จากหลักเกณฑ์การพิจารณาการเลือกใช้สื่อการเรียนการสอน ที่นักการศึกษาได้กล่าวไว้พอจะสรุปได้ว่าสื่อการเรียนการสอนที่จะนำไปใช้ จะต้องมียุทธศาสตร์ ดังนี้

1. มีความสัมพันธ์และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน
2. มีความถูกต้อง ทันสมัย
3. เหมาะสมกับวัย
4. ใช้ง่ายไม่ซับซ้อน
5. เหมาะสมกับทัศนคติและทักษะของครูผู้สอน
6. คู่กับราคา และการลงทุนในการผลิตและการนำมาใช้
7. สะดวกในการใช้และเก็บรักษา
8. มีความเหมาะสมกับสิ่งอำนวยความสะดวก

2.7 การวางแผนสร้างแบบทดสอบ

การสร้างแบบทดสอบเป็นหน้าที่ของครูผู้สอนโดยตรง แต่การที่จะสร้างข้อสอบให้มีคุณภาพดีนั้นเป็นงานที่ค่อนข้างยาก ครูผู้สอนจึงต้องกระทำอย่างระมัดระวัง และใช้เวลามากพอสมควร ครูผู้สอนต้องมีการวางแผนสร้างแบบทดสอบ การเขียนข้อสอบให้ถูกต้องครอบคลุมเนื้อหาวิชา และตรงตามวัตถุประสงค์ของวิชานั้น จะต้องจัดทำเป็นตารางวิเคราะห์หลักสูตรชั้น และข้อสอบจะต้องเขียนตามตารางที่ได้วิเคราะห์นี้ (วิริติ,2539)

2.7.1 การวิเคราะห์เนื้อหาวิชาและวัตถุประสงค์

2.7.1.1 การวิเคราะห์เนื้อหาวิชา

การวิเคราะห์เนื้อหาวิชานี้เป็นขั้นตอนที่ควบคู่ไปพร้อมๆ กับการวิเคราะห์วัตถุประสงค์ กล่าวคือ ครูผู้สอนควรศึกษาหนังสือคู่มือครู แบบเรียน โครงการสอน หรือแผนบทเรียน เพื่อที่จะได้นำมาแบ่งเป็นหัวข้อย่อยๆ ให้มีขนาดความยาวที่เหมาะสม และมีขนาดเท่าๆกัน ทุกหัวข้อย่อย (โดยปกติแล้วหัวข้อย่อยมักจะเป็นหน่วยการเรียนรู้หรือบทเรียนแต่ละครั้ง) โดยยึดหลักดังนี้

ก) แต่ละหัวข้อย่อยต้องมีขนาดความยาวใกล้เคียงกัน

ข) แต่ละหัวข้อย่อยที่มีความสัมพันธ์กันควรรวบรวมเป็นหัวข้อเดียวกัน

- ค) ต้องคำนึงถึงความยากง่ายของเนื้อหาวิชาแต่ละตอนด้วย
- ง) ถ้าตอนใดมีความยาวมาก ควรแบ่งให้มีขนาดเล็กลง
- จ) ควรคำนึงถึงเวลาที่ใช้สอนเป็นหลัก ถ้าเรื่องใด ตอนใด ต้องใช้เวลาสอนมาก ควรที่จะแบ่งเป็นหัวข้อย่อยๆ ลงไป

2.7.1.2 การวิเคราะห์วัตถุประสงค์

เมื่อต้องการจะเขียนข้อสอบ เพื่อวัดพฤติกรรมตาม วัตถุประสงค์ที่หลักสูตรต้องการแล้ว ต้องนำวัตถุประสงค์ที่ไม่กระจำแจ้ง มาวิเคราะห์ให้กระจำแจ้งเสียก่อนพฤติกรรมที่คลุมเครือจะไม่สามารถที่จะสร้างข้อสอบได้ ดังนั้น เมื่อจะทำการสอบวัดการเรียนรู้ในระดับใด ก็ต้องวิเคราะห์ วัตถุประสงค์ของหลักสูตรระดับนั้นก่อนสอบเสมอ ทำเป็นตารางวิเคราะห์ดูความสัมพันธ์ของ วัตถุประสงค์และเนื้อหาที่หลักสูตรจัดไว้ ตารางนี้เรียกว่า ตารางวิเคราะห์หลักสูตร (Table of Spectfication)

วัตถุประสงค์ทางการศึกษา (Education Objective) ที่เห็นกันบ่อยจากหลักสูตร ก็คือ อยากให้เด็กเกิดสมรรถภาพ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การประเมินค่า ทักษะ ทักษะ ทักษะ ความมีเหตุผล การสังเกตความริเริ่มสร้างสรรค์วิจารณ์ความแม่นยำ ความรับผิดชอบ ความซาบซึ้ง จินตนาการ ฯลฯ ลักษณะนี้ก็เป็นพฤติกรรมใหญ่ๆ ในตัวของมันเอง ฟังดูแล้วค่อนข้างคลุมเครือ ถ้าจะให้เขียนรูปวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมก็ต้องนิยามให้กระจำแจ้ง แล้วหาคำนิยามที่สามารถแสดงออกให้ชัดเจน จะเป็นประโยชน์การนำไปใช้ในการเรียนการสอน หรือการสอบวัดผลได้เป็นอย่างดี

การสร้างข้อสอบหรือแบบทดสอบมักจะเน้นเฉพาะพฤติกรรมด้านความรู้ ความคิด (พุทธิพิสัย) คือความจำ ความเข้าใจ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า มากกว่า พฤติกรรมด้านจิตพิสัยและทักษะพิสัย

2.7.2 การวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา

หลักสูตร หมายถึง การจัดกิจกรรมหรือประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียน ความหมายของหลักสูตรจึงกว้างมาก หลักสูตรของวิชาหนึ่งๆ จึงไม่ใช่เพียงสิ่งที่พิมพ์ไว้ในเล่มเท่านั้น ความจริงแล้ว สิ่ง que พิมพ์ไว้เป็นเล่มที่เรียกกันทั่วไปว่าหลักสูตรนั้น ควรจะเรียกใหม่ว่า แก่โครงย่อของหลักสูตรมากกว่า หลักสูตรนั้นครอบคลุมไปถึงโครงการสอน แบบเรียน แบบฝึกหัด สื่อการเรียน วิธีการสอน วิธีจัดกิจกรรม ตลอดจนคู่มือดำเนินงานของครู เพื่อให้เด็กเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม

จะทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักสูตร จะต้องศึกษาหลักการ จุดหมาย และโครงสร้างของหลักสูตรนั้น ๆ ให้ดี

หลักการ หมายถึง ปรัชญาหรือความเชื่อที่คิดว่า ถ้าจัดประสบการณ์อย่างนี้แล้ว จะเกิดผลอย่างไร เมื่อมองในรูปกว้าง ๆ

จุดหมาย หมายถึง ความคาดหวังของผลิตผลทางการศึกษา นั่นคือ สิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นเมื่ออ่านหลักสูตรนี้แล้วนั่นเอง

โครงการของหลักสูตร หมายถึง กรอบที่จะจัดสื่อให้แก่ผู้เรียน โดยคาดหมายว่า เมื่อจัดกิจกรรมอย่างนั้นแล้วจะเป็นไปตามจุดหมายที่ตั้งไว้

การวิเคราะห์หลักสูตรมีประโยชน์หลายประการ โดยเฉพาะเกี่ยวกับการสอนและการวัด จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้ผลการวิเคราะห์หลักสูตรเป็นแนวทางการวางแผนการสอน และการสอนให้ได้ถูกต้องตามความต้องการของหลักสูตร ในการวิเคราะห์หลักสูตรจะมีการหานักความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรมแต่ละอย่าง เมื่อทราบแน่ชัดอย่างนี้แล้ว การกำหนดเนื้อหาใดที่ชั่วโม่ง เน้นหนักพฤติกรรมใดคงทำได้ง่าย การมีตารางตัวเลขที่แน่นอนย่อมแปลความหมายได้ดีกว่าการพิจารณาเป็นตัวหนังสือเฉย ๆ

การวิเคราะห์หลักสูตรควรจะเป็นกลุ่มหรือเป็นกรรมการ การวิเคราะห์คนเดียวจะทำให้เกิดความไม่แน่ใจ ไม่มีใครร่วมให้คำปรึกษา แสดงความคิดเห็นโต้แย้งกัน แต่ถ้าจำเป็นจริงๆ เช่น วิชาสอนคนเดียว ไม่มีใครเกี่ยวข้องด้วยเลย ก็สามารถวิเคราะห์คนเดียวได้ ถ้าวิชานั้นมีคนสอนหลายคนหรือคนรู้หลายคน ก็ควรจะเป็นกรรมการ การตั้งกรรมการควรมี ประมาณ 5 หรือ 7 หรือ 9 คน และควรเลือกประธาน และเลขานุการเพื่อดำเนินงานให้ได้ผลดี

เมื่อเลือกประธานและเลขานุการเรียบร้อยแล้ว ทุกคนศึกษาหลักสูตรวิชานั้นให้แน่ใจ แล้วก็เริ่มพิจารณากันตามลำดับ ดังนี้

2.7.2.1 พิจารณาวัตถุประสงค์ของหลักสูตรนั้นแต่ละข้อแล้วแยกแยะดูว่า แต่ละข้อนั้นต้องการให้ผู้เรียนเกิดพฤติกรรมอะไร เพราะฉะนั้นกรรมการทั้งหลายจะต้องรู้จักพฤติกรรมต่าง ๆ ทางการศึกษาอย่างดี

2.7.2.2 เมื่อแยกเอาพฤติกรรมจากจุดมุ่งหมายแต่ละข้อได้แล้ว นำมาพิจารณาขุบรวมสิ่งที่ซ้ำซ้อนให้เป็นลักษณะใดลักษณะหนึ่งของตัวมัน

2.7.2.3 นำเอาพฤติกรรมดังกล่าวมาตีความหมายตามลักษณะของแต่ละวิชา ซึ่งอาจไม่เหมือนกัน เมื่อกรรมการตีความหมายต่อแล้ว ก็ต้องทำพฤติกรรมนี้ให้มองเห็นเด่นชัดขึ้นอีก เขียนเป็นลักษณะจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม นั่นคือ ต้องบอกด้วยว่า แสดงออกอย่างไร จึงเรียกว่าเกิดพฤติกรรมในวิชานั้นจริง

2.7.2.4 พิจารณาแยกเนื้อหาเพื่อใช้ในการสอนและการสอบ เนื้อหาใดที่คลุมเครือ อาจแยกย่อยลงอีกได้ หรือเนื้อหาใดที่ซ้ำซ้อนแบบเดียวกันอาจยุบรวมกันได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับมติของคณะกรรมการ

2.7.2.5 นำเอาพฤติกรรมในข้อ 2.7.2.3 และเนื้อหาในหัวข้อที่ 2.7.2.4 มาเขียนลงในตารางสัมพันธ์กัน โดยให้พฤติกรรมเป็นช่องแถวตั้ง เนื้อหาเป็นช่องแถวนอน ดังตัวอย่างในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ตัวอย่างตารางวิเคราะห์หลักสูตร

พฤติกรรม เนื้อหา	ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	ประเมินค่า	ทักษะ	ทัศนคติ	ความรับผิดชอบ	รวม	อันดับความสำคัญ
	10	10	10	10	10	10	10	10	10		
1. กฎของโอห์ม											
2. การต่อต้านตัวทาน											
3. กำลังไฟฟ้า											
4. งานไฟฟ้า											
ฯลฯ											
รวม											
อันดับความสำคัญ											

ตารางนี้แต่ละช่องพฤติกรรมให้น้ำหนักสูงสุดไว้ช่องละ 10 หรือจะกำหนดน้ำหนัก 5 ก็ได้ แล้วแต่เห็นสมควร ต่อจากนั้นพิจารณาเนื้อหาเป็นข้อ ๆ ไป ว่าต้องการให้เกิดพฤติกรรมนั้นเท่าไร ให้น้ำหนักแต่ละช่องจนครบทุกช่อง รวมของตนเองแล้วพิจารณาอีกทีว่าเหมาะสมดีแล้วหรือยัง ถ้ายังเห็นว่าบกพร่องก็สามารถแก้ไขได้

2.7.2.6 ให้นำคะแนนจากตารางของแต่ละกรรมกรมารวมกันเป็นช่อง ๆ แล้วหาค่าเฉลี่ย ทำตารางใหม่อีกแผ่นหนึ่งลงเฉพาะน้ำหนักคะแนนเฉลี่ยที่ได้มา พฤติกรรมและเนื้อหาเป็นของเดิมทุกประการ เมื่อเฉลี่ยทุกช่องแล้ว รวมคะแนนทั้งแถวตั้งและแถวนอน จัดอันดับไว้ด้วย

2.7.2.7 แปลงค่าตารางให้ได้ผลรวมทั้งหมดเท่าที่ต้องการ ผลรวมทั้งหมดอาจเป็นตัวเลขเท่าไรก็ได้ เมื่อต้องการแปลงเป็นตาราง 100 , 1000 ก็สามารถทำได้ แต่เนื่องจากผลรวมส่วน

ใหญ่มีค่าอยู่ระหว่าง 100 ถึง 1000 เพื่อความสะดวกในการใช้เปรียบเทียบ จึงนิยมทำเป็นตาราง 1000 ไว้ การแปลงค่าเฉลี่ยเป็นตาราง 1000 ใช้เทียบบัญญัติไตรยางค์ธรรมดา

ตารางที่ 2-2 ตัวอย่างการให้น้ำหนักในตารางวิเคราะห์หลักสูตร

เหตุการณ์ เนื้อหา	ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	เหตุผล	รวม	อันดับความสำคัญ
	10	10	10	10		
1. กฎของโอห์ม	5	7	8	3	23	1
2. การต่อต้านตัวทาน	3	5	7	4	19	2
3. กำลังไฟฟ้า	2	4	5	4	15	3
4. งานไฟฟ้า	3	4	4	3	14	4
รวม	13	20	24	14	71	
อันดับความสำคัญ	4	2	1	3		

ตารางที่ 2-3 ผลรวมของการแปลงค่าเฉลี่ยเป็นตาราง 1000 ที่ยังไม่ลงตัว

เหตุการณ์ เนื้อหา	ความจำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	เหตุผล	รวม	อันดับความสำคัญ
1. กฎของโอห์ม	70	99	113	42	324	1
2. การต่อต้านตัวทาน	42	70	99	56	267	2
3. กำลังไฟฟ้า	28	56	70	56	210	3
4. งานไฟฟ้า	42	56	56	42	196	4
รวม	182	281	338	196	997	
อันดับความสำคัญ	4	2	1	3		

จำนวนเท่าใดนั้น ไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัวกำหนดเอาไว้ ในการกำหนดความยาวของแบบทดสอบมีปัจจัยบางอย่างที่ต้องพิจารณา ได้แก่

2.7.3.1 จุดมุ่งหมายของการทดสอบ ถ้าแบบทดสอบนั้นจะต้องใช้ในการประเมินผลระหว่างเรียนในเนื้อหาหน่วยใดหน่วยหนึ่งหรือบทหนึ่ง แบบทดสอบที่ใช้ก็ไม่จำเป็นต้องยาวนาน เพราะวัตถุประสงค์และเนื้อหาที่จะต้องทดสอบในหน่วยนั้น ๆ จะมีน้อย แต่ถ้าต้องการจะใช้วัดเพื่อนำผลไปใช้ในการตัดสินใจแก้ปัญหาความบกพร่อง และปรับปรุงการเรียนการสอนก็ควรใช้แบบทดสอบที่มีจำนวนข้อทดสอบมากขึ้น เพราะจะให้ผลการทดสอบที่มีความเที่ยงตรงสูงกว่าแบบทดสอบที่มีน้อยข้อ อย่างไรก็ตาม หลักสำคัญสำหรับกำหนดความยาวของแบบทดสอบให้เหมาะสมกับจุดมุ่งหมาย ก็คือ ข้อทดสอบในแบบทดสอบจะต้องเป็นตัวแทนที่ดีครอบคลุมเนื้อหา และพฤติกรรมที่ต้องการวัดอย่างครบถ้วน

2.7.3.2 รูปแบบของข้อสอบที่ใช้ ข้อสอบรูปแบบต่าง ๆ ผู้ตอบต้องใช้เวลาต่างกัน เช่น ข้อสอบแบบความเรียง ต้องใช้เวลาในการคิดเรียบเรียงและเขียนคำตอบในเวลาที่เท่ากัน ผู้ตอบจะต้องตอบข้อสอบแบบความเรียงได้น้อยข้อกว่าการ ข้อสอบแบบปรนัยด้วยตนเอง แต่ละรูปแบบก็ใช้เวลาในการตอบไม่เท่ากัน เช่น ข้อสอบถูก - ผิด ใช้เวลาน้อยกว่าข้อสอบแบบปรนัยแบบอื่น ๆ แบบเติมข้อความหรือแบบตอบสั้น ๆ ต้องใช้เวลามากกว่าแบบอื่น ๆ ในจำนวนข้อที่เท่ากัน เป็นต้น

2.7.3.3 ลักษณะของเนื้อหาวิชา ข้อสอบวิชาคณิตศาสตร์ หรือวิชาที่ต้องมีการคิดคำนวณเพื่อหาคำตอบ มักต้องใช้เวลาในการตอบมากกว่าวิชาที่ไม่ต้องคิดคำนวณ ดังนั้น ถ้ากำหนดเวลาไว้เท่า ๆ กัน ข้อสอบในวิชาประเภทที่ต้องคิดคำนวณ จึงควรมีน้อยข้อกว่า

2.7.3.4 ระดับความยากง่ายของข้อสอบ ข้อสอบที่ยาก ผู้สอบต้องใช้เวลาคิดหาคำตอบนานกว่าข้อสอบที่ง่าย ส่วนใหญ่แล้วข้อสอบที่ใช้วัดพฤติกรรมในระดับสูง มักเป็นข้อสอบที่มีความยากมากกว่าข้อสอบที่ใช้วัดพฤติกรรมในระดับขั้นต้น ๆ

2.7.3.5 ระดับความเชื่อมั่นที่ต้องการ เนื่องจากค่าระดับความเชื่อมั่นของแบบทดสอบขึ้นอยู่กับความยาวของแบบทดสอบด้วย ถ้าต้องการแบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่นสูง ก็ควรให้มีจำนวนข้อสอบหลาย ๆ ข้อ

2.7.3.6 ระดับอายุของผู้สอบ นักเรียนที่มีอายุน้อย มักต้องการเวลาตอบข้อสอบมากกว่านักเรียนที่มีอายุมาก ทั้งนี้เพราะ เด็กที่มีอายุน้อย ยังมีความสามารถในการอ่าน เขียน และคิด ช้ามากกว่าเด็กที่มีอายุมาก นอกจากนี้เด็กที่มีอายุน้อยยังมีความระมัดระวังและความอดทนน้อยกว่าเด็กที่มีอายุมากด้วย ดังนั้น แบบทดสอบสำหรับเด็กระดับชั้นเล็ก ๆ จึงควรให้มีข้อสอบน้อยข้อกว่าข้อสอบสำหรับเด็กระดับชั้นสูง ๆ

2.7.3.7 ระดับความสามารถของผู้ตอบ ตอบที่มีความสามารถสูง มักจะตอบข้อสอบได้เร็วกว่าผู้ตอบที่มีความสามารถต่ำหรือปานกลาง ผู้สร้างแบบทดสอบจำเป็นต้องทราบระดับความสามารถของผู้ตอบแบบทดสอบนั้นด้วย จะช่วยให้การกำหนดจำนวนข้อสอบเป็นไปอย่างเหมาะสมยิ่งขึ้น

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ดิเรก (2543) ทำการวิจัยเรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาระบบโทรคมนาคม ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พุทธศักราช 2535 ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดการสอน วิชาระบบโทรคมนาคม ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.75/81.31 แสดงว่าชุดการสอนนี้ มีประสิทธิภาพเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ 80/80

ชูชาติ (2545) ได้สร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า 2 เรื่องอนุกรมฟูเรียร์ การแปลงฟูเรียร์ การประยุกต์ใช้งานฟูเรียร์ในวงจรไฟฟ้า และวงจรสองพอร์ต หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พุทธศักราช 2543 ผลการวิจัยพบว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.66/78.24 แบบฝึกหัดเป็นไปตามเกณฑ์ ส่วนแบบทดสอบต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ถือได้ว่ายังมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และเมื่อนำคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนมาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เดือนใจ (2542) ได้สร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาการวิเคราะห์วงจรขยาย ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พุทธศักราช 2538 ผลวิจัยปรากฏว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.02/80.32 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอน สรุปได้ว่า ชุดการสอนเป็นนวัตกรรมทางการศึกษา

เรวัต (2543) ได้ทำการวิจัย การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาการสื่อสารข้อมูลแบบเชิงดิจิทัล หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล โดยนำไปใช้กับนักศึกษาภาควิชาครุศาสตร์คอมพิวเตอร์ ระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 2 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ จำนวน 34 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดการสอนมีผลความก้าวหน้าทางการเรียนหลังบทเรียนของนักศึกษาโดยเฉลี่ย เท่ากับร้อยละ 83.60 ซึ่งเฉลี่ยสูง

กว่าที่กำหนดไว้ร้อยละ 80 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนจบ โดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 80.78 ซึ่งเฉลี่ยเท่ากับที่กำหนดไว้ร้อยละ 80 จากการทดสอบด้วยสถิติ t-test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

อดิศร (2543) ได้ทำการวิจัยการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรม 1 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล โดยนำไปใช้กับนักศึกษาแผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิชาไฟฟ้า ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นสูงชั้นปีที่ 2 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตพระนครเหนือ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543 จำนวน 30 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดการสอนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทำแบบฝึกหัด โดยเฉลี่ย เท่ากับร้อยละ 81.09 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทำแบบทดสอบ โดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 81.09 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทำแบบทดสอบ โดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 81.41 ซึ่งมีค่าสูงกว่าสมมติฐานที่กำหนดไว้ 80/80 ตามการทดสอบด้วยสถิติ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดสร้าง ชุดการสอน เป็นนวัตกรรมทางการศึกษาอย่างหนึ่ง ที่สามารถนำมาพัฒนาการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการสอนอย่างเชื่อถือได้ สามารถทำให้ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้นำเอาหลักการต่างๆ จากเอกสารและงานวิจัยเหล่านี้มาเป็นแนวทางในการสร้างชุดการสอน วิชาการสื่อสารทางแสง หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตภาคพายัพ โดยชุดการสอนที่สร้างขึ้น ประกอบด้วย แผนการสอน รายการวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ใบเนื้อหา แบบทดสอบหลังบทเรียนพร้อมเฉลย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพร้อมเฉลย และสื่อการสอนโดยใช้เพาเวอร์พอย บวกภาพเคลื่อนไหวและแผ่นใส

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ประสิทธิภาพชุดการสอน วิชา การสื่อสารทางแสง (11-712-422) หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล โดยผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดแบบแผนการทดลอง
2. กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. สร้างชุดการสอน
4. เก็บรวบรวมข้อมูล
5. วิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการวิจัย โดยศึกษาหลักสูตรเรื่องการสื่อสารทางแสง หัวข้อความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแก้ว แสงกับเส้นใยแก้ว เคเบิลใยแก้วและสื่อภาพเคลื่อนไหวในแต่ละหัวข้อเนื้อหา หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตภาคพายัพ เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดขอบข่ายของเนื้อหา และศึกษาวิธีการสร้างชุดการสอน จากตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 กำหนดแบบแผนการทดลอง

การศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ ดำเนินการวิจัยแบบ One Group Posttest Design โดยมีแบบแผนการทดลองดังนี้

ตารางที่ 3 - 1 One Group Posttest Design

กลุ่ม	สอบก่อนเรียน	ทดลอง	สอบหลังเรียน
E	T_1	X	T_2

โดย E หมายถึง กลุ่มทดลอง

T_1 หมายถึง การสอบก่อนเรียน

T_2 หมายถึง การสอบหลังเรียน

X หมายถึง การใช้ชุดการสอนกิจกรรม

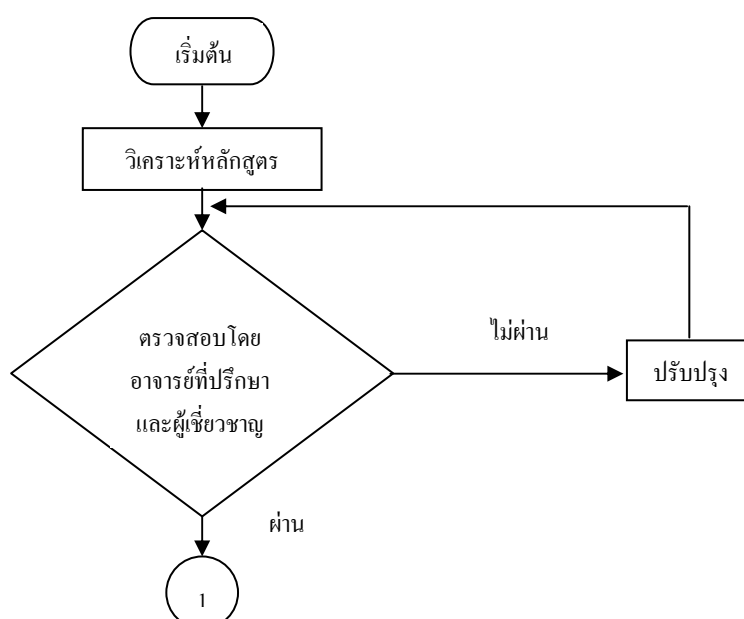
3.2 กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ประชากร ได้แก่ นักศึกษาที่เรียนวิชาการสื่อสารทางแสง หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตภาคพายัพ

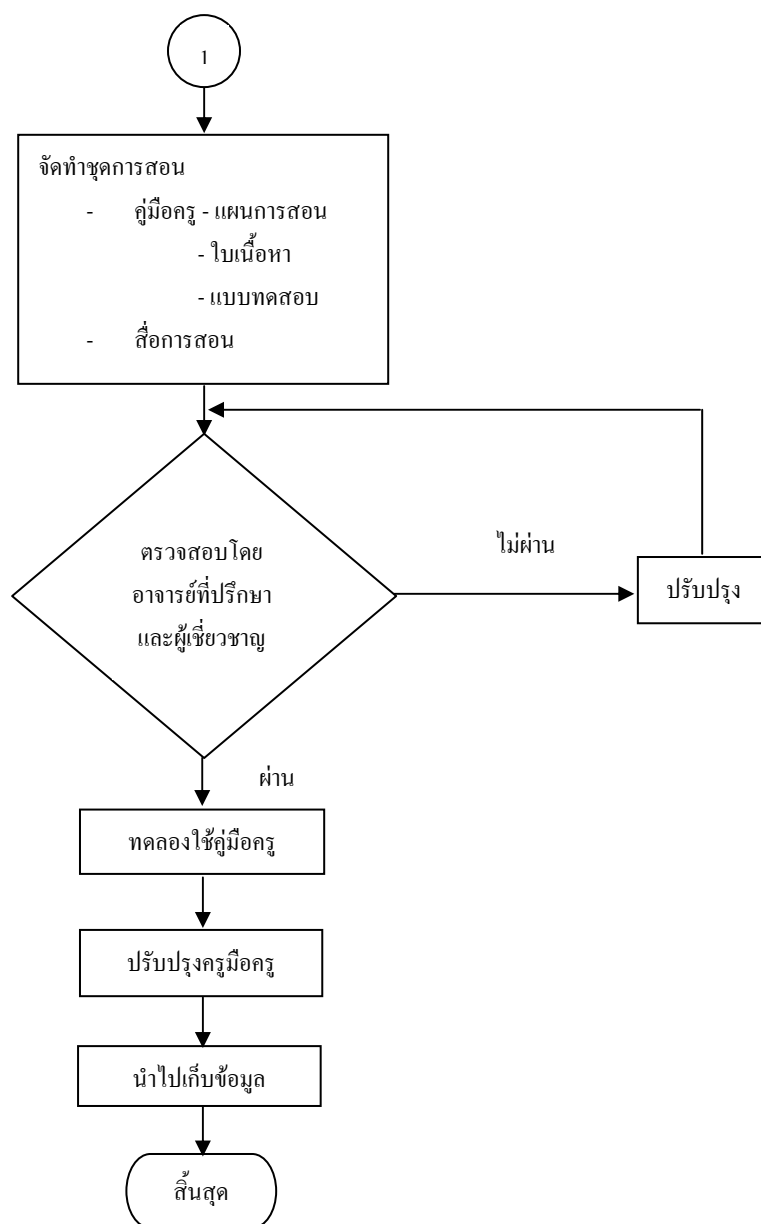
3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการสื่อสารทางแสง หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ชั้นปีที่ 3 ภาค สมทบ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตภาคพายัพ จำนวน 13 คน ซึ่งผู้วิจัยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

3.3 สร้างชุดการสอน

ชุดการสอน ที่ผู้วิจัยดำเนินการสร้างขึ้นคือ คู่มือครู และสื่อการสอน คู่มือครู ประกอบด้วย แผนการสอน ใบเนื้อหา ใบทดสอบหลังบทเรียนพร้อมเฉลย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพร้อมเฉลย และสื่อการสอนเป็นโปรแกรมมัลติมีเดีย มีลักษณะเป็นภาพเคลื่อนไหวร่วมกับโปรแกรมเพาเวอร์พอยท์ (PowerPoint) โดยมีลำดับขั้นตอนการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยดังแสดงในภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3 – 1 แผนผังขั้นตอนการสร้างชุดการสอน



ภาพที่ 3 – 1 (ต่อ) แผนผังขั้นตอนการสร้างชุดการสอน

รายละเอียดในแต่ละขั้นตอนการสร้างชุดการสอนมีดังนี้

3.3.1 การวิเคราะห์หลักสูตร

3.3.1.1 ศึกษาหลักสูตรและค้นคว้าหนังสือ, ตำรา, เอกสาร โดยนำหลักสูตรวิชาการสื่อสารทางแสง (11-712-422) หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา วิทยาเขตภาคพายัพ เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดกรอบของเนื้อหา

3.3.1.2 วิเคราะห์หัวเรื่อง ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากคำอธิบายรายวิชาเป็นหลัก และจากเอกสาร ตำราที่เกี่ยวข้องกับวิชานี้ มาประกอบในการวิเคราะห์หัวเรื่อง จากนั้นส่งให้อาจารย์ผู้สอนตามวิทยาเขตต่างๆ และอาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะ เพื่อให้ได้หัวเรื่องที่ครอบคลุมคำอธิบายรายวิชาอย่างครบถ้วน

3.3.1.3 กำหนดแผนการสอน โดยการนำหัวเรื่องจากการวิเคราะห์ที่ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะจากข้อ 3.3.1.2 มากำหนดการสอนแต่ละสัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ เพื่อกำหนดเนื้อหาให้เหมาะสมกับเวลาที่สอน

3.3.1.4 กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม หลังจากกำหนดโครงการสอนแล้ว ผู้วิจัยได้ กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในแต่ละหัวเรื่อง เพื่อระบุถึงพฤติกรรมที่ต้องการให้ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงหลังจากได้ผ่านกระบวนการเรียนการสอนในหัวเรื่องนั้นๆ และวิเคราะห์เนื้อหาโดยการนำหัวเรื่องจากการกำหนดโครงการสอนมาวิเคราะห์ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร ทำการหาน้ำหนักและความสำคัญของแต่ละหัวข้อเรื่อง โดยให้พฤติกรรมเป็นคอลัมน์ เนื้อหาเป็นแถว ดังแสดงตารางที่ 3 - 2 เพื่อให้ทราบว่าควรเน้นเนื้อหาหัวเรื่องใดเป็นสำคัญและเพื่อเป็นประโยชน์ในการสร้างข้อสอบให้ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรม ตลอดจนเป็นแนวทางในการเลือกวิธีสอน กิจกรรม สื่อการสอนให้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชาและพฤติกรรมที่มุ่งหวัง (ภาคผนวก ค หน้า 133)

3.3.1.5 ตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษา เมื่อกำหนดโครงการสอน และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแล้ว นำมาให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ เพื่อให้ข้อเสนอแนะปรับปรุงและแก้ไข

3.3.2 จัดทำชุดการสอน ประกอบด้วย แผนการสอน ใบเนื้อหา ใบทดสอบหลังบทเรียน พร้อมเฉลย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพร้อมเฉลย และสื่อการสอน มีรายละเอียดดังนี้

3.3.2.1 แผนการสอน ประกอบด้วย วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหา วิธีการสอน และกิจกรรม สื่อการเรียนการสอน และการวัดผล

3.3.2.2 ใบเนื้อหา เป็นส่วนที่แสดงถึงเนื้อหาสาระของบทเรียน มีทั้งหมด 3 หัวเรื่อง ดังนี้

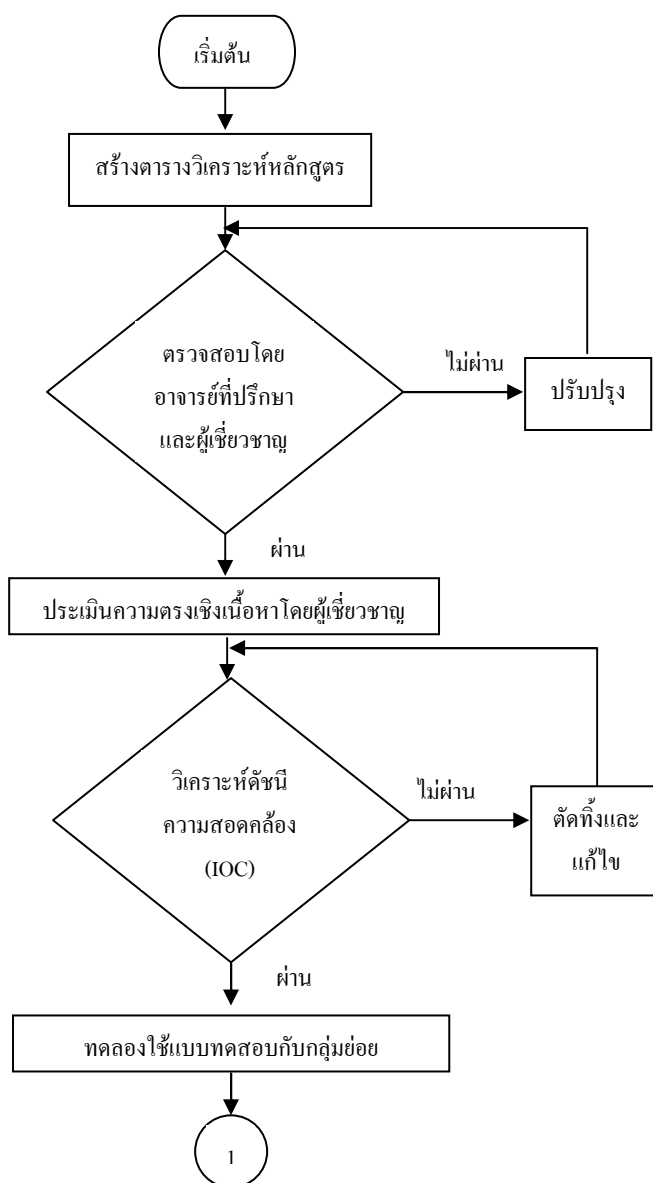
1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแก้ว
2. แสงกับเส้นใยแก้ว
3. สายเคเบิลใยแก้ว

ตารางที่ 3 - 2 ตารางวิเคราะห์หลักสูตร วิชาการสื่อสารทางแสง (11-712-422)

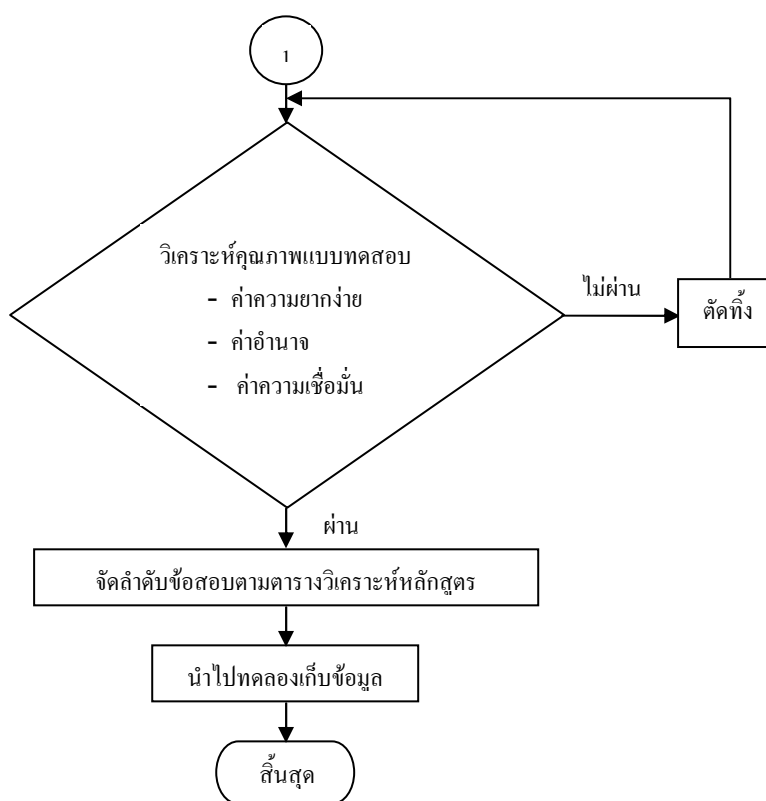
เนื้อหา	จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม				
	(%)ความจำ	(%) เข้าใจ	(%) นำไปใช้	(%)เหตุผล	(%) รวม
1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแก้ว	4	3	1	1	9
1.1 นิยามและหลักการของเส้นใยแก้ว					
1.2 ประวัติและความเป็นมาของเส้นใยแก้ว					
1.3 หลักการพื้นฐานของการสื่อสารทางแสง					
1.4 องค์ประกอบของระบบคลื่นแสง					
1.5 ข้อดีและข้อด้อยของเส้นใยแก้ว					
1.6 ประโยชน์และการใช้งานเส้นใยแก้ว					
1.7 โครงข่ายเส้นใยแก้วและระบบสื่อสารดาวเทียม					
2. แสงกับเส้นใยแก้ว	4	8	2	2	15
2.1 ฟิสิกส์ของแสง					
2.2 การเดินทางของแสงในเส้นใยแก้ว					
2.3 การเปลี่ยนไฟฟ้าเป็นแสง					
2.4 การเปลี่ยนแสงให้เป็นไฟฟ้า					
3. สายเคเบิลใยแก้ว	6	5	4	4	19
3.1 เส้นใยแก้วและพารามิเตอร์ที่สำคัญ					
3.2 ชนิดของเส้นใยแก้ว					
3.3 วัสดุที่ใช้ทำเส้นใยแก้ว					
3.4 การผลิตเส้นใยแก้ว					
3.5 สายเคเบิลใยแก้วประเภทต่างๆ					
3.6 การจัดแบ่งสายเคเบิลใยแก้วตามประเภทการใช้งาน					
3.7 การสูญเสียสัญญาณแสงในเส้นใยแก้ว					
รวม	14	16	7	7	44

3.3.2.3 สร้างแบบทดสอบ

แบบทดสอบชุดนี้ จะประกอบด้วยแบบทดสอบหลังเรียนในแต่ละบท และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อเรียนครบทุกบท ลำดับขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบอธิบายตามภาพที่ 3-2 ได้ดังนี้



ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ



ภาพที่ 3-2 (ต่อ) ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ

3.3.2.3.1 เขียนแบบทดสอบ จากน้ำหนักคะแนนที่ได้จากตารางวิเคราะห์หลักสูตร โดยเป็นแบบทดสอบท้ายบทเรียน จำนวน 70 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 70 ข้อ

3.3.2.3.2 อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ เมื่อเขียนแบบทดสอบในแต่ละหัวข้อเรื่องแล้วนำมาให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ เพื่อปรับปรุงและแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

3.3.2.3.3 ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ เพื่อวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหา ของแบบทดสอบท้ายบทเรียนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ จำนวนอย่างละ 70 ข้อ จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ที่ประเมินแบบทดสอบทั้งหมด 70 ข้อ พบว่าดัชนีความสอดคล้อง มีค่า ระหว่าง 0.6 – 1 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.908 คงเหลือแบบทดสอบนำไปทดลองใช้ จำนวน 70 ข้อ (รายละเอียดภาคผนวก ก หน้า 114)

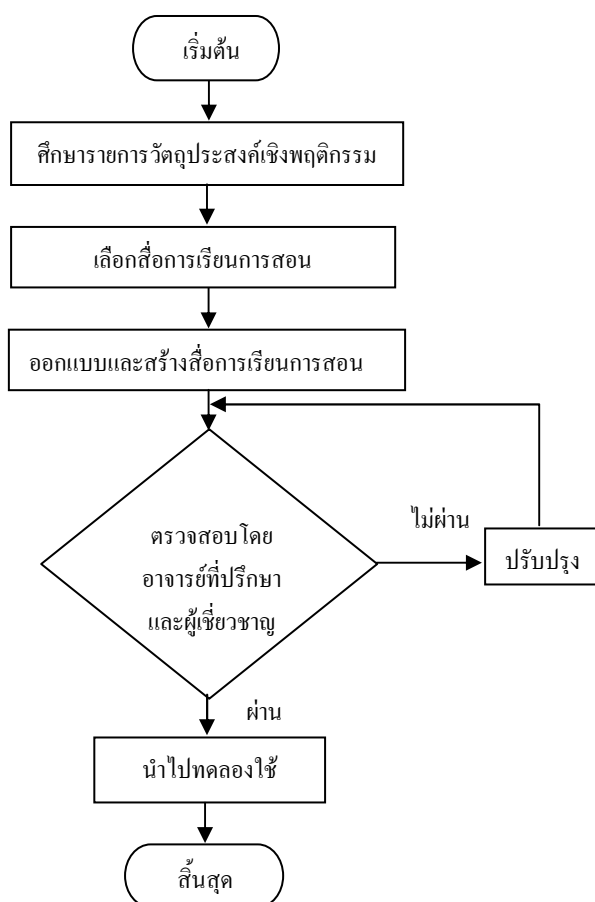
3.3.2.3.4 ทดลองใช้แบบทดสอบโดยนำแบบทดสอบ ไปทดลองใช้กับ นักศึกษาที่เคยผ่านการเรียนวิชาการสื่อสารทางแสง หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีจำนวน 20 คน

3.3.2.3.5 วิเคราะห์แบบทดสอบจากการทดลองใช้แบบทดสอบ โดยทำการวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นโดยเฉลี่ยข้อสอบมีค่าความยากง่าย 0.52 ค่าอำนาจจำแนก 0.55 และ ค่าความเชื่อมั่น 0.966 มีข้อสอบที่ไม่ผ่านการวิเคราะห์ความยากง่ายและอำนาจจำแนกจำนวน 9 ข้อ และข้อสอบที่ผ่านการวิเคราะห์ 61 ข้อ จึงได้นำข้อสอบจำนวน 9 ข้อที่ไม่ผ่านเกณฑ์ไปปรับปรุงใหม่ ทำให้ได้แบบทดสอบท้ายบทเรียน จำนวน 70 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 70 ข้อ ซึ่งครอบคลุมทุกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ (ผนวก ข หน้า 127)

3.3.2.3.6 อาจารย์ที่ปรึกษาดูสอบ เมื่อวิเคราะห์แบบทดสอบจากผลสอบที่ได้เลือกแบบทดสอบที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด นำมาให้อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ เพื่อปรับปรุงและแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

3.3.2.3.7 นำแบบทดสอบไปเก็บข้อมูล

3.3.2.4 การสร้างสื่อการเรียนการสอน ในวิชาการสื่อสารทางแสง
ลำดับขั้นการสร้างสื่อการเรียนการสอน อธิบายตามภาพที่ 3-3 ได้ดังนี้



ภาพที่ 3-3 ขั้นตอนการสร้างสื่อการเรียนการสอน

3.3.2.4.1 ศึกษาวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแต่ละหัวข้อเรื่อง และหัวข้อย่อยเพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดเนื้อหา และรายละเอียดของสื่อการเรียนการสอน

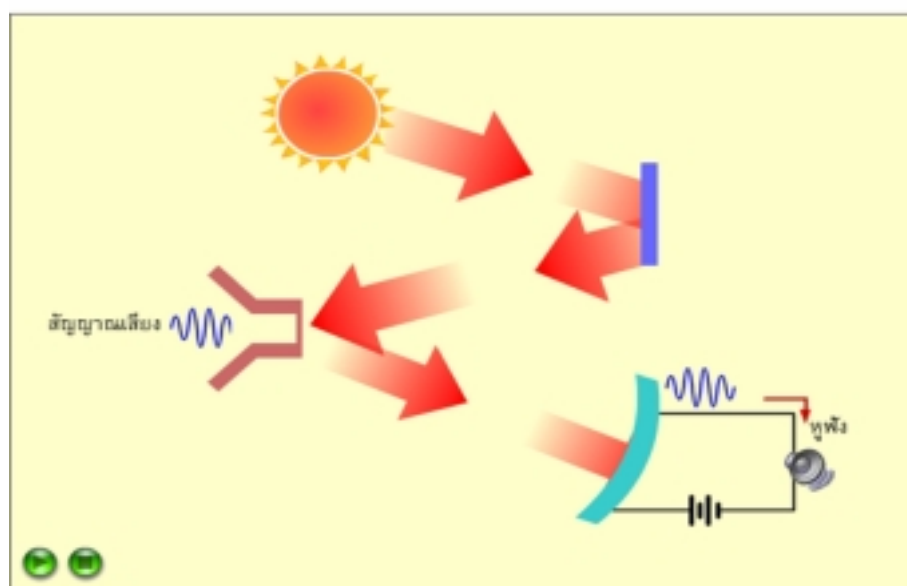
3.3.2.4.2 เลือกสื่อการเรียนการสอน เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม สามารถนำมาใช้งานได้สะดวก เก็บรักษาง่าย และมีความเหมาะสมกับสิ่งอำนวยความสะดวก ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้นำเสนอแบบเพาเวอร์พอยท์บวกกับภาพเคลื่อนไหวและแผ่นใส ใช้ประกอบการสอนทุกหัวข้อเรื่อง

3.3.2.4.3 ออกแบบและสร้างสื่อการเรียนการสอน โดยยึดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และใบเนื้อหาวิชาเป็นหลัก เพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงสุด

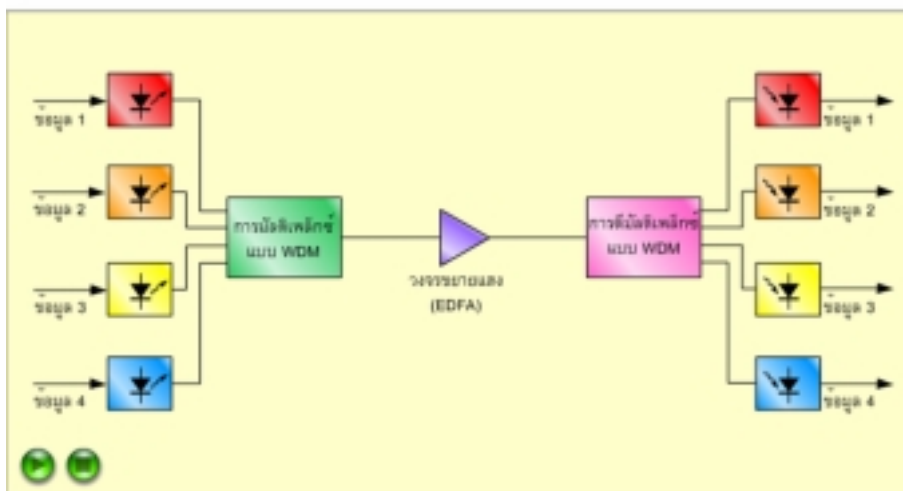
3.3.2.4.4 อาจารย์ที่ปรึกษาดูตรวจสอบ เพื่อปรับปรุงและแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

3.3.2.4.5 นำสื่อการเรียนการสอนไปทดลองใช้

3.3.2.4.6 การสร้างสื่อการเรียนการสอน ผู้วิจัยได้นำเทคโนโลยีระบบมัลติมีเดีย มาใช้สร้างภาพเคลื่อนไหวบางหัวเรื่องที่มีความซับซ้อนของเนื้อหา ร่วมกับโปรแกรมการนำเสนอเพาเวอร์พอยท์ (Programs PowerPoint) ใช้ประกอบการสอน ตัวอย่างดังภาพที่ 3-4 และภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-4 ตัวอย่างของภาพเคลื่อนไหวของคลื่นแสง



ภาพที่ 3-5 ตัวอย่างของภาพเคลื่อนไหวการมอดูเลตและดีมอดูเลตทางแสง

3.3.3 จัดทำชุดการสอน การสร้างแบบประเมินผลชุดการสอน

แบบประเมินผลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอนวิชา การสื่อสารทางที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยอาศัยหลักการประเมินผลสื่อการเรียนการสอนของพิสิฐและธีรพล (2531 : 171) โดยแบบประเมินมี 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบประเมินผล เป็นแบบเลือกตอบ

ตอนที่ 2 เป็นแบบประเมินผล ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอน ในด้านแผนการสอน ด้านใบเนื้อหา ด้านแบบทดสอบ ด้านแผ่นใน โดยใช้วิธีการประเมินค่าของลิเกิร์ต (LIKERT) ที่กำหนดค่าคะแนนออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้ (ชูศรี, 2524 : 85)

มากที่สุด	มีค่าเท่ากับ	5 คะแนน
มาก	มีค่าเท่ากับ	4 คะแนน
ปานกลาง	มีค่าเท่ากับ	3 คะแนน
น้อย	มีค่าเท่ากับ	2 คะแนน
น้อยที่สุด	มีค่าเท่ากับ	1 คะแนน

ตอนที่ 3 เป็นข้อเสนอแนะ เพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญ

การวิเคราะห์ผลการประเมินคุณภาพชุดการสอน หลังจากสร้างชุดการสอนเสร็จ ผู้วิจัยได้นำชุดการสอนไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความเรียบร้อย เพื่อหาจุดบกพร่อง จากนั้นจึงนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ทำการประเมินคุณภาพ กำหนดค่าคะแนนออกมา 5 ระดับ ดังนี้

ระดับคะแนนเฉลี่ย	4.50 – 5.00	คะแนน หมายถึง เห็นด้วยมากที่สุด
ระดับคะแนนเฉลี่ย	3.50 – 4.49	คะแนน หมายถึง เห็นด้วยมาก
ระดับคะแนนเฉลี่ย	2.50 – 3.49	คะแนน หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง
ระดับคะแนนเฉลี่ย	1.50 – 2.49	คะแนน หมายถึง เห็นด้วยน้อย
ระดับคะแนนเฉลี่ย	0 – 1.49	คะแนน หมายถึง เห็นด้วยน้อยที่สุด

ปรากฏว่าผลของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อชุดการสอน มีค่าระดับความคิดเห็นเฉลี่ย ดังนี้

1. ด้านแผนการสอน อยู่ในระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.24 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอนอยู่ในระดับความคิดเห็น เห็นด้วยมากกับแผนการสอนที่จัดทำขึ้น
2. ด้านใบเนื้อหา อยู่ในระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.02 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอนอยู่ในระดับความคิดเห็น เห็นด้วยมากกับใบเนื้อหาที่จัดทำขึ้น
3. ด้านแบบทดสอบ อยู่ในระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.45 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอนอยู่ในระดับความคิดเห็น เห็นด้วยมากกับใบเนื้อหาที่จัดทำขึ้น
4. ด้านแผ่นใส อยู่ในระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 3.96 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอนอยู่ในระดับความคิดเห็น เห็นด้วยมากที่สุดกับแผ่นใสที่จัดทำขึ้น

เมื่อนำมาคิดเป็นค่าเฉลี่ยของชุดการสอน อยู่ในระดับความคิดเห็นเฉลี่ย 4.16 หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญ ประเมินชุดการสอนอยู่ในระดับความคิดเห็น เห็นด้วยมากกับชุดการสอนที่จัดทำขึ้น

ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับชุดการสอน ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมไว้ดังนี้

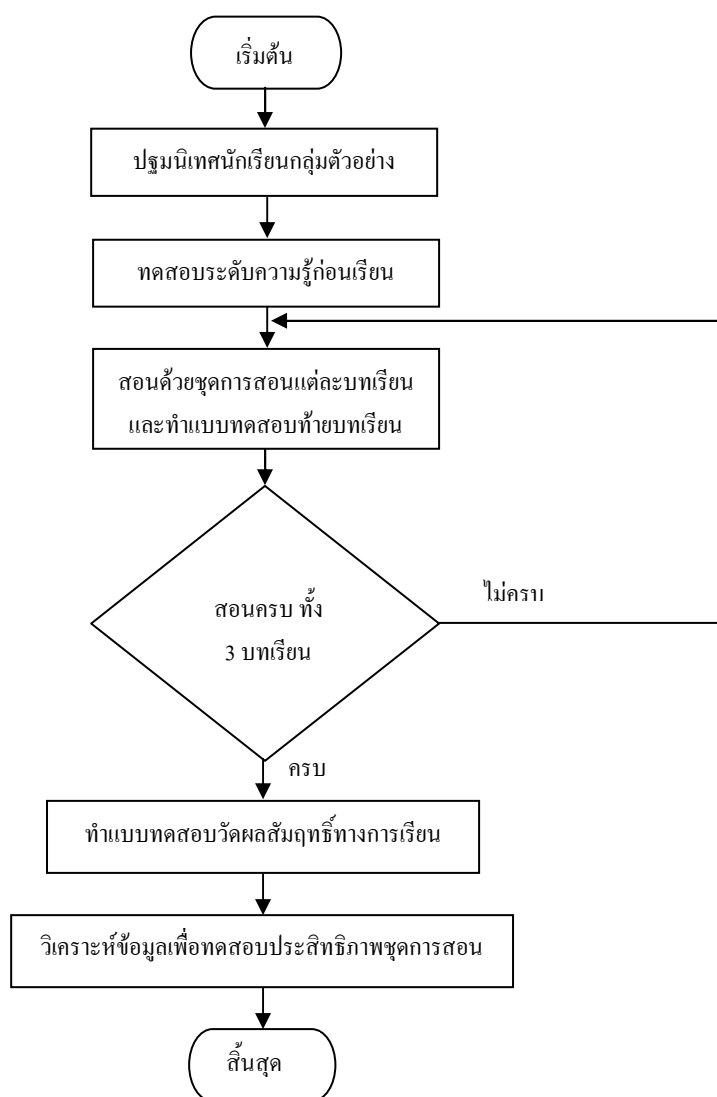
- ในบางหัวข้อเรื่องมีเนื้อหามากเกินไป ควรจะละเนื้อหาในส่วนที่ไม่สำคัญออก
- เนื้อหา บางหัวข้อ ยากเกินไป
- ควรนำชุดการสอนที่สร้างขึ้นเผยแพร่ไปยังสถานศึกษา อื่นๆ ด้วย

(รายละเอียดของผลการประเมินแสดงในภาคผนวก ก หน้า 119)

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

หลังจากผู้วิจัยสร้างชุดการสอนเสร็จสมบูรณ์แล้ว ได้ดำเนินการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชา การสื่อสารทางแสง โดยใช้แผนการทดลองแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว คือกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการสื่อสารทางแสง หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ชั้นปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตภาคพายัพ จำนวน 13 คน โดยผู้วิจัยได้ให้คำแนะนำในการใช้ชุดการสอนแก่อาจารย์ที่สอนวิชาการสื่อสารทางที่ทางผู้วิจัยได้ทำขึ้น แสดงได้ดังภาพที่ 3 - 6

อธิบายขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล ตามภาพที่ 3 - 6 ได้ดังนี้



ภาพที่ 3 - 6 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 ปฐมนิเทศนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อชี้แจงถึงวัตถุประสงค์และวิธีการที่จะเรียนด้วยชุดการสอนวิชาหลักการสื่อสารทางแสง

3.4.2 ทดสอบระดับความรู้ก่อนเรียน โดยนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาทำการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง

3.4.3 สอนกลุ่มตัวอย่างด้วยชุดการสอนที่สร้างขึ้น ตามกำหนดการสอนและแผนการสอนที่จัดทำขึ้น (บทเรียนที่ 1 ถึงบทเรียนที่ 3)

3.4.4 ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน เมื่อทำการสอนจบบทเรียนในแต่ละบทเรียน

3.4.5 ให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เมื่อทำการสอนบทที่ 1 ถึงบทที่ 3 จบเรียบร้อยแล้ว

3.4.6 นำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพชุดการสอน เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของชุดการสอนกับเกณฑ์ที่กำหนด(รายละเอียดตามภาคผนวก จ หน้า 221-222) และวิเคราะห์ผลความก้าวหน้าในการเรียนด้วยชุดการสอน(รายละเอียดตามภาคผนวก จ หน้า 223-226) โดยใช้การทดสอบด้วยสถิติที (t-test)

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้นำไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดการสอน โดยใช้โปรแกรม SPSS for WINDOWS ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 วิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของข้อสอบ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Consistency : IOC) สูตรของโรวินลีย์และแฮมเบิลตัน(Rowinelly and Hambleton, 1977) (ถ้วนและอังคณา, 2543: 248) ดังนี้

$$\text{สูตร} \quad IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3-1)$$

โดยที่ IOC คือ ค่าดัชนีความสอดคล้องมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1

$\sum R$ คือ ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

3.5.2 การวิเคราะห์หาค่าดัชนีความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกได้จากสูตร

$$P = \frac{R_U + R_L}{N} \quad (3-2)$$

เมื่อ	P	แทน	ค่าดัชนีความยากง่ายของข้อสอบ
	R_U	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบข้อนั้นๆถูกในกลุ่มเก่ง
	R_L	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบข้อนั้นๆถูกในกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

และ

$$D = \frac{R_U + R_L}{N/2} \quad (3-3)$$

เมื่อ	D	แทน	ค่าดัชนีความยากง่ายของข้อสอบ
	R_U	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบข้อนั้นๆถูกในกลุ่มเก่ง
	R_L	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบข้อนั้นๆถูกในกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

โดยทั่วไปแบบทดสอบมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 ถือว่าเป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ดี (กานดา, 2528: 160) แบบทดสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ถือว่าเป็นข้อสอบที่ดีที่สามารถจำแนกคนเก่งและคนอ่อนได้ (ล้วน, 2538: 210)

3.5.3 การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น

การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้ KR-20 ของ Kuder Richardson (ล้วน, 2538: 210) จากสูตร

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right\} \quad (3-4)$$

เมื่อ	r_{tt}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	n	แทน	จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ
	p	แทน	สัดส่วนของผู้ที่ตอบถูก
	q	แทน	สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิด
	S_t^2	แทน	ค่าความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

โดยที่

$$S_t^2 = \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)} \quad (3-5)$$

เมื่อ S_t^2 แทน ค่าคะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือทั้งฉบับ
 X แทน ค่าคะแนนแต่ละคน
 N แทน จำนวนคนที่ทำข้อสอบ

3.5.4 การวิเคราะห์หาคุณภาพชุดการสอน

การวิเคราะห์หาคุณภาพชุดการสอน กระทำหลังจากรวบรวมแบบประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นหาค่าเฉลี่ย (Mean) (ล้วน, 2538:210) จากสูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad (3-6)$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย
 $\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
 N แทน จำนวนข้อมูล

3.5.5 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดการสอน

การวิเคราะห์หาคุณภาพชุดการสอน กระทำหลังจากที่ได้คะแนนจากการทำใบทดสอบหลังบทเรียน และจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร (เสาวนีย์, 2528: 56)

$$E_1 = \frac{(\frac{\sum X}{N})}{A} \times 100\% \quad (3-7)$$

$$E_2 = \frac{(\frac{\sum F}{N})}{B} \times 100\% \quad (3-8)$$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการที่วัดได้ในชุดการสอน คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบหลังบทเรียน

E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (พฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงของผู้เรียน หลังจากเรียนด้วยชุดการสอน) คิดเป็นร้อยละจากการทำแบบทดสอบหลังบทเรียน

$\sum X$ แทน คะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบหลังบทเรียน

$\sum F$ แทน คะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

A แทน คะแนนเต็มของแบบแบบทดสอบหลังบทเรียน

B แทน คะแนนเต็มของแบบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

N แทน จำนวนผู้เรียน

3.5.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของชุดการสอนกับเกณฑ์ที่กำหนด จะทำการทดสอบด้วยสถิติ (t-test) โดยใช้สูตรดังนี้ (อุทุมพร, 2539: 455)

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{S/\sqrt{n}} \quad (3.9)$$

สูตร

โดยที่ $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยคะแนนของกลุ่มตัวอย่าง

μ คือ ค่าเฉลี่ยคะแนนของกลุ่มประชากรตามเกณฑ์

n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

S คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

$$S = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n^2}} \quad (3.10)$$

เมื่อ X คือ คะแนนของกลุ่มตัวอย่าง (บุญชม, 2541: 85-86)

3.5.7 การเปรียบเทียบความก้าวหน้าในการเรียนด้วยชุดการสอนวิชาหลักการการสื่อสารทางแสงของนักเรียนกลุ่มเก่งและนักเรียนกลุ่มอ่อน โดยการนำค่าเฉลี่ยคะแนนความก้าวหน้าในการเรียนของนักเรียนกลุ่มเก่งและนักเรียนกลุ่มอ่อนจากการทดสอบก่อนเรียนและทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไปทดสอบค่าที ในกรณีที่คาดว่าจะใช้ข้อตกลงว่าความแปรปรวนของคะแนนนักเรียนทั้งสองกลุ่มเท่ากันหรือไม่ ให้ใช้การทดสอบค่าเอฟ (F-test) โดยใช้สูตร ดังนี้ (ชูศรี, 2541: 171-172)

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \text{ เมื่อ } S_1^2 > S_2^2 \text{ โดยมี } df_1 = n_1 - 1, df_2 = n_2 - 1 \quad (3.11)$$

$$F = \frac{S_2^2}{S_1^2} \text{ เมื่อ } S_2^2 > S_1^2 \text{ โดยมี } df_1 = n_2 - 1, df_2 = n_1 - 1 \quad (3-12)$$

ถ้า F คำนวณ $< F$ ตาราง แสดงว่าค่าความแปรปรวนของคะแนนนักเรียนทั้งสองกลุ่มเท่ากันจะทำการทดสอบด้วยสถิติที่ใช้สูตรดังนี้ (ชูศรี, 2541: 165)

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{S_p^2 \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]}} \quad (3-13)$$

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad (3-14)$$

$$df = n_1 + n_2 - 2 \quad (3-15)$$

ถ้า F คำนวณ $\geq F$ ตาราง แสดงว่าค่าความแปรปรวนของคะแนนนักเรียนทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันจะทำการทดสอบด้วยสถิติที่ใช้สูตรดังนี้ (ชูศรี, 2541: 166)

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \quad (3-17)$$

$$df = \frac{\left[\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \right]^2}{\frac{\left[\frac{S_1^2}{n_1} \right]^2}{n_1 - 1} + \frac{\left[\frac{S_2^2}{n_2} \right]^2}{n_2 - 1}} \quad (3-18)$$

โดยที่ F คือค่าความแปรปรวน

$\bar{X}_1$ คือ ค่าเฉลี่ยคะแนนของนักเรียนกลุ่มเก่งที่เรียนด้วยชุดการสอน

$\bar{X}_2$ คือ ค่าเฉลี่ยคะแนนของนักเรียนกลุ่มอ่อนที่เรียนด้วยชุดการสอน

S_p^2 คือ ความแปรปรวนร่วม (Pooled Variance)

S_1^2 คือ ความแปรปรวนของนักเรียนกลุ่มเก่งที่เรียนด้วยชุดการสอน

S_2^2 คือ ความแปรปรวนของนักเรียนกลุ่มอ่อนที่เรียนด้วยชุดการสอน

n_1 คือ จำนวนนักเรียนกลุ่มเก่งที่เรียนด้วยชุดการสอน

n_2 คือ จำนวนนักเรียนกลุ่มอ่อนที่เรียนด้วยชุดการสอน

df คือ ัฒนความเป็นอิสระ (Degree Freedom)

3.5.8 การหาค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) เพื่อหาความเกี่ยวพัน หรือความมีส่วนร่วมใน
ตัวแปรสองตัวขึ้นไปว่ามีความแปรปรวนร่วมกันอยู่มากน้อยเพียงใด (ล้วนและอังคณา, 2538: 85)

$$\text{สูตร } r_{xy} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \quad (3.18)$$

โดยที่ $\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนน X
 $\sum Y$ คือ ผลรวมของคะแนน Y
 $\sum X^2$ คือ ผลรวมของ X แต่ละตัวยกกำลังสอง
 $\sum Y^2$ คือ ผลรวมของ Y แต่ละตัวยกกำลังสอง
 $\sum XY$ คือ ผลรวมของผลคูณ X กับ Y ทุกคู่
 N คือ จำนวนคน (CASE)

บทที่ 4

ผลของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดการสอนและเปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียนในวิชา การสื่อสารทางแสง (11-712-422) หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล โดยเสนอผลการวิจัยตามลำดับดังนี้

4.1 ผลของชุดการสอนที่สร้างขึ้น

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมี 5 ส่วนดังนี้

4.2.1 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง

4.2.2 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบท้ายบทเรียน

4.2.3 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

4.2.4 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดการสอน

4.2.5 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน

4.1 ผลของชุดการสอน

คู่มือครูในวิชาการสื่อสารทางแสง รหัสวิชา (11-712-422) หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ประกอบด้วย 3 หน่วยเรียน มีจำนวนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม 37 ข้อ ใบเนื้อหา จำนวน 141 หน้า งานนำเสนอเพาเวอร์พอยจำนวน 230 เฟรม แบบทดสอบหลังเรียน 70 ข้อ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 70 ข้อ ในตารางที่ 4-1 แสดงชุดการสอนที่สร้างขึ้น

ตารางที่ 4 - 1 แสดงส่วนประกอบของชุดการสอนที่สร้างขึ้น

หัวเรื่อง ที่	วัตถุประสงค์ (ข้อ)	ใบเนื้อหา (แผ่น)	สื่อเพาเวอร์พอย (แผ่น)	แบบทดสอบท้าย บทเรียน(ข้อ)	แบบทดสอบวัด ผลสัมฤทธิ์(ข้อ)
1	7	21	30	12	12
2	14	66	123	28	28
3	16	54	77	30	30
รวม	37	141	230	70	70

ตารางที่ 4-2 คะแนนก่อนเรียน ของนักศึกษากลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

นักศึกษา	จำนวน(n)	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน	คิดเป็นร้อยละ
กลุ่มสูง	7	70	11.57	16.52
กลุ่มต่ำ	6	70	8.66	12.37

ผู้วิจัยได้นำคู่มือครูที่สร้างขึ้นไปทดลองกับนักศึกษาระดับปริญญาตรีที่ลงทะเบียนเรียน วิชาการสื่อสารทางแสง หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ชั้นปีที่ 3 ภาคสมทบ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตภาคพายัพ จำนวน 13 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอน และผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มนักศึกษาออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มสูงจำนวน 7 คนและกลุ่มต่ำจำนวน 6 คน เพื่อหาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักศึกษารายละเอียด ดังตารางที่ 4-2

ชุดการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบด้วย

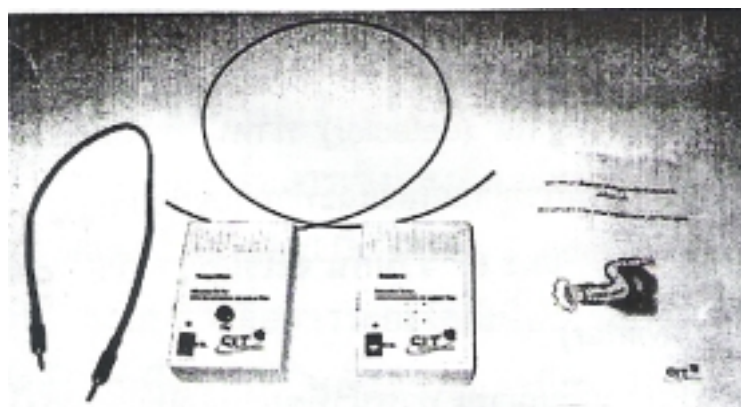
4.1.1 คู่มือครู ประกอบด้วย แผนการสอน ใบเนื้อหา แบบร่างกระดาน แบบทดสอบหลังเรียนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พร้อมเฉลย

4.1.2 สื่อการสอน ได้แก่โปรแกรมนำเสนอเพาเวอร์พอยท์ร่วมกับ ภาพเคลื่อนไหวและชุดสาธิต การรับส่งแสง

ชุดการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะดังภาพที่ 4 -1 ถึง ภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-1 ชุดการสอนวิชาการสื่อสารทางแสง



ภาพที่ 4-2 สื่อการสอนวิชา การสื่อสารทางแสง

4.2 การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพชุดการสอน

4.2.1 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง

การทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำชุดการสอนวิชาการสื่อสารทางแสงไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการสื่อสารทางแสง หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ชั้นปีที่ 3 ภาคสมทบ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตภาคพายัพ จำนวน 13 คน โดยมีลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง ดังแสดงไว้ใน ตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ลักษณะของกลุ่มตัวอย่าง

จำนวน ผู้เรียน	อายุเฉลี่ย	ชาย	หญิง	กลุ่ม สูง	เกรดเฉลี่ย กลุ่มสูง	กลุ่ม ต่ำ	เกรดเฉลี่ย กลุ่มต่ำ
13	22.23	11	2	7	2.7	6	2.2

จากตารางที่ 4-3 มีนักศึกษา 13 คน โดยมีอายุเฉลี่ย 22.23 เป็นชาย 11 คน เป็นหญิง 2 คน และผู้วิจัยได้แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น กลุ่มสูง 7 คน คะแนนเกรดเฉลี่ย 2.7 และกลุ่มต่ำ 6 คน คะแนนเกรดเฉลี่ย 2.2

4.2.2 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบท้ายบทเรียน

ผลการทดลองใช้ชุดการสอนวิชาการสื่อสารทางแสง กับกลุ่มตัวอย่าง 13 คน ซึ่งเป็นค่าที่วิเคราะห์ได้จากการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน ได้ดังแสดงไว้ใน ตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4 - 4 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบท้ายบทเรียน

รายการ	จำนวน ผู้เรียน	คะแนน เต็ม	คะแนน รวม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ
แบบทดสอบ บทเรียนที่ 1	13	12	135	10.38	86.53
แบบทดสอบ บทเรียนที่ 2	13	28	287	22.07	78.84
แบบทดสอบ บทเรียนที่ 3	13	30	310	23.84	79.48
รวม	13	70	732	56.29	80.44

จากตารางที่ 4 - 4 จากคะแนนการทำ แบบทดสอบท้ายบทเรียน ของกลุ่มตัวอย่าง ปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 80.44 สูงกว่าสมมติฐาน ที่ตั้งไว้ แสดงว่าชุดการสอน วิชาการสื่อสารทางแสง มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80 (รายละเอียดภาคผนวก จ หน้า 221)

4.2.3 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ตารางที่ 4-5 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน

คนที่	คะแนนแบบทดสอบ ก่อนเรียน(เต็ม 70)	ร้อยละ	คะแนนแบบทดสอบ หลังเรียน(เต็ม 70)	ร้อยละ
1	10	14.28	55	78.57
2	9	12.85	58	82.86
3	13	18.57	57	81.43
4	11	15.71	57	81.43
5	7	10	51	72.85
6	10	14.28	50	71.32
7	6	8.57	40	57.14

ตารางที่ 4-5 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน

8	13	18.57	60	85.71
9	8	11.42	56	80
10	10	14.28	62	88.57
11	7	10	59	84.28
12	14	20	61	87.14
13	15	21.42	65	92.85
รวม	133	17.81	731	80.32

จากตารางที่ 4-5 จากคะแนนการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง ปรากฏว่า คะแนนเฉลี่ยทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 80.32 สูงกว่าสมมติฐาน ที่ตั้งไว้ แสดงว่าชุดการสอนวิชาการ สื่อสารทางแสง มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80 (รายละเอียดภาคผนวก ก หน้า 222)

4.2.4 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดการสอน

จากการดำเนินการทดลองโดยใช้ชุดการสอน เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอนที่ได้ จากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียนทุกหัวเรื่องรวมกันโดยคิดเป็นร้อยละ 80 และได้จากการทำ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ หลังเรียนครบทุกหัวเรื่องโดยคิดเป็นร้อยละ 80 ผลการวิเคราะห์ดัง ตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดการสอน

รายการ	<i>N</i>	$\bar{X}$	ร้อยละ
คะแนนจากการทำแบบทดสอบหลังบทเรียน	13	56.29	80.44
คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	13	56.23	80.32

ตารางที่ 4-6 จะเห็นว่ากลุ่มตัวอย่าง ทำข้อสอบในแบบทดสอบท้ายบทเรียนได้ถูกต้องเฉลี่ย ร้อยละ 80.44 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ของสมมติฐานที่ตั้งไว้ที่ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม และทำ ข้อสอบในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 80.32 ซึ่งเป็นไปตาม เกณฑ์ของสมมติฐานที่ตั้งไว้ที่ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าชุดการสอนมี ประสิทธิภาพ 80.44/80.32

4.2.5 ผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน

การวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียนจบแล้ว โดยการนำผลคะแนนการทดสอบก่อนเรียน และคะแนนทดสอบท้ายบทเรียน นำมาวิเคราะห์หาความแตกต่างระหว่างคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน แสดงได้ดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ตารางคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน

คนที่	คะแนนแบบทดสอบ ก่อนเรียน(เต็ม 70)	คะแนนแบบทดสอบ หลังเรียน(เต็ม 70)	คะแนน ความก้าวหน้า ในการเรียน (D)	D^2
1	10	55	-45	2025
2	9	58	-49	2401
3	13	57	-44	1936
4	11	57	-46	2116
5	7	51	-44	1936
6	10	50	-40	1600
7	6	40	-34	1156
8	13	60	-47	2209
9	8	56	-48	2304
10	10	62	-52	2704
11	7	59	-52	2704
12	14	61	-47	2209
13	15	65	-50	2500
รวม	133	731	-598	27800

สมมติฐานทางสถิติ

1. $H_0 = \mu_{\text{pretest}} = \mu_{\text{posttest}}$ (คะแนนสอบก่อนเรียนและคะแนนสอบหลังเรียนไม่แตกต่างกัน)

2. $H_1 = \mu_{\text{pretest}} \neq \mu_{\text{posttest}}$ (คะแนนสอบก่อนเรียนและคะแนนสอบหลังเรียนแตกต่างกัน)

เมื่อ $\alpha = 0.05, \frac{\alpha}{2} = 0.025, t_{0.025}, df = 12 = \pm 2.179$

จากสมการ

$$t_c = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$

$$t_c = \frac{-598}{\sqrt{\frac{13(27800) - (-598)^2}{12}}}$$

$$= \frac{-598}{17.78}$$

$$= -33.6$$

สรุปได้ว่า จากการคำนวณได้ค่าที่ 33.6 และค่าที่ที่เปิดตารางเท่ากับ ± 2.176 จึงยอมรับ H_1 ปฏิเสธ H_0 นั่นคือผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนก่อนเรียนและผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (แสดงให้เห็นว่าผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนสูงขึ้นหลังจากได้เรียนกับชุดการสอนวิชาการสื่อสารทางแสง(ภาคผนวก ก หน้า 223)

4.2.5.1 การเปรียบเทียบความก้าวหน้าในการเรียนด้วยชุดการสอน

จากผลการนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไปทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความก้าวหน้าในการเรียนด้วยชุดการสอน ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่าง ปรากฏผลดังนี้

ตารางที่ 4-8 แสดงคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

กลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยชุดการสอน	n	ΔX_{AV}	s	t
กลุ่มสูง	7	48.7	2.93	2.61*
กลุ่มอ่อน	6	42.83	5.08	

* $\alpha = 0.05$ $t(11)=1.796$

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางที่ 4–8 คำนวณได้ค่าที่เท่ากับ 2.61 และจากการเปิดตารางแจกแจงแบบทีในการทดสอบทางเดียว ได้ค่าที่เท่ากับ 1.796 ค่าที่ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าที่ได้จากตารางแสดงว่าคะแนนความก้าวหน้าในการเรียนด้วยชุดการสอนวิชาการสื่อสารทางแสง ของนักเรียนกลุ่มสูงมีค่าสูงกว่านักเรียนกลุ่มต่ำ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 (รายละเอียดในภาคผนวก จ หน้า 225)

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดการสอนวิชา การสื่อสารทางแสง หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิตบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตภาคพายัพ และนักศึกษาระดับปริญญาตรีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ชั้นปีที่ 3 ภาคสมทบ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 เพื่อใช้ชุดการสอนที่สร้างขึ้น เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ก่อนและหลังเรียน โดยใช้ชุดการสอน วิชาการสื่อสารทางแสง โดยตั้งสมมติฐานในการวิจัยว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 และหลังจากที่ผู้เรียน ได้เรียนด้วยชุดการสอนที่สร้างขึ้นจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ผู้วิจัยได้สร้างชุดการสอน วิชาการสื่อสารทางแสง หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ได้แก่ คู่มือครู สื่อการเรียนการสอน หลังจากนั้นได้นำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและประเมินชุดการสอน เพื่อหาคุณภาพของชุดการสอนในด้านต่างๆ พบว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีค่าเฉลี่ย 4.18 ชุดการสอนอยู่ในระดับความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยมากกับชุดการสอนที่จัดทำขึ้น และผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดลองใช้กับนักศึกษาที่เรียนผ่านวิชานี้มาแล้วจำนวน 20 คน เพื่อหาค่าคุณภาพของแบบทดสอบ ซึ่งแบบทดสอบมีค่าความยากง่ายเฉลี่ย 0.52 มีค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย 0.55 และมีค่าความเชื่อมั่น 96.6 เปอร์เซนต์ จากนั้นทำการปรับปรุงชุดการสอน และแบบทดสอบให้ดียิ่งขึ้นก่อนที่จะนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาการสื่อสารทางแสง หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ชั้นปีที่ 3 ภาค สมทบ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 13 คนโดยผู้วิจัยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง ก่อนจะดำเนินการสอน ผู้วิจัยได้ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) จากนั้นดำเนินการสอนโดยใช้ชุดการสอนที่สร้างขึ้นหลังจากเรียนจบในแต่ละหน่วยเรียนแล้ว ให้นักศึกษาทำแบบทดสอบท้ายเรียน เมื่อเรียนครบทุกบทเรียนให้ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Post-test) ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน จากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบหลังเรียน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพและความก้าวหน้าทางการเรียน

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ชุดการสอนวิชาการสื่อสารทางแสง ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 80.44/80.32 เท่ากับเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

5.1.2 ความก้าวหน้าในการเรียนด้วยชุดการสอนวิชาการสื่อสารทางแสง โดยเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนกับคะแนนหลังเรียน ของนักศึกษากลุ่มสูงและกลุ่มต่ำนั้นมีความแตกต่างกัน แสดงว่ากลุ่มสูงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มต่ำ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05

ดังนั้นสรุปได้ว่า ชุดการสอนวิชาการสื่อสารทางแสง หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในสมมติฐาน และ เมื่อทำการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบก่อนและหลังเรียนของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน และคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มสูง สูงกว่ากลุ่มต่ำ แสดงว่าการเรียนโดยใช้ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมานี้ ทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถสูงขึ้น และกลุ่มสูงมีความสามารถมากกว่ากลุ่มต่ำ

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 จากค่าประสิทธิภาพของชุดการสอนวิชาการสื่อสารทางแสง ที่ได้ 80.44/80.32 เท่ากับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีที่ได้ศึกษาที่ว่า การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดการสอนนิยมตั้งไว้ไม่ต่ำกว่า 80/80 สำหรับ ดังนั้นประสิทธิภาพของชุดการสอนที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้จึงถือว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้

ค่าประสิทธิภาพ 80.44/80.32 เป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ผลความก้าวหน้าในการเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างของการวิจัย มีความสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอน โดยผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นต่อชุดการสอนใน 4 ด้าน คือ ด้านแผนการสอน ใบเนื้อหา เพาเวอร์พอย และแบบทดสอบ อยู่ในระดับเห็นด้วยมากที่สุดและเห็นด้วยมาก แสดงว่าชุดการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการพิจารณา ค่าประสิทธิภาพระหว่างกระบวนการที่วัดได้ในชุดการสอน (E_1) กับค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) จะพบว่า E_1 มากกว่า E_2 อาจเป็นเพราะว่าในช่วงของการทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน เมื่อนักศึกษาเกิดปัญหาผู้สอนจะทำการตรวจปรับให้นักศึกษา ทำให้นักศึกษาสามารถแก้ปัญหที่เกิดจากการทำแบบทดสอบได้อย่างถูกต้อง ตรงกับความมุ่งหมายของการตรวจปรับ คือ เพื่อตรวจสอบและปรับให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาสาระตลอดทั้งบทเรียนได้ ทำแบบทดสอบอีกครั้งหลังจากได้ทำแบบทดสอบมาก่อน และช่วงเวลาที่เรียนด้วยชุดการสอนให้

ครบทุกบทเรียนก่อนที่จะทำ แบบทดสอบใช้ระยะเวลาสั้น จึงมีผลทำให้ผู้เรียนลืมเลือนเนื้อหาไปบ้าง ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับผลของการวิจัยการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนที่ได้ 80.44/80.32 ซึ่งถือว่าชุดการสอนมีประสิทธิภาพเมื่อนำไปใช้งาน

5.2.2 การศึกษาเปรียบเทียบความก้าวหน้าในการเรียน ด้วยชุดการสอนวิชาการสื่อสารทางแสง โดยให้นักศึกษากลุ่มทดลองทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนก่อน จากนั้นทำการสอนจนครบทุกหน่วยเรียน แล้วจึงให้นักศึกษากลุ่มทดลองเดิมทำแบบทดสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ชุดเดิมอีกครั้ง พบว่านักศึกษามีผลของคะแนนเพิ่มขึ้น แสดงว่านักศึกษาเกิดความรู้ขึ้นทางการเรียน เมื่อเรียนด้วยชุดการสอนนี้ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 0.05

5.2.3 การศึกษาเปรียบเทียบความก้าวหน้าในการเรียน ด้วยชุดการสอนวิชาการสื่อสารทางแสง โดยให้นักศึกษาทำแบบทดสอบของนักศึกษาที่มีผลการเรียนแตกต่างกัน พบว่าความก้าวหน้าในการเรียนของนักศึกษากลุ่มเก่งสูงกว่านักศึกษากลุ่มอ่อนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 เป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัยที่ตั้งไว้ อาจเป็น เพราะเมื่อพิจารณาถึงผลการวิเคราะห์ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งเป็น ความสามารถระดับต่ำสุดคือ ความรู้ ความจำ จนถึงขั้นที่ต้องใช้ความสามารถของสมองในขั้นที่ซับซ้อนขึ้น ก็ตั้งแต่ขั้นความเข้าใจขึ้นไป(พรทิพย์, 2540: 324) นอกจากนี้ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับแนวความคิดของบลูม (Bloom อ้างถึงในบุญศรีสะอาด, 2537: 150) ที่ว่าความสามารถทางสติปัญญา(Cognitive) ของผู้เรียนจะมีอิทธิพลต่อผลการเรียนถึง 50% และสอดคล้องกับแนวความคิดของ กรองกาญจน์ (2539: 5) ที่ว่าในการนำชุดการสอนไปใช้กับผู้เรียนนั้น ผู้เรียนที่เรียนเก่งซึ่งมีความสามารถที่จะเรียนความคิดรวบยอดหรือทักษะใหม่ได้ด้วยตนเอง ก็จะสามารที่จะเรียนก้าวหน้ากว่าผู้เรียนที่เรียนอ่อน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

5.3.1.1 การกำหนดเวลาที่ใช้ในการสอนพบว่าบทเรียนที่ 1 และบทเรียนที่ 2 จะมีเนื้อหามากกว่า บทเรียนที่ 3 ควรเรียงลำดับเนื้อหาและ จำนวนคาบในการสอนให้เหมาะสม

5.3.1.2 จำนวนครั้งในการสอนของบทเรียนที่ 2 และบทเรียนที่ 3 มีหลายสัปดาห์ เมื่อสอนจบบทแล้วให้นักศึกษาทำแบบทดสอบท้ายบทเรียน จึงทำให้นักศึกษาส่วนมากจะลืม ดังนั้นทุกสัปดาห์ที่สอนควรมีแบบทดสอบท้ายบทเรียนทุกครั้ง แต่ครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเดิมของบทเรียนที่ 2 และบทเรียนที่ 3

5.3.1.3 ควรนำชุดการสอนนี้ไปเผยแพร่ในมหาวิทยาลัยแห่งอื่น เพราะในแต่ละมหาวิทยาลัยมีปัญหาและความต้องการของชุดการสอนต่างกันและสามารถนำชุดการสอนวิชานี้เป็นหลักในการปรับปรุงให้เหมาะสมในแต่ละมหาวิทยาลัยได้

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 ควรมีการวิจัยเปรียบเทียบการใช้ชุดการสอนประกอบการบรรยาย กับชุดการสอนแบบรายบุคคล เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเรียนของผู้เรียนหรือเพื่อเปรียบเทียบความก้าวหน้าในการเรียนของผู้เรียน

5.3.2.2 ในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรทำเนื้อหาและสื่อให้ครอบคลุมทั้งหลักสูตร เพื่อให้วิชาการสื่อสารทางแสง มีเนื้อหาและสื่อครอบคลุมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ที่ได้จากการวิเคราะห์หลักสูตร จากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อหาประสิทธิภาพและความก้าวหน้าในการเรียนที่เรียนด้วยชุดการสอนวิชาการสื่อสารทางแสงที่สมบูรณ์ทั้งวิชา

บรรณานุกรม

- เกษม เจนวิไลศิลป์. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนเรื่องระบบขับเคลื่อนกำลัง (Power Steering Systems) ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2536 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี สาขาวิชาเครื่องกล ภาควิชาเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2540.
- กัมพล ทองเรือง. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรม 2 ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาไฟฟ้า พุทธศักราช 2530 สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2537.
- จรินทร์ จุลวานิช. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2541.
- ชูศรี วงศ์รัตน์. เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เจริญผล, 2544.
- ชินกร เหมือนวงษ์. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาหลักการสื่อสารดาวเทียม วิทยาลัยปริญาอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2545.
- ณรงค์ สุรินทร์. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาเทคโนโลยีเครื่องมือวัด ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง กรมอาชีวศึกษา พุทธศักราช 2527.
- เดือนใจ อาชีวะพนิช. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชา การวิเคราะห์วงจรจ่าย หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตวิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2542.
- พรจิต ประทุมสุวรรณ. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนไฮดรอลิกส์ไฟฟ้า เรื่องการควบคุมแบบวงรอบปิด วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2545.
- มนตรี เข้มราช. การสร้างชุดการสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์กำลังเรื่อง การแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พุทธศักราช 2527 วิทยาลัยเทคนิคสุราษฎร์ธานี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2535.

ลัดดา สุขปรีดี. เทคโนโลยีการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์พิมพ์เนต , 2522.

ล้วน สายยศ, และ อังคนา สายยศ. เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สุวีริยา
สาส์น, 2535.

วีรพันธ์ ดิยพเสน. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอนวิชาเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม เรื่อง
การวัดโดยระบบนิวเมติก วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต ภาควิชา
ครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร
เหนือ, 2539.

สมหญิง เจริญจิตรกรรม เทคโนโลยีทางการศึกษาเบื้องต้น นครปฐม:โรงพิมพ์มหาวิทยาลัย
ศิลปากร , 2532.

สพล สิงห์ดารา การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาหลักการเบื้องต้นของระบบสื่อสาร
ด้วยเส้นใยแก้วนำแสง ส่วนการฝึกอบรม องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย วิทยานิพนธ์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2536

ธีระ พงษ์ ยศพล การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชาระบบโทรศัพท์ หลักสูตร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ โรงเรียนจำอากาศ พุศักราช 2539 วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์
อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2545.

อริคม กฤษบุตร. เส้นใยแก้ว Optical Fiber ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์และคอมพิวเตอร์ คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, 2828

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญ ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอน
แบบประเมินชุดการสอนและการเก็บข้อมูลแบบทดสอบ

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอน

วิชาการสื่อสารทางแสง (11-712-422) หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชาเทคโนโลยี
โทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

๑. รศ. ดร. อธิคม ฤกษ์บุตร คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
๒. อาจารย์ วิรติ อัสวานวัตร อาจารย์ ประจำภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า
ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
๓. อาจารย์ อ.อดิสรณ์ เดชารัตน์ อาจารย์ ประจำแผนกวิชา อิเล็กทรอนิกส์
มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
วิทยาเขต เทเวศน์
๔. อาจารย์ สุพจน์ พิบูลเวช อาจารย์ ประจำแผนกวิชา โทรคมนาคม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
๕. อาจารย์ สมศรี ชุนเอียด อาจารย์ ประจำแผนก วิชา อิเล็กทรอนิกส์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี สุวรรณภูมิ วิทยาเขตนนทบุรี

ที่ ศธ 0525.3/๒๑๕



คณะกรรมการอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

๑๑ มีนาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินให้นำหนักความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรม

เรียน อาจารย์อดิสรณ์ เคารรัตน์

ด้วย นายกฤษดา คำคำวัน นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า
ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหา
ประสิทธิภาพชุดการสอน วิชา การสื่อสารทางแสง (11-712-422) หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา
เทคโนโลยีโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ อาจารย์
ดร.มานิตย์ สิทธิชัย เป็นประธานกรรมการ และ ผศ.ดร.สมศักดิ์ อรรถทิมากุล เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ประเมินให้นำหนักความสำคัญของ
เนื้อหาและพฤติกรรม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุราษฎร์ พรหมจันทร์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย

ปฏิบัติราชการแทนคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร/โทรสาร 0-2587-8255

ที่ ศธ 0525.3/๒๗๕



คณะกรรมการอุดมศึกษา
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

๑๑ มีนาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินให้น้ำหนักความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรม

เรียน อาจารย์สมศรี ชุนเอียด

ด้วย นายกฤษดา คำคำวัน นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการสอน วิชา การสื่อสารทางแสง (11-712-422) หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ อาจารย์ ดร.มานิตย์ สิทธิชัย เป็นประธานกรรมการ และ ผศ.ดร.สมศักดิ์ อรรถทิมากุล เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ประเมินให้น้ำหนักความสำคัญของ เนื้อหาและพฤติกรรม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุราษฎร์ พรหมจันทร์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย

ปฏิบัติราชการแทนคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร/โทรสาร 0-2587-8255

ที่ ศธ 0525.3/๒๕๕



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

๑๑ มีนาคม ๒๕๕๘

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินให้น้ำหนักความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรม

เรียน อาจารย์สุพจน์ พิบูลย์เวช

ด้วย นายกฤษดา ตาคำวัน นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า
ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหา
ประสิทธิภาพชุดการสอน วิชา การสื่อสารทางแสง (11-712-422) หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา
เทคโนโลยีโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ อาจารย์
ดร.มานิตย์ สิทธิชัย เป็นประธานกรรมการ และ ผศ.ดร.สมศักดิ์ อรรถทิมากุล เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ประเมินให้น้ำหนักความสำคัญของ
เนื้อหาและพฤติกรรม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุราษฎร์ พรหมจันทร์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย

ปฏิบัติราชการแทนคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร/โทรสาร 0-2587-8255



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

โทร. 3203

ที่ คศ ๖๑๘/๒๕๔๘

วันที่ ๑๑ มีนาคม ๒๕๔๘

เรื่อง ขออนุญาตเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินให้น้ำหนักความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรม

เรียน อาจารย์วีรดิ อัสวานวัตร

ด้วย นายกฤษดา คำคำวัน นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชา
ครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพ
ชุดการสอน วิชาการสื่อสารทางแสง (11-712-422) หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยี
โทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ อาจารย์ คร.มานิตย์ สิทธิชัย
เป็นประธานกรรมการ และ ผศ.ดร.สมศักดิ์ อรรคทิมากุล เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ที่จะขอความอนุเคราะห์ประเมินให้น้ำหนักความสำคัญของเนื้อหา
และพฤติกรรม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุราษฎร์ พรหมจันทร์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย

ปฏิบัติราชการแทนคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ที่ ศธ 0525.3/๒๓๕



คณะกรรมการอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถ.พิบูลสงคราม บางซื่อ กทม. 10800

๑๑ มีนาคม 2548

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินให้น้ำหนักความสำคัญของเนื้อหาและพฤติกรรม

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.อริคม ฤกษ์บุตร

ด้วย นายกฤษดา คำคำวัน นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า
ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การสร้างและหา
ประสิทธิภาพชุดการสอน วิชา การสื่อสารทางแสง (11-712-422) หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา
เทคโนโลยีโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล โดยมีคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ คือ อาจารย์
ดร.มานิตย์ สิทธิชัย เป็นประธานกรรมการ และ ผศ.ดร.สมศักดิ์ อรรถทิมากุล เป็นกรรมการ

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่จะขอความอนุเคราะห์ประเมินให้น้ำหนักความสำคัญของ
เนื้อหาและพฤติกรรม เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์เรื่องดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุราษฎร์ พรหมจันทร์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย

ปฏิบัติราชการแทนคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร/โทรสาร 0-2587-8255

แบบสอบถามความคิดเห็นสำหรับผู้เชี่ยวชาญเพื่อการวิจัย

เรื่อง : การวิเคราะห์เนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

คำชี้แจง : แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

วิเคราะห์เนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหาและความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์การสอนกับเนื้อหาของชุดการสอนวิชา การสื่อสารทางแสง ซึ่งมีลักษณะรายวิชาดังนี้

ลักษณะรายวิชา

- | | | |
|--------------------|--|---|
| 1. รหัสและชื่อวิชา | รหัส 11-712-422 | วิชาการสื่อสารทางแสง
(Optical Communication) |
| 2. สภาพรายวิชา | วิชาชีพเลือก | ในระดับปริญญาตรี
สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม |
| 3. ระดับรายวิชา | ภาคการศึกษาที่ 1 ชั้นปีที่ 2 | |
| 4. พื้นฐาน | ฟิสิกส์ 2 สำหรับวิศวกร | |
| 5. เวลาศึกษา | 24 คาบเรียน ตลอด 9 สัปดาห์ ทฤษฎี 3 คาบ และ ปฏิบัติ – คาบต่อสัปดาห์ และนักเรียนนักศึกษาต้องใช้เวลาศึกษาค้นคว้านอกเวลา 6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ | |
| 6. จำนวนหน่วยกิต | 3(3-0-6) หน่วยกิต | |
| 7. คำอธิบายรายวิชา | | |

หลักการสื่อสารด้วยคลื่นแสง การกระจายของคลื่นแสง แหล่งกำเนิดแสงและ การดีเทคสัญญาณแสง คุณสมบัติของท่อนำคลื่นแสง การเข้ารหัสการมัลเพล็กซ์และดีมัลติเพล็กซ์สัญญาณแสง วงจรส่งและรับสัญญาณแสง การประยุกต์ใช้คลื่นแสงสำหรับงานสื่อสาร

ผู้วิจัยได้เลือกเนื้อหาในส่วนของวิชา การสื่อสารทางแสง ดังมีรายละเอียดตามที่ขีดเส้นใต้มาทำชุดการสอนเพื่อหาประสิทธิภาพ และศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนหลังจากผู้เรียนได้ศึกษาจากชุดการสอนที่สร้างขึ้น

แบบสอบถามจะแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้คือ

1. แบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นของหัวข้อเรื่องที่ใช้สอน
2. แบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

โดยให้ท่านผู้เชี่ยวชาญใส่เครื่องหมาย ✓ ตามความคิดเห็นของท่านอย่างอิสระ ข้อมูลที่ได้นี้จะนำมาใช้เฉพาะในการทำวิจัยเท่านั้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง
แบบสอบถามครั้งนี้

ที่ท่านได้เสียสละเวลาอันมีค่าในการตอบ

นายกฤษฎา ตาคำวัน ผู้วิจัย

ตอนที่ 1 แบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นของหัวข้อเรื่องที่นำเสนอ

คำชี้แจง : ให้ผู้ตอบแบบสอบถามพิจารณาว่าหัวข้อเรื่องเหล่านี้สอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชาหรือไม่ และหัวข้อเรื่องย่อยสอดคล้องกับหัวข้อเรื่องหรือไม่โดยทำเครื่องหมาย ✓ ตามคะแนนความคิดเห็นดังนี้

ตัวอย่างการตอบแบบสอบถาม

หัวข้อเรื่อง/หัวข้อย่อย	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
เรื่องที่ 1 : ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแสง	✓		
1.1 นิยามของเส้นใยแก้ว	✓		
1.1.1 นิยามและหลักการใช้งานเส้นใยแก้ว	✓		
1.1.2 ประวัติและความเป็นมาของเส้นใยแก้ว	✓		
1.1.3 หลักการพื้นฐานของการสื่อสารทางแสง	✓		
1.1.4 องค์ประกอบของระบบคลื่นแสง	✓		
เรื่องที่ 2 : แสงกับเส้นใยแก้ว			✓
2.1 ฟิสิกส์ของแสง			
2.1.1 สัญญลักษณ์การเดินทางของคลื่นแสง			
2.1.2 โพลาริเซชันของแสง			
2.1.3 กฎพื้นฐานกับคุณสมบัติของแสง			

อธิบายความหมาย

เรื่องที่ 1 : หมายความว่า หัวข้อเรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแสง มีความ **สอดคล้อง** กับคำอธิบายรายวิชา จากนั้นจึงพิจารณาเนื้อหาหัวข้อย่อยว่ามีความสอดคล้องกับหัวข้อเรื่องหรือไม่

เรื่องที่ 2 : หมายความว่า หัวข้อเรื่อง แสงกับเส้นใยแก้ว ไม่สอดคล้อง กับคำอธิบายรายวิชา
จึงไม่ต้องพิจารณาเนื้อหาหัวข้อย่อย และไม่ต้องพิจารณาวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในตอนที 2
ด้วย

ถ้าทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง ไม่แน่ใจ ให้พิจารณาเนื้อหาหัวข้อย่อยว่ามีความสอดคล้องกับ
หัวข้อเรื่องหรือไม่ต่อไป

หัวข้อเรื่อง/หัวข้อย่อย	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
เรื่องที่ 1 : ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแสง			
1.1 นิยามของเส้นใยแก้ว			
1.1.1 นิยามและหลักการใช้งานเส้นใยแก้ว			
1.1.2 ประวัติและความเป็นมาของเส้นใยแก้ว			
1.1.3 หลักการพื้นฐานของการสื่อสารทางแสง			
1.1.4 องค์ประกอบของระบบคลื่นแสง			
1.2 ข้อดีและข้อด้อยของเส้นใยแก้ว			
1.2.1 ข้อดีและข้อด้อยของเส้นใยแก้ว			
1.3 ประโยชน์และเทคโนโลยีการใช้งานของเส้นใยแก้ว			
1.3.1 การใช้งานเส้นใยแก้ว			
1.3.2 โครงข่ายเส้นใยแก้วและระบบสื่อสารดาวเทียม			
เรื่องที่ 2 : แสงกับเส้นใยแก้ว			
2.1 ฟิสิกส์ของแสง			
2.1.1 สัญญลักษณ์การเดินทางของคลื่นแสง			
2.1.2 โพลาริเซชันของแสง			
2.1.3 กฎพื้นฐานกับคุณสมบัติของแสง			
2.2 การเดินทางของแสงในเส้นใยแก้ว			
2.2.1 แสงเดินทางแบบเมอร์เรียม			
2.2.2 แสงเดินทางแบบเป็นเกลียว			

หัวข้อเรื่อง/หัวข้อย่อย	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
2.3 แหล่งกำเนิดแสง และการใช้งาน			
2.3.1 พื้นฐานเกี่ยวกับสารกึ่งตัวนำ			
2.3.1.1 โครงสร้างผลึกของสารกึ่งตัวนำ			
2.3.1.2 โหมดในสารกึ่งตัวนำ			
2.3.1.3 ชนิดของสารกึ่งตัวนำ			
2.3.1.4 สารกึ่งตัวนำผสม			
2.3.1.5 การสร้างสารกึ่งตัวนำ			
2.3.1.6 รอยต่อพีเอ็น			
2.3.2 การกำเนิดแสง			
2.3.3 แอลอีดี(LED)			
2.3.4 เลเซอร์ไดโอด(LD)			
2.3.4.1 โมดของไดโอดเลเซอร์			
2.3.4.2 ไดโอดเลเซอร์โหมดเดี่ยว			
2.3.5 การพิจารณาเลือกใช้งานแหล่งกำเนิดแสง			
2.3.5.1 กำลังงานแสง			
2.3.5.2 ความเป็นเชิงเส้น			
2.3.5.3 ความร้อน			
2.3.5.4 ผลตอบสนอง			
2.3.5.5 ความกว้างของสเปกต์			
2.4 ตัวตรวจจับแสงและการใช้งาน			
2.4.1 พื้นฐานของการตรวจจับแสง			
2.4.1.1 ไดโอด PIN			
2.4.1.2 ไดโอด APD			
2.4.2 สัญญาณรบกวนในโฟโตดีเทคเตอร์			
			
			

หัวข้อเรื่อง/หัวข้อย่อย	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
เรื่องที่ 3 : สายเคเบิลใยแก้ว			
3.1 เส้นใยแก้วและพารามิเตอร์ที่สำคัญ			
3.1.1 ค่าดัชนีหักเหของสารที่ใช้ทำเส้นใยแก้ว			
3.1.2 Numerical Aperature (NA)			
3.1.3 ค่าการลดทอนสัญญาณ			
3.14 ผลคุณระหว่างแบนด์วิธกับระยะทาง			
3.2 ชนิดของเส้นใยแก้ว			
3.2.1 แบ่งตามสาร			
3.2.2 แบ่งตามวิธีการแพร่กระจาย			
3.2.2.1 เส้นใยแก้วชนิดโหมดเดี่ยว			
3.2.2.2 เส้นใยแก้วชนิดโหมดรวม			
3.2.3 แบ่งตามลักษณะการหักเหของแกน			
3.3 วัสดุที่ใช้ทำเส้นใยแก้ว			
3.3.1 เส้นใยแก้วชนิดแก้ว			
3.3.2 เส้นใยแก้วชนิดพลาสติก			
3.3.3 เส้นใยแก้วชนิดอื่นๆ			
3.4 การผลิตเส้นใยแก้ว			
3.4.1 การเตรียมแท่งแก้วพรีฟอร์ม			
3.4.2 สร้างเส้นใยแก้วโดยวิธีหลอมโดยตรง			
3.4.3 การดึงเส้นใยแก้ว			
3.5 สายเคเบิลใยแก้วประเภทต่างๆ			
3.5.1 ชนิดเส้นเดี่ยวทอหลวม			
3.5.2 ชนิดเส้นรวมทอหลวม			
3.5.3 ชนิดท่อนแน่น			
3.5.4 ชนิดแกนแบน			
			

หัวข้อเรื่อง/หัวข้อย่อย	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
3.5.5 ชนิดแบ่งสล็อต			
3.6 การจัดแบ่งสายเคเบิลใยแก้ว ตามประเภทการใช้งาน			
3.6.1 สายเคเบิลภายในอาคาร			
3.6.2 สายเคเบิลภายนอกอาคาร			
3.6.3 สายเคเบิลระหว่างอาคาร			
3.6.4 สายเคเบิลใต้น้ำ			
3.7 คุณสมบัติการรับและส่งสัญญาณแสงของเส้นใยแก้วนำแสง			
3.7.1 การลดทอนสัญญาณแสง			
3.7.2 การดุดกลืนสัญญาณแสง			
3.7.3 การกระเจิงของสัญญาณแสง			
3.7.4 การโค้งงอและบิดเบี้ยวของเส้นใยแก้ว			
3.7.5 การผิ่กพื้นของสัญญาณแสงในเส้นใยแก้ว 3.7.5.1 การแผ่อกภายนอกในโมด(Dispersion)			
3.7.5.2 การแผ่อกระหว่างโมด			
3.7.6 การออกแบบเพื่อลดการแผ่อกในเส้นใยแก้วนำแสงโมดเดี่ยว			

ข้อเสนอแนะเรื่องที่ 1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะเรื่องที่ 2

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะเรื่องที่ 3

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(.....)

ผู้ตอบแบบสอบถาม

****ขอขอบพระคุณอย่างสูง****

ตารางที่ ก-๑ แสดงผล การประเมินความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมของ ใบเนื้อหา
แต่ละหัวข้อ วิชาการสื่อสารทางแสง

หัวข้อที่	ท่านที่ ๑	ท่านที่ ๒	ท่านที่ ๓	ท่านที่ ๔	ท่านที่ ๕	ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
๑.๑	๓	๕	๔	๕	๓	๔	มาก
๑.๒	๓	๕	๔	๔	๓	๓.๘	ปานกลาง
๑.๓	๔	๕	๕	๔	๔	๔.๔	มาก
๒.๑	๒	๕	๔	๔	๕	๔	มาก
๒.๒	๓	๔	๔	๓	๔	๓.๖	ปานกลาง
๒.๓.๑	๓	๕	๔	๕	๓	๔	มาก
๒.๓.๒	๓	๔	๔	๓	๔	๓.๖	ปานกลาง
๒.๓.๓	๔	๔	๕	๕	๕	๔.๖	มาก
๒.๔.๔	๓	๔	๔	๓	๔	๓.๖	ปานกลาง
๒.๓.๕	๔	๕	๓	๔	๕	๔.๒	มาก
๒.๔	๔	๕	๕	๕	๔	๔.๖	มาก
๒.๔.๑	๓	๕	๔	๔	๓	๓.๘	ปานกลาง
๒.๔.๒	๔	๕	๕	๔	๔	๔.๔	มาก
๓.๑	๔	๕	๓	๔	๕	๔.๒	มาก
๓.๒	๒	๕	๔	๔	๕	๔	มาก
๓.๓	๓	๔	๔	๓	๔	๓.๖	ปานกลาง
๓.๔	๔	๔	๕	๕	๕	๔.๖	มาก
๓.๕	๔	๕	๓	๔	๕	๔.๒	มาก
๓.๖	๓	๔	๔	๓	๔	๓.๖	ปานกลาง
๓.๗	๔	๕	๓	๔	๕	๔.๒	มาก

สรุป ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านความเหมาะสมและขอบเขตของใบเนื้อหาได้ดังนี้

๑. จำนวนหัวข้อย่อยทั้งหมด ๒๐ หัวข้อ
๒. มีความเหมาะสมของเนื้อหาจำนวน ๑๓ หัวข้อ อยู่ในความคิดเห็นเฉลี่ย ๔.๕๖
หมายความว่า ขอบเขตของใบเนื้อหา มีรายละเอียดอยู่ในระดับมาก
๓. มีความเหมาะสมของเนื้อหาปานกลางจำนวน ๗ หัวข้อ อยู่ในความคิดเห็นเฉลี่ย ๓.๖๕
หมายความว่า ขอบเขตของใบเนื้อหา มีรายละเอียดอยู่ในระดับปานกลาง

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
หน่วยที่ 1: ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแสง(ครั้งที่ 1) หัวข้อย่อยที่ 1.1 นิยามของเส้นใยแก้ว วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 อธิบายนิยามและหลักการใช้งานเส้นใยแก้วได้ ข้อสอบ 1. โครงสร้างพื้นฐานของเส้นใยแก้วประกอบด้วยวัสดุโปร่งแสง 2 ชั้น แนวกลางของเส้นใยแก้วมีชื่อเรียกว่าอะไร(ความจำ) ก. Cladding ค. coating ง. Barfiber ข. Core 2. การสื่อสารส่วนมากทำไมนิยมใช้ความยาวคลื่นแสงที่ 1.5 ไมครอน เพราะอะไร(ความจำ) ก. มีแบนด์วิดในการส่งข้อมูลได้มาก ข. มีการลดทอนสัญญาณต่ำ ค. มีการขยายสัญญาณแสงภายในแสง ง. มีความหนาแน่นของโฟตรอนมากกว่าความยาวคลื่นแสงอื่น 3.เหตุใดเส้นใยแก้วจึงมีคุณสมบัติในการลดทอนสัญญาณต่ำ(ความจำ) ก. แก้วที่ใช้เป็นแก้วบริสุทธิ์ ข. มุมรับแสงมีมาก ค. ค่าดัชนีหักเหของคอร์มากกว่าเคลดดิ้ง ง. แสงที่เข้าไปในเส้นใยแก้วมีความเข้มมาก 4. การเจือ(doped) สารหรือวัสดุในเส้นใยแก้วเพื่อต้องการทำให้ค่าดัชนีหักเหของเส้นใยแก้วเป็นอย่างไร(เข้าใจ) ก. ค่าดัชนีหักเหของแกนน้อยกว่าแกนใน ข. ค่าดัชนีหักเหของแกนมากกว่าแกนใน ค. ค่าดัชนีของแกนนอกและในเท่ากัน ง. ไม่มีข้อใดถูก			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
5. ข้อใดเป็นการทำให้เส้นใยแก้วมีความแข็งแรงมากกว่าเดิมนั้น ก. เพิ่มส่วนของCladding ให้มีขนาดใหญ่กว่าเดิม ข. เพิ่มส่วนของ Core ให้มีขนาดใหญ่กว่าเดิม ค. เคลือบผิวของเส้นใยแก้วเปลี่ยนด้วยโค้ตติ้ง (coating) ง. ถูกทุกข้อ 6. ทำไม ค่าดัชนีหักเหของคอร์ของเส้นใยแก้วจึงมักมีค่าสูงกว่าค่าดัชนีหักเหของ แคลดดิ้ง(เข้าใจ) ก. เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับเส้นใยแก้ว ข. เพื่อช่วยลดการกระเจิงของแสงในเส้นใยแก้ว ค. เพื่อทำให้เกิดปรากฏการณ์สะท้อนกลับหมด ง. ผิดทุกข้อ 7. การสื่อสารทางแสง (Optical Communication) จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมี องค์ประกอบที่ จำเป็นในการสื่อสารอย่างน้อย 3 ประการคือ(นำไปใช้) ก. ตัวกำเนิดแสง,ตัวรับแสง และเลนส์ ข. ตัวกำเนิดแสง,ตัวรับแสง และตัวกลางที่แสงผ่านได้ ค. ตัวกำเนิดแสง,เส้นใยแก้วนำแสง และตัวเข้ารหัส ง. ตัวกำเนิดแสง, Coder และ Decoder วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 บอกประวัติและความเป็นมาของเส้นใยแก้วได้ 8. ข้อใดเป็นสิ่งที่ อเล็กซานเดอร์ เกรแฮมเบลล์ (Alexandre Graham Bell) เป็นผู้ ประดิษฐ์ขึ้นมา(ความจำ) ก. พลุสัญญาณไฟ ข. เส้นใยแก้ว ค. โทรศัพท์แสง ง. แอลอีดี 9. มาตรฐาน ITU เป็นมาตรฐานที่บ่งบอกถึงอะไร(ความจำ) ก. มาตรฐานของความยาวคลื่นที่ใช้ ข. มาตรฐานของระยะห่างของความถี่แต่ละความถี่ ค. มาตรฐานของจำนวนช่องสัญญาณที่ส่งเข้าไปในเส้นใยแก้วในกรณีของWDM ง. มาตรฐานของการมัลติเพล็กซ์ที่ใช้			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 อธิบายหลักการพื้นฐานของการสื่อสารทางแสงได้ 10. มาตรฐาน ITU เป็นมาตรฐานที่บ่งบอกถึงอะไร(ความจำ) ก. มาตรฐานของความยาวคลื่นที่ใช้ ข. มาตรฐานของระยะห่างของความถี่แต่ละความถี่ ค. มาตรฐานของจำนวนช่องสัญญาณที่ส่งเข้าไปในเส้นใยแก้วในกรณีของWDM ง. มาตรฐานของการมัลติเพล็กซ์ที่ใช้ 11. สารที่ใช้ได้พบในเส้นใยแก้วเพื่อต้องการที่ใช้ในการขยายสัญญาณแสงคืออะไร ก. GeO₂ ข. Erbium ค. PoCl₃ ง. GeO₂-B₂O₃ 12 จากวงจรขยายแสงแบบ EDFA ที่ใช้เลเซอร์ความยาวคลื่น 980 หรือ 1480 nm ในการปั๊มช่วยในการขยายแสงในช่วงความยาวคลื่นใด(ความจำ) ก. 1330 ถึง 1370 nm ข. 1430 ถึง 1470 nm ค. 1530 ถึง 1570 nm ง. 1630 ถึง 1670 nm 13. การมัลติเพล็กซ์แบบใดที่ใช้ความยาวคลื่นแสงเพียงคลื่นเดียว(เข้าใจ) ก. WDM(wavelength division multiplex) ข. TDM(Time Division Multiplex) ค. FDM(Frequency Division Multiplex) ง. TDM และ FDM 14. เมื่อต้องการส่งสัญญาณข้อมูล 4 ช่องสัญญาณเข้าไปในเส้นใยแก้วเราจะใช้หลักการมัลติเพล็กซ์แบบใดในการส่งสัญญาณแสงเข้าไปในเส้นใยแก้ว(เข้าใจ) ก. WDM(Wavelength division multiplex) ข. TDM(Time Division Multiplex) ค. FDM(Frequency Division Multiplex) ง. ง. PDM(Pulse Division Multiplex)			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
วัตถุประสงค์ข้อที่ 4 บอกองค์ประกอบของระบบคลื่นแสงได้ 15. ข้อใดไม่ใช่ คุณสมบัติของภาคส่งสัญญาณแสง(ความจำ) ก. แสงต้องมีพลังงานหรือความเข้มแสงมากพอที่จะเดินทางได้ตลอดความยาวเส้นใยแก้ว ข. ไลน์วิดท์(Line Width) หรือแถบความกว้างสเปกตรัมแสงต้องความกว้างมาก ค. ช่วงเวลาที่แหล่งกำเนิดแสงเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสงต้องสั้น ง. แสงต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อมภายนอก 16. การสื่อสารแบบโคฮีเร้นท์มีลักษณะการทำงานอย่างไร(เข้าใจ) ก. การสื่อสารที่ใช้ความถี่แต่ละความถี่ส่งข้อมูลที่แตกต่างกัน ข. ระบบการสื่อสารที่ใช้หลักการ WDM ในการส่งข้อมูล ค. ระบบการสื่อสารที่ใช้หลักการ PAM ในการส่งข้อมูล ง. การสื่อสารที่ใช้ความถี่เพียงความถี่เดียวในการส่งข้อมูล วัตถุประสงค์ข้อที่ 5 บอกข้อดีและข้อด้อยของเส้นใยแก้ว 17. ข้อใดคือคุณสมบัติเด่นของเส้นใยแก้วถูกต้อง(ความจำ) ก. สามารถจัดวางในรัศมีที่มีการโค้งงอมาก ข. ไม่ต้องใช้ความประณีตในการติดตั้ง ค. ไม่มีผลกระทบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ง. ทนแรงกระแทกได้สูง 18. ข้อใดคือข้อด้อยของเส้นใยแก้วในการนำมาประยุกต์ใช้งาน ก. เส้นใยแก้วมีอายุการใช้งานน้อย ข. เส้นใยแก้วมีความเปราะบาง ค. ข้อมูลไม่มีความปลอดภัย ง. ไม่เป็นอิสระทางไฟฟ้า			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
วัตถุประสงค์ข้อที่ 6 บอกประโยชน์และเทคโนโลยีการใช้งานของเส้นใยแก้วได้ 19. ข้อใดคือหลักการทำงานของเส้นใยแก้ว เมื่อนำมาใช้กับเครื่องมือแพทย์ประเภทเอ็นโดสโคป(ความจำ) ก. ส่งแสงเข้าไปในเส้นใยแก้วเส้นหนึ่งแล้วสะท้อนภาพข้อมูลกลับมาอีกเส้นหนึ่ง ข. ใช้ความร้อนจากร่างกายผ่านเข้าเส้นใยแก้วกลับออกมาแปลงเป็นไฟฟ้า ค. ส่งแสงเข้าไปในเส้นใยแก้วทั้งสองเส้นแต่ความยาวคลื่นต่างกันเส้นหนึ่งเก็บภาพอีก เส้นผ่าตัด ง. ไม่มีข้อใดถูก 20. เมื่อจะเปรียบเทียบปริมาณการส่งข้อมูลระหว่างการสื่อสารแบบดาวเทียบกับเส้นใยแก้วแบบไหนที่ส่งข้อมูลได้มากกว่า(เข้าใจ) ก. ระบบการสื่อสารดาวเทียมสามารถส่งข้อมูลได้มากกว่าการสื่อสารด้วยเส้นใยแก้ว ข. การสื่อสารด้วยเส้นใยแก้วสามารถส่งข้อมูลได้มากกว่าการสื่อสารแบบดาวเทียม ค. การสื่อสารทั้งสองระบบนี้จะสามารถส่งข้อมูลได้มากพอกันขึ้นอยู่กับกรณี ง. ไม่มีข้อใดถูก 21. การนำเซ็นเซอร์เส้นใยแก้วมาใช้ในการวัดระดับของเหลวจะให้หลักการอย่างไรในการวัด(นำไปใช้) ก. ใช้หลักการวัดความเข้มแสงที่สะท้อนกลับมาจากของเหลว ข. มุมรับแสงจะขยายเพิ่มขึ้นเมื่อมีอุณหภูมิของของเหลวเปลี่ยนไป ค. จะสังเกตจากภาพมอดูเลเตอร์ที่แสงสะท้อนกลับมาแล้วนำมาเปรียบเทียบกับ ง. ไม่มีข้อใดถูก 22. เมื่อต้องการติดตั้งระบบการสื่อสารในเมืองหลวงที่มีการสื่อสารหนาแน่นเราควร จะติดตั้งระบบการสื่อสารแบบใดที่จะลดการคับคั่งของสัญญาณและไม่มีผลกระทบจากสนามแม่เหล็ก(เหตุผล) ก. ควรจะติดตั้งระบบดาวเทียมในการติดต่อสื่อสาร ข. ควรจะติดตั้งระบบไมรวไฟในการสื่อสาร ค. ควรจะติดตั้งระบบเส้นใยแก้วในการสื่อสาร ง. ควรจะใช้ระบบเดิมคือสายโคแอกเชียล			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
บทที่ 2 : แสงกับเส้นใยแก้ว หัวข้อย่อย (ครั้งที่ 2) ฟิสิกส์ของแสง วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 อธิบายการทำงานของฟิสิกส์ของคลื่นแสงได้ 1. ความเร็วของแสงที่เดินทางในอากาศ จะมีค่าประมาณเท่าใด(ความจำ) ก. 3.00×10^8 ข. 3.01×10^8 ค. 3.02×10^8 ง. 3.03×10^8 2. คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของแสงจะประกอบด้วยอะไรบ้าง(ความจำ) ก. อะตอมและคลื่นไมโครเวฟ ข. อนุภาคและคลื่นไมโครเวฟ ค. อนุภาคและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ง. มวลและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 3. ข้อใดคือสูตรขนาดของพลังงานที่แตกต่างในระดับชั้นพลังงาน(ความจำ) ก. $\Delta E = h \frac{\lambda}{C}$ ข. $\Delta E = h \frac{C}{\lambda}$ ค. $\Delta E = f \frac{\lambda}{C}$ ง. $\Delta E = f \frac{C}{\lambda}$ 4. ข้อใดคือ ช่วงความยาวคลื่นแสงของสีแดง(ความจำ) ก. 390 – 455 nm ข. 492 – 577 nm ค. 577 – 597 nm ง. 622 – 780 nm			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
5. ข้อใดเป็นสูตรของค่าดัชนีหักเหของแสง(index of refraction) ก. $n = \frac{C}{f}$ ข. $n = \frac{\lambda}{C}$ ค. $n = \frac{C}{V}$ ง. $n = \frac{C}{\lambda}$ 6. จากสูตร ข้อใดคือกฎของสเนล (Snell's law) (ความจำ) ก. $n_1 \sin \phi_i = n_2 \cos \phi_t$ ข. $\frac{\sin \phi_i}{\sin \phi_t} = \frac{n_2}{n_1}$ ค. $n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_t$ ง. $n_1 \cos \phi_i = n_2 \sin \phi_t$ 7. เมื่อแสงเดินทางในตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเห (Refractive index: n) เท่ากัน แสงจะเดินทางเป็นอย่างไร(เข้าใจ) ก. การเดินทางของแสงจะเกิดการกระเจิง ข. แสงจะเกิดการสะท้อน ค. แสงจะเกิดการหักเห ง. แสงจะเดินทางเป็นเส้นตรง 8. ความยาวคลื่นแสงที่เปล่งออกมาของควอนตัมขึ้นอยู่กับอะไร(เข้าใจ) ก. ความแตกต่างของความถี่ ข. สภาพของอากาศ ค. ความเร็วแสงในตัวกลาง ง. ความแตกต่างของพลังงานที่คายออกมา 9. ข้อใดคือคุณสมบัติของแสงโพลาไรซ์เชิงเส้น(เข้าใจ) ก. เป็นแสงที่มีทิศทางขนานกับทางเดินของแสง ข. เป็นแสงที่มีหลายแนวรวมกัน ค. เป็นแสงที่มีเฉพาะในแนวตั้ง ง. ผิดทุกข้อ			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
10. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับแสง(เข้าใจ) ก. คลื่นแสงจะประกอบด้วยสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กสั่นในแนวตั้งฉากกัน ข. คลื่นแสงมีอนุภาคอะตอมเหมือนกับอนุภาคอะตอมของสารกึ่งตัวนำ ค. คลื่นแสงจะมีแต่สนามไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวและตั้งฉากกับทิศทางการเดินของแสง ง. คลื่นแสงจะมีแต่แม่เหล็กเพียงอย่างเดียวและตั้งฉากกับทิศทางการเดินของแสง 11. เมื่อแสงเดินทางออกจากจุดกำเนิดแสงเป็นระยะทางไกลมากจากจุดสังเกตแสงจะมีลักษณะเป็นเช่นไร(เข้าใจ) ก. เป็นแนวเส้นตรง ข. เป็นแนวพลาโบลา ค. เป็นแนวโค้ง ง. เป็นแนวซิกแซก 12. เมื่อแสงเดินทางเดินทางในตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเห(Refractive index: n) เท่ากัน แสงจะเดินทางเป็นอย่างไร(เข้าใจ) ก. การเดินทางของแสงจะเกิดการกระเจิง ข. แสงจะเกิดการสะท้อน ค. แสงจะเกิดการหักเห ง. แสงจะเดินทางเป็นเส้นตรง 13. เมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลาง 2 ตัวที่มีค่าดัชนีหักเห $n_1 < n_2$ การหักเหของแสงเป็นเช่นไร(เข้าใจ) ก. แสงจะหักเหเข้าหาเส้นปกติ ข. แสงจะหักเหออกจากเส้นปกติ ค. แสงจะเกิดการสะท้อนกลับหมด ง. ไม่มีข้อใดถูก			

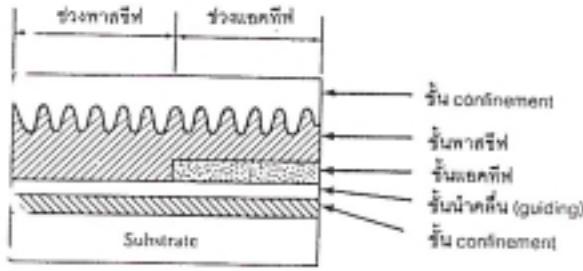
วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
หัวข้อย่อยที่ 3 การเดินทางของแสงในเส้นใยแก้ว(ครั้งที่ 2) วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 อธิบายการเดินทางของแสงในเส้นใยแก้วได้ 17. ความหมายของแสงแบบเมอร์เดียน(meridional ray)จะหมายถึงแสงแบบใด (ความจำ) ก. แสงที่เดินทางหลายแนวในเส้นใยแก้ว ข. แสงที่มีเฉพาะในแนวตั้งที่เดินทางเข้าไปในเส้นใยแก้ว ค. แสงที่เดินทางเป็นเส้นตรงในแนวแกนคอร์ ง. แสงที่เดินทางเป็นระนาบคลื่นระนาบเดียวในเส้นใยแก้ว 18. ข้อใด คือความหมายของสัญลักษณ์เดลต้า(Δ) ที่ถูกต้อง(ความจำ) ก. ประสิทธิภาพการรับแสงของเส้นใยแก้ว ข. ค่าความแตกต่างของดัชนีหักเห ค. ค่าอสมอลไคซ์ของความถี่ ง. เป็นค่าความแตกต่างของความยาวคลื่นแสง 19. ข้อใดคือความสัมพันธ์สมการของ (Numerical Aperture :NA) ของแสงแบบเมอร์เดียนที่ถูกต้อง(ความจำ) ก. $NA=(n_1^2-n_2^2)^{1/2}$ ค. $NA=n_2(2\Delta)^{1/2}$ ข. $NA=(n_1^2-n_2^2)$ ง. $NA=n_1(\Delta)^{1/2}$ 20. ข้อใดคือความสัมพันธ์ของสมการมุมรับแสงแบบ Skew ray ที่ถูกต้อง(ความจำ) ก. $NA = \sin \theta_{as} \cos \gamma$ ข. $NA = \sin \phi_c \cos \gamma$ ค. $NA = \cos \theta_{as} \sin \gamma$ ง. $NA = \cos \theta_c \sin \gamma$ 21. แสงเดินทางไปในเส้นใยแก้วและมีการสะท้อนตรงผิวมีการเปลี่ยนทิศทางไป 2γ เรียกแสงนี้ว่าแสง(เข้าใจ)อะไร ก. แสงแบบ Meridional ray ข. แสงแบบ Polarized light ค. แสงแบบ Fundamental Mode ง. แสงแบบ Skew ray			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
22. จากคำอธิบายของแต่ละข้อนี้ ลำแสงใดเป็นคำอธิบายของลักษณะการเดินทางของลำแสงแบบเมอร์เรียน(เข้าใจ) ก. ลำแสง A มีมุมตกกระทบเท่ากับ θ_{Max} และมีมุมตกกระทบรอยต่อ core และ clad มีค่าเท่ากับมุมวิกฤต ข. ลำแสง B ซึ่งมีมุมตกกระทบระหว่างรอยต่อของอากาศกับเส้นใยแสงมากกว่า θ_{Max} และมีมุมตกกระทบรอยต่อ core และ clad มีค่าน้อยกว่ามุมวิกฤต ค. ลำแสง C ซึ่งมีมุมตกกระทบระหว่างรอยต่อของอากาศกับเส้นใยแสงน้อยกว่า θ_{Max} และมีมุมตกกระทบรอยต่อ core และ clad มีค่ามากกว่ามุมวิกฤต ง. ข้อ ก และ ค ถูก วัตถุประสงค์ข้อที่ 4 คำนวณหาค่ามุมรับแสงแบบเกลียวได้ 23. เส้นใยแสงเส้นหนึ่งมีค่า $NA=0.4$ จงหามุมในการรับแสง θ_{Max} ในกรณีที่มีการเดินทางของแสงเป็นแบบเกลียวมีการเปลี่ยนทิศทางไป 100° ในการสะท้อนแต่ละครั้ง (นำไปใช้) ก. 27.5° ข. 59.2° ค. 38.5° ง. 44.8° วัตถุประสงค์ข้อที่ 5 คำนวณหาค่ามุมรับแสงของการเดินทางของแสงแบบต่างๆได้ 24. เส้นใยแสงเส้นหนึ่งมีค่า $NA=0.4$ จงหามุมในการรับแสง θ_{Max} ในกรณีที่มีการเดินทางของแสงเป็นแบบเกลียวมีการเปลี่ยนทิศทางไป 100° ในการสะท้อนแต่ละครั้ง (นำไปใช้) ก. 27.5° ข. 59.2° ค. 38.5° ง. 44.8°			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
25. เส้นใยแสงชนิดซิลิกาแบบ GI เส้นหนึ่งมีค่าดัชนีการหักเหของ Core เท่ากับ 1.6 และค่าดัชนีหักเหของ Clad เท่ากับ 1.47 (เหตุผล)จากโจทย์ จงคำนวณหามุมวิกฤตระหว่าง Core กับ Clad ก. 30.5° ข. 53.5° ค. 66.7° ง. 78.5° 26. จากโจทย์ จงคำนวณหาขนาดของค่า Numerical Aperture (Numerical Aperture: NA) ก. 0.15 ข. 0.29 ค. 0.44 ง. 0.63 27. จากโจทย์ จงคำนวณหาขนาดมุมสูงสุดในการป้อนแสง θ_{Max} ก. 39° ข. 45° ค. 18.8° ง. 25° วัตถุประสงค์ข้อที่ 6 คำนวณหาความแตกต่างของค่าดัชนีหักเหได้ 28. จงหาค่าของความแตกต่างของดัชนีหักเหระหว่างคอร์และแคลดดิ้ง เมื่อค่าดัชนีหักเหของตัวกลางทั้งสองดังนี้ $n_1=1.479$ และ $n_2=1.357$ ก. 0.079 ข. 0.089 ค. 0.24 ง. 0.091 หัวข้อย่อยที่ 2.3 แหล่งกำเนิดแสง และการใช้งาน (ครั้งที่ 3) วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 อธิบาย พื้นฐานเกี่ยวกับสารกึ่งตัวนำได้ 29. สารกึ่งตัวนำประเภทใดที่มีจุดต่ำสุดของแถบนำไฟฟ้าและจุดสูงสุดของแถบเวเลนซ์อยู่ในแนวเดียวกันหรือมีค่า K (โมเมนตัม) เท่ากัน(ความจำ) ก. Gallium Arsenide ข. Silicon			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
ค. Aluminum ง. Germanium 30. ข้อใดความหมายของสารกึ่งตัวนำอินทรินซิก(intrinsic semiconductor) ก. อะตอมของสารกึ่งตัวนำที่ไม่มีส่วนประกอบจากอะตอมของสารอื่นเจือปนอยู่ ข. อะตอมของสารกึ่งตัวนำที่มีส่วนประกอบจากอะตอมของสารอื่นเจือปนอยู่ ค. อะตอมของสารกึ่งตัวนำที่มีการเจืออะตอมพร้อมกัน หลายอะตอม ง. ผิดหมดทุกข้อ 31. เมื่อโครงสร้างอะตอมของสสารได้รับระดับพลังงานสูงขึ้นจะส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาอะไรขึ้นต่อโครงสร้างอะตอม ก. เกิดความหนาแน่นของโซลในโครงสร้างอะตอม ข. เกิดความหนาแน่นของอิเล็กตรอนในโครงสร้างอะตอม ค. อิเล็กตรอนเกิดการหลุดวงโคจรของโครงสร้างอะตอม ง. โซลเกิดการหลุดวงโคจรของโครงสร้างอะตอม ผู้รับ 32. ข้อใดความหมายของสารกึ่งตัวนำอินทรินซิก (intrinsic semiconductor) (ความจำ) ก. อะตอมของสารกึ่งตัวนำที่ไม่มีส่วนประกอบจากอะตอมของสารอื่นเจือปนอยู่ ข. อะตอมของสารกึ่งตัวนำที่มีส่วนประกอบจากอะตอมของสารอื่นเจือปนอยู่ ค. อะตอมของสารกึ่งตัวนำที่มีการเจืออะตอมพร้อมกัน หลายอะตอม ง. ผิดหมดทุกข้อ 33. สารกึ่งตัวนำเอกทรินซิก(extrinsic semiconductor) แบ่งออกเป็นกี่ชนิด ก. ชนิดเดียว ข. 2 ชนิด ค. 3 ชนิด ง. 4 ชนิด			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
37 ข้อใด กล่าวถูกต้อง ก. ระหว่างแถบพลังงาน EC แถบพลังงาน EV จะมีแถบ พลังงาน ED ต่ำกว่า EC เล็กน้อยเมื่ออุณหภูมิลดลงจะทำให้ไอเล็กตรอนจาก EC วิ่งไปยัง ED ทำให้เกิดเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด N ขึ้น ข. ระหว่างแถบพลังงาน EC แถบพลังงาน EV จะมีแถบ พลังงาน EA สูงกว่า EV เล็กน้อยเมื่ออุณหภูมิลดลงจะทำให้ไอเล็กตรอนจาก EA วิ่งไปยัง EV ทำให้เกิดเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด P ขึ้น ค. ระหว่างแถบพลังงาน EC แถบพลังงาน EV จะมีแถบ พลังงาน ED ต่ำกว่า EC เล็กน้อยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ไอเล็กตรอนจาก EV วิ่งไปยัง EA ทำให้เกิดเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด P ขึ้น ง. ระหว่างแถบพลังงาน EC แถบพลังงาน EV จะมีแถบ พลังงาน ED ต่ำกว่า EC เล็กน้อยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ไอเล็กตรอนจาก EV วิ่งไปยัง EC ทำให้เกิดเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด N ขึ้น วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 อธิบายการกำเนิดแสงได้ 38.การกำเนิดแสงของสารกึ่งตัวนำแบ่งออกเป็นกี่ลักษณะ ก. 2 ลักษณะ ข. 3 ลักษณะ ค. 4 ลักษณะ ง. 5 ลักษณะ 39. การกำเนิดแสงของ LED ธรรมดาทั่วไปจะเป็นการกำเนิดแสงลักษณะได้ (ความจำ) ก. การปล่อยแสงแบบกระตุ้น ข. การปล่อยแสงแบบปล่อยเอง ค. กระแสต่ำกว่ากระแสเทอร์ชโฮลเป็นแบบปล่อยเองสูงกว่ากระแสเทอร์ชโฮลเป็นแบบกระตุ้น ง. ไม่มีข้อใดถูก			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
40. จากรูปเป็นเลเซอร์ไดโอดแบบที่ใช้ตัวเกรตติ้งแบบใด(ความจำ)  ก. distributed-feedback laser(DFB) ข. distributed-Bragg-refelctor(DBR) ค. distributed-refelctor(DR) ง. surface-emitting laser(SE) 41. การทำงานของแสงเลเซอร์ไดโอดจะเป็นอย่างไร เมื่อกระแสที่จ่ายให้ต่ำกว่ากระแสเทรชโฮล(lth) (เข้าใจ) ก. แสงจะถูกปล่อยออกทุกทิศทุกทางคล้ายแอลอีดี ข. เลเซอร์จะไม่ทำงาน ค. แสงจะถูกปล่อยออกแบบกระดุน ง. ไม่มีข้อใดถูก 42. สารกึ่งตัวนำที่ได้รับการเติมของสารเจือหรือที่เรียกว่าการ โด๊ป(doping) จะมีผลต่ออิเล็กตรอนและโฮลเป็นอย่างไร(เข้าใจ) ก. ความเข้มข้นของอิเล็กตรอนอิสระและโฮลมีค่าลดลง ข. ความเข้มข้นของอิเล็กตรอนอิสระและโฮลมีค่าเพิ่มขึ้น ค. ความเข้มข้นของอิเล็กตรอนอิสระและโฮลมีค่าแตกต่างกัน ง. ไม่มีข้อใดถูก 43. ข้อใดถูกต้อง(เข้าใจ) ก. สารกึ่งตัวนำชนิด P คือ พันธะระหว่างสารกึ่งตัวนำกับสารเจือมีอิเล็กตรอนในวงวาเลนซ์ขาด 1 ตัว ข. สารกึ่งตัวนำชนิด N คือ พันธะระหว่างสารกึ่งตัวนำกับสารเจือมีอิเล็กตรอนในวงวาเลนซ์ขาด 1 ตัว ค. สารกึ่งตัวนำชนิด P หรือเรียกว่าอะตอมผู้ให้			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
ง. สารกึ่งตัวนำชนิด N หรือเรียกว่าอะตอมผู้รับ 44. ความเร็วในการส่งข้อมูลของ แอลอีดี(Light – emitting diode) มีความเร็วในการส่งเท่าใด ก. 64 Mb/s ข. 200 Mb/s ค. 256 Mb/s ง. 300 Mb/s 45. การเพิ่มประสิทธิภาพของแอลอีดีให้สูงขึ้น โดยการเพิ่มจำนวนชั้นของสารกึ่งตัวนำ โดยการใช้สารกึ่งตัวนำต่างชนิดกันในแต่ละชั้น โดยเทคนิคนี้มีชื่อเรียกว่าอะไร ก. active layer ข. Confinement ค. Homojunction ง. Heterojunction 46. จากโครงสร้างชั้นสารของ LED แบบ heterojunction โดยชั้นที่มีชื่อเรียกว่า active layer ทำหน้าที่อะไร(เข้าใจ) ก. ชั้นที่อิเล็กตรอนและโฮลมีการรวมตัวกันเพื่อทำให้เกิดแสงขึ้น ข. ชั้นที่ทำหน้าที่เหมือนกระจกเพื่อสะท้อนแสงของโฟตรอน ค. ชั้นที่ควบคุมปริมาณของอิเล็กตรอนและ โฮลให้อยู่ในชั้น active layer ง. ชั้นที่ทำหน้าที่เหมือนท่อนำแสงออกจาก LED 48. ในโครงสร้างของเลเซอร์ไดโอดแบบ แบบ Fabry – perot เมื่อทำการลดความยาวโครงสร้างของเลเซอร์ไดโอดจะเป็นผลทำให้เลเซอร์ไดโอดมีคุณสมบัติเป็นอย่างไร (เหตุผล) ก. มีความเข้มแสงมากขึ้น ข. ทำให้เลเซอร์ทำงานเป็นเซอร์โมคเดียว ค. เลเซอร์มีความไวในการกำเนิดแสงเพิ่มขึ้น ง. เลเซอร์มีคุณสมบัติการทำงานเหมือนเดิม			

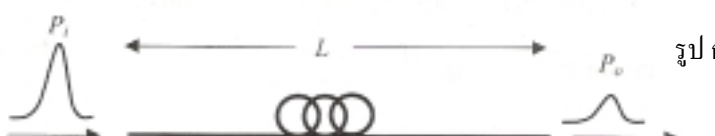
วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 อธิบายการทำงานของตัวตรวจจับแสงและการใช้งานได้ 54. เมื่อจ่ายไบอัสกลับให้ไดโอดแบบ pin และมีแสงมาตกกระทบบนตรงชั้นสาร I จะเกิดปฏิกิริยาอะไรขึ้น ก. จะเกิดเฉพาะอิเล็กตรอนขึ้นตรงสาร I จำนวนมาก ข. จะเกิดเฉพาะโฮลขึ้นตรงสาร I จำนวนมาก ค. เกิด Photo carrier ขึ้น ง. เกิดการปล่อยแสงแบบกระตุ้น 55. ข้อใดคือ คุณสมบัติเด่นของไดโอด APD(Avalanche Photodiode) ที่ถูกต้อง (ความจำ) ก. มีความต้านทานในตัวไดโอด APD น้อยทำให้มีกระแสที่ได้มีมาก ข. มีการขยายแรงดันขึ้นภายในตัวไดโอด APD ค. มีการขยายกระแสขึ้นภายในตัวไดโอด APD ง. มีระบบป้องกันสัญญาณรบกวนภายในตัวไดโอด APD 56. กระแสมืด(dark current) ของโฟโตไดโอดหมายความว่าอย่างไร(ความจำ) ก. กระแสที่มีการกระเพื่อมเล็กน้อยอยู่รอบค่าเฉลี่ยของกระแสในโฟโตไดโอด ข. กระแสที่โฟโตดีเทคเตอร์ผลิตขึ้นจากการรับแสง ค. กระแสที่ไหลเมื่อโฟโตไดโอดได้รับการไบอัสกลับ และยังไม่มีการตกกระทบ ง. ผลรวมของสัญญาณรบกวนในโฟโตดีเทคเตอร์ 57. ข้อใดเป็นความสัมพันธ์ของกระแสจากสัญญาณรบกวนควันทัมที่ถูกต้อง(ความจำ) ก. $(I_{\alpha})^2 = 2qI_p B M^2 F(M)$ ข. $(I_{DB})^2 = 2qI_D M^2 F(M) B$ ค. $(I_{DS})^2 = 2qI_L B$ ง. $(I_T)^2 = \frac{4K_B T}{R_L} B$ 58. ข้อใดคือ ความสัมพันธ์ของสมการการหาประสิทธิภาพของ โฟโตดีเทคเตอร์ ไดโอดแบบ pin ที่ถูกต้อง ก. $\eta = \frac{hv/IP}{Po/q}$ ข. $\eta = \frac{Po/q}{IP/hv}$ ก. $\eta = \frac{Po/hv}{IP/q}$ ง. $\eta = \frac{IP/q}{Po/hv}$			
---	--	--	--

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
59. ข้อใดคือ ความหมายของค่า ตอบสนองของโฟโตไดโอดที่ถูกต้อง(เข้าใจ) ก. แสดงถึงปริมาณการเกิดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากปริมาณของแสงที่รับ ข. แสดงถึงปริมาณความเข้มแสงต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัด ค. แสดงถึงปริมาณของกระแสที่ผลิตขึ้นต่อหน่วยกำลังแสง ง. ไม่มีข้อใดถูก 60. เมื่อจ่ายไบอัสกลับให้ไดโอดแบบ pin และมีแสงมาตกกระทบตรงชั้นสาร I จะเกิดปฏิกิริยาอะไรขึ้น(เข้าใจ) ก. จะเกิดเฉพาะอิเล็กตรอนชั้นตรงสาร จำนวนมาก ข. จะเกิดเฉพาะโฮลชั้นตรงสาร I จำนวนมาก ค. ทำให้เกิดคู่ของอิเล็กตรอนอิสระและโฮลที่ชั้นสาร I ขึ้น ง. เกิดการปล่อยแสงแบบกระตุ้น 61. ข้อใดคือ คุณสมบัติเด่นของไดโอด APD(Avalanche Photodiode) ที่ถูกต้อง (เข้าใจ) ก. มีความต้านทานในตัวไดโอด APD น้อยทำให้มีกระแสที่ได้มีมาก ข. มีการขยายแรงดันขึ้นภายในตัวไดโอด APD ค. มีการขยายกระแสขึ้นภายในตัวไดโอด APD ง. มีระบบป้องกันสัญญาณรบกวนภายในตัวไดโอด APD 62. กระแสที่กระเพื่อมเล็กน้อยอยู่รอบค่าเฉลี่ยของกระแส ซึ่งกระแสนี้จะบ่งบอกถึงอะไร(เข้าใจ) ก. กระแสมืด (dark current) ข. สัญญาณรบกวนควันทรม ค. กระแสที่โฟโอดีเทกเตอร์ผลิตขึ้นจากการรับแสง ง. ผลรวมของสัญญาณรบกวนภายในโฟโอดีไดโอด 63. เมื่อค่าพลังงานช่องว่างของสารกึ่งตัวนำ GaAs=1.43 eV จงหาค่าความยาวคลื่นคัทออฟ(Wave length Cutoff) ของสารกึ่งตัวนำนี้ ก. 0.42 μm ข. 0.54 μm ค. 0.87 μm ง. 0.96 μm			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
67. จากโจทย์จงคำนวณหาค่าของกระแสมีด(dard curent) ก. 0.138 nA ข. 0.549 nA ค. 0.312 nA ง. 0.012 nA			
68. จากโจทย์จงคำนวณหาค่าสัญญาณรบกวนเชิงความร้อน ก. 9.23 nA ข. 14.68 nA ค. 18.76 nA ง. 20.12 nA			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
หน่วยที่ 3 : สายเคเบิลใยแก้ว หัวข้อย่อยที่ 3.1 เส้นใยแก้วและพารามิเตอร์ที่สำคัญ (ครั้งที่ 5) วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 อธิบายพารามิเตอร์ที่สำคัญของเส้นใยแก้วได้ 1. ข้อใดคือ ความหมายของค่านิวเมอริคัล อะเพอเจอร์(Numeriacal Aperture:NA) (ความจำ) ก. ค่าความเข้มของแสงภายในเส้นใยแก้ว ข. ค่าการลดทอนเมื่อเกิดการโค้งงอ ค. ค่ามุมรับและปล่อยแสงของเส้นใยแก้ว ง. ค่าความบริสุทธิ์ของแก้วที่ใช้ทำเส้นใยแก้ว 2. ข้อใดคือ สูตร การลดทอนสัญญาณแสงในรูปของเดซิเบลต่อหน่วยที่ถูกต้อง (ความจำ) ก. $\alpha = \frac{10}{L} \text{Log}_{10} \frac{P_o}{P_i}$ ข. $\alpha = \frac{10}{L} \text{Log}_{10} \frac{P_i}{P_o}$ ค. $L = 10 \text{Log}_{10} \frac{P_o}{P_i}$ ง. $L = \text{Log}_{10} \frac{P_i}{P_o}$ 3. ข้อใดคือ ความหมายของ(Bandwidth-Disance Product) (ความจำ) ก. ปริมาณข้อมูลมากที่สุด ที่สามารถส่งเข้าไปในเส้นใยแก้ว ข. การลดทอนมากที่สุดของการเดินทางของแสง ค. มุมรับแสงมากที่สุดของเส้นใยแก้ว ง. ผิดทุกข้อ			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
4. ถ้าค่า attenuation ของเส้นใยแก้วมีค่าต่ำแสดงว่าเส้นใยแก้วเป็นอย่างไร(เข้าใจ) ก. เส้นใยแสงมีมุมรับแสงน้อย ข. แสงสามารถเดินทางไปได้ไกล ค. โหมดของเส้นใยแก้วมีน้อย ง. ผิดทุกข้อ 5. เส้นใยแก้วเส้นหนึ่งมีค่า Bandwidth-Distance Product เท่ากับ 100 MHz-km หมายความว่าอย่างไร(เข้าใจ) ก. ระยะทางสูงสุด 1 km ที่จะไม่เกิดการลดทอน ข. ระยะทางต่ำสุด 1 km ที่จะไม่เกิดการลดทอน ค. ระยะทาง 1 km จากจุดเชื่อมต่อจะสามารถส่งข้อมูลได้สูงสุด 100 MHz-km ง. ระยะทาง 1 km จากจุดเชื่อมต่อจะสามารถส่งข้อมูลได้ต่ำสุด 100 MHz-km 6. เมื่อ คำนวณเมอริคัลอะเพเจอร์(Numerical Aperture :NA) มีค่ามากสามารถตีความหมายได้ว่าอย่างไร(เข้าใจ) ก. แสดงว่าเส้นใยแก้วมีค่าความเข้มของแสงมาก ข. แสดงว่าเนื้อแก้วที่ทำเส้นใยแก้วที่มีความบริสุทธิ์มาก ค. แสดงว่าเส้นใยแก้วมีการลดทอนของแสงมาก ง. แสดงว่าแสงสามารถเดินทางในคอร์ของใยแก้วนำแสงได้มาก วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 คำนวนค่า Numerical Aperture(NA) 7. เส้นใยแสงชนิดซิลิกาแบบ GI เส้นหนึ่งมีค่าดัชนีการหักเหของ Core เท่ากับ 1.5 และค่าดัชนีหักเหของ Clad เท่ากับ 1.47 (เหตุผล) จากโจทย์ จงคำนวณหามุมวิกฤตระหว่าง Core กับ Clad ก. 30.5° ข. 53.5° ค. 67.7° ง. 78.5°			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
8. จากโจทย์ จงคำนวณหาขนาดของค่า Numerical Aperture (NA) ก. 0.1 ข. 0.2 ค. 0.3 ง. 0.4 9. จากโจทย์ จงคำนวณหาขนาดมุมสูงสุดในการป้อนแสง θ_{Max} ก. 54° ข. 9.5° ค. 18.8° ง. 17.4° วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 คำนวณหาการลดทอนสัญญาณของเส้นใยแก้วได้  รูป ก 10. ระบบสื่อสารข้อมูลด้วยแสงในรูปที่ ก ถ้า $P_i=1 \text{ mW}$, $P_o=1 \mu\text{W}$ และ $L=10 \text{ km}$ จงคำนวณหาการลดทอนสัญญาณของแสงในเส้นใยแก้ว (การนำไปใช้) ก. 1 dB km^{-1} ข. 2 dB km^{-1} ค. 3 dB km^{-1} ง. 4 dB km^{-1} 11. เมื่อกำหนดให้ค่าดัชนีหักเหของคอร์เท่ากับ 1.55 และค่าดัชนีหักเหของแคลดดิ้งเท่ากับ 1.33 จงคำนวณหาค่า refractive index difference (การนำไปใช้) ก. 0.132 ข. 1.25 ค. 0.5 ง. 1.34			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
12 . กำหนดให้ค่ากำลังงานเฉลี่ยของแสงที่ส่งเข้าไปในเส้นใยแก้วที่มีความยาว 9 กิโลเมตร มีค่าเท่ากับ 130 uW และค่ากำลังงานเฉลี่ยของแสงที่เอาต์พุตเท่ากับ 5 uW จงคำนวณหา(เหตุผล) การลดทอนสัญญาณทั้งหมดในเส้นใยแสง โดยสมมติให้ไม่มีการเชื่อมต่อเส้นใยแสง ก. 12.03 dB ข. 13.44 dB ค. 14.15 dB ง. 15.53 dB 13. การลดทอนสัญญาณต่อกิโลเมตร ก. 2.01 dBKm⁻¹ ข. 1.57 dBKm⁻¹ ค. 3.32 dBKm⁻¹ ง. 1.28 dBKm⁻¹ 14.การลดทอนสัญญาณทั้งหมดสำหรับการใช้งานเส้นใยแสงชนิดเดียวกันนี้ที่ความยาว 10 กิโลเมตรและมีการเชื่อมต่อทุกๆ ช่วง 1 กิโลเมตร โดยแต่ละจุดที่เชื่อมต่อมีการลดทอนสัญญาณ 1 dB ก. 15 dB ข. 10 dB ค. 20 dB ง. 29 dB 15. จงคำนวณหาค่าผลคูณระหว่างแบนด์วิดท์กับระยะทาง (Bandwidth Distance Product) ของระบบสื่อสารด้วยเส้นใยแก้วนำแสงระยะทาง 15 กิโลเมตร ใช้เส้นใยแก้วที่มีค่าการลดทอนสัญญาณ 1.5 dB/km ถูกส่งข้อมูลขนาด 2 Mb/s ด้วยแสงขาเข้าที่มีค่าความเข้ม 0.5 (เหตุผล) ก. 10 Mb/s-km ข. 20 Mb/s-km ค. 30 Mb/s-km ง. 40 Mb/s-km			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
16. ถ้านำระบบนี้ไปใช้กับระยะทาง 10 กิโลเมตร จะส่งข้อมูลได้มากที่สุดเท่าไร ก. 1 Mb/s ข. 2 Mb/s ค. 3 Mb/s ง. 4 Mb/s หัวข้อย่อยที่ 3.2 ชนิดของเส้นใยแก้ว วัตถุประสงค์ข้อที่อธิบายเส้นอธิบายการแบ่งชนิดของเส้นใยแก้วแต่ละแบบได้ 17. ชนิดของเส้นใยแก้วที่แบ่งตามสารไดอิเล็กทริกมีกี่ชนิด ก. 2 ชนิด ข. 3 ชนิด ค. 4 ชนิด ง. 5 ชนิด 18. ข้อใดเป็น เส้นใยแก้วที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของดัชนีหักเหที่(ความจำ) ก. Multi component glass optical fiber ข. Multimode optical fiber ค. Step Index optical fiber(SI-Fiber) ง. Gradad Index optical fiber(GI-Fiber) 19. ความถี่ Normalized Frequency :V ใช้บ่งบอกถึงอะไร(ความจำ) ก. บ่งบอกถึงค่าดัชนีหักเหของแคลคูลัส ข. บ่งบอกถึงค่าความแตกต่างของค่าดัชนีหักเห ค. บ่งบอกถึงจำนวนโหมดของแสงที่เดินทางในเส้นใยแก้ว ง. บ่งบอกถึงลักษณะของโหมดตามขวางของคลื่นที่ใช้ในเส้นใยแก้ว 20. จากความสัมพันธ์ของสมการข้างล่าง ข้อใดเป็นความสัมพันธ์ของสมการคำนวณค่า V ที่ถูกต้อง(ความจำ) ก. $v = \frac{2\pi a}{\lambda} NA$ ข. $v = \frac{NA}{2\pi a} \lambda$ ค. $v = \frac{2\pi a}{NA} \lambda$			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
ง. $v = \frac{\lambda}{NA} 2\pi a$ 21. จากความสัมพันธ์ของสมการค่าดัชนีหักเหแบบเกรเดด เมื่อค่าพารามิเตอร์โปรไฟล์(α) มีค่าเท่ากับ 2 ดังนั้นรูปของค่าดัชนีหักเหแบบเกรเดดจะเป็นอย่างไร(ความจำ) ก. เป็นรูปวงกลม ข. เป็นรูปสามเหลี่ยม ค. เป็นรูปแบบขั้นบันได ง. เป็นรูปพาราโบลา 22. จากความสัมพันธ์ของสมการการหาจำนวนโหมดเส้นใยแก้วแบบเกรเดด ข้อใดถูกต้อง(ความจำ) ก. $M = \left[\frac{2}{\alpha + \alpha} \right] \left[\frac{4\pi^2 a^2 n_1 \Delta}{\lambda^2} \right]$ ข. $M = \left[\frac{2 + 2}{\alpha} \right] \left[\frac{\lambda^2}{\pi^2 a^2 n_2 \Delta} \right]$ ค. $M = \left[\frac{2}{2 + \alpha} \right] \left[\frac{4\pi^2 a^2 n_2 \Delta}{\lambda^2} \right]$ ง. $M = \left[\frac{\alpha}{\alpha + 2} \right] \left[\frac{4\pi^2 a^2 n_1 \Delta}{\lambda^2} \right]$ 23. ข้อใดคือความหมายของเส้นใยแก้วชนิดโมดเดียวที่ถูกต้อง(เข้าใจ) ก. เส้นใยแก้วที่ยอมให้แสงเดินทางอยู่แนวแกนกลางโดยไม่มีการสะท้อนภายในคอร์ของเส้นใยแก้ว ข. เส้นใยแก้วที่ยอมให้แสงเดินทางแบบคลื่นตามขวางเพียงหนึ่งคลื่นตามขวางเดินทางในเส้นใยแก้ว ค. เส้นใยแก้วที่ยอมให้แสงเดินทางแบบคลื่นตามขวางหลายคลื่นตามขวางเดินทางภายในเส้นใยแก้ว ง. ไม่มีข้อใดถูก			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
24. ถ้าต้องการให้คลื่นเพียงโหมดเดียวเดินทางในเส้นใยแก้ว ค่าความถี่อมพลไลซ์ (V) จะต้องไม่ต่ำกว่าค่าคัทออฟของโหมดถัดไปประมาณเท่าไร(เข้าใจ) ก. 2.0121 ข. 2.133 ค. 2.405 ง. 2.643 25. Transverse Electric: TE มีลักษณะเป็นอย่างไร(เข้าใจ) ก. เรียกว่า H wave และ $E_z=0, H \neq 0$ ข. เรียกว่า E wave และ $H_z=0, E \neq 0$ ค. เรียกว่า HE wave และ $H_z \neq 0, E \neq 0$ ง. ถูกทั้ง ข้อ ก และ ข 26. ข้อใดเป็น เส้นใยแก้วที่มีค่าดัชนีหักเหเปลี่ยนแปลงตามรัศมีของแกนคอร์(เข้าใจ) ก. Multi component glass optical fiber ข. Multimode optical fiber ค. Step Index optical fiber(SI-Fiber) ง. Graded Index optical fiber(GI-Fiber) วัตถุประสงค์ข้อที่ 5 คำนวณหาค่ามุมรับแสงเมื่อรู้ค่าความถี่อมพลไลซ์(V) แบบขั้นได้ 26. เส้นใยแก้วนำแสงที่มีดัชนีหักเหแบบขั้นมีค่าอมพลไลซ์ของความถี่เท่ากับ 30.6 ที่ความยาวคลื่น 1500 nm ถ้ารัศมีของแก้วแกนในมีค่า 25 μm จงคำนวณหาค่า NA ของเส้นใยแก้ว(การนำไปใช้งาน) ก. 0.29 ข. 0.45 ค. 0.68 ง. 0.76			
วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		

	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
วัตถุประสงค์ข้อที่ 6 คำนวณหาค่าจำนวนโมดของแสงได้ 27. เส้นใยแก้วนำแสงที่มีดัชนีหักเหแบบเกรดเดด มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 50/125 ค่า $\alpha=2, n_1=1.5$ และ $n_2=1.48$ จงคำนวณหาจำนวนโมดทั้งหมด ที่ความยาวคลื่นใช้งาน 900 nm (การนำไปใช้งาน) ก. 250 Mode ข. 300 Mode ค. 433 Mode ง. 525 Mode 28. เส้นใยแก้วนำแสงที่มีดัชนีหักเหแบบขั้นมีค่า numerical aperture เท่ากับ 0.30 จงออกแบบเพื่อให้แสงเคลื่อนที่ผ่านได้เพียงโมดเดียว ณ ความยาวคลื่น 1.3 μm ดังนั้นเส้นใยแก้วนำแสงควรมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่สุดเท่าไร (เหตุผล) ก. 60 μm ข. 0.015 μm ค. 1.65 μm ง. 0.12 μm 29. เส้นใยแก้วชนิด SM มีค่าพารามิเตอร์ดังนี้ $n_1=1.465, \Delta=1\%$ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของคอร์เท่ากับ 5 μm จงคำนวณหาค่าของความยาวคลื่นแสงที่สั้นที่สุดที่สามารถใช้งานร่วมกับเส้นใยแก้วนี้ได้ และถ้าหากนำเส้นใยแก้วไปใช้กับแสงที่มีความยาวคลื่น 1.33 μm จะได้หรือไม่ (เหตุผล) ก. $\lambda_c = 1.25 \text{ nm}$, ใช้กับแสง $\lambda_c = 1.33 \text{ nm}$ ไม่ได้ ข. $\lambda_c = 1.25 \text{ nm}$, ใช้กับแสง $\lambda_c = 1.33 \text{ nm}$ ได้ ค. $\lambda_c = 1.35 \text{ nm}$, ใช้กับแสง $\lambda_c = 1.33 \text{ nm}$ ไม่ได้ ง. $\lambda_c = 1.35 \text{ nm}$, ใช้กับแสง $\lambda_c = 1.33 \text{ nm}$ ได้			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
หัวข้อย่อยที่ 3.3 วัสดุที่ใช้ทำเส้นใยแก้ว(ครั้งที่ 6) วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 บอกวัสดุที่ใช้ทำเส้นใยแก้วได้ 30. ถ้าต้องการทำให้ค่าดัชนีหักเหของแก้วลดลงจะเจือด้วยสารประกอบประเภทอะไร(ความจำ) ก. เจอมน์เนียม(G_2O_2) ข. ซิลิกา(SiO_2) ค. ฟอสฟอรัส(P_2O_3) ง. ไบรอน(B_2O_3) 31. เส้นใยแก้วที่มีชื่อเรียกว่า Plastic-Clad-Silica:PCS มีลักษณะเป็นอย่างไร(ความจำ) ก. ส่วนของคอร์ใช้โพลีสเตอร์ริน โดยมีเมตทาครีเลตเป็นส่วนของเคลดคิง ข. ส่วนของคอร์ใช้โพลิเมทิล โดยมีโคโพลิเมอร์เป็นส่วนของเคลดคิง ค. ส่วนของคอร์ใช้แก้วโดยมีพลาสติกสารโพลิเมอร์เป็นส่วนของเคลดคิง ง. ผิดทุกข้อ วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 อธิบายการสร้างเส้นใยแก้วแต่ละวิธีได้ 32. การสร้างเส้นใยแก้วมีวิธีการสร้างกี่วิธี(ความจำ) ก. 2 วิธี ข. 3 วิธี ค. 4 วิธี ง. 5 วิธี 33. การสร้างเส้นใยแก้วโดยวิธี Vapor phase Oxidtion(VPO) จะมีวิธีการแบบใด(ความจำ) ก. การหลอมโดยตรง ข. การใช้หลักการของไอบริสุทธิของโลหะ ค. การนำความถี่ในย่านไมโครเวฟมาใช้ในการสร้างเส้นใยแก้ว ง. การแยกส่วนในการสร้างแกนนอกและแกนใน โดยจะทำที่ละส่วนแล้วค่อยนำมาหลอมรวมกัน			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
34. ถ้าหากความเร็วในการดึงเส้นใยแก้วมีความเร็วเพิ่มขึ้น เส้นใยแก้วจะเป็นอย่างไร ก. เส้นใยแก้วที่ได้จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลง ข. เส้นใยแก้วที่ได้เกิดโมร โครเบนดิ่ง ค. เส้นใยแก้วที่ได้จะเกิดฟองอากาศมากขึ้น ง. ผิดทุกข้อ 34. ถ้าหากความเร็วในการดึงเส้นใยแก้วมีความเร็วเพิ่มขึ้น เส้นใยแก้วจะเป็นอย่างไร (ความจำ) ก. เส้นใยแก้วที่ได้จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลง ข. เส้นใยแก้วที่ได้เกิดโมร โครเบนดิ่ง ค. เส้นใยแก้วที่ได้จะเกิดฟองอากาศมากขึ้น ง. ผิดทุกข้อ 35. การสร้างเส้นใยแก้วที่มีเป่าหลม 2 ชั้น โดยชั้นนอกสำหรับหลมแก้วที่สร้างเป็น Clad และเป่าหลมชั้นในใช้สำหรับการหลมแก้วที่ใช้เป็น Core โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 900°C ถึง 1300°C จากหลักการเบื้องต้นเป็นหลักการผลิตเส้นใยแก้ววิธีใด(ความจำ) ก. Outside Vapor Phase Oxidation ข. Vapor Phase Axial Deposition ค. Direc Malt Mathod ง. Modified Chemical Vapor Deposition 36. โดยทั่วไปแท่งแก้วฟริฟอร์มจะมีขนาดและความยาวประมาณเท่าใด(ความจำ) ก. ขนาดเท่ากับ 5-10 cm , ความยาว 50-100 cm ข. ขนาดเท่ากับ 8-16 cm , ความยาว 50-100 cm ค. ขนาดเท่ากับ 10-25 cm , ความยาว 60-120 cm ง. ขนาดเท่ากับ 20-40 cm , ความยาว 60-120 cm 37. ข้อใด ปัญหาการสร้างแท่งแก้วฟริฟอร์มด้วยวิธี VAD ที่ถูกต้อง(ความจำ) ก. ความไม่ต่อเนื่องของการสร้างเส้นใยแก้ว ข. เกิดรอยแตกและมีรูในแท่งแก้ว ค. ปัญหาเรื่องไอน้ำ ง. ดัชนีหักเหควบคุมยาก			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
39. การสร้างชั้นของแก้ว(SiO_2) บนแท่งกราไฟท์หรือเซรามิกซึ่งหมุนรอบตัวเอง อนุภาคถูกปล่อยออกมาจากเตาให้ความร้อนเหนือแท่งกราไฟท์ ทำให้เกิดตกผลึกของชั้นแก้ว 200 ชั้นจากหลักการดังกล่าวเป็นการสร้างแท่งแก้วฟริฟอร์มวิธีใด(เข้าใจ) ก. OVPO(Outside Vapor Phase Oxidation) ข. VAD(Vapor Phase Axial Deposition) ค. MCVD(Modified Chemical Vapor Deposition) ง. PCVD(Plasma- Activated Chemical Vapor Deposition Process) 40. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการสร้างแท่งแก้วแบบ OVPD(เข้าใจ) ก. เป็นระบบการผลิตแบบปิด ข. เกิดเป็นรูในแท่งแก้วทำให้ดึงออกยาก ค. เป็นที่นิยม ง. แท่งแก้วมีความบริสุทธิ์มาก 41. ข้อใด ปัญหาการสร้างแท่งแก้วฟริฟอร์มด้วยวิธี VAD ที่ถูกต้อง(ความจำ) ก. ความไม่ต่อเนื่องของการสร้างเส้นใยแก้ว ข. เกิดรอยแตกและมีรูในแท่งแก้ว ค. ปัญหาเรื่องไอน้ำ ง. ดัชนีหักเหควบคุมยาก 42. ถ้าใช้แท่งแก้วฟริฟอร์มแบบ MCVD 1 แท่งจะสามารถผลิตเส้นใยแก้วได้ยาวสุดประมาณกี่กิโลเมตร(ความจำ) ก. 100 กิโลเมตร ข. 200 กิโลเมตร ค. 300 กิโลเมตร ง. 400 กิโลเมตร 43. การสร้างชั้นของแก้ว(SiO_2) บนแท่งกราไฟท์หรือเซรามิกซึ่งหมุนรอบตัวเอง อนุภาคถูกปล่อยออกมาจากเตาให้ความร้อนเหนือแท่งกราไฟท์ ทำให้เกิดตกผลึกของชั้นแก้ว 200 ชั้นจากหลักการดังกล่าวเป็นการสร้างแท่งแก้วฟริฟอร์มวิธีใด(เข้าใจ) ก. OVPO(Outside Vapor Phase Oxidation) ข. VAD(Vapor Phase Axial Deposition)			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
ก. MCVD(Modified Chemical Vapor Deposition) ง. PCVD(Plasma- Activated Chemical Vapor Deposition Process) 44. การสร้างแท่งแก้วฟริฟอร์มโดยการปล่อยอนุภาคที่ด้านล่าง โดยมีการหมุนแท่งแก้วรอบตัวเองเพื่อให้เกิดความสมมาตรของรูปทรงกระบอกและใช้อุณหภูมิประมาณ 1500°C ระบบมีความต่อเนื่องและผลิตเส้นใยแก้วที่มีความยาวได้ 100 Km จากข้อความนี้เป็นการผลิตเส้นใยแก้วแบบใด(เข้าใจ) ก. OVPO(Outside Vapor Phase Oxidation) ข. VAD(Vapor Phase Axial Deposition) ค. MCVD(Modified Chemical Vapor Deposition) ง. PCVD(Plasma- Activated Chemical Vapor Deposition Process) 45. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการสร้างแท่งแก้วแบบ OVPD(เข้าใจ) ก. เป็นระบบการผลิตแบบปิด ข. เกิดเป็นรูในแท่งแก้วทำให้ดึงออกยาก ค. เป็นที่นิยม ง. แท่งแก้วมีความบริสุทธิ์มาก 46. การทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันภายในทำให้อนุภาคของแก้วตกลงบนผนังของหลอดแก้ว และเกิดเป็นแผ่นฟิล์มขึ้นซึ่งแก้วส่วนนี้ก็จะเป็นส่วนของ Clad และเมื่อได้ความหนาตามต้องการก็จะเติมสารสำหรับสร้าง Cord จากหลักการนี้เป็นวิธีสร้างเส้นใยแก้ววิธีใด(เข้าใจ) ก. OVPO(Outside Vapor Phase Oxidation) ข. VAD(Vapor Phase Axial Deposition) ค. MCVD(Modified Chemical Vapor Deposition) ง. PCVD(Plasma- Activated Chemical Vapor Deposition Process) 47. ข้อใดเป็นข้อดีของการสร้างแท่งแก้วฟริฟอร์มแบบ MCVD (เข้าใจ) ก. ระบบมีความต่อเนื่อง ข. สร้างเส้นใยแก้วได้ยาวถึง 100 กิโลเมตร ค. ระบบเป็นแบบเปิดทำให้ง่ายต่อการสร้าง ง. ระบบมีการสูญเสียของการสร้างเส้นใยแก้วต่ำ			

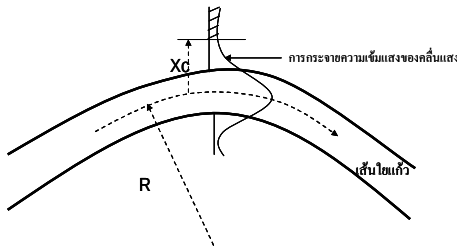
วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
48. เมื่อเปรียบเทียบการสร้างแท่งแก้วฟรiformแบบVAD กับ MCVD ข้อใดกล่าวถูกต้อง ก. แบบVAD จะสามารถสร้างเส้นใยแก้วได้ยาวกว่าแบบ MCVD ข. แบบVAD จะมีค่าการลดทอนต่ำกว่าแบบ MCVD ค. แบบ MCVD เป็นการสร้างแท่งแก้วที่ประหยัดกว่าแบบ VAD ง. แบบ MCVD จะลดปัญหาของแพร่ของน้ำจากหลอดแก้วได้ดีกว่าแบบ VAD 49. การใช้คลื่นไมโครเวฟความถี่ 2.45 GHz ทำให้เกิดพลาสมาไปกระตุ้นปฏิกิริยาเคมีภายในหลอดแก้วและสามารถสร้างฟิล์มแก้วที่มีความบางมาก ได้ถึง 2000 ชั้น จากหลักการนี้เป็นการสร้างแท่งแก้วด้วยวิธีใด(เข้าใจ) ก. OVPO(Outside Vapor Phase Oxidation) ข. VAD(Vapor Phase Axial Deposition) ค. MCVD(Modified Chemical Vapor Deposition) ง. PCVD(Plasma- Activated Chemical Vapor Deposition Process) 50. ถ้าต้องการสร้างเส้นใยแก้วที่มีดัชนีหักเหแบบ graded index จะต้องใช้แท่งฟรiformด้วยวิธีใด(เข้าใจ) ก. OVPO(Outside Vapor Phase Oxidation) ข. VAD(Vapor Phase Axial Deposition) ค. MCVD(Modified Chemical Vapor Deposition) ง. PCVD(Plasma- Activated Chemical Vapor Deposition Process) 51. การสร้างเส้นใยแก้วที่มีเป่าหลอม 2 ชั้น โดยชั้นนอกสำหรับหลอมแก้วที่สร้างเป็น Clad และเป่าหลอมชั้นในใช้สำหรับการหลอมแก้วที่ใช้เป็น Core โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 900°C ถึง 1300°C จากหลักการเบื้องต้นเป็นหลักการผลิตเส้นใยแก้ววิธีใด(ความจำ) ก. Outside Vapor Phase Oxidation ข. Vapor Phase Axial Deposition ค. Direc Malt Method ง. Modified Chemical Vapor Deposition			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
52. ถ้าหากความเร็วในการดึงเส้นใยแก้วมีความเร็วเพิ่มขึ้น เส้นใยแก้วจะเป็นอย่างไร ก. เส้นใยแก้วที่ได้จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กลง ข. เส้นใยแก้วที่ได้เกิดโมรโครเบนดิง ค. เส้นใยแก้วที่ได้จะเกิดฟองอากาศมากขึ้น จ. ผิดทุกข้อ 53. โดยทั่วไปแท่งแก้วฟร็อพอร์มจะมีขนาดและความยาวประมาณเท่าใด(ความจำ) ก. ขนาดเท่ากับ 5-10 cm , ความยาว 50-100 cm ข. ขนาดเท่ากับ 8-16 cm , ความยาว 50-100 cm ค. ขนาดเท่ากับ 10-25 cm , ความยาว 60-120 cm ง. ขนาดเท่ากับ 20-40 cm , ความยาว 60-120 cm หัวข้อย่อยที่ 3.5 สายเคเบิลใยแก้วประเภทต่างๆ (ครั้งที่ 7) วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 บอกชนิดของสายเคเบิลตามประเภทต่างๆได้ 54. ท่อทรงกระบอกมักจะทำจากวัสดุประเภทพลาสติก ภายในจะประกอบด้วยเส้นใยแก้วเพียงเส้นเดียวบางครั้งช่องว่างภายในท่อจะบรรจุเจลเหลวไว้ จากโครงสร้างนี้เป็นโครงสร้างของสายเคเบิลชนิดใด(ความจำ) ก. ชนิดเส้นเดี่ยวท่อหลวม ข. ชนิดเส้นรวมท่อหลวม ค. ชนิดท่อแน่น ง. ชนิดแถบแบน 55. ข้อใดคือข้อดีของสายเคเบิลเส้นเดี่ยวท่อหลวมที่ถูกต้อง(ความจำ) ก. ใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำ ข. มีความทนทานต่อแรงกระแทกสูง ค. โค้งงอได้ยาก ง. ถูกออกแบบเพื่อป้องกันน้ำเข้าสู่สายเคเบิล			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
56. เมื่อสายเคเบิลแบบเส้นรวมท่อหลวมถูกบีบหรือถูกกดดันจะทำให้โครงสร้างภายในสายเคเบิลจะเป็นอย่างไร(ความจำ) ก. สายเส้นใยแก้วอยู่ในภาวะปกติ ข. สายเส้นใยแก้วเลื่อนเข้าหาจุดกึ่งกลางของสายเคเบิล ค. เลื่อนออกจากจุดกึ่งกลางของสายเคเบิล ง. ไม่มีข้อใดถูก 57. การนำคุณสมบัติด้านดีของ โครงสร้างเคเบิลชนิดท่อแน่นและท่อหลวมมารวมกันเพื่อสร้างเคเบิลเส้นใยแก้วใหม่ขึ้นมาจะเรียกสายเคเบิลนี้ว่าอะไร(ความจำ) ก. hybrid cables ข. composite buffer ค. figure-8 cable ง. submarine cable หัวข้อย่อยที่ 3.6 การจัดแบ่งสายเคเบิลใยแก้วตามประเภทการใช้งาน วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 บอกการใช้งานของสายเคเบิลตามประเภทการใช้งาน 58. สายเคเบิลเส้นใยแก้วที่ใช้ภายในอาคารจะต้องมีคุณสมบัติเป็นอย่างไร(ความจำ) ก. จำนวนเส้นใยแก้วที่อยู่ภายในเคเบิลมีค่าอยู่ระหว่าง 2-24 เส้น ข. เคเบิลต้องทนต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้สูง ค. ปริมาณของเส้นใยแก้วน้อยและไม่มีส่วนประกอบของโลหะเลย ง. สายเคเบิลที่ใช้จะเป็นแบบท่อแน่นอย่างเดียว 59. เมื่อต้องการเดินสายเคเบิลระหว่างอาคารสองอาคารเราควรจะใช้สายเคเบิลประเภทใด(ความจำ) ก. hybrid cables ข. composite buffer ค. figure-8 cable ง. submarine cable			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
60. สายเคเบิลเส้นใยแก้วที่มีสายทองแดงรวมอยู่ด้วย เพื่อใช้ในการเป็นสื่อนำพลังงานไฟฟ้าไปยังจุดหมายจะเรียกสายเคเบิลแบบนี้ว่าอย่างไร(ความจำ) ก. Composite Buffer ข. Submarine Cable ค. Figure- 8 Cable ง. Hybrid Cable หัวข้อย่อยที่ 3.7 คุณสมบัติการรับและส่งสัญญาณแสงของเส้นใยแก้วนำแสง (ครั้งที่ 8) วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 อธิบายคุณสมบัติของการรับและส่งสัญญาณแสงของเส้นใยแก้วนำแสงได้ 62. การลดทอนของสัญญาณแสง ในช่วงความยาวคลื่นที่สั้นส่วนมากจะทำให้เกิด การลดทอนแบบใด(เข้าใจ) ก. การกระเจิงของแสง ข. การดูดกลืนของแสง ค. การกระจายพลังงานออก ง. เกิดการแผ่อกของสัญญาณพัลส์แสง 63. ข้อใดบ่งบอกถึง การแผ่อกภายใน โมดที่ถูกต้อง(ความจำ) ก. ค่าดัชนีหักเหเปลี่ยนแปลงไปกับความยาวคลื่น ข. การดูดซับพลังงานจากวัสดุตัวกลาง ค. การโค้งงอของเส้นใยแก้ว ง. ไม่มีข้อใดถูก 64. ค่าการสูญเสียสัญญาณแสงเนื่องจากการดูดกลืนของไอออนของโลหะ Cr^{3+} ที่ความยาวคลื่น 650 nm จะทำให้เกิดความสูญเสียเท่าไร(ความจำ) ก. 1.6 dB/km ข. 0.1 dB/km ค. 1.1 dB/km ง. 0.68 dB/km			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
65. โมเลกุลของแก้วขาดหายไป กลุ่มของอะตอมมีความหนาแน่นผิดปกติ และออกซิเจนในแก้วทำปฏิกิริยาไม่สมบูรณ์จากปัญหาในเส้นใยแก้วเหล่านี้จะทำให้เกิดผลอะไรขึ้นต่อเส้นใยแก้ว(เข้าใจ) ก. การดูดกลืนภายนอก ข. การดูดกลืนภายใน ค. การดูดกลืนเนื่องจากข้อบกพร่องของวัสดุ ง. การดูดกลืนเนื่องจากสารที่โด๊ปในแก้ว 66. การโค้งงอของเส้นใยแก้วจะส่งผลทำให้เกิดการลดทอนแบบใดในเส้นใยแก้ว (ความจำ) ก. การกระเจิงของแสง ข. การดูดกลืนของแสง ค. การกระจายพลังงานออก ง. เกิดการแผ่ออกของสัญญาณพัลส์แสง 67. เมื่อโฟตรอนของแสงทำปฏิกิริยาด้วยการกระตุ้นอิเล็กตรอนวงนอก ในโมเลกุลของแก้ว(SiO_2) เป็นผลให้อิเล็กตรอนวงนอกมีระดับพลังงานสูงขึ้น จากคุณสมบัตินี้จะส่งผลอะไรขึ้นกับเส้นใยแก้ว(เข้าใจ) ก. การดูดกลืนภายนอก ข. การดูดกลืนภายใน ค. การดูดกลืนเนื่องจากข้อบกพร่องของวัสดุ ง. การดูดกลืนเนื่องจากสารที่โด๊ปในแก้ว 68. ถ้าจะเปรียบเทียบการสูญเสีย เนื่องจากการดูดกลืนของแสงทั้งหมดแล้ว การสูญเสียของแสงในเส้นใยแก้วแบบไหนที่มีการสูญเสียน้อยที่สุด(เข้าใจ) ก. การดูดกลืนภายนอก ข. การดูดกลืนภายใน ค. การดูดกลืนเนื่องจากข้อบกพร่องของวัสดุ ง. การดูดกลืนเนื่องจากสารที่โด๊ปในแก้ว			

วัตถุประสงค์การสอน/ข้อสอบ	ความสอดคล้อง		
	สอดคล้อง	ไม่แน่ใจ	ไม่สอดคล้อง
 69. จากรูป จะเห็นได้ว่ามีแสงบางส่วนที่เคลื่อนที่อยู่ระหว่างคอร์และแคลดดิ้งแสงส่วนนี้จะมีผลทำให้เกิดการสูญเสียในลักษณะใด(เข้าใจ) ก. การแผ่อกภายในโมด ข. การแพร่กระจายออกจากเส้นใยแก้ว ค. การกระเจิงของแสง ง. การดูดกลืนของแสง 70. ถ้าเส้นใยแก้วที่ผลิตขึ้นเกิดฟองอากาศในเส้นใยแก้ว เมื่อนำเส้นใยแก้วนี้ไปใช้งานจะส่งผลทำให้เกิดการสูญเสียแบบใดขึ้นกับเส้นใยแก้ว(นำไปใช้) ก. การดูดกลืนเนื่องจากข้อบกพร่องของวัสดุ ข. การดูดซับพลังงานจากวัสดุตัวกลาง ค. การกระจายพลังงานออก ง. การกระเจิงของแสง			

ตารางที่ ก-๒ การวิเคราะห์แบบทดสอบเพื่อหาความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับ
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

บทที่	ครั้งที่	วัตถุประสงค์ ข้อที่	ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					Σ^R	IOC
				คนที่ ๑	คนที่ ๒	คนที่ ๓	คนที่ ๔	คนที่ ๕		
๑	๑	๑	๑	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๒	+๑	+๑	๐	+๑	+๑	๔	๐.๘
		๒	๓	+๑	๐	๐	+๑	+๑	๓	๐.๖
			๔	+๑	๐	+๑	+๑	+๑	๔	๐.๘
			๕	+๑	๐	๐	+๑	+๑	๓	๐.๖
		๓	๖	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
		๔	๗	+๑	๐	๐	๐	+๑	๓	๐.๖
		๕	๘	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๙	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
		๖	๑๐	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๑๑	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
		๗	๑๒	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
๒	๒	๑	๑๓	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๑๔	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๑๕	+๑	+๑	๐	+๑	+๑	๔	๐.๘
			๑๖	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
		๒	๑๗	+๑	+๑	๐	+๑	+๑	๔	๐.๘
		๓	๑๘	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๑๙	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๒๐	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
		๔	๒๑	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
		๕	๒๒	+๑	+๑	๐	+๑	+๑	๔	๐.๘

ตารางที่ ก-๒ (ต่อ)

บทที่	ครั้งที่	วัตถุประสงค์ ข้อที่	ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum^R$	IOC
				คนที่ ๑	คนที่ ๒	คนที่ ๓	คนที่ ๔	คนที่ ๕		
๒	๒	๖	๒๓	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๒๔	+๑	+๑	๐	+๑	+๑	๔	๐.๘
			๒๕	+๑	๐	๐	+๑	+๑	๓	๐.๖
	๓	๑	๒๖	+๑	๐	+๑	+๑	+๑	๔	๐.๘
		๒	๒๗	+๑	๐	๐	+๑	+๑	๓	๐.๖
			๒๘	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
		๓	๒๙	+๑	๐	๐	๐	+๑	๓	๐.๖
		๔	๓๐	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
	๔	๑	๓๑	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
		๒	๓๒	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๓๓	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๓๔	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
		๓	๓๕	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๓๖	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
		๔	๓๗	+๑	+๑	๐	+๑	+๑	๔	๐.๘
			๓๘	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๓๙	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๔๐	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
๓	๕	๑	๔๑	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๔๒	+๑	+๑	๐	+๑	+๑	๔	๐.๘
		๒	๔๓	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๔๔	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๔๕	+๑	+๑	๐	+๑	+๑	๔	๐.๘

ตารางที่ ก-๒ (ต่อ)

บทที่	ครั้งที่	วัตถุประสงค์ ข้อที่	ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					Σ^R	IOC
				คนที่ ๑	คนที่ ๒	คนที่ ๓	คนที่ ๔	คนที่ ๕		
๓	๕	๓	๕๖	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๕๗	+๑	+๑	๐	+๑	+๑	๔	๐.๘
		๔	๕๘	+๑	๐	๐	+๑	+๑	๓	๐.๖
			๕๙	+๑	๐	+๑	+๑	+๑	๔	๐.๘
			๕๐	+๑	๐	๐	+๑	+๑	๓	๐.๖
		๕	๕๑	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๕๒	+๑	๐	๐	๐	+๑	๓	๐.๖
			๕๓	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
		๖	๕๔	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
		๗	๕๕	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
		๘	๕๖	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
		๙	๕๗	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
	๖	๑	๕๘	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๕๙	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๖๐	+๑	+๑	๐	+๑	+๑	๔	๐.๘
			๖๑	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
	๗	๑	๖๒	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๖๓	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
	๘	๑	๖๔	+๑	+๑	๐	+๑	+๑	๔	๐.๘
			๖๕	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
		๒	๖๖	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๖๗	+๑	๐	๐	๐	+๑	๓	๐.๖
		๓	๖๘	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๖๙	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑
			๗๐	+๑	+๑	+๑	+๑	+๑	๕	๑

ดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อสอบ

$$\text{หาได้จากสูตร } IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC คือ ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อสอบ

$\sum R$ คือ ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

การแปลความหมายของการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ค่าดัชนีที่คำนวณได้มากกว่าหรือเท่ากับ ๐.๕ แสดงว่าข้อสอบวัดหรือเป็นตัวแทนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อนั้น ถ้าค่าดัชนีที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า ๐.๕ แสดงว่าข้อสอบไม่วัดหรือไม่เป็นตัวแทนวัตถุประสงค์ในข้อนั้น ๆ (บุญเชิด, ๒๕๒๗: ๖๕)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ๕ ท่าน ที่ประเมินแบบทดสอบทั้งหมด ๗๐ ข้อ พบว่าดัชนีความสอดคล้องมีค่า ระหว่าง ๐.๖ – ๑.๐๐ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ ๐.๘๐๘ แสดงว่าข้อสอบแต่ละข้อเป็นตัวแทนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

แบบประเมินชุดการสอน

แบบประเมินชุดการสอน

แบบประเมินชุดนี้เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอน
เรื่อง วิชาการสื่อสารทางแสง (Optical Communication) รหัส 11-712-422 หลักสูตรอุตสาหกรรม
ศาสตรบัณฑิต บัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิชา วิศวกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตภาคพายัพ
คำชี้แจง

แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอน

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

แบบประเมินนี้ใช้สำหรับหาข้อมูลเพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่มีผลกระทบต่อการปฏิบัติหน้าที่ และ
สถานภาพทางราชการแต่ประการใด คำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์ในการทำวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่าง
มาก ทางผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

กรุณาเขียนเครื่องหมาย (✓) ลงในวงเล็บ หน้าข้อความที่ตรงกับความจริง

1. ระดับการศึกษา

()	ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า
()	ปริญญาโทหรือเทียบเท่า
()	ปริญญาเอกหรือเทียบเท่า
()	อื่นๆ
2. ประสบการณ์ด้านการสอน

()	ต่ำกว่า 5 ปี
()	6-10 ปี
()	มากกว่า 10 ปี
- ด้านการสอนทำหน้าที่การสอนเกี่ยวกับ

()	วิชาที่เกี่ยวกับไฟฟ้า-สื่อสารและอิเล็กทรอนิกส์
()	วิชาทางด้านไฟฟ้ากำลัง
()	อื่นๆ.....

ตอนที่ 2

ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอน

กรุณาเขียนเครื่องหมาย (✓) ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน โดยมีระดับความคิดเห็นดังนี้

5	หมายถึง	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
4	หมายถึง	เห็นด้วย
3	หมายถึง	ปานกลางหรือไม่แน่ใจ
2	หมายถึง	ไม่เห็นด้วย
1	หมายถึง	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ตัวอย่างการตอบแบบประเมิน

ข้อที่	ข้อความตามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1	<u>ด้านวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม</u> วัตถุประสงค์ครอบคลุมเนื้อหา	✓	.....	.....	....	....
2	จำนวนข้อของวัตถุประสงค์เหมาะสมกับหัวเรื่อง	.....	.....	.....	✓	....

ผู้ที่ตอบข้อ 1 หมายความว่า ผู้ตอบ ประเมินวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมว่า ครอบคลุมเนื้อหา
ทุกหัวเรื่อง ในระดับ “เห็นด้วยอย่างยิ่ง”

ผู้ที่ตอบข้อ 2 หมายความว่า ผู้ตอบ ประเมินจำนวนข้อของวัตถุประสงค์เหมาะสมกับหัวเรื่อง
ในระดับ “ไม่เห็นด้วย”

ข้อ ที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
	<u>ด้านวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม</u>					
1.	วัตถุประสงค์ครอบคลุมเนื้อหา	.....				
2.	จำนวนข้อของวัตถุประสงค์เหมาะสมกับหัวเรื่อง	.....				
3.	ข้อความที่ใช้แสดงพฤติกรรมมีความชัดเจนเข้าใจง่าย	.....				
4.	ประเมินผลการเรียนตามวัตถุประสงค์ได้จริง	.....				
5.	เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้จริง	.....				
	<u>ด้านเนื้อหาวิชา</u>					
1.	เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์	.....				
2.	เนื้อหามีความถูกต้อง	.....				
3.	มีรายละเอียดของเนื้อหาเพียงพอ	.....				
4.	เนื้อหาเรียงลำดับได้อย่างเหมาะสม	.....				
5.	รูปภาพสัมพันธ์กับคำอธิบาย	.....				
6.	คำอธิบายละเอียดและชัดเจน	.....				
7.	ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม และอ่านทำความเข้าใจได้ง่าย	.....				
	<u>ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน</u>					
1.	มีความเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	.....				
2.	มีการเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	.....				
3.	สอดคล้องกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	.....				
4.	มีรายละเอียดเพียงพอสำหรับการสอน	.....				
5.	สามารถนำไปใช้ได้จริงในชั้นเรียน	.....				
	<u>ด้านสื่อการเรียนการสอน</u>					
	(งานนำเสนอเพาเวอร์พอยต์)					
1.	รูปภาพมองเห็นได้ชัดเจน	.....				

ข้อ ที่	ข้อความความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
2	ตัวหนังสือมองเห็นได้ชัดเจน	.....	.....	.....	.....	....
3.	การใช้สีสันทันเหมาะสม	.....	.....	.....	.....	....
4.	เหมาะสมกับเนื้อหา และวัตถุประสงค์การสอน	.....	.....	.....	.....	....
5.	สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี					
1	<u>ด้านสื่อการสอน</u>	.....	.....	.....	.....	....
2	(ชุดสาธิต)	.....	.....	.....	.....	....
3	มีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	.....	.....	.....	.....	....
4	ชุดสาธิตก่อให้เกิดแรงจูงใจในการเรียน	.....	.....	.....	.....	....
5	มีความสะดวกในการดำเนินการสอน	.....	.....	.....	.....	....
	เหมาะสมกับเนื้อหา และวัตถุประสงค์การสอน					
	สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี					
	<u>ด้านการประเมินผล</u>					
1	(แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน/แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์	.....	.....	.....	.....	....
2	ทางการเรียน)	.....	.....	.....	.....	....
	คำถามตรงตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม					
3	จำนวนข้อสอบเหมาะสมกับวัตถุประสงค์เชิง	.....	.....	.....	.....	....
4	พฤติกรรม	.....	.....	.....	.....	....
5	คำถามและคำตอบมีเป้าหมายที่ชัดเจน	.....	.....	.....	.....	....
	คำถามชัดเจนไม่คลุมเครือ					
	คำถามมีความยากง่ายเหมาะสม					

ตารางที่ ก-๓ แสดงผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอน

ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น					เฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
		๕	๔	๓	๒	๑		
	ด้านแผนการสอน							
๑	วัตถุประสงค์ครอบคลุมหัวเรื่อง	๔	๑	-	-	-	๔.๘	เห็นด้วยมากที่สุด
๒	รูปแบบที่ใช้อ่านเข้าใจได้ง่าย	๒	๑	๒	-	-	๔.๐๐	เห็นด้วยมาก
๓	ข้อความที่ใช้อ่านเข้าใจได้ง่าย	๒	๑	๒	-	-	๔.๐๐	เห็นด้วยมาก
๔	เนื้อหาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์มีความสอดคล้องกัน	๑	๒	๒	-	-	๓.๘	เห็นด้วยมาก
๕	มีความเหมาะสมในการสอน	๓	๒	-	-	-	๔.๖	เห็นด้วยมากที่สุด
	รวมเฉลี่ย						๔.๒๔	
	ด้านใบเนื้อหา							
๑	เนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์	๒	๓	-	-	-	๔.๔	เห็นด้วยมาก
๒	เนื้อหามีความถูกต้อง	๑	๒	๒	-	-	๓.๘	เห็นด้วยมาก
๓	มีรายละเอียดของเนื้อหาเพียงพอ	๑	๒	๒	-	-	๓.๘	เห็นด้วยมาก
๔	เนื้อหาเรียงลำดับได้อย่างเหมาะสม	๒	๓	-	-	-	๔.๔	เห็นด้วยมาก
๕	ภาพวงจรสัมพันธ์กับคำอธิบาย	๒	๓	-	-	-	๔.๔	เห็นด้วยมาก
๖	คำอธิบายละเอียดและชัดเจน	๑	๒	๒	-	-	๓.๘	เห็นด้วยมาก
๗	ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม	-	๔	๑	-	-	๓.๘	เห็นด้วยมาก
๘	ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม	-	๔	๑	-	-	๓.๘	เห็นด้วยมาก
	รวมเฉลี่ย						๔.๐๖	
	ด้านแบบทดสอบ							
๑	แบบทดสอบหลังบทเรียนกับเนื้อหาแต่ละหัวข้อสอดคล้องกัน	๒	๓	-	-	-	๔.๔	เห็นด้วยมาก
๒	ตรวจคำตอบได้ง่าย	๕	-	-	-	-	๕.๐๐	เห็นด้วยมากที่สุด
๓	คำถามและคำตอบมีเป้าหมายชัดเจน	๑	๔	-	-	-	๔.๒	เห็นด้วยมาก

ตารางที่ ก-๓ (ต่อ)

ข้อที่	ข้อความความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น					เฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
		๕	๔	๓	๒	๑		
๔	แบบทดสอบครอบคลุม วัตถุประสงค์การสอน	๑	๔	-	-	-	๔.๒	เห็นด้วยมาก
	รวมเฉลี่ย						๔.๔๕	
	ด้านเพาเวอร์พอย							
๑	รูปภาพมองเห็นได้ชัดเจน	-	๔	๑	-	-	๓.๘	เห็นด้วยมาก
๒	ตัวหนังสือมองเห็นได้ชัดเจน	๑	๓	๑	-	-	๔.๐๐	เห็นด้วยมาก
๓	การใช้สีต้นเหมาะสม	๑	๓	๑	-	-	๔.๐๐	เห็นด้วยมาก
๔	นำไปใช้สอนได้สะดวก	๒	๓	-	-	-	๔.๔	เห็นด้วยมาก
๕	เหมาะสมกับเนื้อหาและ วัตถุประสงค์	๑	๓	๑	-	-	๔.๐๐	เห็นด้วยมาก
๖	สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการ เรียนรู้ได้ดี	-	๓	๒	-	-	๓.๖	เห็นด้วยมาก
	รวมเฉลี่ย						๓.๘๖	เห็นด้วยมาก

สรุปผลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดการสอน ได้ดังนี้

๑. ด้านแผนการสอน อยู่ในระดับความคิดเห็น เฉลี่ย ๔.๒๔ หมายถึงผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอนอยู่ในระดับความคิดเห็น เห็นด้วยมากกับแผนการสอนที่จัดทำขึ้น
๒. ด้านใบเนื้อหา อยู่ในระดับความคิดเห็นเฉลี่ย ๔.๐๖ หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอนอยู่ในระดับความคิดเห็น เห็นด้วยมากกับใบเนื้อหาที่จัดทำขึ้น
๓. ด้านแบบทดสอบ อยู่ในระดับความคิดเห็นเฉลี่ย ๔.๔๕ หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอนอยู่ในระดับความคิดเห็น เห็นด้วยมากกับแบบทดสอบที่จัดทำขึ้น
๔. ด้านแผ่นเพาเวอร์พอย อยู่ในระดับความคิดเห็นเฉลี่ย ๓.๘๖ หมายถึง ผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดการสอนอยู่ในระดับความคิดเห็น เห็นด้วยมากกับเพาเวอร์พอยที่จัดทำขึ้น

เมื่อนำมาคิดเป็นค่าเฉลี่ยของชุดการสอน อยู่ในระดับความคิดเห็นเฉลี่ย ๔.๑๘ หมายถึงผู้เชี่ยวชาญ ประเมินชุดการสอนอยู่ในระดับความคิดเห็น เห็นด้วยมากกับชุดการสอนที่จัดทำขึ้น

ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับชุดการสอน ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมไว้ดังนี้

- ในบางหัวข้อเรื่องมีเนื้อหามากเกินไป ควรจะละเนื้อหาในส่วนที่ไม่สำคัญออก
- เนื้อหา บางหัวข้อ ขาดเกินไป
- ควรนำชุดการสอนที่สร้างขึ้นเผยแพร่ไปยังสถานศึกษา อื่นๆ ด้วย

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ

ผลการตรวจคะแนนและการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลจากผลการทดลองใช้

ข้อสอบจำนวน ๓๐ ข้อ ผู้เข้าสอบจำนวน ๒๐ คน

ตอนที่ 1 :

รหัสนักศึกษา :

คะแนนดิบ -Z-Score - t-Score

๑๕๔๘๒๓๕๑๑๐๐๐๑	๔๘	๐.๖๓	๕๖.๓๑
๑๕๔๘๒๓๕๑๑๐๐๐๒	๓๘	๐.๐๓	๕๐.๓๓
๑๕๔๘๒๓๕๑๑๐๐๐๓	๔๘	๐.๖๓	๕๖.๓๑
๑๕๔๘๒๓๕๑๑๐๐๐๔	๓๕	๐.๑๓	๕๑.๒๕
๑๕๔๘๒๓๕๑๑๐๐๐๖	๑๒	-๑.๓๘	๓๖.๒๔
๑๕๔๘๒๓๕๑๑๐๐๐๗	๑๑	-๑.๔๓	๓๕.๖๕
๑๕๔๘๒๓๕๑๑๐๐๐๘	๘	-๑.๖๐	๓๔.๐๒
๑๕๔๘๒๓๕๑๑๐๐๐๙	๓๘	๐.๐๓	๕๐.๓๓
๑๕๔๘๒๓๕๑๑๐๐๑๐	๓๒	-๐.๒๖	๔๗.๓๕
๑๕๔๘๒๓๕๑๑๐๐๑๑	๖๔	๑.๕๒	๖๕.๒๒
๑๕๔๘๒๓๕๑๑๐๐๑๒	๔๑	๐.๒๔	๕๒.๔๑
๑๕๔๘๒๓๕๑๑๐๐๑๓	๕๗	๑.๑๓	๖๑.๓๒
๑๕๔๘๒๓๕๑๑๐๐๑๔	๔๓	๐.๓๕	๕๓.๕๒
๑๕๔๘๒๓๕๑๑๐๐๑๕	๕๕	๑.๒๔	๖๒.๔๔
๑๕๔๘๒๓๕๑๑๐๐๑๖	๕๗	๑.๑๓	๖๑.๓๒
๑๕๔๘๒๓๕๑๑๐๐๑๕	๔๑	๐.๒๔	๕๒.๔๑
๑๕๔๘๒๓๕๑๑๐๐๑๘	๑๒	-๑.๓๘	๓๖.๒๔
๑๕๔๘๒๓๕๑๑๐๐๑๙	๓๘	๐.๐๓	๕๐.๓๓
๑๕๔๘๒๓๕๑๑๐๐๒๐	๑๑	-๑.๔๓	๓๕.๖๕

ตอนที่ 2 : สถิติพื้นฐาน

คะแนนเฉลี่ย (Mean) = ๓๖.๖๘

ค่ามัธยฐาน (Median) = ๓๕.๐๐

ค่าฐานนิยม (Mode) = ๔๔.๐๐ (ประมาณจาก $\text{Mode} = ๓ \text{ Median} - ๒ \text{ Mean}$)

พิสัย (Range) = ๕๖ (คะแนนสูงสุด = ๖๔ , คะแนนต่ำสุด = ๘)

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) = ๑๗.๕๔๕

ความเบ้ (Skewness) = ๐.๑๒๗

ความโด่ง (Kurtosis) = ๐.๑๕๖๒

ตอนที่ 3 : คุณภาพของแบบสอบ

ค่าความเที่ยง (สูตร KR๒๐) = ๐.๕๖๖

ค่าความยาก (Difficulty) และ ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination)

ข้อ ๑	๐.๕๓	๐.๘๐	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ ๒	๐.๓๗	๐.๘๐	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ ๓	๐.๔๒	๐.๘๐	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ ๔	๐.๓๔	๐.๐๐	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ ๕	๐.๕๓	๐.๖๐	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ ๖	๐.๕๘	๐.๖๐	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ ๗	๐.๕๓	๐.๘๐	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ ๘	๐.๕๘	๐.๐๐	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ ๙	๐.๒๖	๐.๔๐	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ ๑๐	๐.๖๓	๐.๘๐	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ ๑๑	๐.๔๗	๐.๘๐	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ ๑๒	๐.๖๓	๑.๐๐	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก

ข้อ ๑๓	๐.๕๘	๐.๔๐	ยากพอเหมาะ จำแนกดีมาก
ข้อ ๑๔	๐.๖๓	๐.๘๐	ค่อนข้างง่าย จำแนกดีมาก
ข้อ ๑๕	๐.๕๘	๑.๐๐	ยากพอเหมาะ จำแนกดีมาก
ข้อ ๑๖	๐.๕๓	๐.๘๐	ยากพอเหมาะ จำแนกดีมาก
ข้อ ๑๗	๐.๔๗	๐.๖๐	ยากพอเหมาะ จำแนกดีมาก
ข้อ ๑๘	๐.๔๗	๐.๖๐	ยากพอเหมาะ จำแนกดีมาก
ข้อ ๑๙	๐.๖๓	๐.๘๐	ค่อนข้างง่าย จำแนกดีมาก
ข้อ ๒๐	๐.๕๓	๐.๘๐	ยากพอเหมาะ จำแนกดีมาก
ข้อ ๒๑	๐.๒๑	๐.๒๐	ค่อนข้างยาก จำแนกพอใช้
ข้อ ๒๒	๐.๒๖	๐.๔๐	ค่อนข้างยาก จำแนกดีมาก
ข้อ ๒๓	๐.๒๖	๐.๖๐	ค่อนข้างยาก จำแนกดีมาก
ข้อ ๒๔	๐.๔๗	๐.๔๐	ยากพอเหมาะ จำแนกดีมาก
ข้อ ๒๕	๐.๒๖	๐.๐๐	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ ๒๖	๐.๔๗	๐.๔๐	ยากพอเหมาะ จำแนกดีมาก
ข้อ ๒๗	๐.๓๙	๐.๔๐	ค่อนข้างง่าย จำแนกดีมาก
ข้อ ๒๘	๐.๕๘	๐.๘๐	ยากพอเหมาะ จำแนกดีมาก
ข้อ ๒๙	๐.๓๔	๐.๔๐	ค่อนข้างง่าย จำแนกดีมาก
ข้อ ๓๐	๐.๓๒	๐.๒๐	ค่อนข้างยาก จำแนกพอใช้
ข้อ ๓๑	๐.๔๒	๐.๘๐	ยากพอเหมาะ จำแนกดีมาก
ข้อ ๓๒	๐.๓๔	๐.๔๐	ค่อนข้างง่าย จำแนกดีมาก
ข้อ ๓๓	๐.๓๔	๐.๖๐	ค่อนข้างง่าย จำแนกดีมาก
ข้อ ๓๔	๐.๖๘	๐.๖๐	ค่อนข้างง่าย จำแนกดีมาก
ข้อ ๓๕	๐.๑๖	๐.๒๐	ยากมาก จำแนกพอใช้
ข้อ ๓๖	๐.๓๔	๐.๘๐	ค่อนข้างง่าย จำแนกดีมาก
ข้อ ๓๗	๐.๓๒	๐.๒๐	ค่อนข้างยาก จำแนกพอใช้
ข้อ ๓๘	๐.๔๗	๐.๖๐	ยากพอเหมาะ จำแนกดีมาก
ข้อ ๓๙	๐.๒๖	๐.๔๐	ค่อนข้างยาก จำแนกดีมาก
ข้อ ๔๐	๐.๖๘	๐.๖๐	ค่อนข้างง่าย จำแนกดีมาก

ข้อ ๔๑	๐.๕๓	๑.๐๐	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ ๔๒	๐.๖๔	๐.๖๐	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ ๔๓	๐.๕๘	๐.๘๐	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ ๔๔	๐.๖๔	๐.๖๐	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ ๔๕	๐.๓๓	๐.๘๐	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก
ข้อ ๔๖	๐.๕๓	๐.๖๐	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ ๔๗	๐.๕๓	๑.๐๐	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ ๔๘	๐.๔๓	๑.๐๐	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ ๔๙	๐.๖๘	๐.๖๐	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ ๕๐	๐.๕๓	๐.๒๐	ยากพอเหมาะ	จำแนกพอใช้
ข้อ ๕๑	๐.๔๓	๐.๘๐	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ ๕๒	๐.๑๖	๐.๖๐	ยากมาก	จำแนกดีมาก
ข้อ ๕๓	๐.๕๓	๐.๖๐	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ ๕๔	๐.๕๘	๐.๘๐	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ ๕๕	๐.๔๒	-๐.๒๐	ยากพอเหมาะ	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ ๕๖	๐.๓๓	๐.๐๐	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ ๕๗	๐.๒๑	๐.๒๐	ค่อนข้างยาก	จำแนกพอใช้
ข้อ ๕๘	๐.๘๔	๐.๔๐	ง่ายมาก	จำแนกดีมาก
ข้อ ๕๙	๐.๖๔	๐.๖๐	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ ๖๐	๐.๕๘	๐.๖๐	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ ๖๑	๐.๕๓	๑.๐๐	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ ๖๒	๐.๔๓	๐.๔๐	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ ๖๓	๐.๔๒	๐.๖๐	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ ๖๔	๐.๖๓	๐.๔๐	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ ๖๕	๐.๖๓	๑.๐๐	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ ๖๖	๐.๕๘	๐.๘๐	ยากพอเหมาะ	จำแนกดีมาก
ข้อ ๖๗	๐.๖๔	๐.๘๐	ค่อนข้างง่าย	จำแนกดีมาก
ข้อ ๖๘	๐.๖๔	๐.๒๐	ค่อนข้างง่าย	จำแนกพอใช้

ข้อ ๖๕	๐.๘๔	๐.๐๐	ง่ายมาก	จำแนกได้ไม่ดี
ข้อ ๗๐	๐.๒๖	๐.๘๐	ค่อนข้างยาก	จำแนกดีมาก

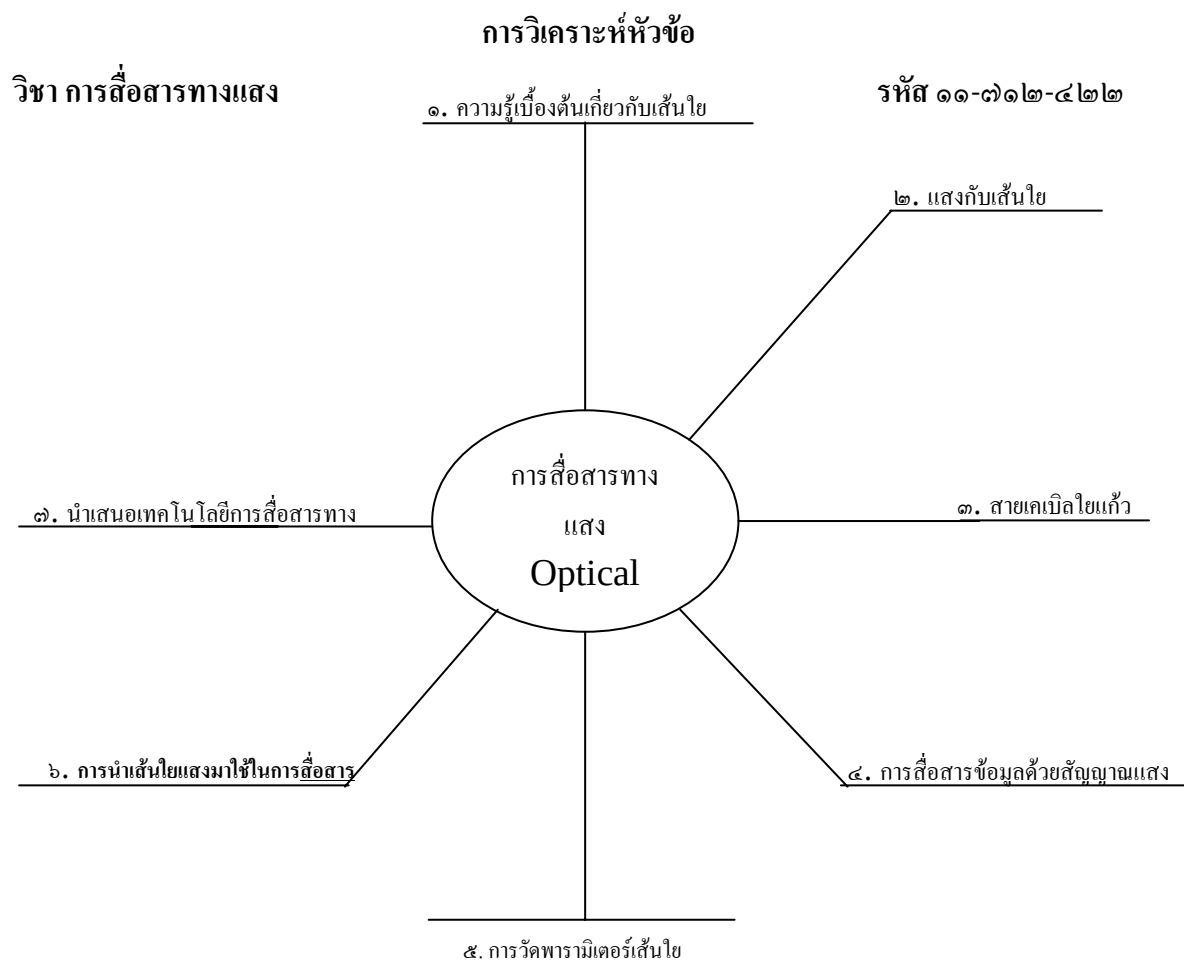
ข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์นำไปใช้ได้ คือ ๑ ๒ ๓ ๕ ๖ ๗ ๙ ๑๐ ๑๑ ๑๒ ๑๓ ๑๔ ๑๕ ๑๖ ๑๗ ๑๘ ๑๙ ๒๐
 ๒๑ ๒๒ ๒๓ ๒๔ ๒๖ ๒๗ ๒๘ ๒๙ ๓๐ ๓๑ ๓๒ ๓๓ ๓๔ ๓๖ ๓๗ ๓๘ ๓๙ ๔๐ ๔๑ ๔๒ ๔๓
 ๔๔ ๔๕ ๔๖ ๔๗ ๔๘ ๔๙ ๕๐ ๕๑ ๕๒ ๕๓ ๕๔ ๕๕ ๕๖ ๕๗ ๕๘ ๕๙ ๖๐ ๖๑ ๖๒ ๖๓ ๖๔ ๖๕ ๖๖ ๖๗ ๖๘ ๗๐
 จำนวน ๖๑ ข้อ

ตารางที่ ข-๑ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุดและค่าเฉลี่ยของค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก
 และค่าความเชื่อมั่น

	ค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก	ค่าความเชื่อมั่น
ค่าต่ำสุด	๐.๓๕	๐.๐๐	๐.๙๖๖
ค่าสูงสุด	๐.๘๕	๑	
ค่าเฉลี่ย	๐.๕๒	๐.๕๕	

ภาคผนวก ค

ตารางวิเคราะห์หลักสูตรรายวิชา



ภาพที่ ๑ แสดงการวิเคราะห์หัวข้อเรื่องวิชา การสื่อสารทางแสง

ตารางที่ ก-๑ ตารางวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญของเนื้อหา จากผู้เชี่ยวชาญ ๕ ท่าน

เนื้อหา	น้ำหนัก	ความสำคัญเนื้อหา(%)	หมายเหตุ
๑. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแก้ว	๑.๔	๘.๗๕	
๑.๑ นิยามและหลักการใช้งานเส้นใยแก้ว			
๑.๒ ประวัติและความเป็นมาของเส้นใยแก้ว			
๑.๓ หลักการพื้นฐานของการสื่อสารทางแสง			
๑.๔ องค์ประกอบของระบบคลื่นแสง			
๑.๕ ข้อดีและข้อด้อยของเส้นใยแก้ว			
๑.๖ ประโยชน์และการใช้งานเส้นใยแก้ว			
๑.๗ โครงข่ายเส้นใยแก้วและระบบสื่อสาร			

เนื้อหา	น้ำหนัก	ความสำคัญเนื้อหา(%)	หมายเหตุ
๒. แสงกับเส้นใยแก้ว ๒.๑ ฟิสิกส์ของแสง ๒.๒ การเดินทางของแสงในเส้นใยแก้ว ๒.๓ การเปลี่ยนไฟฟ้าเป็นแสง ๒.๔ การเปลี่ยนแสงให้เป็นไฟฟ้า	๒.๔	๑๕	
๓. สายเคเบิลใยแก้ว ๓.๑ เส้นใยแก้วและพารามิเตอร์ที่สำคัญ ๓.๒ ชนิดของเส้นใยแก้ว ๓.๓ วัสดุที่ใช้ทำเส้นใยแก้ว ๓.๔ การผลิตเส้นใยแก้ว ๓.๕ สายเคเบิลใยแก้วประเภทต่างๆ ๓.๖ การจัดแบ่งสายเคเบิลใยแก้วตามประเภทการใช้งาน ๓.๗ การสูญเสียสัญญาณแสงในเส้นใยแก้ว	๓.๑	๑๕.๓๓	
๔. การสื่อสารข้อมูลด้วยสัญญาณแสง ๔.๑ ภาคล่งสัญญาณแสง ๔.๒ ภาครับสัญญาณ ๔.๓ การเข้ารหัสข้อมูล ๔.๔ การมอดูเลต ๔.๕ เทคนิคการมัลติเพล็กซ์ ๔.๖ การดีมัลติเพล็กซ์	๓.๒	๒๐	

ตารางที่ ก-๒ สรุปตารางวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญของพฤติกรรมจากผู้เชี่ยวชาญ ๕ ท่าน

เนื้อหา	จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม				
	(%) ความจำ	(%) เข้าใจ	(%) นำไปใช้	(%) เหตุผล	(%) รวม
๑. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแก้ว ๑.๑ นิยามและหลักการใช้งานเส้นใยแก้ว ๑.๒ ประวัติและความเป็นมาของเส้นใยแก้ว ๑.๓ หลักการพื้นฐานของการสื่อสารทางแสง ๑.๔ องค์ประกอบของระบบคลื่นแสง ๑.๕ ข้อดีและข้อด้อยของเส้นใยแก้ว ๑.๖ ประโยชน์และการใช้งานเส้นใยแก้ว ๑.๗ โครงข่ายเส้นใยแก้วและระบบสื่อสาร คาวเทียม	๔๔	๓๗	๑๓	๖	๑๐๐
๒. แสงกับเส้นใยแก้ว ๒.๑ ฟิสิกส์ของแสง ๒.๒ การเดินทางของแสงในเส้นใยแก้ว ๒.๓ การเปลี่ยนไฟฟ้าเป็นแสง ๒.๔ การเปลี่ยนแสงให้เป็นไฟฟ้า	๒๕	๕๐	๑๓	๑๒	๑๐๐
๓. สายเคเบิลใยแก้ว ๓.๑ เส้นใยแก้วและพารามิเตอร์ที่สำคัญ ๓.๒ ชนิดของเส้นใยแก้ว ๓.๓ วัสดุที่ใช้ทำเส้นใยแก้ว ๓.๔ การผลิตเส้นใยแก้ว ๓.๕ สายเคเบิลใยแก้วประเภทต่างๆ ๓.๖ การจัดแบ่งสายเคเบิลใยแก้วตามประเภทการใช้งาน ๓.๗ การสูญเสียสัญญาณแสงในเส้นใยแก้ว	๓๑	๒๗	๒๒	๒๐	๑๐๐

เนื้อหา	จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม				
	(%) ความจำ	(%) เข้าใจ	(%) นำไปใช้	(%) เหตุผล	(%) รวม
๔. การสื่อสารข้อมูลด้วยสัญญาณแสง	๓๐	๕๐	๒๐	๐	๑๐๐
๔.๑ ภาคส่งสัญญาณแสง					
๔.๒ ภาครับสัญญาณ					
๔.๓ การเข้ารหัสข้อมูล					
๔.๔ การมอดูเลต					
๔.๕ เทคนิคการมัลติเพล็กซ์					
4.1 ๔.๖ การดีมัลติเพล็กซ์					
๕. การสื่อสารข้อมูลด้วยสัญญาณแสง	๒๐	๕๐	๒๕	๕	๑๐๐
๕.๑ ภาคส่งสัญญาณแสง					
๕.๒ ภาครับสัญญาณ					
๕.๓ การเข้ารหัสข้อมูล					
๕.๔ การมอดูเลต					
๕.๕ เทคนิคการมัลติเพล็กซ์					
๕.๖ การดีมัลติเพล็กซ์					
๖. การนำเส้นใยแสงมาใช้ในการสื่อสาร	๑๕	๓๐	๓๐	๒๕	๑๐๐
๖.๑ บทนำ					
๖.๒ แนวโน้มของต่างประเทศ					
๖.๓ แนวโน้มในประเทศไทย					
๖.๔ ปัจจุบันและอนาคตของเส้นใยแก้ว					
๗. นำเสนอเทคโนโลยีการสื่อสารทางแสง	๑๕	๔๐	๒๐	๒๕	๑๐๐

ตารางที่ ค-๓ สรุปตารางวิเคราะห์หลังสูตรวิชา การสื่อสารทางแสง

เนื้อหา	จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม				
	(%)ความจำ	(%)เข้าใจ	(%)นำไปใช้	(%)เหตุผล	
๑. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแก้ว ๑.๑ นิยามและหลักการใช้งานเส้นใยแก้ว ๑.๒ ประวัติและความเป็นมาของเส้นใยแก้ว ๑.๓ หลักการพื้นฐานของการสื่อสารทางแสง ๑.๔ องค์ประกอบของระบบคลื่นแสง ๑.๕ ข้อดีและข้อด้อยของเส้นใยแก้ว ๑.๖ ประโยชน์และการใช้งานเส้นใยแก้ว ๑.๗ โครงข่ายเส้นใยแก้วและระบบสื่อสาร	๓.๘๕	๓.๒๕	๑.๑๓	๐.๕๓	๘.๘๔
๒. แสงกับเส้นใยแก้ว ๒.๑ ฟิสิกส์ของแสง ๒.๒ การเดินทางของแสงในเส้นใยแก้ว ๒.๓ การเปลี่ยนไฟฟ้าเป็นแสง ๒.๔ การเปลี่ยนแสงให้เป็นไฟฟ้า	๓.๓๕	๓.๕	๑.๕๕	๑.๘	๑๕
๓. สายเคเบิลใยแก้ว ๓.๑ เส้นใยแก้วและพารามิเตอร์ที่สำคัญ ๓.๒ ชนิดของเส้นใยแก้ว ๓.๓ วัสดุที่ใช้ทำเส้นใยแก้ว ๓.๔ การผลิตเส้นใยแก้ว ๓.๕ สายเคเบิลใยแก้วประเภทต่างๆ ๓.๖ การจัดแบ่งสายเคเบิลใยแก้วตามประเภทการใช้งาน ๓.๗ การสูญเสียสัญญาณแสงในเส้นใยแก้ว	๖	๕.๒๕	๔.๒๖	๓.๘๓	๑๕.๔

เนื้อหา	จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม				
	(%) ความจำ	(%) เข้าใจ	(%) นำไปใช้	(%) เหตุผล	
๔. การสื่อสารข้อมูลด้วยสัญญาณแสง	๖	๑๐	๔	๐	๒๐
๔.๑ ภาคส่งสัญญาณแสง					
๔.๒ ภาครับสัญญาณ					
๔.๓ การเข้ารหัสข้อมูล					
๔.๔ การมอดูเลต					
๔.๕ เทคนิคการมัลติเพล็กซ์					
๔.๖ การดีมัลติเพล็กซ์					
๕. การสื่อสารข้อมูลด้วยสัญญาณแสง	๓.๕	๘.๖๕	๔.๓๓	๐.๘๓	๑๗.๔๕
๕.๑ ภาคส่งสัญญาณแสง					
๕.๒ ภาครับสัญญาณ					
๕.๓ การเข้ารหัสข้อมูล					
๕.๔ การมอดูเลต					
๕.๕ เทคนิคการมัลติเพล็กซ์					
๕.๖ การดีมัลติเพล็กซ์					
๖. การนำเส้นใยแสงมาใช้ในการสื่อสาร	๑.๓๑	๒.๖๒	๒.๖๒	๒.๑๘	๘.๗๓
๖.๑ บทนำ					
๖.๒ แนวโน้มของต่างประเทศ					
๖.๓ แนวโน้มในประเทศไทย					
๖.๔ ปัจจุบันและอนาคตของเส้นใยแก้ว					
๗. นำเสนอเทคโนโลยีการสื่อสารทางแสง	๑.๓๑	๓.๕	๑.๖๕	๒.๑๘	๘.๖๔
	๒๕.๖๖	๔๐.๕๕	๒๐.๐๘	๑๑.๔๓	๑๐๐

ตารางข้อสอบ ค-๔ สรุปข้อสอบที่ออกตามตารางวิเคราะห์หลักสูตรจำนวน ๔๔ ข้อ

เนื้อหา	จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม				
	(%)ความจำ	(%)เข้าใจ	(%)นำไปใช้	(%)เหตุผล	(%)รวม
1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแก้ว	๔	๓	๑	๑	๙
1.1 นิยามและหลักการใช้งานเส้นใยแก้ว					
1.2 ประวัติและความเป็นมาของเส้นใยแก้ว					
1.3 หลักการพื้นฐานของการสื่อสารทางแสง					
1.4 องค์ประกอบของระบบคลื่นแสง					
1.5 ข้อดีและข้อด้อยของเส้นใยแก้ว					
1.6 ประโยชน์และการใช้งานเส้นใยแก้ว					
1.7 โครงข่ายเส้นใยแก้วและระบบสื่อสารดาวเทียม					
2. แสงกับเส้นใยแก้ว	๔	๘	๒	๒	๑๕
2.1 ฟิสิกส์ของแสง					
2.2 การเดินทางของแสงในเส้นใยแก้ว					
2.3 การเปลี่ยนไฟฟ้าเป็นแสง					
2.4 การเปลี่ยนแสงให้เป็นไฟฟ้า					
3. สายเคเบิลใยแก้ว	๖	๕	๔	๔	๑๙
3.1 เส้นใยแก้วและพารามิเตอร์ที่สำคัญ					
3.2 ชนิดของเส้นใยแก้ว					
3.3 วัสดุที่ใช้ทำเส้นใยแก้ว					
3.4 การผลิตเส้นใยแก้ว					
3.5 สายเคเบิลใยแก้วประเภทต่างๆ					
3.6 การจัดแบ่งสายเคเบิลใยแก้วตามการใช้งาน					
3.7 การสูญเสียสัญญาณแสงในเส้นใยแก้ว					
รวม	๑๔	๑๖	๗	๗	๔๔

ตารางที่ ก-๕ ข้อสอบที่ต้องการออกและที่อยู่ในเนื้อหาและพฤติกรรมจำนวน ๓๐ ข้อ

เนื้อหา	จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม				
	ความจำ	เข้าใจ	นำไปใช้	เหตุผล	รวม
1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแก้ว	๖	๕	๑	๑	๑๒
1.1 นิยามและหลักการใช้งานเส้นใยแก้ว	๑	๒			
1.2 ประวัติและความเป็นมาของเส้นใยแก้ว					
1.3 หลักการพื้นฐานของการสื่อสารทางแสง	๓	๔,๕			
1.4 องค์ประกอบของระบบคลื่นแสง	๖	๓			
1.5 ข้อดีและข้อด้อยของเส้นใยแก้ว	๘	๕			
1.6 ประโยชน์และการใช้งานเส้นใยแก้ว	๑๐		๑๑	๑๒	
1.7 โครงข่ายเส้นใยแก้วและระบบสื่อสาร ดาวเทียม					
2. แสงกับเส้นใยแก้ว	๘	๑๓	๕	๒	๒๘
2.1 ฟิสิกส์ของแสง	๑๓,๑๔	๑๕,๑๖, ๑๗,๑๘	๑๙,๒๐		
2.2 การเดินทางของแสงในเส้นใยแก้ว	๒๑,๒๒	๒๓,๒๔, ๒๕	๒๖	๒๗	
2.3 การเปลี่ยนไฟฟ้าเป็นแสง	๒๘,๒๙	๓๐,๓๑, ๓๒	๓๓	๓๔	
2.4 การเปลี่ยนแสงให้เป็นไฟฟ้า	๓๕,๓๖	๓๗,๓๘, ๔๐	๔๑		

ตารางที่ ก-๕ (ต่อ)

เนื้อหา	จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม				
	ความจำ	เข้าใจ	นำไปใช้	เหตุผล	รวม
๓. สายเคเบิลใยแก้ว	๑๒	๑๐	๖	๒	๓๐
๓.๑ เส้นใยแก้วและพารามิเตอร์ที่สำคัญ	๔๑,๔๒, ๔๓	๔๔,๔๕	๔๖,๔๗	๔๘	
๓.๒ ชนิดของเส้นใยแก้ว	๔๙,๕๐	๕๑,๕๒, ๕๓	๕๔,๕๕	๕๖	
๓.๓ วัสดุที่ใช้ทำเส้นใยแก้ว	๕๓				
๓.๔ การผลิตเส้นใยแก้ว	๕๘,๕๙, ๖๐	๖๑,๖๒, ๖๓	๖๔		
๓.๕ สายเคเบิลใยแก้วประเภทต่างๆ					
๓.๖ การจัดแบ่งสายเคเบิลใยแก้วตามประเภทการใช้งาน	๖๕				
๓.๗ การสูญเสียสัญญาณแสงในเส้นใยแก้ว	๖๖,๖๗	๖๘,๖๙	๗๐		
รวม	๒๖	๒๓	๑๒	๕	๓๐

ภาคผนวก ง

การแบ่งเวลาในการสอนและวัดดูประสงค์เชิงพฤติกรรม

โครงการสอน

จากคำอธิบายรายวิชาสามารถแยกเนื้อหาในส่วนของเรื่อง การสื่อสารทางแสง (Optical Communication) ได้ดังนี้

๑. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแสง
๒. แสงกับเส้นใยแก้ว
๓. สายเคเบิลใยแก้ว

ตาราง ง-๑ โครงการสอน

ครั้งที่	คาบที่	เรื่อง	รายการสอน	หมายเหตุ
๑	๑-๓	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแสง	๑.๑ นิยามของเส้นใยแก้ว ๑.๑.๑ นิยามและหลักการใช้งานเส้นใยแก้ว ๑.๑.๒ ประวัติและความเป็นมาของเส้นใยแก้ว ๑.๑.๓ หลักการพื้นฐานของกาสื่อสารทางแสง ๑.๑.๔ องค์ประกอบของระบบคลื่นแสง ๑.๒ ข้อดีและข้อด้อยของเส้นใยแก้ว ๑.๒.๑ ข้อดีและข้อด้อยของเส้นใยแก้ว ๑.๓ ประโยชน์และเทคโนโลยีการใช้งานของเส้นใยแก้ว ๑.๓.๑ การใช้งานเส้นใยแก้ว ๑.๓.๒ โครงข่ายเส้นใยแก้วและระบบสื่อสารดาวเทียม	
๒	๔-๖	แสงกับเส้นใยแก้ว	๒.๑ ฟิสิกส์ของแสง ๒.๑.๑ สัญญลักษณ์การเดินทางของคลื่นแสง ๒.๑.๒ โพลาริเซชันของแสง ๒.๑.๓ กฎพื้นฐานกับคุณสมบัติของแสง ๒.๒ การเดินทางของแสงในเส้นใยแก้ว ๒.๒.๑ แสงเดินทางแบบเมอร์เรียม ๒.๒.๒ แสงเดินทางแบบเป็นเกลียว	

ตาราง ง-๑ (ต่อ)

ครั้งที่	คาบที่	เรื่อง	รายการสอน	หมายเหตุ
๓	๙-๙	แสงกับเส้นใยแก้ว	๒.๓ แหล่งกำเนิดแสง และการใช้งาน ๒.๓.๑ พื้นฐานเกี่ยวกับสารกึ่งตัวนำ ๒.๓.๑.๑ โครงสร้างผลึกของสารกึ่งตัวนำ ๒.๓.๑.๒ โหมดในสารกึ่งตัวนำ ๒.๓.๑.๓ ชนิดของสารกึ่งตัวนำ ๒.๓.๑.๔ สารกึ่งตัวนำผสม ๒.๓.๑.๕ การสร้างสารกึ่งตัวนำ ๒.๓.๑.๖ รอยต่อพีเอ็น ๒.๓.๒ การกำเนิดแสง ๒.๓.๓ แอลอีดี(LED) ๒.๓.๔ เลเซอร์ไดโอด(LD) ๒.๓.๔.๑ โมดของไดโอดเลเซอร์ ๒.๓.๔.๒ ไดโอดเลเซอร์โมดเดี่ยว	
๔	๑๐-๑๒	แสงกับเส้นใยแก้ว	๒.๓.๕ การพิจารณาเลือกใช้งานแหล่งกำเนิดแสง ๒.๓.๕.๑ กำลังงานแสง ๒.๓.๕.๒ ความเป็นเชิงเส้น ๒.๓.๕.๓ ความร้อน ๒.๓.๕.๔ ผลตอบสนอง ๒.๓.๕.๕ ความกว้างของสเปกตรัม ๒.๔ ตัวตรวจจับแสงและการใช้งาน ๒.๔.๑ พื้นฐานของการตรวจจับแสง ๒.๔.๑.๑ ไดโอด PIN ๒.๔.๑.๒ ไดโอด APD ๒.๔.๒ สัญญาณรบกวนในโฟโตนิกเทคโนโลยี	
๕	๑๓-๑๕	สายเคเบิลใยแก้ว	๓.๑ เส้นใยแก้วและพารามิเตอร์ที่สำคัญ ๓.๑.๑ ค่าดัชนีหักเหของสารที่ใช้ทำเส้นใยแก้ว ๓.๑.๒ Numerical Aperature (NA)	

ตาราง ง-๑ (ต่อ)

ครั้งที่	คาบที่	เรื่อง	๓.๑.๓ ค่าการลดทอนสัญญาณ รายการสอน	หมายเหตุ
๕	๑๓-๑๕	สายเคเบิลใยแก้ว	๓.๑.๔ ผลคูณระหว่างแบนด์วิธกับระยะทาง ๓.๒ ชนิดของเส้นใยแก้ว ๓.๒.๑ แบ่งตามสาร ๓.๒.๒ แบ่งตามวิธีการแพร่กระจาย ๓.๒.๒.๑ เส้นใยแก้วชนิดโหมดเดี่ยว ๓.๒.๒.๒ เส้นใยแก้วชนิดโหมดรวม ๓.๒.๓ แบ่งตามลักษณะการหักเหของแกน	
๖	๑๖-๑๘	สายเคเบิลใยแก้ว	๓.๓ วัสดุที่ใช้ทำเส้นใยแก้ว ๓.๓.๑ เส้นใยแก้วชนิดแก้ว ๓.๓.๒ เส้นใยแก้วชนิดพลาสติก ๓.๓.๓ เส้นใยแก้วชนิดอื่นๆ ๓.๔ การผลิตเส้นใยแก้ว ๓.๔.๑ การเตรียมแท่งแก้วพรีฟอร์ม ๓.๔.๒ สร้างเส้นใยแก้วโดยวิธีหลอมโดยตรง ๓.๔.๓ การดึงเส้นใยแก้ว	
๗	๑๙-๒๑	สายเคเบิลใยแก้ว	๓.๕ สายเคเบิลใยแก้วประเภทต่างๆ ๓.๕.๑ ชนิดเส้นเดี่ยวทอหลวม ๓.๕.๒ ชนิดเส้นรวมทอหลวม ๓.๕.๓ ชนิดทอแน่น ๓.๕.๔ ชนิดแกนแบน ๓.๕.๕ ชนิดแบ่งสล็อต ๓.๖ การจัดแบ่งสายเคเบิลใยแก้ว ตามประเภทการใช้งาน ๓.๖.๑ สายเคเบิลภายในอาคาร ๓.๖.๒ สายเคเบิลภายนอกอาคาร	

ตาราง ง-๑ (ต่อ)

			๓.๖.๓ สายเคเบิลระหว่างอาคาร	
ครั้งที่	คาบที่	เรื่อง	รายการสอน	หมายเหตุ
๓	๑๕-๒๑	สายเคเบิลใยแก้ว	๓.๖.๔ สายเคเบิลลูกผสม ๓.๖.๕ สายเคเบิลใต้น้ำ	
๔	๒๒-๒๔	สายเคเบิลใยแก้ว	๓.๗คุณสมบัติการรับและส่งสัญญาณแสงของเส้นใยแก้วนำแสง ๓.๗.๑ การลดทอนสัญญาณแสง ๓.๗.๒ การดูดกลืนสัญญาณแสง ๓.๗.๓ การกระเจิงของสัญญาณแสง ๓.๗.๔ การโค้งงอและบิดเบี้ยวของเส้นใยแก้ว ๓.๗.๕ การผิดเพี้ยนของสัญญาณแสงในเส้นใยแก้ว ๓.๗.๕.๑ การแผ่อกภายในโหมด (Dispersion) ๓.๗.๕.๒ การแผ่อกระหว่างโหมด ๓.๗.๖ การออกแบบเพื่อลดการแผ่อกในเส้นใยแก้วนำแสงโหมดเดียว	
๕	๒๕-๒๖		การประเมินผล	

การแบ่งบทเรียน และรายการวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
วิชาหลักการสื่อสารทางแสง หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

หน่วยที่ ๑: ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแสง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (สัปดาห์ที่ ๑)

เมื่อผู้เรียนศึกษาจบหน่วยการเรียนรู้แล้วสามารถ

๑. อธิบายหลักการใช้งานเส้นใยแก้วได้
๒. อธิบายหลักการพื้นฐานของการสื่อสารทางแสงได้
๓. อธิบายองค์ประกอบของระบบคลื่นแสงได้
๔. บอกข้อดีข้อด้อยของเส้นใยแก้วได้
๕. บอกประโยชน์และเทคโนโลยีการใช้งานของเส้นใยแก้วได้
๖. เข้าใจการนำไปใช้ของเส้นใยแก้วได้
๗. ประยุกต์การใช้งานของเส้นใยแก้วในการสื่อสารทางแสงได้

หน่วยที่ ๒ : แสงกับเส้นใยแก้ว

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (สัปดาห์ที่ ๒)

เมื่อผู้เรียนศึกษาจบหน่วยการเรียนรู้แล้วสามารถ

๑. อธิบายการทำงานของฟิสิกส์ของแสงได้
๒. คำนวณหามุมสะท้อนกลับหมดของแสงในเส้นใยแก้วได้
๓. อธิบายการเดินทางของแสงในเส้นใยแก้วได้
๔. คำนวณหาค่ามุมรับแสงแบบเกลิยวได้
๕. คำนวณหาค่าความแตกต่างของค่าดัชนีได้
๖. คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ $NA, \theta_{Max}, \theta_c$ ได้
๗. สามารถวิเคราะห์การหาค่า มุม θ_c มุม NA และมุม θ_{Max} ในเส้นใยแก้วได้

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (สัปดาห์ที่ ๓)

เมื่อผู้เรียนศึกษาจบหน่วยการเรียนรู้แล้วสามารถ

๑. บอกหลักการใช้งานของแหล่งกำเนิดแสงได้
๒. อธิบายหลักการใช้งานของแหล่งกำเนิดแสงได้
๓. คำนวณค่าความยาวคลื่นของแสงได้
๔. คำนวณค่ากำลังงานของแสงที่ปล่อยออกจากแอลอีดี(LED)ได้

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (สัปดาห์ที่ ๔)

เมื่อผู้เรียนศึกษาจบหน่วยการเรียนรู้แล้วสามารถ

๑. บอกหลักการทำงานของเปลี่ยนแสงให้เป็นไฟฟ้าของตัวรับแสงได้
๒. อธิบายหลักการทำงานของเปลี่ยนแสงให้เป็นไฟฟ้าของตัวรับแสงได้
๓. คำนวณค่าผลตอบแทนสัญญาณของโฟโตรีโอดแบบ Pin(InGaAs) ได้
๔. สามารถวิเคราะห์คำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่สำคัญของโฟโตรีโอดแบบ pin ได้

หน่วยที่ ๓ : สายเคเบิลใยแก้ว

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (สัปดาห์ที่ ๕)

เมื่อผู้เรียนศึกษาจบหน่วยการเรียนรู้แล้วสามารถ

๑. อธิบายการทำงานของเส้นใยแก้วและพารามิเตอร์ที่สำคัญได้
๒. คำนวณค่าของพารามิเตอร์ต่างๆของเส้นใยแก้วได้
๓. สามารถวิเคราะห์คำนวณค่าการลดทอนสัญญาณทั้งหมดในเส้นใยแก้วได้
๔. ประยุกต์ในการคำนวณค่าผลคูณระหว่างแบนด์วิดท์กับระยะทาง (Bandwidth Distance Product) ของระบบสื่อสารด้วยเส้นใยแก้วนำได้
๕. ประยุกต์ คำนวณค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของเส้นใยแก้วได้

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (สัปดาห์ที่ ๖)

เมื่อนักศึกษาเรียนจบหน่วยการเรียนรู้แล้วสามารถ

๑. บอกวัสดุที่ใช้ทำเส้นใยแก้วได้
๒. อธิบายการสร้างเส้นใยแก้วแต่ละวิธีได้
 - อธิบาย การสร้างแท่งพรีฟอร์มด้วยวิธี OVOP ได้
 - อธิบาย การสร้างแท่งพรีฟอร์มด้วยวิธี VAD ได้
 - อธิบาย การสร้างแท่งพรีฟอร์มด้วยวิธี MCVD ได้
 - อธิบาย การสร้างแท่งพรีฟอร์มด้วยวิธี PCVD ได้
 - อธิบายสร้างเส้นใยแก้วโดยวิธีหลอมโดยตรงได้
 - อธิบายการดึงเส้นใยแก้วได้

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (สัปดาห์ที่ ๗)

เมื่อผู้เรียนศึกษาจบหน่วยการเรียนรู้แล้วสามารถ

๑. บอกสายเคเบิลใยแก้วประเภทต่างๆได้
๒. บอกการจัดแบ่งสายเคเบิลใยแก้ว ตามประเภทการใช้งานได้

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (สัปดาห์ที่ ๘)

เมื่อผู้เรียนศึกษาจบหน่วยการเรียนรู้แล้วสามารถ

๑. บอกการสูญเสียสัญญาณแสงในเส้นใยแก้วได้
๒. อธิบายการสูญเสียสัญญาณแสงภายในเส้นใยแก้วได้
๓. เข้าใจการสูญเสียของเส้นใยแก้วเมื่อนำไปใช้งานได้
๔. สามารถประยุกต์การใช้งานของเส้นใยแก้วได้

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างชุดการสอน

สัปดาห์ที่ 1

บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแสง

- 1.1 นิยามของเส้นใยแก้ว
 - 1.1.1 นิยามและหลักการใช้งานเส้นใยแก้ว
 - 1.1.2 ประวัติและความเป็นมาของเส้นใยแก้ว
 - 1.1.3 หลักการพื้นฐานของการสื่อสารทางแสง
 - 1.1.4 องค์ประกอบของระบบคลื่นแสง
- 1.2 ข้อดีและข้อด้อยของเส้นใยแก้ว
 - 1.2.1 ข้อดีของเส้นใยแก้ว
 - 1.2.2 ข้อด้อยของเส้นใยแก้ว
- 1.3 ประโยชน์และเทคโนโลยีการใช้งานของเส้นใยแก้ว
 - 1.3.1 การใช้งานเส้นใยแก้ว
 - 1.3.2 โครงข่ายเส้นใยแก้วและระบบสื่อสารดาวเทียม

แผนการสอน

ครั้งที่ 1

บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแสง

วิชา การสื่อสารทางแสง

เวลาสอน 3 คาบ

ชั้นเรียน

วันที่สอน.....

ผู้สอน

.....

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

การประเมินขั้น

สำเร็จผล

เมื่อเรียนจบหน่วยการเรียนรู้แล้ว ผู้เรียนควรมีความสามารถดังต่อไปนี้ ระบุในแบบฝึกหัดข้อ

ที่

- | | |
|--|-------|
| 1. อธิบายหลักการใช้งานเส้นใยแก้วได้ | 1,2 |
| 2. อธิบายหลักการพื้นฐานของการสื่อสารทางแสงได้ | 3,4,5 |
| 3. อธิบายองค์ประกอบของระบบคลื่นแสงได้ | 6 |
| 4. บอกข้อดีข้อด้อยของเส้นใยแก้วได้ | 7 |
| 5. บอกประโยชน์และเทคโนโลยีการใช้งานของเส้นใยแก้วได้ | 8,9 |
| 6. เข้าใจการนำไปใช้งานของเส้นใยแก้วได้ | 10,11 |
| 7. ประยุกต์การใช้งานของเส้นใยแก้วในการสื่อสารทางแสงได้ | 12 |

ความรู้พื้นฐานที่จำเป็น ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับหลักการของระบบสื่อสาร,ระบบโทรศัพท์

การนำเข้าสูบทเรียน

สื่ออุปกรณ์ที่ใช้ในการนำเข้าสูบทเรียน

1. ชุดสาธิต การสื่อสารการส่งสัญญาณเสียงด้วยแสงผ่านเส้นใยแก้ว

คำถาม

1. นักศึกษาลองบอกถึงชื่อหรือตัวนำที่ใช้ในการสื่อสารกันด้วยเสียง ในปัจจุบันนี้ถ้ามีการติดต่อสื่อสารกันโดยใช้สื่ออะไรบ้าง ในรูปแบบใดบ้าง

แนวคำตอบของผู้เรียน คลื่นไมโครเวฟ สายโคออดิเคชัน เส้นใยแก้ว

2. ครบที่บอกมาใช้หมดเลย คือสื่อที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารในปัจจุบัน แต่ในวันนี้เราจะให้ความสนใจสื่อที่เรียกว่าเส้นใยแก้วว่าจะใช้งานในลักษณะใด พัฒนาถึงไหนแล้วเราจะได้ทราบกัน

แผนการสอนวิชา 11-712-422 การสื่อสารทางแสง ระดับปริญญาตรี

ครั้งที่ 1

บทที่ 1 นิยามของเส้นใยแก้ว

จำนวน 3

คาบ 150 นาที

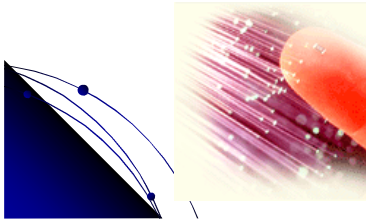
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	รายการสอน	วิธีสอน/กิจกรรมการสอน	สื่อการสอน	การวัด/ประเมินผล	เวลา
1. อธิบายหลักการใช้งานเส้นใยแก้วได้	- นิยามและหลักการใช้งานเส้นใยแก้ว	บรรยาย / ถามตอบ	เพาเวอร์พอยท์	สังเกต / แบบฝึกหัดท้าย	150 นาที
2. อธิบายหลักการพื้นฐานของกาสื่อสารทางแสงได้	- ประวัติและความเป็นมาของเส้นใยแก้ว	บรรยาย / ถามตอบ	เพาเวอร์พอยท์	สังเกต / แบบฝึกหัดท้าย	15 นาที
3. อธิบายองค์ประกอบของระบบคลื่นแสงได้	- หลักการพื้นฐานของกาสื่อสารทางแสง	บรรยาย / ถามตอบ	เพาเวอร์พอยท์	สังเกต / แบบฝึกหัดท้าย	10 นาที
4. บอกข้อดีข้อด้อยของเส้นใยแก้วได้	- องค์ประกอบของระบบคลื่นแสง	บรรยาย / ถามตอบ	เพาเวอร์พอยท์/ชุด สาธิต	สังเกต / แบบฝึกหัดท้าย	20 นาที
5. บอกประโยชน์และเทคโนโลยีการใช้งานของเส้นใย แก้วได้	- ข้อดีข้อด้อยของเส้นใยแก้ว	บรรยาย / ถามตอบ	เพาเวอร์พอยท์	สังเกต / แบบฝึกหัดท้าย	15 นาที
6. เข้าใจการนำไปใช้งานของเส้นใยแก้วได้	- ประโยชน์และเทคโนโลยีการใช้งานของเส้นใย แก้ว	บรรยาย / ถามตอบ	เพาเวอร์พอยท์	สังเกต / แบบฝึกหัดท้าย	10 นาที
7. ประยุกต์การใช้งานของเส้นใยแก้วในการสื่อสารทาง แสงได้					30 นาที

แบบร่างกระดาน

การนำเสนอเพาเวอร์พอย

แบบร่างกระดาน

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแสง



หัวเรื่อง

1.1 นิยามของเส้นใยแก้ว

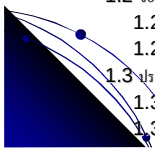
- 1.1.1 นิยามและหลักการใช้งานเส้นใยแก้ว
- 1.1.2 ประวัติและความจำเป็นของเส้นใยแก้ว
- 1.1.3 หลักการพื้นฐานของการสื่อสารทางแสง
- 1.1.4 องค์ประกอบของระบบคลื่นแสง

1.2 ข้อดีและข้อด้อยของเส้นใยแก้ว

- 1.2.1 ข้อดีของเส้นใยแก้ว
- 1.2.2 ข้อด้อยของเส้นใยแก้ว

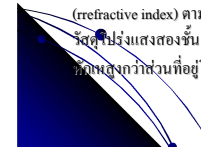
1.3 ประโยชน์และเทคโนโลยีการใช้งานของเส้นใยแก้ว

- 1.3.1 การใช้งานเส้นใยแก้ว
- 1.3.2 โครงข่ายเส้นใยแก้วและระบบสื่อสารดาวเทียม

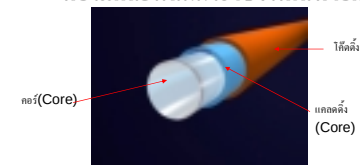


นิยามและหลักการใช้งานเส้นใยแก้ว

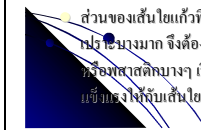
- เส้นใยแก้ว หมายถึง เส้นใยโปร่งแสงทรงกระบอกตันขนาดเล็ก มีเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยแก้วทั้งเส้นประมาณ 125 ไมครอน วัสดุที่ใช้ทำเส้นใยแก้ว(มีขนาดเล็กกว่าเส้นผมเล็กน้อย)
- เส้นใยแก้ว เป็นสารประกอบประเภท ซิลิกา หรือซิลิกอน ไดออกไซด์(SiO_2) ซึ่งก็คือแก้วบริสุทธิ์ และเนื้อแก้วอาจถูกเจือด้วยสารที่ทำให้แก้วมีค่าดัชนีหักเหของแสง (refractive index) ตามต้องการ โครงสร้างพื้นฐานของเส้นใยแก้วประกอบด้วย วัสดุโปร่งแสงสองชั้น แนวแกนกลางของเส้นใยแก้วเรียกว่า คอร์(Core) มีค่าดัชนีหักเหสูงกว่าส่วนที่อยู่โดยรอบที่ห่างจากแกนกลางเรียกว่า แคลดดิ้ง (Cladding)



นิยามและหลักการใช้งานเส้นใยแก้ว



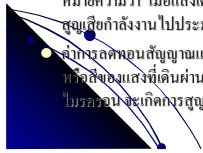
- ส่วนของเส้นใยแก้วที่เป็นเนื้อแก้วนี้เรียกว่า เส้นใยแก้วเปลือย(bare fiber) มีความเปราะหักง่ายมาก จึงต้องทำการเคลือบผิวของมันด้วยสารประเภทซิลิโคน โพลีเมอร์ หรือพลาสติกบางๆ เรียกว่า ไลต์คิงส์(Coating) หรือ แจ็กเก็ต(Jacket) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับเส้นใยแก้ว



แบบร่างกระดาน

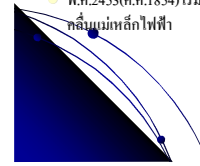
นิยามและหลักการใช้งานเส้นใยแก้ว

- โครงสร้างมักกำหนดให้เส้นใยแก้วมีค่าดัชนีหักเหของคอร์มากกว่าที่ค่าดัชนีหักเหของคลaddingเล็กน้อย ทำให้เกิดปรากฏการณ์สะท้อนกลับหมด (TIR: Total Internal Reflection) ทำให้แสงสามารถเดินทางอยู่ภายในเส้นใยแก้วโดยไม่สะท้อนออกเส้นใยแก้ว
- ปัจจุบันสามารถผลิตเส้นใยแก้วให้มีค่าน้อยกว่า 0.01 dB/km(0.1 ดีบีต่อกิโลเมตร หมายความว่า เมื่อแสงเดินทางไปในเส้นใยแก้วที่มีระยะทาง 1 กิโลเมตร จะสูญเสียกำลังงานไปประมาณ 0.02%)
- ค่าการลดทอนสัญญาณแสงของเส้นใยแก้วจะขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นแสง หากใช้ของแสงที่เดินผ่านเนื้อแก้วนั้น โดยที่ค่าความยาวคลื่นที่ 1.3 และ 1.55 ไมครอน จะเกิดการสูญเสียสัญญาณน้อย ทำให้แสงเดินทางไปได้ไกล

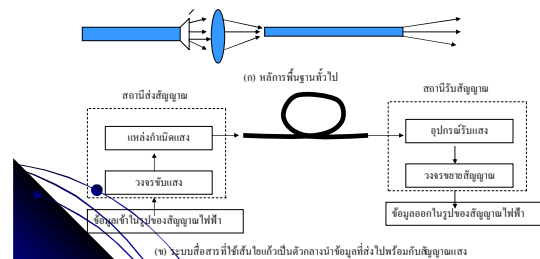


ประวัติและความเป็นมาของเส้นใยแก้ว

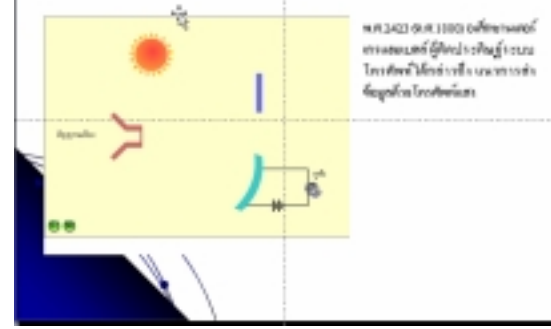
- การนำแสงมาใช้ในการสื่อสารข้อมูลมีก่าเนิ่นนานนับแต่อดีตกาล นับตั้งแต่มนุษย์เริ่มรู้จักที่จะบังคับแสง เช่น การส่งสัญญาณด้วยไฟของชาวเขมและอินเดียแดง
- พ.ศ. 2397 (ค.ศ.1854) การทดลองจัดให้แสงสะท้อนไปมาตามลำน้ำเล็กๆ ที่ปล่อยให้ไหลออกมาจากรูเล็กๆ
- พ.ศ.2453(ค.ศ.1854) เริ่มมีการนำโลหะทรงกระบอกมาใช้ในการนำสัญญาณที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



นิยามและหลักการใช้งานเส้นใยแก้ว



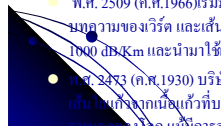
ประวัติและความเป็นมาของเส้นใยแก้ว



แบบร่างกระดาน

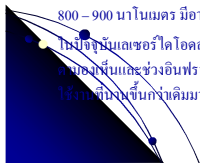
ประวัติและความเป็นมาของเส้นใยแก้ว

- พ.ศ. 2473 (ค.ศ. 1930) เริ่มมีการนำเส้นใยแก้วเล็กๆ มามัดรวมกันเป็นท่อที่ใหญ่ขึ้น เพื่อนำแสงจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง
- พ.ศ. 2493 (ค.ศ. 1950) โครงสร้างของการใช้เส้นใยแก้วเล็กๆ มามัดรวมเป็นเส้น ได้ถูกพัฒนาให้ใช้ได้ดี กับอุปกรณ์ที่เรียกว่าเอนโดสโคป (Endoscope) ที่ใช้นำสัญญาณภาพในรูปของแสง
- พ.ศ. 2509 (ค.ศ. 1966) เริ่มมีการทำวิจัย โดยบทความของเคากับฮอกเกอร์แฮม และบทความของเวิร์ด และเส้นใยแก้วที่ผลิตขึ้นจะมีค่าการสูญเสียสัญญาณสูงมากถึง 1000 dB/Km และนำมาใช้เป็นสายส่งสัญญาณเช่นเดียวกับสายไฟทองแดง
- พ.ศ. 2473 (ค.ศ. 1930) บริษัทคอรันนิ่งของอเมริกา ได้ประสบความสำเร็จในการผลิตเส้นใยแก้วจากเนื้อแก้วที่บริสุทธิ์ และนำมาใช้การสื่อสารข้อมูลเชิงพาณิชย์ได้เป็นครั้งแรก โดยมีการลดทอนสัญญาณลงเหลือ 70 dB/Km



ประวัติและความเป็นมาของเส้นใยแก้ว

- การที่เทคโนโลยีของเส้นใยแก้วมีบทบาทอย่างมาก ก็เนื่องมาจากเทคโนโลยีของสารกึ่งตัวนำหรือ เซมิคอนดักเตอร์ ในการผลิตแหล่งกำเนิดแสง เช่น แอลอีดี (LED) และเลเซอร์ไดโอด (Laser Diode)
- ในช่วงแรกของการผลิตเลเซอร์ไดโอดมักใช้สารประกอบอิลลอยด์ของแกลเลียม อะไรไนต์ เช่น AlGaAs ซึ่งสามารถเปล่งแสงออกมาในย่านอินฟราเรดระหว่าง 800 – 900 นาโนเมตร มีอายุการใช้งานสั้นไม่เกิน 10,000 ชั่วโมง
- ในปัจจุบันเลเซอร์ไดโอดสามารถผลิตแสงได้หลายย่านความยาวคลื่น ทั้งในช่วงที่มองเห็นและช่วงอินฟราเรด มีลักษณะเป็นพัลส์และแสงต่อเนื่อง อีกทั้งมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าเดิมมาก



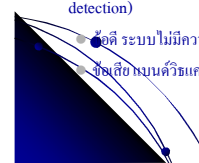
ประวัติและความเป็นมาของเส้นใยแก้ว

- ก่อนหน้านี้คนทั่วมักคุ้นเคยกับเส้นใยแก้วชนิด โหมดเดี่ยวธรรมดาที่มีการลดทอนสัญญาณต่ำกว่า 0.2 dB/Km และมีค่าสเปกตรัมแบนด์ที่ความยาวคลื่นประมาณ 1.3 ไมครอน
- แต่ในปัจจุบันเส้นใยแก้วมีหลายชนิดมากขึ้น เช่น
 - ชนิด DSF (Dispersion Shifted Fiber) เป็นเส้นใยแก้วที่มีค่าสเปกตรัมแบนด์ที่ความยาวคลื่นประมาณ 1.55 ไมครอน
 - ชนิด PMF (Polarisation Maintaining Fiber) เป็นเส้นใยแก้วที่คงสถานะทางโพลาไรซ์ชั้นของแสงได้ตลอดการเดินทาง
 - ชนิด EDF (Erbium Doped Fiber) เป็นเส้นใยแก้วที่ใช้ในการขยายสัญญาณแสงในช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสม
 - ชนิด Raman Fiber (HF) ที่โครงสร้างของคอร์มีได้เป็นเนื้อแก้วตัน โดยตลอด แต่จะมีโครงสร้างที่ซับซ้อนหรืออยู่ภายใน



หลักการพื้นฐานของการสื่อสารทางแสง

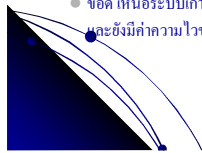
- การส่งและรับสัญญาณในระบบสื่อสารทางแสงที่กล่าวมา จะคำนึงถึงเฉพาะกำลังงานของแสง โดยไม่คำนึงถึงความถี่ ดังนั้นการมอดูเลตแบบเดิมจะเป็นการมอดูเลตค่าความเข้มแสง (intensity modulation) คล้ายการเปิดและปิดสวิทช์ และการตรวจจับเป็นแบบ โดยตรง (direct detection)
- ข้อดี ระบบไม่มีความซับซ้อน และราคาถูก
- ข้อเสีย แบบดิจิทัล



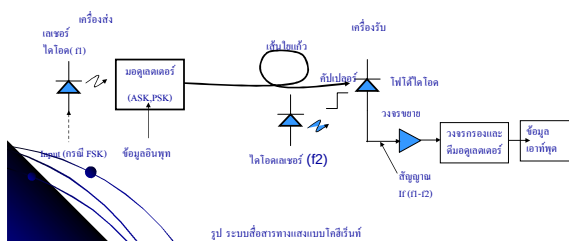
แบบร่างกระดาน

หลักการพื้นฐานของการสื่อสารทางแสง

- ปัจจุบันได้มีการสร้างไดโอดเลเซอร์ที่มีสเปคตัมแคบมาก(ความถี่เดียว) ทำให้การตรวจจับด้วยหลักการของเฮโรดอตและโฮโมไดรอนเป็นไปได้ การมอดูเลชันอาจทำได้ด้วยวิธีการ AM, FM และ PM และ การใช้ระบบสื่อสารทางแสงดังกล่าวนี้เรียกว่า การสื่อสารแบบโคฮีเรนต์
- ข้อดี เหนือระบบเก่าที่มีแบนด์วิธกว้างมากทำให้ส่งข้อมูลได้เป็นจำนวนมาก และยังมีค่าความไวของเครื่องรับที่สูง(สูงกว่าระบบเดิม ประมาณ 20 dB/Km)

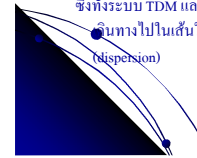


หลักการพื้นฐานของการสื่อสารทางแสง



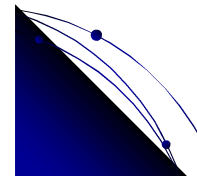
หลักการพื้นฐานของการสื่อสารทางแสง

- การเพิ่มปริมาณของข้อมูลในการสื่อสารทางแสงทำได้ด้วยการมัลติเพล็กซ์
 - แบบ TDM(Time Division Multiplex): ส่งข้อมูลแบบดิจิทัล
 - แบบ FDM(Frequency Division Multiplex): ส่งข้อมูลแบบอนาล็อก
- ซึ่งทั้งระบบ TDM และ FDM เป็นการส่งสัญญาณแสงเพื่อความสะดวกในการเดินทางไปในเส้นใยแก้ว ซึ่งความเร็วจะถูกจำกัดโดยคุณสมบัติการถ่วงออก (dispersion)

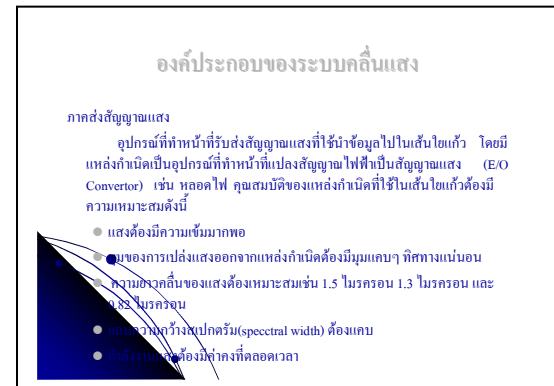
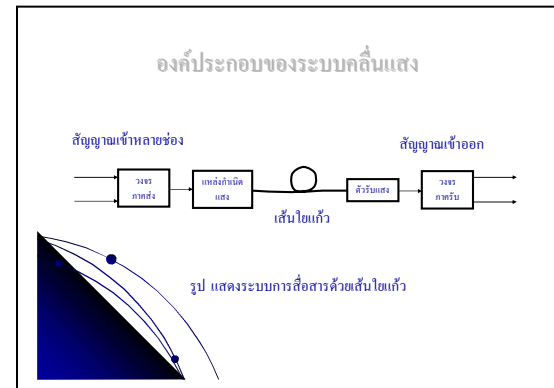
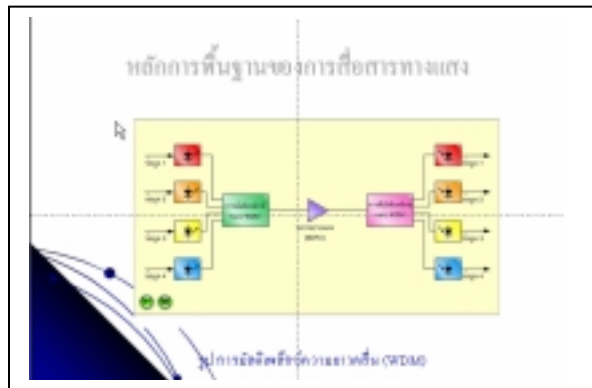


หลักการพื้นฐานของการสื่อสารทางแสง

- การส่งข้อมูลแต่ละช่องไปด้วยสัญญาณแสงที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกัน บนเส้นใยแก้วเส้นใยแก้วเส้นเดียวเรียกว่า การมัลติเพล็กซ์แบบ WDM(wavelength division multiplex) ความยาวคลื่นใช้งานในช่วง 1530 ถึง 1565 nm โดยระยะห่างระหว่างช่องสัญญาณความถี่ต่างกัน 100 GHz ซึ่งจำนวนช่องสัญญาณอาจเป็น 4, 8, 16 หรือ 32 ช่อง



แบบร่างกระดาน

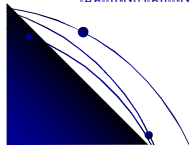


แบบร่างกระดาน

องค์ประกอบของระบบคลื่นแสง

การเลือกใช้แหล่งกำเนิดจะขึ้นอยู่กับระบบ เช่น

- ระบบที่มีระยะทางสื่อสารไม่ไกลนักจะใช้แอลอีดี (Light Emitting Diode:LED) เป็นแหล่งกำเนิด
- ระบบที่ต้องการประสิทธิภาพสูงๆ จะใช้แสงเลเซอร์ไดโอด(Laser diode:LD) เป็นแหล่งกำเนิดแสง

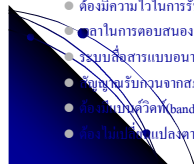


องค์ประกอบของระบบคลื่นแสง

ภาครับสัญญาณแสง

อุปกรณ์รับสัญญาณแสงหรือที่รู้จักกันดีในนามของโฟโตดีเทกเตอร์ (photodetector:PD): ทำหน้าที่เปลี่ยนแสงให้เป็นสัญญาณข้อมูลทางไฟฟ้า เช่น โฟโตไดโอด(Photodiode) และโฟโตทรานซิสเตอร์(Phototransistor) คุณสมบัติที่สำคัญของโฟโตดีเทกเตอร์ได้แก่

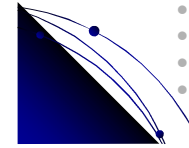
- ต้องมีความไวในการรับแสงได้ดี(high sensitivity)
- เวลาในการตอบสนองสัญญาณ(response time) ต้องสั้นมาก
- ระบบสื่อสารแบบอนาล็อกต้องใช้โฟโตดีเทกเตอร์ชนิดลิเนียร์(Linear)
- สัญญาณรับจากสภาวะแวดล้อมต้องมีค่าน้อย
- ต้องเป็นแบนด์วิดท์(band width) เพียงพอสำหรับค่าอัตรา (data rate) สูงๆ
- ต้องไม่เปราะแตกง่ายตามอุณหภูมิ



ข้อดีและข้อด้อยของเส้นใยแก้ว

ข้อดีของเส้นใยแก้ว

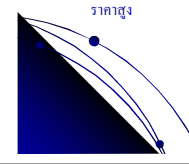
- แบนค้ำโครงง่าย
- ขนาดเล็กและน้ำหนักเบา
- การแยกทางไฟฟ้า
- ปกป้องจากการรบกวน
- ความปลอดภัยของข้อมูลสูง
- การสูญเสียต่ำมาก
- ความเชื่อถือได้สูง
- ราคาถูก



ข้อดีและข้อด้อยของเส้นใยแก้ว

ข้อด้อยของเส้นใยแก้ว

- เส้นใยแก้วมีความเปราะบาง แตกหักได้ง่าย
- เคเบิลเส้นใยแก้วไม่สามารถจัดวางให้มีรัศมีการโค้งงอน้อยๆ ได้
- การติดตั้งระบบสายส่งเคเบิลเส้นใยแก้ว ต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์พิเศษที่มีราคาสูง



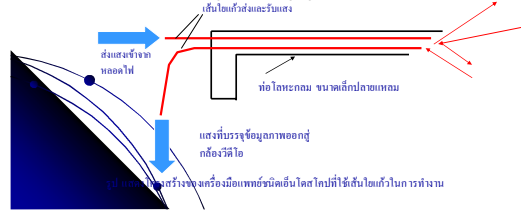
แบบร่างกระดาน

ประโยชน์และเทคโนโลยีการใช้งานของเส้นใยแก้ว

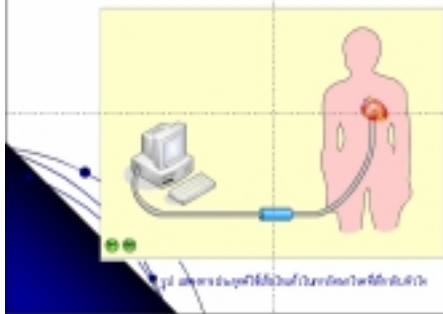
● ประโยชน์และการใช้งานเส้นใยแก้ว

● การใช้งานด้านการแพทย์

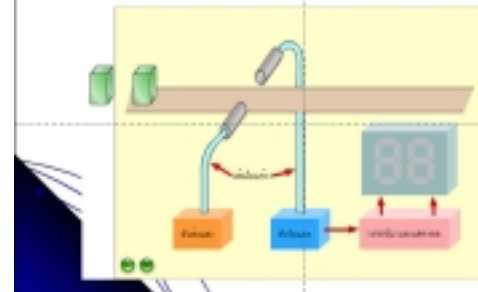
● เครื่องมือเอ็นโดสโคป(Endoscope)



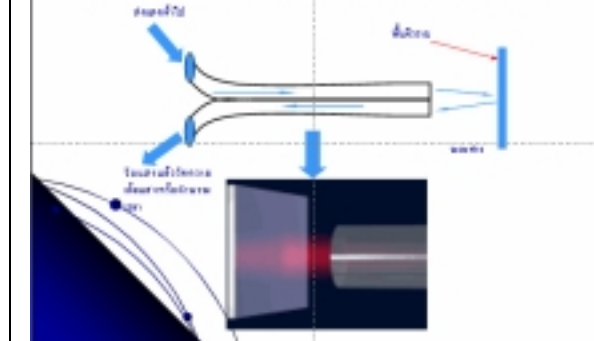
ประโยชน์และเทคโนโลยีการใช้งานของเส้นใยแก้ว



ประโยชน์และเทคโนโลยีการใช้งานของเส้นใยแก้ว



ประโยชน์และเทคโนโลยีการใช้งานของเส้นใยแก้ว

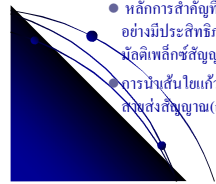


แบบร่างกระดาน

ประโยชน์และเทคโนโลยีการใช้งานของเส้นใยแก้ว

การใช้งานในระบบสื่อสารโทรคมนาคม

เนื่องจากเส้นใยแก้วมีขนาดแบนควมกว้างมากเมื่อเทียบกับสายเคเบิลทองแดง ทำให้สามารถส่งข้อมูลจำนวนมากจากหลายๆ แหล่งได้ ภายในช่วงเวลาเดียวกัน เช่น สัญญาณโทรศัพท์ โทรภาพ แฟกซ์ เคเบิลทีวี ทั้งหมดนี้สามารถส่งผ่านไปได้ในเวลาเดียวกันด้วยเส้นใยแก้วเพียงเส้นเดียวหรือคู่เดียวเท่านั้น

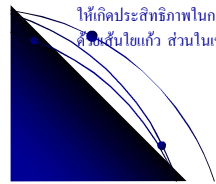


- หลักการสำคัญที่ใช้ส่งสัญญาณหรือข้อมูลจำนวนมากไปพร้อมกันได้ อย่างมีประสิทธิภาพ ขึ้นกับวิธีการเข้ารหัส การมอดูเลต และการมัลติเพล็กซ์สัญญาณในวงจรภาคส่ง
- การนำเส้นใยแก้วมาใช้งานในระบบสื่อสารจะใช้เฉพาะในส่วนที่เป็นสายส่งสัญญาณ (transmission line)

ประโยชน์และเทคโนโลยีการใช้งานของเส้นใยแก้ว

โครงข่ายเส้นใยแก้วและระบบสื่อสารดาวเทียม

ในปัจจุบันการสื่อสารข้อมูลระยะไกล ไม่จำเป็นต้องใช้ดาวเทียมเสมออีกต่อไปเพราะโครงข่ายสายเคเบิลได้รับการพัฒนาจะครอบคลุมพื้นที่ให้บริการทั่วโลก แต่มีได้หมายความว่าระบบสื่อสารดาวเทียมจะหมดความสำคัญลงไป ในทางกลับกันระบบสื่อสารร่วมที่ใช้ทั้งโครงข่ายเส้นใยแก้วและดาวเทียมร่วมกันจะทำให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานสูงกว่าเดิมเช่น ในเมืองหลวงจะใช้การสื่อสารด้วยเส้นใยแก้ว ส่วนในเขตพื้นที่กันดารจะการสื่อสารด้วยดาวเทียม



ใบเนื้อหา

สัปดาห์ที่ 1

บทที่ 1

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแก้ว

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อผู้เรียนศึกษาจบหน่วยการเรียนรู้แล้วสามารถ

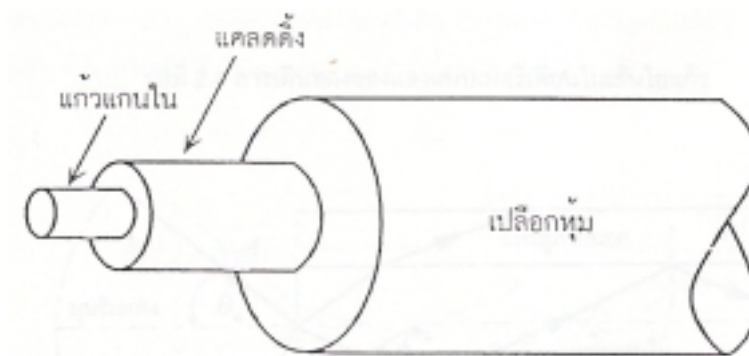
1. อธิบายนิยามและหลักการใช้งานเส้นใยแก้วได้
 2. บอกประวัติและความเป็นมาของเส้นใยแก้วได้
 3. อธิบายหลักการพื้นฐานของการสื่อสารทางแสงได้
 4. บอกองค์ประกอบของระบบคลื่นแสงได้
 5. บอกข้อดีข้อด้อยของเส้นใยแก้วได้
 6. บอกประโยชน์และเทคโนโลยีการใช้งานของเส้นใยแก้วได้
 7. ประยุกต์การใช้งานของเส้นใยแก้วในการสื่อสารทางแสงได้
-

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแสง

1.1 นิยามของเส้นใยแก้ว

1.1.1 นิยามและหลักการใช้งานเส้นใยแก้ว

เส้นใยแก้ว หมายถึง เส้นใยโปร่งแสงทรงกระบอกตันขนาดเล็ก มีเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยแก้วทั้งเส้นประมาณ 125 ไมครอน (ไมโครเมตร) หรือ 0.125 มิลลิเมตร (ขนาดเล็กกว่าเส้นผมเล็กน้อย) โดยทั่วไปวัสดุที่ใช้ทำเส้นใยมักเป็นสารประกอบประเภท ซิลิกา หรือ ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) ซึ่งก็คือแก้วบริสุทธิ์ เนื้อแก้วนี้อาจถูกเจือ (doped) ด้วยสารหรือวัสดุบางอย่างที่สารสามารถควบคุมอัตราการเจือได้ เพื่อให้แก้วมีค่าดัชนีหักเหของแสง (refractive index) ตามต้องการ โครงสร้างพื้นฐานของเส้นใยแก้วประกอบด้วยวัสดุโปร่งแสงสองชั้น โดยในแนวแกนกลางของเส้นใยแก้วซึ่งเรียกทับศัพท์ว่า คอร์ (core) จะมีค่าดัชนีหักเหสูงกว่าส่วนที่อยู่โดยรอบที่ห่างจากแกนกลางออกไป ซึ่งส่วนหลังนี้เรียกว่า แคลดดิง (cladding) หรือบางคนอาจเรียกสั้นๆ ว่า แคลด (clad) ทั้งสองส่วนนี้ถ้ามองด้วยตาเปล่าหรืออาจใช้แว่นขยายธรรมดาส่องดูจะแยกไม่ออกเลย โดยจะเห็นเสมือนว่าเป็นเนื้อแก้วชนิดเดียวกัน



รูปที่ 1.1 แสดงโครงสร้างของเส้นใยแก้ว หรือเส้นใยนำแสง (Optical Fiber)

ส่วนของเส้นใยแก้วที่เป็นเนื้อแก้วนี้เรียกว่า เส้นใยแก้วเปลือย (bare fiber) จะมีความเปราะบางมากเนื่องจากมีขนาดเล็กเท่าเส้นผม จึงต้องทำการเคลือบผิวของมันด้วยสารประเภท ซิลิโคน โพลีเมอร์ หรือพลาสติกบางๆ ซึ่งส่วนนี้มักเรียกทับศัพท์ว่า โค้ตติ้ง (coating) หรือ แจ็กเก็ต (jacket) เส้นใยแก้วที่เคลือบผิวด้วยโค้ตติ้ง จะมีความแข็งแรงมาก สามารถรับน้ำหนักและแรงกระแทกธรรมดาได้พอสมควร กล่าวคือสามารถจับโยน และดัดโค้งงอเป็นวงเล็กๆ ได้ โดยไม่ทำให้เส้นใยแก้วแตกหรือหักเลย ในการนำเส้นใยแก้วมาใช้งาน จะต้องทำให้เส้นใยแก้วมีความแข็งแรงมากกว่านี้ โดยบรรจุเส้นใยแก้วไว้ภายในส่วนที่ป้องกันแรงกระแทกแล้วจัดโครงสร้างให้มี

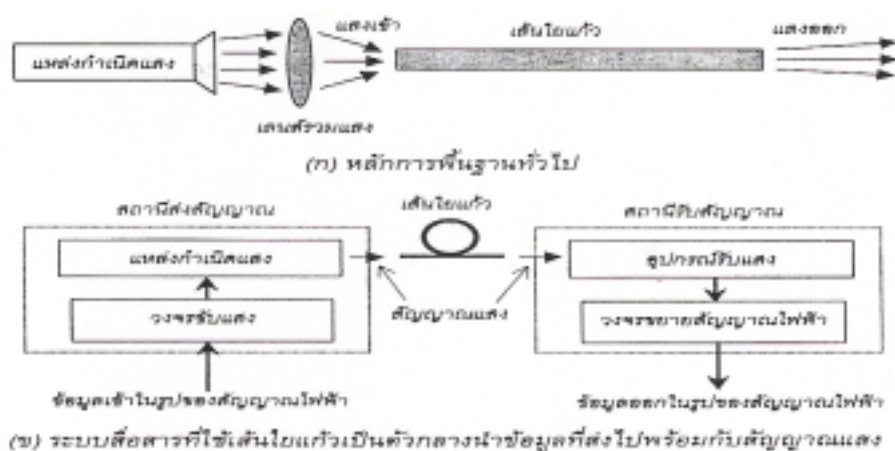
ลักษณะเป็นสายเคเบิลเหมือนสายไฟฟ้า ซึ่งในส่วนนี้จะใช้เทคโนโลยีของสายไฟฟ้าทั่วไปหากต้องการรวบรวมเส้นใยแก้วหลายๆ เส้นเข้าด้วยกัน ก็ทำเป็นลักษณะของสายเคเบิลเส้นใหญ่ๆ ซึ่งสายเคเบิลเส้นหนึ่ง อาจมีเส้นใยแก้วตั้งแต่หลายสิบเส้น จนถึงหลายร้อยเส้นเลยก็ได้ โดยสีของโค้ดดิ้งจะบอกให้ทราบถึงลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกันของเส้นใยแก้วแต่ละเส้นแต่ละเส้นที่อยู่ภายในเคเบิลเส้นเดียวกันได้ ดังนั้น ในบางครั้งเราจึงเห็นเส้นใยแก้วมีสีต่างๆ เช่น ฟ้ำ ส้ม เขียว น้ำตาล ขาว ฯลฯ ซึ่งก็คือสีของโค้ดดิ้งนั่นเอง ซึ่งโดยปกติแล้ว ตัวเส้นใยแก้วเองจะใส ไม่มีสี ทั้งนี้ก็เพื่อต้องการให้มีความบริสุทธิ์ในเนื้อสารที่ใช้ทำเส้นใยแก้วนั่นเอง

การที่เส้นใยแก้วสามารถนำสัญญาณแสงได้ดี ไม่เพียงเพราะว่าตัวมันเองมีคุณสมบัติโปร่งแสงเท่านั้น แต่ยังเกิดจากโครงสร้างของเส้นใยแก้ว ที่มักกำหนดให้เส้นใยแก้วมีค่าดัชนีหักเหของคอร์มากกว่าที่ค่าดัชนีหักเหของแคลดดิ้งเล็กน้อย ทำให้เกิดปรากฏการณ์สะท้อนกลับหมด (TIR : Total Internal Reflection) ของแสงที่เดินทางอยู่ภายในส่วนคอร์ ส่งผลให้แสงทั้งหมดสามารถเดินทางอยู่ภายในเส้นใยแก้ว โดยไม่สะท้อนออกไปในเส้นทาง และเมื่อแก้วที่ใช้เป็นแก้วบริสุทธิ์ เลยมีผลทำให้แสงส่วนใหญ่เดินทางผ่านไปได้อย่างดีและเดินทางได้ไกล ซึ่งถือเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของเส้นใยแก้ว การที่เส้นใยแก้วแสดงพฤติกรรมของการเป็นท่อนำสัญญาณแสงได้ดีมาก เนื่องจากมีค่าการลดทอนสัญญาณแสงต่ำ (low attenuation) ในปัจจุบันสามารถผลิตเส้นใยแก้วให้มีค่าการลดทอนสัญญาณแสงต่ำๆ โดยมีค่าน้อยกว่า 0.01 dB/km (0.1 ดีบีต่อกิโลเมตร หมายความว่า เมื่อแสงเดินทางไปในเส้นใยแก้วที่มีระยะทาง 1 กิโลเมตร จะสูญเสียกำลังงานไปประมาณ 0.22%) ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพมากมาย อย่างไรก็ตาม ค่าการลดทอนสัญญาณแสงของเส้นใยแก้วจะมีค่าขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นแสงหรือสีของแสงที่เดินทางผ่านเนื้อแก้วนั้น โดยที่ค่าความยาวคลื่นที่ 1.3 และ 1.55 ไมครอน จะเกิดการสูญเสียสัญญาณน้อย ทำให้แสงเดินทางไปได้ไกล ดังนั้น ระบบสื่อสารจึงนิยมใช้ความยาวคลื่นแสงเหล่านี้

เส้นใยแก้วมีชื่อเรียกแตกต่างกันหลายชื่อตามลักษณะการทำงานของมัน เช่น เส้นใยแก้วนำแสง และเส้นใยนำแสง (บางคนเรียกสั้น ๆ ว่าเส้นใยแก้ว) เป็นต้น นอกจากนี้ ในบางครั้งอาจเรียกว่าทับศัพท์ว่า ออปติกไฟเบอร์ (fiber optic) เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้นบางคนอาจสงสัยว่า คำว่า fiber กับ fibre แตกต่างกันอย่างไร ความจริงแล้วทั้งสองคำมีความหมายและการใช้งานที่เหมือนกัน เพียงแต่คำว่า fiber เป็นการสะกดแบบอเมริกัน ในขณะที่ fibre เป็นการสะกดแบบอังกฤษ

เนื่องจากเส้นใยแก้วมีคุณสมบัติในการนำสัญญาณแสงได้ดี การนำเส้นใยแก้วมาประยุกต์ใช้งานจึงเกี่ยวข้องกับแสงโดยตรง ในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการใช้งานเส้นใยแก้ว

พื้นฐานอาจจะพิจารณาได้จากรูปที่ 1.2(ก) ซึ่งประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงใดๆ เช่น แสงจากหลอดไฟส่องเข้าไปในเส้นใยแก้วเนื่องจากเส้นใยแก้วมีขนาดเล็กมาก ทำให้แสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดที่มีขนาดใหญ่กว่าตัวมันมาก ๆ ไม่สามารถเข้าไปในเส้นใยแก้วได้หมด จึงอาจใช้เลนส์รวมแสง เช่น เลนส์นูน เพื่อให้แสงส่วนใหญ่หรือทั้งหมดเข้าไปในเส้นใยแก้ว ไม่ว่าเส้นใยแก้วจะโค้งงอในลักษณะใดก็ตาม จนกระทั่งถึงปลายอีกด้านหนึ่ง แสงก็จะถูกส่งออกมา การใช้งานแบบนี้มักมีให้เห็นในทางการแพทย์



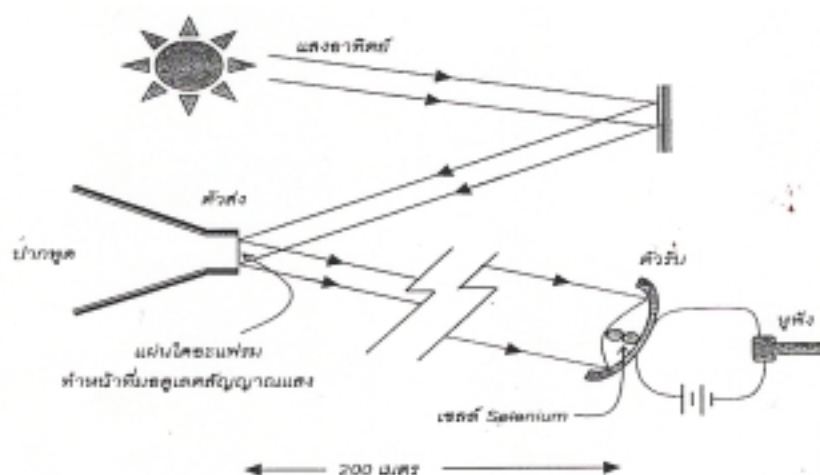
ในรูปที่ 1.2 (ข) เป็นอีกตัวอย่างหนึ่งในการนำเส้นใยแก้วมาใช้ร่วมกับระบบการสื่อสาร

ข้อมูล จะเห็นว่ารูปแบบการใช้งานมีการเพิ่มเติมจากรูปที่ 1.2(ก) กล่าว คือแหล่งกำเนิดแสง จะถูกควบคุมด้วยวงจรขับแสง ให้มีค่าความสว่าง หรือความเข้มแสง ที่มีรูปแบบแน่นอนตาม สัญญาณไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามา สัญญาณไฟฟ้านี้มักเป็นข้อมูลที่ใช้ในการสื่อสาร ในระบบสื่อสารทางไฟฟ้าทั่วไป การกระทำเช่นนี้เรียกว่า การมอดูเลต(modulate) ซึ่งก็คือการทำให้ข้อมูลสามารถเดินทางร่วมกับสัญญาณแสงตลอดเวลาที่แสงเดินทางได้ สัญญาณแสงที่บรรจุข้อมูลทางไฟฟ้า หรือเรียกว่าข้อมูลแสง ที่ออกจากเส้นใยแก้ว จะถูกตรวจจับและแปลงรูปกลับให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับแสง ก่อนถูกส่งผ่านวงจรขยาย เพื่อให้ได้สัญญาณข้อมูลทางไฟฟ้าที่พร้อมใช้งานต่อไป จากตัวอย่างในรูปที่ 1.2(ข) จะเห็นว่าระบบสื่อสารด้วยแสงมีหลักการทำงาน คล้ายกับระบบสายเคเบิลทางไฟฟ้าที่ใช้กันมานานแล้ว เพียงแต่ส่วนของตัวนำข้อมูลไฟฟ้าด้วยสายเคเบิลทองแดงถูกเปลี่ยนให้เป็นระบบของเส้นใยแก้วนั่นเอง

ในรูปที่ 1.2 (ข) ภาพแสดงเส้นใยแก้วที่เป็นแนวเส้นและมีวงกลมอยู่ด้านบน ถือเป็นสัญลักษณ์ที่เป็นที่เข้าใจกันว่าหมายถึงเส้นใยแก้ว ซึ่งสัญลักษณ์นี้ จะพบได้บ่อยครั้งในบทความวิชาการตามวารสารวิจัยระดับนานาชาติทั่วไป สำหรับแนวเส้นนี้อาจเป็นเส้นตรงหรือโค้งก็ได้ส่วนของวงกลมด้านบนอาจจะมีได้มากกว่าหนึ่งวง ถ้ามีหลายวง จะวาดเรียงซ้อนกัน

1.1.2 ประวัติและความเป็นมาของเส้นใยแก้ว

การนำแสงมาใช้ในการสื่อสารข้อมูลมีกำเนิดมานับแต่อดีตกาล นับตั้งแต่มนุษย์เริ่มรู้จักที่จะบังคับแสง เช่น การใช้พลุสัญญาณ การส่งสัญญาณด้วยไฟของชาวเขาและอินเดียแดง เรื่อยไปจนถึงการสะท้อนด้วยวัสดุเรียบมันวาวหรือกระจกเงาสะท้อนแสงจากดวงอาทิตย์จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ลักษณะการสื่อสารข่าวสารข้อมูลแบบดั้งเดิมนี้แสงจะเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นอากาศ ทำให้ประสบปัญหาในการนำข้อมูลเพราะแสงเดินทางเป็นเส้นตรง แนวทางการเดินจะต้องไม่มีอุปสรรคขวางกั้น อีกทั้งในช่วงที่แสงเดินทาง อาจประสบกับสภาพอากาศที่ถูกเจือจางด้วยฝุ่นละออง เหล่านี้ล้วนทำให้แสงไม่สามารถนำข่าวสารไปได้ไกล



รูปที่ 1.3 แสดงโทรศัพท์แสงที่สร้างโดย เบลล์

ความพยายามที่จะสร้างแนวทางเดินให้แสงเดินทางในทิศทางที่กำหนดได้ เริ่มมีให้เห็นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2397 (ค.ศ.1854) ในการทดลองจัดให้แสงสะท้อนไปตามลำน้ำเล็กๆ ที่ปล่อยให้ไหลออกมาจากรูเล็กๆ ในปี พ.ศ.2453 (ค.ศ.1910) เริ่มมีการนำโลหะทรงกระบอกมาใช้ในการนำสัญญาณที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้เกิดแนวความคิดที่สร้างท่อนำสัญญาณแสงขึ้นมาโดยการ

ใช้ท่อกลวงที่เคลือบผิวด้านในด้วยโลหะที่เป็นมันวาว เมื่อแสงถูกส่งเข้าไป ก็จะเดินทางตามแนวของท่อโดยสะท้อนไปมาระหว่างผิวด้านในของท่อจนออกสู่ปลายทางได้ วิธีนี้แม้ว่าจะใช้ในการควบคุมแนวการเดินทางของแสงได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงแนวเส้นตรง แต่ก็ยังมีค่าการลดทอนสัญญาณแสงสูง เพราะแสงยังคงเดินทางผ่านอากาศอยู่ ต่อมาได้มีการพยายามที่จะบรรจุแก้วหรืออนาบริกเข้าไปในท่อเพื่อลดค่าการลดทอนสัญญาณแต่ก็ไม่ประสบผลสำเร็จมากนัก

ในเชิงวิศวกรรมการสื่อสาร ก็มีรายงานมานานกว่าร้อยปีมาแล้วในปี พ.ศ. 2423 (ค.ศ.1880)

อเล็กซานเดอร์ เกรแฮมเบลล์ (Alexandre Graham Bell) ผู้คิดประดิษฐ์ระบบโทรศัพท์ ได้กล่าวถึงแนวทางการส่งข้อมูลด้วยโทรศัพท์แสง ในปี พ.ศ. 2473 (ค.ศ.1930) เริ่มมีการนำเส้นใยแก้วเล็กๆ มามัดรวมกันเป็นท่อที่ใหญ่ขึ้น เพื่อให้นำแสงจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ทำให้เทคโนโลยีการสื่อสารข้อมูลด้วยแสงเริ่มเป็นที่สนใจในเวลาต่อมา ในปี พ.ศ. 2491 (ค.ศ. 1948) และโครงสร้างของการใช้เส้นใยแก้วเล็กๆ มามัดรวมเป็นเส้น ได้ถูกพัฒนาให้ใช้ได้ดี กับอุปกรณ์ที่เรียกว่าเอนโดสโคป (Endoscope) ที่ให้นำสัญญาณภาพในรูปของแสงในปี พ.ศ. 2493 (ค.ศ.1950)

ในส่วนของการนำสัญญาณแสงที่มีโครงสร้างของแก้วสองส่วนในลักษณะเช่นเดียวกับเส้นใยแก้ว เริ่มมีการทำวิจัยและนำเสนอรูปแบบและหลักการขึ้นในช่วงปี พ.ศ. 2509 (ค.ศ.1966) โดยบทความของ เคา (Kao) กับฮอกเกอร์แฮม (Hockerham) และบทความของ เวิร์ด (Werts) ในยุคแรกๆ เส้นใยแก้วที่ผลิตขึ้นจะมีค่าการลดทอนสัญญาณสูงมากถึง 1000 dB/Km ทำให้ไม่เป็นที่สนใจในการนำมาใช้เป็นสายส่งสัญญาณเช่นเดียวกับสายไฟทองแดง อีกทั้งยังมีปัญหาการเชื่อมต่อเส้นใยแก้วที่ทำให้เกิดการสูญเสียสัญญาณสูง ในปี พ.ศ. 2513 (ค.ศ.1970) บริษัทคอร์นิง (Corning) ของอเมริกา ได้ประสบผลสำเร็จในการผลิตเส้นใยแก้วจากเนื้อแก้วบริสุทธิ์ ที่สามารถนำมาใช้ในการสื่อสารข้อมูลเชิงพาณิชย์ได้เป็นรายแรกของโลก แม้ว่าเส้นใยแก้วที่ผลิตขึ้นในขณะนั้น จะมีค่าการลดทอนสัญญาณสูงถึง 20 dB/Km ก็ตาม และอีกไม่กี่ปีต่อมาเส้นใยแก้วได้ถูกพัฒนาให้มีค่าการลดทอนสัญญาณแสงที่ต่ำลงเหลือเพียง 5 dB/Km เช่นเดียวกับเทคโนโลยีการเชื่อมต่อเส้นใยแก้วที่ถูกพัฒนาให้ดีขึ้น จนทำให้ค่าการสูญเสียของจุดเชื่อมต้อมีค่าลดลงอย่างมาก จึงทำให้เส้นใยแก้วเริ่มเป็นที่สนใจอย่างแพร่หลายมากขึ้นนับแต่นั้นเป็นต้นมาจนกระทั่งปัจจุบันเส้นใยแก้วจะมีค่าการลดทอนสัญญาณที่ต่ำมาก

เทคโนโลยีของเส้นใยแก้วเริ่มมีบทบาทในการสื่อสารข้อมูลเป็นอย่างมาก ก็เนื่องมาจากเทคโนโลยีของสารกึ่งตัวนำหรือเซมิคอนดักเตอร์ (semiconductor) ในการผลิตแหล่งกำเนิดแสงเช่น แอลอีดี (LED) และเลเซอร์ไดโอด (Laser Diode) รวมทั้งการผลิตอุปกรณ์รับแสงหรือโฟ

โฟโตดีเทคเตอร์ (Photodetector) ซึ่งมีขนาดเล็ก เหมาะกับการนำมาใช้งานร่วมกับเส้นใยแก้วได้อย่างเหมาะสม

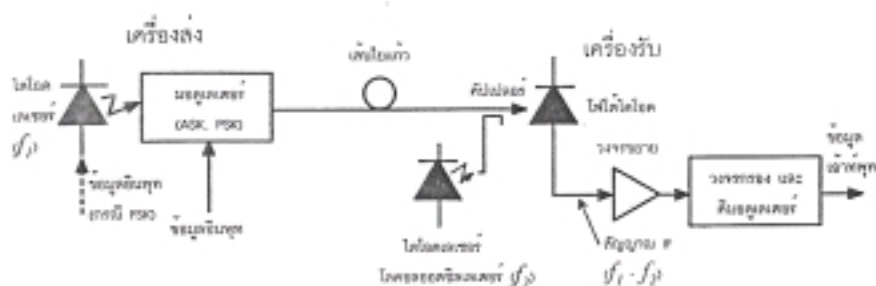
ในช่วงแรกของการผลิตเลเซอร์ไดโอด (ซึ่งถือเป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มีบทบาทสำคัญในการใช้งานเส้นใยแก้ว) มักใช้สารประกอบอัลลอยของแกลเลียมอะเซไนด์ เช่น AlGaAs ซึ่งสามารถเปล่งแสงออกมาในย่านอินฟราเรดระหว่าง 800 – 900 นาโนเมตร ในลักษณะของพัลส์อีกทั้งมีอายุการใช้งานสั้นไม่เกิน 10,000 ชั่วโมง เท่านั้น ในเวลาต่อมา เทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำของเลเซอร์ไดโอดได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในช่วงเวลาที่ขนานกับการพัฒนาของเส้นใยแก้วในปัจจุบันเลเซอร์ไดโอดสามารถผลิตแสงได้หลายย่านความยาวคลื่น ทั้งในช่วงที่ตามองเห็นและช่วงของอินฟราเรด โดยแสงที่ผลิตออกมา มีทั้งลักษณะที่เป็นพัลส์และแสงต่อเนื่อง อีกทั้งมีอายุการใช้งานที่นานขึ้นกว่าเดิมมาก

เทคโนโลยีของเส้นใยแก้วในปัจจุบันก็ได้รับการพัฒนาขึ้นไปมากเช่นกัน ไม่ว่าจะเป็นโครงสร้างของเส้นใยแก้ว ระบบสื่อสารที่ใช้เส้นใยแก้ว รวมทั้งอุปกรณ์ทางแสงที่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างเช่น ก่อนหน้านี้คนทั่วไปมักคุ้นเคยกับเส้นใยแก้วชนิดโหมดเดี่ยวธรรมดาที่มีค่าการลดทอนสัญญาณต่ำๆ น้อยกว่า 0.2 dB/km และมีค่าดิสเพอร์ชันต่ำมากที่ความยาวคลื่นประมาณ 1.3 ไมครอน แต่ในปัจจุบัน เส้นใยแก้วมีหลายชนิดมากขึ้น เช่น ชนิด DSF (Dispersion Sifted Fiber) เป็นเส้นใยแก้วที่มีค่าดิสเพอร์ชันต่ำที่ค่าความยาวคลื่นประมาณ 1.55 ไมครอน เส้นใยแก้วชนิด PMF (Polarisation Maintaining Fiber) เป็นเส้นใยแก้วที่คงสถานะทางโพลาไรซ์เซชันของแสงได้ตลอดการเดินทาง ชนิด EDF (Erbium-Doped Fiber) เป็นเส้นใยแก้วที่ใช้ในการขยายสัญญาณแสงในช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสม และชนิด Holey Fiber (Hf) ที่โครงสร้างของคอร์มีได้เป็นเนื้อแก้วตันโดยตลอด แต่จะมีโพรงอากาศเล็กๆ จัดเรียงกันอยู่ภายใน เป็นต้น

1.1.3 หลักการพื้นฐานของการสื่อสารทางแสง

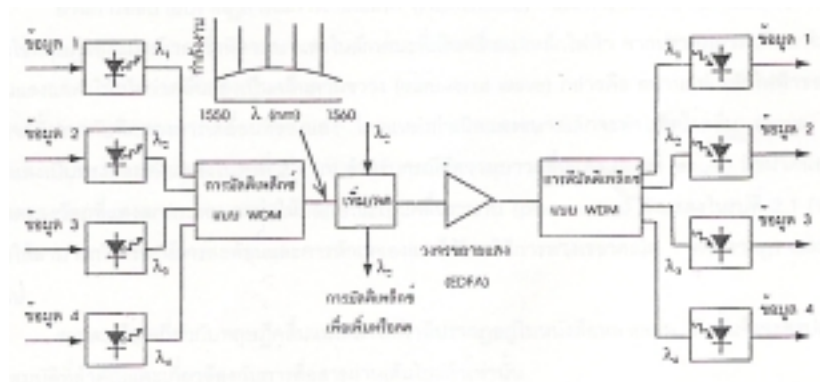
การส่งและรับสัญญาณในระบบสื่อสารทางแสงที่กล่าวมา จะคำนึงถึงเฉพาะกำลังงานของแสง โดยไม่คำนึงความถี่เฟส โดยที่การแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสงทำได้โดยการมอดูเลตค่าความเข้มแสง(intensity modulation) คล้ายการเปิดและปิดสวิทช์ และการตรวจจับแสงเป็นแบบโดยตรง (direct detection) เพื่อแปลงความเข้มแสงกลับเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่สัมพันธ์กัน วิธีการนี้มีข้อดีที่ระบบไม่มีความซับซ้อน และราคาถูก แต่มีข้อเสียคือแบนด์วิธแคบ ในปัจจุบันได้มีการสร้างไดโอดเลเซอร์ที่มีสเปกแคบมาก (ความถี่เดียว) ทำให้การตรวจจับด้วยหลักการของเฮเทอโรไดน์ และโฮโมไดน์เป็นไปได้ ในขณะที่การมอดูเลชันอาจทำได้ด้วยวิธีการ AM, FM และ PM

เช่นเดียวกับที่ใช้ในระบบไมโครเวฟ การใช้ระบบสื่อสารทางแสงดังกล่าวนี้ เรียกว่า การ สื่อสารแบบโคฮีเร้นท์ (รูปที่ 1.4) ซึ่งมีข้อดีเหนือระบบเก่าที่มีแบนด์วิธกว้างมาก ทำให้ส่งข้อมูลได้เป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ระบบสื่อสารทางแสงแบบโคฮีเร้นท์ยังมีค่าความไวของเครื่องรับที่สูงด้วย (สูงกว่าระบบเดิม ประมาณ 20 dB)

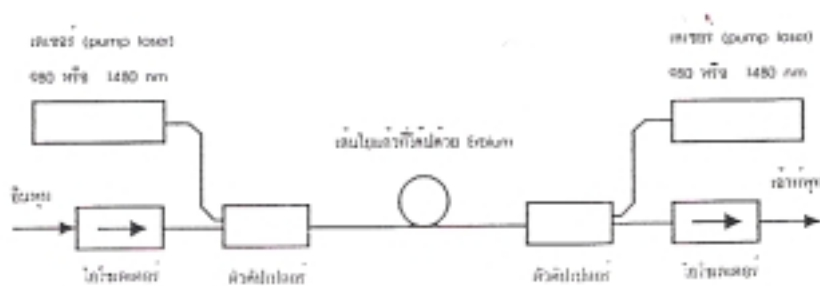


รูปที่ 1.4 ระบบสื่อสารทางแสงแบบโคฮีเร้นท์

การเพิ่มปริมาณของข้อมูลในการสื่อสารทางแสงทำได้ด้วยการมัลติเพล็กซ์ สำหรับในระบบการส่งข้อมูลดิจิทัลนิยมใช้การมัลติเพล็กซ์แบบ TDM (Time Division Multiplex) ส่วนในการส่งข้อมูลอนาล็อกมักใช้การมัลติเพล็กซ์แบบ FDM (Frequency Division Multiplex) ซึ่งระบบ TDM และ FDM เป็นการส่งสัญญาณแสงเพียงความยาวคลื่นเดียวเดินทางไปในเส้นใยแก้ว ซึ่งความเร็วในการส่งข้อมูลจะถูกจำกัดโดยคุณสมบัติการถ่างออก (dispersion) ต่อพลัสแสงของเส้นใยแก้ว อย่างไรก็ตาม การเพิ่มแบนด์วิธหรือปริมาณของข้อมูลในการสื่อสารทางแสงยังอาจทำได้ด้วยการส่งข้อมูลแต่ละช่องไปด้วยสัญญาณแสงที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกันบนเส้นใยแก้วเส้นเดียว เรียกว่า การมัลติเพล็กซ์แบบ WDM (wavelength division multiplex) ซึ่งความยาวคลื่นใช้งานจะอยู่ในช่วง 1530 ถึง 1565 nm โดยระยะห่างระหว่างช่องสัญญาณหรือแต่ละความยาวคลื่นจะถูกกำหนดเป็นมาตรฐาน ITU (ความถี่ห่างกัน 100GHz) ซึ่งจำนวนช่องสัญญาณอาจเป็น 4, 8, 16 หรือ 32 ช่อง รูปที่ 1.5 แสดงการมัลติเพล็กซ์แบบ WDM 4 ช่องสัญญาณ โดยใช้ความยาวคลื่น $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ และ λ_4 การเพิ่มหรือลดช่องสัญญาณอาจกระทำได้ระหว่างทาง สำหรับกรณีที่ระยะทางไกลมากอาจต้องใช้ตัวขยายแสง (Optical amplifier) เพื่อขยายขนาดของสัญญาณแสง การใช้ตัวขยายแสงทำให้ไม่จำเป็นต้องมีสถานีทวนสัญญาณเพื่อแปลงสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้าก่อน แล้วมอดูเลตกลับเข้าไปในเส้นใยแก้วอีก ซึ่งนับเป็นข้อดีต่อระบบมัลติเพล็กซ์แบบ WDM เพราะทำให้ระบบลดความซับซ้อน และมีราคาถูก



รูปที่ 1.5 การมัลติเพล็กซ์ความยาวคลื่น (WDM)



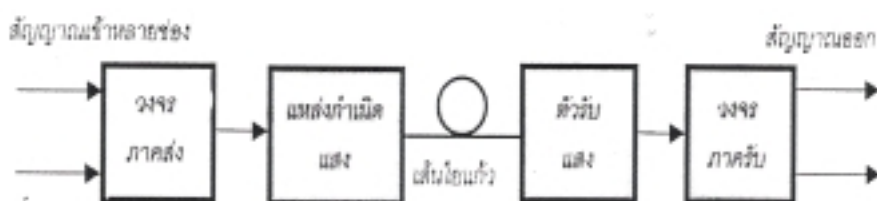
รูปที่ 1.6 วงจรขยายสัญญาณแสง EDFA

รูปที่ 1.6 แสดงแผนภาพของวงจรขยายแสงที่ใช้ Erbium-doped fiber (EDFA) ซึ่งการขยายแสงจะต้องอาศัยการป้อนกำลังงานแสงจากไดโอดเลเซอร์ (ความยาวคลื่น 980 หรือ 1480 nm) เข้าสู่เส้นใยแก้วที่ตอนต้นและท้ายของวงจรโดยใช้ตัวคัปเปอ์ ซึ่งถ้ากำลังงานแสงจากเลเซอร์สูงพอจะทำให้เกิดการขยายสัญญาณแสงที่ความยาวคลื่นระหว่าง 1530 ถึง 1570 nm ปกติวงจรขยายสัญญาณแสง EDFA จะมีสัญญาณรบกวนต่ำ (3-4 dB noise figure) มีอัตราขยายสูงมาก (40 dB) และให้กำลังเอาต์พุตสูง (มากกว่า 50 mW) ดังนั้น จึงได้มีการนำวงจรขยายสัญญาณแสง EDFA มาใช้ในระบบสื่อสารทางแสงใต้มหาสมุทร ตัวอย่างของระบบได้แก่ โครงการวางเคเบิลใยแก้วข้ามมหาสมุทรแปซิฟิก (โครงการ TPC-5) ซึ่งมีระยะทางถึง 8600 กม. โดยใช้วงจรขยายสัญญาณแสง EDFA จำนวน 260 วงจร

1.1.4 องค์ประกอบของระบบคลื่นแสง

หลักการทำงานของระบบสื่อสารโดยใช้เส้นใยแก้วนำแสง แสดงดังรูป 1.7 วงจรภาคส่งจะทำหน้าที่จัดรูปสัญญาณ ด้วยวิธีการเข้ารหัสและมอดูเลต ส่วนใหญ่ข้อมูลมักจัดอยู่ในรูปของสัญญาณดิจิทัล จากนั้นวงจรที่เป็นแหล่งกำเนิดแสงหรือไดโอดเปล่งแสงจะแปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ได้ให้เป็นสัญญาณส่งไปยังสถานีรับเรียกว่า (Electrical to Optical Converter) หรือ E/O Converter โดยมีเส้นใยแก้วทำหน้าที่เป็นท่อนำหรือสายส่งสัญญาณ ที่สถานีรับจะมีโฟโตดีเทกเตอร์ (PD: Photodetector) เช่น โฟโตไดโอด (Photodiode) และโฟโตทรานซิสเตอร์ (Phototransistor) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงที่ได้รับได้ให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า เรียกว่า Optical to Electrical Converter หรือ O/E Converter แล้วส่งไปยังวงจรภาครับเพื่อถอดรหัสและดีมอดูเลตสัญญาณ ทำให้ได้สัญญาณที่มีลักษณะเดียวกับสัญญาณเดิม และใช้เป็นข้อมูลขาออกเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

ในช่วงระหว่างสถานีส่งสัญญาณและสถานีรับสัญญาณที่เชื่อมด้วยเส้นใยแก้ว จะต้องมีส่วนขยายสัญญาณ (Repeater) ทำหน้าที่ขยายและจัดรูปสัญญาณที่เกิดการผิดเพี้ยนไปในระหว่างการเดินทาง ในการใช้งานจริง ระยะห่างระหว่างสถานีทวนสัญญาณ (Repeater Spacing) จะมีค่าประมาณ 30-50 กิโลเมตร โดยจะขึ้นกับขนาดหรือปริมาณของข้อมูลที่ใช้รับส่ง ตัวอย่างเช่น ระบบสื่อสารด้วยเส้นใยแก้วที่ออกแบบทดลองโดยบริษัท AT&T ร่วมกับบริษัท KDD เมื่อปี ค.ศ. 1995 สามารถรับส่งสัญญาณข้อมูลที่มีขนาด 2 Gb/s (สองพันล้านบิตในหนึ่งวินาที) ไปเป็นระยะทาง 2,200 กิโลเมตร โดยมีสถานีทวนสัญญาณเพียง 25 สถานี ในทุกๆ ระยะ 80 กิโลเมตร เป็นต้น



รูปที่ 1.7 แสดงระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแก้ว

1.1.4.1 ภาควงสัญญาณแสง

อุปกรณ์ที่เป็นหัวใจสำคัญ ที่ทำให้ระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแก้วนำแสงแตกต่างจากระบบสื่อสารทั่วไป คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับส่งสัญญาณแสงที่ให้นำข้อมูลไปในเส้นใยแก้ว โดยมีแหล่งกำเนิดเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง (E/O Converter) ซึ่งตัวอย่างของแหล่งกำเนิดแสงที่เราคุ้นเคยก็คือหลอดไฟนั่นเอง อย่างไรก็ตาม แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในระบบสื่อสารด้วยเส้นใยแก้ว จำเป็นต้องมีคุณสมบัติบางประการ เพื่อให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานร่วมกับเส้นใยแก้ว จำเป็นต้องมีคุณสมบัติบางประการ เพื่อให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานร่วมกับเส้นใยแก้วซึ่งมีขนาดเล็ก ดังต่อไปนี้

- 1) สามารถให้แสงที่มีพลังงานหรือความเข้มแสงมากพอที่จะทำให้สัญญาณแสงสามารถเดินทางไปได้ตลอดระยะทางของการสื่อสาร
- 2) โครงสร้างของแหล่งกำเนิดแสงต้องสามารถส่งพลังงานแสงส่วนใหญ่หรือทั้งหมดเข้าไปในเส้นใยแก้วที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็กได้ นั่นคือ มุมของการเปล่งแสงออกจากแหล่งกำเนิดต้องมีมุมแคบๆ และมีทิศทางที่แน่นอน ในกรณีที่แสงจากแหล่งกำเนิดมีลักษณะกระจายเป็นมุมกว้าง อาจใช้อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รวมแสง เช่น เลนส์นูน เข้ามาช่วย เพื่อรวมแสงส่วนใหญ่ให้พุ่งเข้าเส้นใยแก้ว
- 3) ความยาวคลื่นของแสงที่ได้ต้องมีความเหมาะสมกับเส้นใยแก้วที่ใช้ ในระบบสื่อสารใยแสง ความยาวคลื่นแสงที่เหมาะสมกับเส้นใยแก้วมากที่สุด มีค่าประมาณ 1.55 ไมครอน รองลงมาได้แก่ 1.3 ไมครอน และ 0.82 ไมครอน
- 4) ไลน์วิธ (Line Width) หรือแถบความกว้างสเปกตรัม (spectral width) ของแสงที่เปล่งออกมา จะต้องมิต้าน้อยๆ เพื่อลดปัญหาการเกิดดิสเพอร์ชัน (dispersion) ทำให้สามารถส่งข้อมูลปริมาณมากๆ หรือมีอัตราการส่งข้อมูลสูงๆ ได้
- 5) ช่วงเวลาตอบสนอง (response time) ของแหล่งกำเนิด หรือช่วงเวลาที่แหล่งกำเนิดได้รับสัญญาณไฟฟ้า แล้วสร้างสัญญาณแสงออกมา ต้องมีค่าสั้นมากๆ อันจะมีผลทำให้ได้วงจรขับสัญญาณแสง สามารถส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงหรือมีปริมาณมากๆ ได้ดี
- 6) กำลังงานแสงต้องมีค่าคงที่ต่อเนื่องตลอดเวลา และไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ อันเนื่องมาจากผลของอุณหภูมิ และสภาพแวดล้อมขณะใช้งาน

โดยทั่วไปการเลือกใช้แหล่งกำเนิดจะขึ้นอยู่กับระบบ เช่น ในระบบที่มีระยะทางสื่อสารไม่ไกลนัก หรือระบบที่ใช้ในการศึกษา อาจใช้แอลอีดี (Light Emitting Diode:LED) เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณได้ ส่วนในระบบที่ต้องการประสิทธิภาพสูงๆ จะใช้แสงเลเซอร์เป็นตัวนำข้อมูล จึงมักเลือกใช้เลเซอร์ไดโอด (Laser Diode:LD) หรือเครื่องกำเนิดแสงเลเซอร์ชนิดต่างๆ ก็ได้ ในที่นี้จะ

กล่าวถึงอุปกรณ์กำเนิดแสงที่เป็นแอลอีดี และเลเซอร์ไดโอดเป็นหลัก เพราะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันมาในระบบสื่อสารด้วยเส้นใยแก้ว

แอลอีดี หรือ (Light Emitting Diode) หมายถึงไดโอดที่ถูกออกแบบโครงสร้างให้สามารถทำงานเปล่งแสงออกมาได้ เมื่อมีการไบแอสที่ถูกต้อง

เลเซอร์ไดโอด หรือ (Laser Diode) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำประเภทเดียวกับไดโอด แต่ถูกออกแบบให้สามารถเปล่งแสงเลเซอร์ออกมาได้ ลักษณะของแสงเลเซอร์เป็นแสงที่เป็นระเบียบหรือเป็นแสงโคฮีเรนต์(Coherent) คือคลื่นแสงที่เปล่งออกมาจะมีเฟสตรงกัน และมีทิศทางการพุ่งออกของแสงไปในทิศทางเดียวกัน (directivity) ทำให้แสงเลเซอร์เสมือนเป็นลำแสงขนาน และมีความเข้มแสงสูงมาก การใช้งานเลเซอร์ไดโอดในระบบสื่อสารค่อนข้างยุ่งยากในการออกแบบวงจร เพราะวงจรต้องมีประสิทธิภาพ และความเที่ยงตรงสูง ในการใช้งานเลเซอร์ไดโอดอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่ตัวเลเซอร์ไดโอด จะทำให้คุณสมบัติการตอบสนองต่อค่ากระแสขั้วเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งจะส่งผลให้ความเข้มแสงที่เปล่งออกจากเลเซอร์ไดโอดมีค่าลดลง แม้ว่ากระแสขั้วจะมีค่าคงที่ก็ตาม ทำให้ระบบไม่สามารถทำงานตามที่ต้องการได้ จึงมักมีการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับระบายความร้อนให้กับตัวเลเซอร์ไดโอดที่ต้องทำงานติดต่อกันนาน

1.1.4.2 ภาครับสัญญาณแสง

อุปกรณ์รับสัญญาณแสงหรือที่รู้จักกันดีในนามของโฟโตดีเทกเตอร์ (photodetector :PD) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณข้อมูลทางไฟฟ้า โฟโตดีเทกเตอร์ที่สำคัญ คือ โฟโตไดโอด (Photodiode) และโฟโตทรานซิสเตอร์(Phototransistor) คุณสมบัติที่สำคัญของโฟโตดีเทกเตอร์ ในระบบสื่อสารด้วยเส้นใยแก้วได้แก่

- 1) ต้องมีความไวในการรับแสงได้ดี (high sensitivity) เฉพาะในช่วงความยาวคลื่นที่ต้องการ เนื่องจากการส่งสัญญาณแสงจะใช้ความยาวคลื่นแสงในช่วงเฉพาะ ดังนั้นหากแสงอื่นที่มีความยาวคลื่นไม่เกี่ยวข้องกันมาตกกระทบพร้อมกัน ย่อมทำให้เกิดสัญญาณรบกวนและอาจทำให้ข้อมูลเกิดการผิดพลาดได้
- 2) เวลาในการตอบสนองสัญญาณ (response time) ต้องสั้นมาก กล่าวคือเมื่อมีแสงตกกระทบโฟโตดีเทกเตอร์ต้องเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าด้วยเวลาที่สั้นที่สุด เพื่อที่ว่าข้อมูลจำนวนมากสามารถรับส่งด้วยความเร็วสูงได้
- 3) ในระบบสื่อสารแบบอนาล็อกต้องใช้โฟโตดีเทกเตอร์ชนิดลิเนียร์(linear) หรือตอบสนองต่อสัญญาณที่รับได้ในลักษณะเชิงเส้น เพื่อลดการผิดเพี้ยนของสัญญาณลงน้อยที่สุด
- 4) สัญญาณรบกวนภายในอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมต้องมีค่าน้อยที่สุด

- 5) ต้องมีแบนด์วิธ(band width) เพียงพอสำหรับค่าอัตรา(data rate) สูงๆ
- 6) ในการรับแสงนั้น อุปกรณ์รับแสงต้องไม่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

1.2 ข้อดีและข้อด้อยของเส้นใยแก้ว

1.2.1 ข้อดีของเส้นใยแก้ว

ระบบสื่อสารทางแสงมีข้อดีเหนือระบบสื่อสารแบบอื่นๆ หลายประการ ในหัวข้อนี้จะอธิบายข้อดีของระบบสื่อสารทางแสงบางประการ

1. แบนด์วิธกว้าง

เนื่องจากความถี่ของแสงมีค่าสูงมาก ประมาณ 10^{13} - 10^{16} HZ ทำให้ระบบสื่อสารทางแสงมีแบนด์วิธที่กว้างกว่าระบบสื่อสารอื่นๆ มาก ในปัจจุบันแบนด์วิธของระบบสื่อสารทางแสงมีค่าหลาย GHZ ในขณะที่แบนด์วิธของระบบสื่อสารที่ใช้สายเคเบิลสูงสุดประมาณ 500 MHz และการสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุในย่านมิลลิเมตรเวฟจะมีค่าแบนด์วิธประมาณ 700 MHz เท่านั้น ดังนั้น ระบบสื่อสารทางแสงจึงเป็นระบบที่ส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูง และมีความจุของข้อมูลมาก

2. ขนาดเล็กและน้ำหนักเบา

เส้นใยแก้วที่ใช้เป็นสื่อกลางในระบบสื่อสารทางแสงนั้นมีขนาดเล็กมาก โดยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยแก้วมีขนาดเล็กกว่าเส้นผมของมนุษย์ และเส้นใยแก้วยังทำจากซิลิกา จึงทำให้น้ำหนักเบาเมื่อเปรียบเทียบกับสายเคเบิลที่ทำจากทองแดง ตัวอย่างระบบเรดาร์เรอรัปที่ทันสมัยซึ่งใช้สายเคเบิลยาว 750 ฟุต จะมีน้ำหนักประมาณ 7 ตัน หรือมีเส้นผ่าศูนย์กลางรวมกันไม่น้อยกว่า 18 นิ้ว ถ้าระบบเปลี่ยนไปใช้เส้นใยแก้วแทนจะมีน้ำหนักเพียง 19 กก. และเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 1 นิ้ว ในปัจจุบันได้มีการนำระบบสื่อสารทางแสงมาใช้ในเครื่องบิน และงานด้านอวกาศอย่างกว้างขวาง เพื่อลดน้ำหนักของระบบสื่อสาร

3. การแยกทางไฟฟ้า

เส้นใยแก้วสร้างจากซิลิกา หรือพลาสติก ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า จึงไม่มีปัญหาในเรื่องของการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าเช่นปรากฏในการใช้สายทองแดง ไม่มีปัญหาในเรื่องกราวด์ลูป นอกจากนี้การใช้เส้นใยแก้วตัดปัญหาเรื่องการลัดวงจรไฟฟ้า การสปาร์คหรืออาร์คของกระแสไฟฟ้าอย่างสิ้นเชิง

4. ปลอดภัยจากการรบกวน

การสื่อสารด้วยแสงจะปลอดภัยจากปัญหาของการรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI) จากความถี่วิทยุ(RFI) หรือจากพัลส์แม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากการสวิตช์ (EMP) ทำให้ไม่มีผลการรบกวน

ต่อข้อมูลข่าวสารจากสภาพแวดล้อม และไม่มีการรบกวนกันเองระหว่างสัญญาณในเส้นใยแก้ว ดังที่มักปรากฏในระบบสื่อสารแบบอื่น นอกจากนี้การใช้เส้นใยแก้วยังไม่เป็นสื่อเมื่อเกิดฟ้าผ่าอีกด้วย

5. ความปลอดภัยของข้อมูลสูง

สัญญาณแสงในเส้นใยแก้วจะไม่มีการแผ่ออกจากเส้นใยแก้ว หรือมีในปริมาณที่น้อยมากๆ ทำให้การสื่อสารแบบนี้มีความปลอดภัยสูง อีกทั้งการลักลอบหรือดักจับข้อมูลข่าวสารยังเป็นไปได้อย่างยาก เพราะต้องมีการตัดต่อเคเบิลใยแก้ว และดึงกำลังงานแสงออกจากเส้นใยแก้ว ทำให้สามารถตรวจสอบการลักลอบได้ ดังนั้นการสื่อสารทางแสงจึงเหมาะกับระบบที่ต้องการความปลอดภัยของข้อมูลสูง อาทิ งานด้านการทหาร และการธนาคาร

6. การสูญเสียต่ำมาก

การพัฒนาเส้นใยแก้วตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา เป็นผลให้สามารถผลิตเส้นใยแก้วที่มีการสูญเสียต่ำมาก โดยที่เส้นใยแก้วในปัจจุบันมีการสูญเสียประมาณ 0.2 dB/km ทำให้สามารถใช้กับการสื่อสารทางไกลได้ดี โดยไม่ต้องมีสถานีทวนสัญญาณ หรือมีจำนวนน้อย ซึ่งนับเป็นข้อได้เปรียบหลักของการสื่อสารทางแสงเมื่อเทียบกับการสื่อสารระบบอื่น

7. ความเชื่อถือได้สูง

จากการที่ระบบสื่อสารทางแสงต้องการสถานีทวนสัญญาณจำนวนน้อย จึงทำให้ระบบมีความเชื่อถือได้สูงเมื่อเปรียบเทียบกับระบบสื่อสารแบบอื่น อีกทั้งลดปัญหาของค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง ซึ่งปรกติแล้วอุปกรณ์ทางแสงจะมีอายุการใช้งานนานไม่ต่ำกว่า 20 ถึง 30 ปี

8. ราคาถูก

เส้นใยแก้วนั้นทำจากซิลิกา หรือทราย ซึ่งเป็นวัตถุดิบที่มีอยู่ทั่วไปเป็นจำนวนมาก ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับสายทองแดงจึงนับว่าเส้นใยแก้วมีราคาถูกกว่ามาก แต่อุปกรณ์อื่นๆ ในระบบสื่อสารทางแสงยังนับว่ามีราคาแพง อาทิ ไดโอดเลเซอร์ และโฟโตนิกสวิตช์ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากมีแบนด์วิธกว้างจึงทำให้ราคาต่อช่องสัญญาณของระบบสื่อสารทางแสงมีราคาถูกกว่าการสื่อสารแบบอื่น

1.2.2 ข้อดีของเส้นใยแก้ว

1. เส้นใยแก้วมีความเปราะบาง แตกหักได้ง่ายเมื่อมีแรงภายนอกมากกระทำ แม้ว่าตัวเส้นใยแก้วจะถูกป้องกันด้วยโค้ดดิ้งและโครงสร้างของสายเคเบิล แต่ในการติดตั้งจำเป็นต้องมีการทำงานกับเส้นใยแก้วเปลือยอยู่บ้าง จึงต้องใช้ความชำนาญ และความระมัดระวังพอสมควร
2. เคเบิลเส้นใยแก้วไม่สามารถจัดวางให้มีรัศมีการโค้งงอน้อยๆ ได้ เหมือนสายไฟเพราะจะทำให้เส้นใยแก้วภายในแตกหักได้ อีกทั้งอาจทำให้เกิดการสูญเสียสัญญาณแสงออกไปในแคลคดิง ระหว่างที่แสงกำลังเดินทางอยู่ภายในเส้นใยแก้ว ทำให้สัญญาณไม่สามารถเดินทางได้ไกลตามที่ควรจะเป็น
3. ในการติดตั้งระบบสายส่งเคเบิลเส้นใยแก้ว ต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์พิเศษ รวมทั้งต้องอาศัยทักษะ ความชำนาญ ความประณีต และความสะอาด ในการทำงานพอสมควร ซึ่งเครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีคุณภาพสูงสำหรับงานด้านนี้ ค่อนข้างจะมีราคาสูงทีเดียว

ตารางที่ 1.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างเคเบิลเส้นใยแก้วกับเคเบิลสายไฟฟ้าทองแดง

	เคเบิลทองแดง (สายโคแอกเชียล)	เคเบิลเส้นใยแก้ว
ขนาดและน้ำหนัก	ขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมาก	ขนาดเล็กและเบากว่า
ค่าการลดทอนสัญญาณ (ระยะห่างระหว่างสถานี)	สูงกว่า (2-5 กิโลเมตร)	น้อยกว่ามาก (10-80 กิโลเมตร)
ความจุปริมาณข้อมูล หรือ อัตราการส่งข้อมูล	สูงสุดไม่เกิน 300 Mb/s	มากมายมหาศาล มากกว่า 80 Gb/s
สัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า	เกิดจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	ไม่มี
ต้นทุนต่อระบบต้นทุนต่อหน่วยข้อมูล	ถูก - แพง แพงกว่า	ปานกลาง - แพงมาก ถูกกว่ามาก
ความปลอดภัยของข้อมูล	ต่ำ	สูงมาก

1.3 ประโยชน์และเทคโนโลยีการใช้งานของเส้นใยแก้ว

1.3.1 ประโยชน์และการใช้งานเส้นใยแก้ว

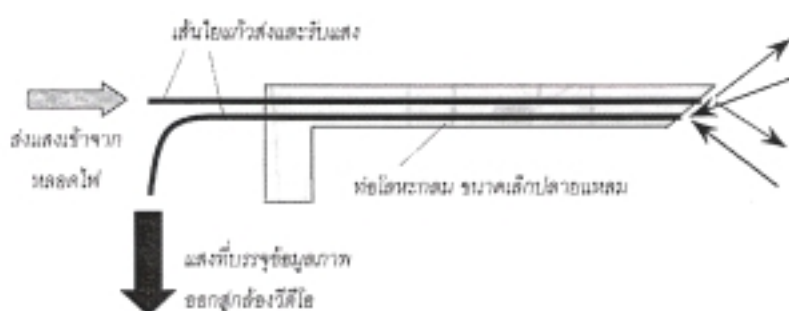
การที่เส้นใยแก้วมีคุณสมบัติในการนำสัญญาณแสงได้ดี ร่วมกับคุณสมบัติของแสงที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งทำให้แสงสามารถใช้เป็นตัวกลางในการนำข้อมูลรวมไปด้วย (ในรูปของสัญญาณแสงที่ไม่ใช้สัญญาณไฟฟ้า) จึงได้มีการนำเส้นใยแก้วมาใช้ประโยชน์ต่าง ๆ มากมายหลายด้าน โดยอาจแบ่งประเภทการใช้งานหลัก ได้ดังต่อไปนี้

1.3.1.1 การใช้งานด้านการแพทย์

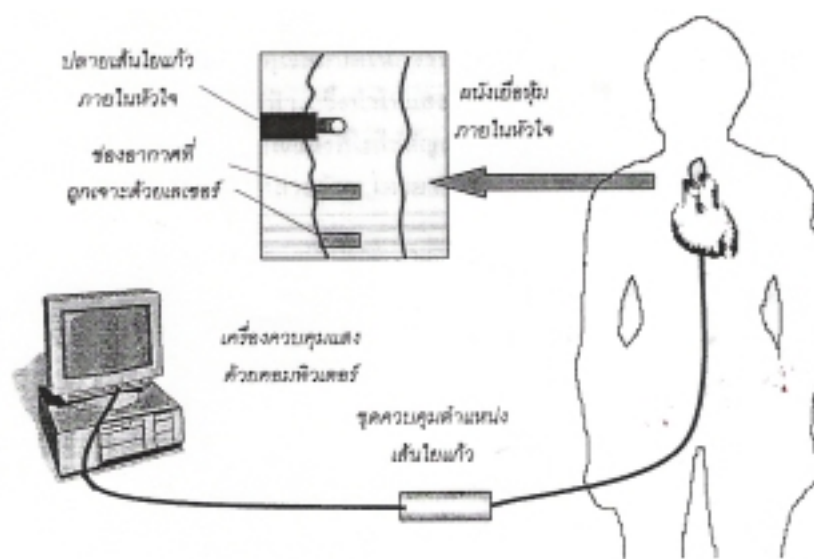
การนำเส้นใยแก้วมาประยุกต์ใช้งานในชีวิตประจำวัน มิได้ผูกขาดอยู่กับการสื่อสารโทรคมนาคมที่หลายคนคุ้นเคยเท่านั้น แต่มันยังมีประโยชน์ในด้านอื่นอีกมากมาย ตัวอย่างแรกที่โทรคมนาคมที่หลายคนคุ้นเคยเท่านั้น แต่มันยังมีประโยชน์ในด้านอื่นอีกมากมาย ตัวอย่างแรกที่จะกล่าวถึงได้แก่การใช้งานทางการแพทย์ สมัยก่อนเวลาหมอจะผ่าตัดเนื้ออวัยวะเล็กๆ ที่อยู่ภายในร่างกายออกมา หมอจะต้องใช้มีดกรีดผิวหนังให้เป็นช่องทางสำหรับนำมีดผ่าตัดเข้าไปตัดเนื้อร้ายภายในที่ต้องการ จากนั้นก็ทำการเย็บปิดปากแผล คนไข้อาจจะต้องนอนโรงพยาบาลเพื่อพักฟื้นและคอยควบคุมไม่ให้แผลติดเชื้อไประยะหนึ่ง ก่อนที่แผลจะสมานกันเหมือนเดิม ซึ่งอาจต้องใช้เวลาหลายวัน ด้วยเทคโนโลยีของเส้นใยแก้ว สามารถสร้างเป็นเครื่องมือเอ็นโดสโคป(Endoscope) ซึ่งมักจะประกอบด้วยเส้นใยแก้วสองเส้น แพทย์จะสอดเครื่องมือดังกล่าวนี้เข้าไปในร่างกายของคนไข้ เนื่องจากเส้นใยแก้วมีขนาดเล็กอยู่แล้ว เลยทำให้เครื่องมือที่มีขนาดเล็กสามารถสอดเข้าไปในร่างกายคล้ายกับเข็มที่มีขนาดใหญ่จะเข้าไป ทำให้ไม่ต้องทำลายเนื้อเยื่อในส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องมากนัก เมื่อเครื่องมือนี้อยู่ภายในร่างกาย เครื่องควบคุมก็จะส่งแสงผ่านเข้าไปตามเส้นใยแก้วเส้นหนึ่ง แล้วพุ่งออกไปกระทบกับส่วนที่อยู่ภายในร่างกาย เมื่อแสงนี้ไปกระทบเนื้อเยื่อส่วนไหน ก็จะมีแสงสะท้อนกลับเข้ามายังเส้นใยแก้วอีกเส้นหนึ่ง แสงที่สะท้อนกลับมานี้จะบรรจุภาพของเนื้อเยื่อภายในร่างกายมาด้วย เมื่อแสงถูกส่งกลับเข้ามายังกล้องวิดีโอในชุดเครื่องมือควบคุม ก็จะแสดงผลให้เป็นสัญญาณภาพปรากฏบนจอมอนิเตอร์ให้แพทย์เห็น แพทย์จะใช้เครื่องมือนี้ค้นหาตำแหน่งที่ผิดปกติภายในร่างกาย เมื่อพบแล้วแพทย์ก็จะสอดเส้นใยแก้วอีกเส้นหนึ่งเข้าไปยังตำแหน่งที่พบผิดปกติภายในร่างกาย เมื่อพบแล้ว แพทย์ก็จะสอดเส้นใยแก้วอีกเส้นหนึ่งเข้าไปยังตำแหน่งที่พบเนื้ออกนั้น เส้นใยแก้วเส้นใหม่นี้จะต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ที่มีพลังงานสูง เมื่อเปิดสวิตช์ให้แสงเลเซอร์ทำงาน ก็จะมีแสงเลเซอร์ส่งยังตอนปลายของเส้นใยแก้ว แล้วพุ่งออกไปยังตำแหน่งของเนื้ออกเพื่อไปตัดหรือทำลายเนื้ออกนั้น เป็นอันเสร็จสิ้นกระบวนการ จะเห็นว่าด้วยเทคโนโลยีของเส้นใยแก้วนี้คนไข้จะมีความเจ็บปวดน้อยกว่าเพราะส่วนของร่างกายในส่วนที่ไม่

เกี่ยวข้องกับการรักษาได้รับผลกระทบน้อยมาก คนไข้ส่วนใหญ่สามารถกลับบ้านได้ทันทีหลังจบการรักษา และไม่ต้องพักฟื้นเป็นเวลานานด้วย

รูปที่ 1.9 เป็นตัวอย่างการนำเส้นใยแก้วมาใช้ในการรักษาโรคที่เกี่ยวข้องกับหัวใจที่มีปัญหาเกี่ยวกับการฟอกโลหิต อันเนื่องมาจากปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ แม้ว่ารายละเอียดในการ



รูปที่ 1.8 แสดงโครงสร้างของเครื่องมือแพทย์ชนิดเอ็นโดสโคปที่ใช้เส้นใยแก้วในการทำงาน



รูปที่ 1.9 แสดงการประยุกต์ใช้เส้นใยแก้วในการรักษาโรคที่เกี่ยวข้องกับหัวใจ

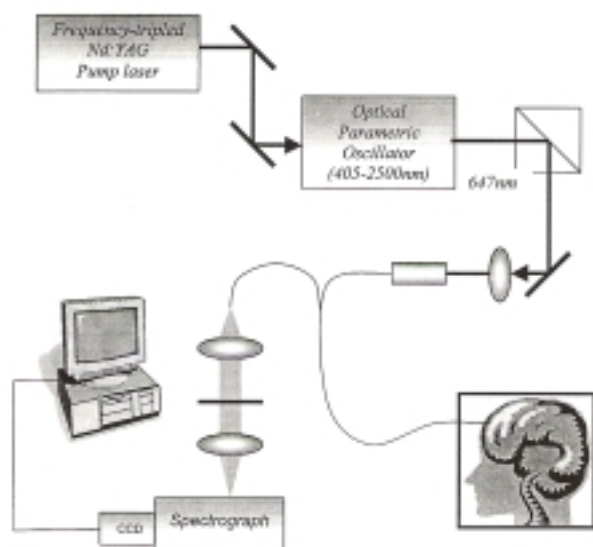
รักษาทางการแพทย์ค่อนข้างจะซับซ้อน แต่ก็พออธิบายอย่างง่ายๆ พอสังเขปได้ว่า แพทย์จะสอดเส้นใยแก้วเข้าไปในเส้นเลือดใหญ่ของร่างกายตรงบริเวณขาหนีบ (นั่นแสดงว่าเส้นใยแก้วที่ใช้ต้องมี

ขนาดเล็กกว่าเส้นเลือด) และจะค่อยๆ ดันเส้นใยแก้วไปตามเส้นเลือดนี้ จนถึงหัวใจในส่วนห้องล่างขวา จนถึงผนังหัวใจด้านใน แล้วจะส่งแสงเลเซอร์ผ่านเส้นใยแก้วนี้ แสงที่ออกจากปลายเส้นใยแก้วจะทำหน้าที่เหมือนมีดผ่าตัดเพื่อไปเจาะผนังหัวใจ ให้ก๊าซออกซิเจนรั่วซึมเข้ามาภายในหัวใจในส่วนนี้มากขึ้น ทำให้หัวใจมีประสิทธิภาพในการฟอกโลหิตได้ดียิ่งขึ้น เพราะมีปริมาณออกซิเจนมาไหลมากขึ้นนั่นเอง

รูปที่ 1.10 เป็นตัวอย่างของระบบเครื่องมือแพทย์อีกชนิดหนึ่ง ที่ใช้ระบบเส้นใยแก้วในการช่วยวิเคราะห์ส่วนเนื้อเยื่อสมอง โดยการส่งแสงผ่านเส้นใยแก้วเข้าไปที่เซลล์ของเนื้อเยื่อสมอง

ในส่วนที่ต้องการวิเคราะห์ทางด้านชีวการแพทย์ จากนั้นแสงสะท้อนจะถูกส่งกลับเข้ามาในเส้นใยแก้ว เพื่อนำข้อมูลแสงไปผ่านกระบวนการวิเคราะห์สเปกตรัมเชิงแสง แล้วทำการคำนวณและตีความหมายออกมาด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ผลลัพธ์ที่แสดงออกมาจะเป็นข้อมูลสำหรับแพทย์เพื่อทำการวินิจฉัยถึงความผิดปกติ โดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญต่อไป

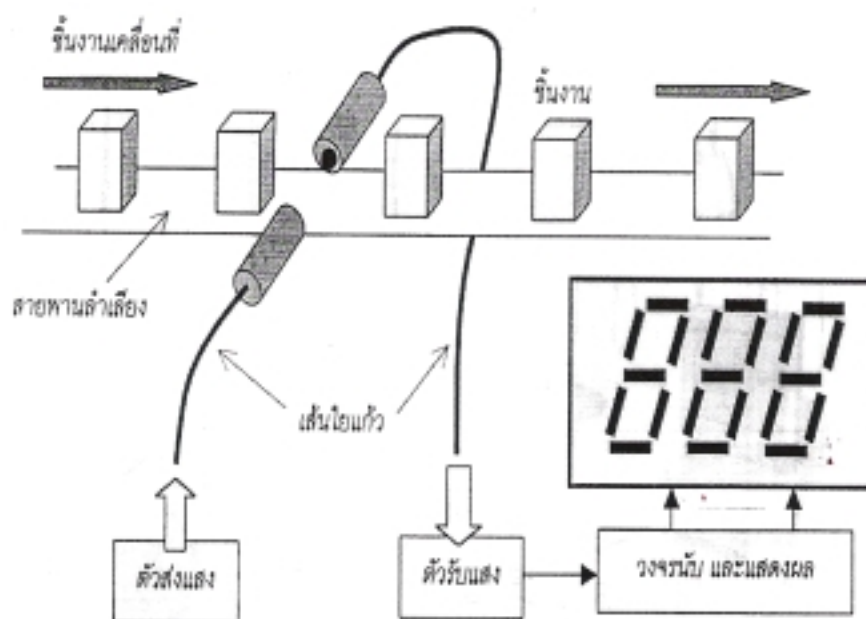
ระบบเครื่องมือแพทย์ที่มีเส้นใยแก้วเป็นส่วนประกอบสำคัญ ในการรับส่งข้อมูลก็ถือเป็นอีกตัวอย่างหนึ่ง ที่กำลังได้รับความนิยมมากในการใช้งานตามโรงพยาบาลต่างๆ โดยเฉพาะในห้องไอซียู (ICU : Intensive Care Unit) ทั้งนี้การส่งข้อมูลด้วยสายไฟฟ้า จากแต่ละจุดของคนไข้ รวมกันมายังศูนย์กลางมอนิเตอร์ เพื่อให้แพทย์และพยาบาลทราบถึงสถานะของคนไข้ อาจก่อให้เกิดเหนียวนาทางสนามแม่เหล็ก และการรบกวนทางไฟฟ้า ซึ่งสามารถส่งผลให้เกิดการประมวลผลข้อมูลผิดพลาด รวมทั้งข้อมูลสำคัญของคนไข้อาจคลาดเคลื่อนไป จนทำให้คนไข้ขาดการดูแลอย่างใกล้ชิดในช่วงเวลาเร่งด่วนได้ ซึ่งการใช้เส้นใยแก้วจะช่วยตัดปัญหาการรบกวนทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้าลงไปได้โดยสิ้นเชิง เท่าที่เห็นในปัจจุบันมีโรงพยาบาลหลายแห่งภายในประเทศ ที่ใช้เส้นใยแก้วเป็นตัวกลางสื่อสารข้อมูลในการดังกล่าวนี้



รูปที่ 1.10 แสดงเครื่องมือแพทย์ที่ใช้ระบบเส้นใยแก้วในการช่วยวิเคราะห์เนื้อเยื่อสมอง

1.3.1.2 การใช้งานเกี่ยวกับเครื่องมือวัดและตัวตรวจวัด

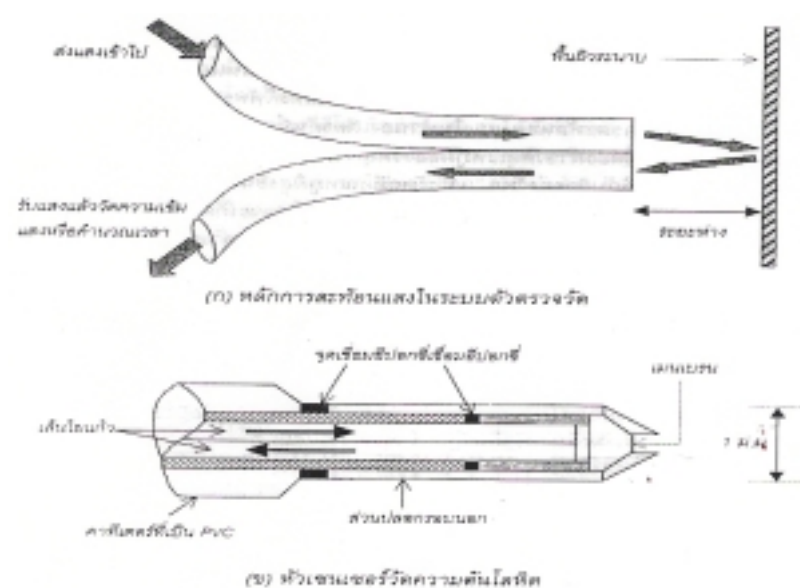
การนำเส้นใยแก้วมาใช้งานด้านตัวตรวจวัดหรือเซนเซอร์ (sensor) ก็กำลังเป็นที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นในงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก ไปจนถึงโครงการที่ลงทุนมหาศาล ตัวอย่างง่ายๆ ได้แก่ การนำเส้นใยแก้วมาประยุกต์ใช้ในการนับชิ้นงานในระบบงานอุตสาหกรรมดังแสดงในรูปที่ 1.11 ซึ่งมีหลักการโดยการส่งแสงเข้าไปในเส้นใยแก้วที่ติดตั้งไว้ใกล้กับสายพานลำเลียงชิ้นงาน แสงจากเส้นใยแก้วนี้จะถูกส่งไปยังเส้นใยแก้วอีกเส้นหนึ่ง ที่อยู่ด้านตรงข้ามกันของสายพาน แสงที่รับได้จะถูกนำโดยเส้นใยแก้วไปยังวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เมื่อชิ้นงานเคลื่อนที่ผ่านไปอย่างต่อเนื่อง วงจรอิเล็กทรอนิกส์ก็สามารถ วัดความแตกต่างของสัญญาณได้เป็นช่วงๆ ตามจำนวนชิ้นงานที่ผ่านไป เมื่อใช้วงจรนับวิเคราะห์ออกมา ก็สามารถแสดงจำนวนชิ้นงานได้บนจอแสดงผล



รูปที่ 1.11 แสดงการประยุกต์ใช้เส้นใยแก้วในการนับชิ้นงานในระบบอุตสาหกรรม

รูปที่ 1.12 เป็นอีกตัวอย่างหนึ่งของเซนเซอร์เส้นใยแก้วที่มีการค่อนข้างง่าย โดยอาศัยการวัดค่าความเข้มแสงที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา จากรูปที่ 1.19 (ก) เส้นใยแก้วสองเส้นจะถูกจัดวางให้ตอนช่วงปลายขนานติดกัน เส้นใยแก้วเส้นหนึ่งจะใช้สำหรับนำสัญญาณแสงจากแหล่งกำเนิดแสงส่งออกไปภายนอกที่ตอนปลาย แสงที่ถูกส่งออกไปจะกระทบกับผิวระนาบที่วาง

อยู่ด้านหน้า แล้วสะท้อนกลับออกมาเข้าเส้นใยแก้วอีกเส้นหนึ่ง เพื่อนำแสงไปยังตัวรับแสงที่สามารถแสดงค่าความเข้มแสงออกมาได้ หากระยะห่างระหว่างปลายเส้นใยแก้วที่ปล่อยและรับแสงกับพื้นผิวของวัตถุมีระยะใกล้หรือไกลแตกต่างกัน ความเข้มแสงที่รับได้ก็จะมีค่าแตกต่างกันด้วย นั่นก็คือความเข้มแสงที่วัดได้สามารถแสดงในเทอมที่เป็นฟังก์ชันของระยะห่างนี้ได้ เราก็สามารถนำไปประยุกต์ใช้วัดระดับของเหลวที่เปลี่ยนแปลงในภาชนะได้เช่นกัน



รูปที่ 1.12 แสดงหลักการทำงานของเซ็นเซอร์เส้นใยแก้ว

จากหลักการสะท้อนของแสงในทำนองเดียวกันนี้ อาจนำไปประยุกต์ใช้สำหรับงานด้านอุตสาหกรรมที่ต้องการวัดอุณหภูมิของวัตถุ โดยการนำปลายเส้นใยแก้วสำหรับรับส่งแสงไปวางไว้ใกล้กับผิวของวัตถุ เมื่อวัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะเกิดการขยายตัว ทำให้พื้นผิวเลื่อนเข้าหาเส้นใยแก้ว ในขณะที่เมื่ออุณหภูมิลดลงจะเกิดการหดตัว ระยะที่ห่างจะเพิ่มขึ้นออกไป ส่งผลให้ค่าความเข้มแสงที่วัดได้มีค่าแตกต่างกันตามระยะห่างที่เกิดขึ้น ดังนั้น เมื่ออุณหภูมิของวัตถุเปลี่ยนแปลงไปก็จะถูกคำนวณตีความและแสดงผลออกมาในที่สุด

1.3.1.3 การใช้งานในระบบสื่อสารโทรคมนาคม

เนื่องจากเส้นใยแก้วมีขนาดแบนด์วิดท์กว้างมากเมื่อเทียบกับสายเคเบิลทองแดง ทำให้สามารถส่งข้อมูลจำนวนมากจากหลายๆ แหล่งได้ ภายในช่วงเวลาเดียวกัน ลองคิดดูง่ายๆ ว่าหากระบบถูกออกแบบให้ใช้คลื่นแสงที่มีขนาดความยาวคลื่น 632 นาโนเมตร (แสงสีแดงมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า) หรือมีค่าความถี่ 4.7×10^{14} เฮิร์ตซ์ เป็นตัวส่งสัญญาณข้อมูลแบบอนาล็อก โดยกำหนดให้ช่วงแบนด์วิดท์ของการส่งข้อมูลมีเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ ของค่าความถี่แสงที่ใช้ จะได้แบนด์วิดท์ที่มีความกว้าง 4700 กิกะเฮิร์ตซ์ นั่นหมายความว่า เราสามารถส่งสัญญาณโทรทัศนได้เป็นไปได้ในทางปฏิบัติ เนื่องจากเทคโนโลยียังไม่ไปถึง ซึ่งในปัจจุบัน หลักการสำคัญที่ใช้ส่งสัญญาณหรือข้อมูลจำนวนมากไปพร้อมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขึ้นกับวิธีการเข้ารหัส การมอดูเลต และการมัลติเพล็กซ์สัญญาณในวงจรภาคส่ง ซึ่งจะได้อธิบายต่อไป

การนำเส้นใยแก้วเข้ามาในระบบสื่อสาร ถือเป็นการเปิดโลกกว้างของการสื่อสารได้อย่างโดดเด่น เพราะระบบนี้สามารถส่งข้อมูลที่มีปริมาณมากและหลายรูปแบบได้ในเวลาเดียวกัน ความหมายของการส่งข้อมูลหลายๆ ถ้าจะกล่าวแบบง่ายๆ ก็คือ การส่งข้อมูลได้เร็วมากนั่นเองลองพิจารณาดูว่าหากวางเส้นใยแก้วรอบโลกในแนวเส้นศูนย์สูตร ระยะทางรอบโลกนี้เมื่อคิดจากค่าของรัศมีโลกที่มีค่าเท่ากับ 6,378.2 กิโลเมตร จะมีระยะทางประมาณเกือบ 40,000 กิโลเมตร เมื่อนำเวลาที่ใช้แสงใช้ในการเดินทาง จากความเร็วของแสงที่มีค่าประมาณ 3 แสนกิโลเมตรต่อวินาที จะพบว่าภายในเวลาเพียงหนึ่งวินาที ข้อมูลแสงสามารถเดินทางรอบโลกได้ถึง 7 รอบครึ่ง

การนำเส้นใยแก้วมาใช้งานในระบบสื่อสาร จะใช้เฉพาะในส่วนที่เป็นสายส่งสัญญาณ (transmission line) โดยต้องทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลรูปแบบเดิมที่เป็นสัญญาณไฟฟ้า ให้เป็นสัญญาณแสงเสียก่อน จึงส่งเข้าไปในเส้นใยแก้วได้ ในขณะที่โครงสร้างของระบบสื่อสารในส่วนอื่นยังคงเป็นไปในทำนองเดิม เพียงแต่จะมีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นตามขีดความสามารถของเส้นใยแก้วเท่านั้น การที่แสงมีค่าความถี่สูงมากถึงขนาดพันล้านเฮิร์ตซ์ (10^{15} Hz) ทำให้สามารถส่งข้อมูลที่มีปริมาณมากได้ด้วย ซึ่งตรงนี้ก็ถือเป็นข้อได้เปรียบของระบบเส้นใยแก้วเมื่อเทียบกับระบบอื่นทั้งหลาย และด้วยเหตุนี้ ทำให้การใช้งานในระบบเส้นใยแก้วมิได้ถูกจำกัดเพียงการให้บริการเฉพาะด้านใดด้านหนึ่ง แต่จะสามารถเพิ่มบริการต่างๆ เข้าไปได้พร้อมกันในเวลาเดียวกัน ลักษณะ งานบริการต่างๆ อาจจำแนกตามชนิดของข้อมูล ซึ่งในบ้านเราเริ่มมีให้เห็นบ้างแล้ว เช่น สัญญาณโทรศัพท์ โทรภาพ แฟกซ์ เคเบิลทีวี การสื่อสารข้อมูลเหล่านี้ สามารถส่งผ่านไปมาได้ในเวลาเดียวกัน ด้วยเส้นใยแก้วเพียงเส้นเดียวหรือคู่เดียวเท่านั้น ตัวอย่างของระบบสื่อสารปัจจุบันที่ใช้

เส้นใยแก้ว ได้แก่ ระบบโครงข่ายสื่อสารร่วมดิจิทัล ISDN (Integrated Services Digital Network) และระบบสื่อสารความเร็วสูงหรือ SDH (Synchronous Digital Hierarchy) เป็นต้น

1.3.2 โครงข่ายเส้นใยแก้วและระบบสื่อสารดาวเทียม

ในขณะที่บ้านเราเริ่มมีการใช้งานดาวเทียมสื่อสารอย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็นการสื่อสารข้อมูลโดยตรงระหว่างสถานี การแพร่กระจายสัญญาณภาพและเสียงไปยังผู้รับที่เป็นสมาชิก และการเชื่อมโยงสัญญาณข้อมูลในระบบโทรศัพท์มือถือ เหล่านี้ล้วนทำให้บางคนเกิดข้อสงสัยถึงความจำเป็นในการนำเส้นใยแก้วเข้ามาในระบบโทรศัพท์มือถือ เหล่านี้ล้วนทำให้บางคนเกิดข้อสงสัยถึงความจำเป็นในการนำเส้นใยแก้วเข้ามาใช้ในระบบสื่อสาร ในการเปรียบเทียบระหว่างระบบดาวเทียมกับระบบสื่อสารด้วยเส้นใยแก้ว พอจะสรุปโดยสังเขปดังตารางที่ 1.2

การนำดาวเทียมมาใช้ในการสื่อสารในบ้านเรามีมานานแล้ว ภายใต้การดำเนินงานของการสื่อสารแห่งประเทศไทย (กสท.) ซึ่งทำหน้าที่ติดตั้งสถานีรับส่งสัญญาณดาวเทียมโดยการเช่าเวลา เนื่องจากไม่มีดาวเทียมเป็นของตนเอง เพื่อติดต่อสื่อสารกับสถานีแม่ข่ายศรีราชาโดยมีสถานีลูกข่ายทั่วประเทศไม่ต่ำกว่า 25 สถานี ช่วยให้บริการสื่อสารสามารถครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศได้เป็นอย่างดี ต่อมาได้มีการขยายงาน โดยการเปิดสัมปทานให้กับบริษัทเอกชนในเครือของชินวิตร ที่ลงทุนส่งดาวเทียมของตนเองขึ้นสู่อวกาศ ในชื่อของ ไทยคม ซึ่งเป็นนามพระราชทาน

ตารางที่ 1.2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างเส้นใยแก้วกับดาวเทียมในระบบสื่อสาร

	ดาวเทียม	เส้นใยแก้ว
1. อายุการใช้งาน	10-20 ปี (หมดอายุตามเชื้อเพลิง)	มากกว่า 50 ปี (หมดอายุเพราะล้าสมัย)
2. ความเร็วในการส่งข้อมูล	เร็ว(ความเร็วตามคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า)	เร็วกว่า (เพราะระยะทางอยู่บนผิวโลก จึงสั้นกว่า)
3. ปริมาณข้อมูล	ปานกลาง - มาก	มากมหาศาล
4. ต้นทุนต่อปริมาณข้อมูล	ปานกลาง	ถูกกว่า
5. เวลาในการติดตั้งระบบ	ประมาณ 2 ปี	ขึ้นอยู่กับขนาดของระบบ
6. การดูแลรักษา	ที่ตัวดาวเทียมไม่มี	กระทำเป็นช่วงเวลา
7. การพัฒนาจากระบบเดิม	ไม่มี	ทำได้ตลอดเวลา

ในปัจจุบัน การสื่อสารข้อมูลระยะไกล ไม่จำเป็นต้องใช้ดาวเทียมเสมออีกต่อไปแล้วเพราะระบบสื่อสารข้อมูลด้วยโครงข่ายสายเคเบิลได้รับการพัฒนาจนครอบคลุมพื้นที่ให้บริการได้อย่างกว้างขวางทั่วโลก ยิ่งไปกว่านั้น สายเคเบิลทองแดงที่ใช้อยู่เดิมกำลังถูกแทนที่ด้วยเส้นใยแก้ว อย่างไรก็ตาม พัฒนาการเหล่านี้ มิได้หมายความว่าระบบสื่อสารดาวเทียมกำลังจะหมดความสำคัญลงไป ในทางกลับกัน ระบบสื่อสารร่วมที่ใช้ทั้งโครงข่ายเส้นใยแก้วและดาวเทียมร่วมกัน จะทำให้เกิดระบบที่มีประสิทธิภาพ ในการทำงานที่สูงกว่าเดิมมาก โดยโครงข่ายเส้นใยแก้วจะรับส่งข้อมูลที่มีปริมาณมากๆ ระหว่างสถานีที่อยู่ในเมืองใหญ่ ในขณะที่ระบบสื่อสารดาวเทียมร่วมกัน จะใช้ร่วมกับระบบไมโครเวฟ เพื่อสื่อสารข้อมูลในเขตพื้นที่กันดาร หรือเขตภูมิประเทศที่การเดินทางสายเคเบิลทำน้ำไม่สะดวกและไม่คุ้มทุน เช่นภายในหุบเขาลึก และแถบขั้วโลก เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ดาวเทียมยังมีประโยชน์อื่นนอกเหนือไปจากการใช้งานสื่อสาร เช่น การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ กิจกรรมวิทยุสมัครเล่น และการตรวจสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น ซึ่งการใช้งานแบบนี้ ไม่จำเป็นต้องใช้ดาวเทียมขนาดใหญ่ แต่อาจใช้ดาวเทียมขนาดเล็กที่มีน้ำหนักเพียงไม่กี่สิบกิโลกรัม เท่านั้น ซึ่งเมืองไทยก็มีดาวเทียมประเภทนี้ใช้งานอยู่ด้วยเช่นกัน คือดาวเทียม “ไทโพส” (นามพระราชทาน) ซึ่งลงทุนและดำเนินการโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ร่วมกับกลุ่มบริษัทยูคอม และได้ส่งออกสู่วงโคจรสำเร็จเมื่อประมาณเดือนกรกฎาคม ปี พ.ศ. 2541

แบบทดสอบท้ายบทเรียน

ใบแบบฝึกหัด บทที่ 1

วิชา การสื่อสารทางแสง รหัสวิชา 11-712-422

หน่วยที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแก้ว

คำชี้แจง 1. แบบทดสอบมีทั้งหมด 10 ข้อ จำนวน 2 หน้า

1. เวลาทั้งหมด 10 นาที
2. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณทุกชนิด
3. ไม่อนุญาตให้นำตำรา หรือเอกสารใดๆ เข้าห้องสอบ

คำสั่ง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวโดยทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

1. การสื่อสารส่วนมาก มักนิยมใช้ความยาวคลื่นแสงที่ 1.5 ไมครอน เพราะอะไร
 - ก. มีแบนด์วิดในการส่งข้อมูลได้มาก
 - ข. มีการลดทอนสัญญาณต่ำ
 - ค. มีการขยายสัญญาณแสงภายในแสง
 - ง. มีความหนาแน่นของโฟตรอนมากกว่าความยาวคลื่นแสงอื่น
2. ภาควัดสัญญาณ ของระบบการสื่อสารทางแสง มีหลักการทำงานอย่างไร
 - ก. การทำให้ข้อมูลแสงเดินทางถึงปลายทางโดยให้มีการสูญเสียน้อยที่สุด
 - ข. การแยกข้อมูลออกจากสัญญาณแสงให้เหลือแต่ข้อมูลอย่างเดียว
 - ค. การทำให้ข้อมูลสามารถเดินทางรวมไปกับสัญญาณแสงตลอดเวลา
 - ง. ไม่มีข้อใดถูก
3. การสื่อสารทางแสง (Optical Communication) จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีองค์ประกอบที่ จำเป็นในการสื่อสารอย่างน้อย 3 ประการคือ
 - ก. ตัวกำเนิดแสง,ตัวรับแสง และเลนส์
 - ข. ตัวกำเนิดแสง,ตัวรับแสง และตัวกลางที่แสงผ่านได้
 - ค. ตัวกำเนิดแสง,เส้นใยแก้วนำแสง และตัวเข้ารหัส
 - ง. ตัวกำเนิดแสง, Coder และ Decoder

4. วงจรขยายแสงแบบ EDFA ที่ใช้เลเซอร์ความยาวคลื่น 980 หรือ 1480 nm ในการปั๊มจะช่วยให้แสงในความยาวคลื่นช่วงใดมีกำลังแสงเพิ่มมากขึ้น
- 1330 ถึง 1370 nm
 - 1430 ถึง 1470 nm
 - 1530 ถึง 1570 nm
 - 1630 ถึง 1670 nm
5. การสื่อสารแบบโคอีเร้นท์มีลักษณะการทำงานอย่างไร
- การสื่อสารที่ใช้ความถี่แต่ละความถี่ส่งข้อมูลที่แตกต่างกัน
 - ระบบการสื่อสารที่ใช้หลักการ WDM ในการส่งข้อมูล
 - ระบบการสื่อสารที่ใช้หลักการ PAM ในการส่งข้อมูล
 - การสื่อสารที่ใช้ความถี่เพียงความถี่เดียวในการส่งข้อมูล
6. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับภาคส่งสัญญาณแสง
- ความกว้างสเปกตรัม(spectral width) ต้องกว้างจะทำให้บรรจุข้อมูลได้มาก
 - การกำเนิดแสงต้องมีมุมกว้างเพื่อรองรับกับเส้นใยแก้วที่มีขนาดเล็กมาก
 - ช่วงเวลาตอบสนอง(response time) ต้องมีค่าสั้นมากๆ จะสามารถส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงได้
 - อุปกรณ์ต้องเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ
7. ข้อใดคือข้อดีของเส้นใยแก้วที่ถูกต้อง
- ขั้นตอนการผลิตมีต้นทุนต่ำ
 - มีความแข็งแรงมากกว่าสายโคแอกเซียล
 - แบนด์วิธในการรับส่งมีมากมหาศาล
 - ไม่ต้องใช้ความประณีตในการติดตั้งและใช้งาน
8. ข้อใดคือหลักการ การนำเส้นใยแก้วมาใช้เป็นเซ็นเซอร์ในการวัดระดับของเหลว ที่ถูกต้อง
- ใช้หลักการวัดความเข้มแสงที่สะท้อนกลับมาจากของเหลว
 - มุมรับแสงจะขยายเพิ่มขึ้นเมื่อมีอุณหภูมิของของเหลวเปลี่ยนไป
 - จะสังเกตจากภาพมอดูเลเตอร์ที่แสงสะท้อนกลับมาแล้วนำมาเปรียบเทียบกัน
 - วัดมุมเฟดของแสงว่าเปลี่ยนไปมากแค่ไหน

9. ข้อใดกล่าวถูกต้อง เมื่อนำเส้นใยแก้วมาใช้กับเครื่องมือแพทย์ประเภทเอ็นโดสโคป
- ส่งแสงเข้าไปในเส้นใยแก้วทั้งสองเส้นแต่ความยาวคลื่นต่างกันเส้นหนึ่งเก็บภาพอีกเส้นผ่าตัด
 - ใช้ความร้อนจากร่างกายผ่านเข้าเส้นใยแก้วกลับออกมาแปลงเป็นไฟฟ้า
 - ส่งแสงเข้าไปในเส้นใยแก้วเส้นหนึ่งแล้วสะท้อนภาพข้อมูลกลับมาอีกเส้นหนึ่ง
 - ไม่มีข้อใดถูก
10. เทคโนโลยีใดในปัจจุบันที่ควรใช้กับเทคโนโลยีเส้นใยแก้วมากที่สุด
- เทคโนโลยี วงจรเข้าความเร็ว 2 Mbps
 - เทคโนโลยี ipstar
 - เทคโนโลยี ADSL
 - VDO Conferen
11. ข้อใด กล่าวถูกต้องที่สุดสำหรับการประยุกต์ใช้งานของเส้นใยแก้ว
- ใช้เส้นใยแก้วสองเส้นมาวางด้านบนของเหลวเส้นหนึ่งฉายแสงเส้นหนึ่งรับแสงโดยแสงที่รับมาจะแปลงเป็นภาพและกราฟแสดงสถานะความร้อนที่เปลี่ยนไป
 - นำเส้นใยแก้วมาวางด้านข้างของวัตถุเป็นสเกลแนวตั้ง เมื่อวัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้เนื้อวัตถุมีการขยายตัวทำให้บังเส้นใยแก้วที่วางข้างของวัตถุเป็นสเกลที่วางไว้ และสามารถตีความแสดงผลออก
 - นำปลายเส้นใยแก้วสำหรับรับส่งแสงไปวางไว้ใกล้กับผิวของวัตถุ เมื่อวัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะเกิดการขยายตัว ทำให้ผิวเลื่อนเข้าหาเส้นใยแก้วส่งผลให้ความเข้มแสงมีความแตกต่างตามระยะที่เกิดขึ้นและจะถูกตีความแสดงผลออกมา
 - ไม่มีข้อใดถูกต้อง
12. ระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแก้วควรเหมาะสมกับกรณีใดมากที่สุด
- เมื่อลูกค้าต้องการรับส่งข้อมูลความเร็ว 512 kbps ระหว่างจังหวัดเชียงใหม่กับแม่ฮ่องสอน
 - เมื่อลูกค้าขอความเร็ว 9.2 kbps เพื่อใช้ในธนาคารเช่นตู้ ATM ภายในพื้นที่เดียวกัน
 - เมื่อลูกค้าขอความเร็ว 128 kbps เพื่อใช้ในการติดต่อกับองค์กรเดียวกัน
 - เมื่อลูกค้าขอความเร็ว 2 M bps สำหรับนำสัญญาณของโทรศัพท์มือถือ

กระดาศำตอบ

กระดาษคำตอบ

ชื่อ-นามสกุล.....

รหัสประจำตัว.....

วันที่สอบ.....

ครั้งที่.....

คะแนน

ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง
1					21					41				
2					22					42				
3					23					43				
4					24					44				
5					25					45				
6					26					46				
7					27					47				
8					28					48				
9					29					49				
10					30					50				
11					31					51				
12					32					52				
13					33					53				
14					34					54				
15					35					55				
16					36					56				
17					37					57				
18					38					58				
19					39					59				
20					40					60				

เฉลยใบแบบฝึกหัด บทที่ 1

วิชา วิชาการสื่อสารทางแสง (Optical Communication) รหัส 11-712-422

เรื่อง ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเส้นใยแก้ว

ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง
1		×			21					41				
2			×		22					42				
3		×			23					43				
4			×		24					44				
5				×	25					45				
6			×		26					46				
7			×		27					47				
8	×				28					48				
9			×		29					49				
10	×				30					50				
11			×		31					51				
12				×	32					52				
13					33					53				
14					34					54				
15					35					55				
16					36					56				
17					37					57				
18					38					58				
19					39					59				
20					40					60				

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิชา การสื่อสารทางแสง รหัสวิชา 11-712-422

คำชี้แจง 1. แบบทดสอบมีทั้งหมด 70 ข้อ จำนวน 17 หน้า

4. เวลาทั้งหมด 2 ชม
5. อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณทุกชนิด
6. ไม่อนุญาตให้นำตำรา หรือเอกสารใดๆเข้าห้องสอบ

คำสั่ง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวโดยทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

1. โครงสร้างพื้นฐานของเส้นใยแก้วประกอบด้วยวัสดุโปร่งแสง 2 ชั้น แนวแกนกลางของเส้นใยแก้วมีชื่อเรียกว่าอะไร

ก. Cladding	ค. coating
ง. Barfiber	ข. Core
2. Total Internal Reflection มีความสำคัญอย่างไรต่อเส้นใยแก้ว
 - ก. ทำให้เส้นใยแก้วมีการลดทอนต่ำทำให้แสงเดินทางในเส้นใยแก้วได้ไกล
 - ข. บ่งบอกถึงควมบริสุทธิ์ของเนื้อแก้วที่ใช้ทำเส้นใยแก้วทำให้แสงไม่หักเหออกนอกเส้นใยแก้ว
 - ค. เป็นปรากฏการณ์การกระเจิงของแสงในเส้นใยแก้วทำให้แสงไม่หักเหออกนอกเส้นใยแก้ว
 - ง. เป็นปรากฏการณ์สะท้อนกลับหมดของแสงในเส้นใยแก้วทำให้แสงไม่หักเหออกนอกเส้นใยแก้ว
3. การสื่อสารทางแสง (Optical Communication) จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อ เมื่อมีองค์ประกอบที่ จำเป็นในการสื่อสารอย่างน้อย 3 ประการคือ
 - ก. ตัวกำเนิดแสง,ตัวรับแสง และตัวกลางที่แสงผ่านได้
 - ข. ตัวกำเนิดแสง,ตัวรับแสง และเลนส์
 - ค. ตัวกำเนิดแสง,เส้นใยแก้วนำแสง และตัวเข้ารหัส
 - ง. ตัวกำเนิดแสง, Coder และ Decoder

4. เมื่อต้องการส่งสัญญาณข้อมูล 4 ช่องสัญญาณเข้าไปในเส้นใยแก้วเราจะใช้หลักการมัลติเพล็กซ์แบบใดในการส่งสัญญาณแสงเข้าไปในเส้นใยแก้ว
 - ก. WDM(Wavelength division multiplex)
 - ข. TDM(Time Division Multiplex)
 - ค. FDM(Frequency Division Multiplex)
 - ง. PDM(Pulse Division Multiplex)
5. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการสื่อสารแบบโคอีเร้นท์
 - ก. เป็นการรับส่งข้อมูลที่ใช้ความยาวคลื่นแสงหลายความยาวคลื่นส่งไปพร้อมกัน
 - ข. เป็นการรับส่งข้อมูลที่ใช้แสงเลเซอร์แต่ละสีมัลติเพล็กซ์กันและสามารถมอดูเลชันแบบ AM,FM,PM ได้
 - ค. เป็นการรับส่งข้อมูลที่ใช้ความเข้มของแสงที่มี Spectrum แคบมาก(ใช้ความถี่เดียว) และสามารถมอดูเลชันแบบ AM,FM,PM ได้
 - ง. ไม่มีข้อใดถูก
6. เมื่อต้องการจะออกแบบภาคส่งสัญญาณแสงที่ดีควรมีคุณสมบัติอย่างไรบ้าง
 - ก. แสงต้องมีความเข้ม,มุมการเปล่งแสงต้องกว้าง ,ไลน์วิธต้องกว้างๆ ,ช่วงเวลาตอบสนองต้องไว ,กำลังงานแสงเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ
 - ข. แสงต้องมีความเข้ม,มุมการเปล่งแสงต้องแคบ ,ไลน์วิธต้องกว้างๆ ,ช่วงเวลาตอบสนองต้องช้า ,กำลังงานแสงเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ
 - ค. แสงต้องมีความเข้ม ,มุมการเปล่งแสงต้องแคบ ,ไลน์วิธต้องแคบๆ ,ช่วงเวลาตอบสนองต้องไว ,กำลังงานแสงเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ
 - ง. แสงต้องมีความเข้ม ,มุมการเปล่งแสงต้องแคบ ,ไลน์วิธต้องแคบๆ ,ช่วงเวลาตอบสนองต้องไว ,กำลังงานแสงไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ
7. ข้อใดคือคุณสมบัติเด่นของเส้นใยแก้วถูกต้อง
 - ก. สามารถจัดวางในรัศมีที่มีการโค้งงอมาก
 - ข. ไม่ต้องใช้ความประณีตในการติดตั้ง
 - ค. ไม่มีผลกระทบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
 - ง. ทนแรงกระแทกได้สูง

8. ข้อใดคือหลักการทำงานของเส้นใยแก้ว เมื่อนำมาใช้กับเครื่องมือแพทย์ประเภทเอ็นโดสโคป
- ส่งแสงเข้าไปในเส้นใยแก้วเส้นหนึ่งแล้วสะท้อนภาพข้อมูลกลับมาอีกเส้นหนึ่ง
 - ใช้ความร้อนจากร่างกายผ่านเข้าเส้นใยแก้วแล้วออกมาแปลงเป็นไฟฟ้า
 - ส่งแสงเข้าไปในเส้นใยแก้วทั้งสองเส้นแต่ความยาวคลื่นต่างกันเส้นหนึ่งเก็บภาพอีก เส้น ผ่าตัด
 - ไม่มีข้อใดถูก
9. การนำเซ็นเซอร์เส้นใยแก้วมาใช้ในการวัดระดับของเหลวจะให้หลักการอย่างไรในการวัด
- ใช้หลักการวัดความเข้มแสงที่สะท้อนกลับมาจากของเหลว
 - มุมรับแสงจะขยายเพิ่มขึ้นเมื่อมีอุณหภูมิของของเหลวเปลี่ยนไป
 - จะสังเกตจากภาพมอดูเลเตอร์ที่แสงสะท้อนกลับมาแล้วนำมาเปรียบเทียบกับ
 - ไม่มีข้อใดถูก
10. เมื่อต้องการติดตั้งระบบการสื่อสารในเมืองหลวงที่มีการสื่อสารหนาแน่นเราควรติดตั้งระบบการสื่อสารแบบใดที่จะลดการคับคั่งของสัญญาณและไม่มีผลกระทบจากสนามแม่เหล็ก
- ควรติดตั้งระบบดาวเทียมในการติดต่อสื่อสาร
 - ควรติดตั้งระบบไมโครเวฟในการสื่อสาร
 - ควรติดตั้งระบบเส้นใยแก้วในการสื่อสาร
 - ควรใช้ระบบเดิมคือสายโคแอกเชียล
11. จงออกแบบการใช้งานแบบประยุกต์ของเส้นใยแก้ว เมื่อนำมาใช้ในการวัดอุณหภูมิ ว่าควระใช้งานอย่างไร
- ใช้เส้นใยแก้วสองเส้นมาวางด้านบนของเหลวเส้นหนึ่งฉายแสงเส้นหนึ่งรับแสงโดยแสงที่รับมาจะแปลงเป็นภาพและกราฟแสดงสถานะความร้อนที่เปลี่ยนไป
 - นำปลายเส้นใยแก้วสำหรับรับส่งแสงไปวางไว้ใกล้กับผิวของวัตถุ เมื่อวัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้น จะเกิดการขยายตัว ทำให้ผิวเลื่อนเข้าหาเส้นใยแก้วส่งผลให้ความเข้มแสงมีความแตกต่างตามระยะที่เกิดขึ้นและจะถูกตีความแสดงผลออกมา
 - นำเส้นใยแก้วมาวางด้านข้างของผิววัตถุเป็นสเกลแนวดิ่ง เมื่อวัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้เนื้อวัตถุมีการขยายตัวทำให้บังเส้นใยแก้วที่วางข้างของวัตถุเป็นสเกลที่วางไว้และสามารถตีความแสดงผลออกมา
 - ไม่มีข้อใดถูกต้อง

12. เมื่อต้องการรับส่งข้อมูลระหว่างจังหวัดเชียงใหม่กับจังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยต้องการใช้เทคโนโลยีไมโครเวฟกับเทคโนโลยีเส้นใยแก้วใช้งานร่วมกันควรออกแบบการใช้งานเช่นไรถึงจะใช้งานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

- ก. ในช่วงระยะทางระหว่างเชียงใหม่กับแม่ฮ่องสอนจะใช้เทคโนโลยีไมโครเวฟเพราะภูมิประเทศเป็นภูเขาและจะใช้เทคโนโลยีเส้นใยแก้วเฉพาะในตัวเมืองทั้งสอง
- ข. ในช่วงระยะทางระหว่างเชียงใหม่กับแม่ฮ่องสอนจะใช้เทคโนโลยีเส้นใยแก้วเพราะสามารถใช้สถานีทวนสัญญาณได้ในระยะทางไกลกว่าสถานีทวนสัญญาณแบบไมโครเวฟ และสามารถส่งข้อมูลได้เป็นจำนวนมากส่วนในตัวเมืองทั้งสองจะใช้ไมโครเวฟ เนื่องจากลดปัญหาในการใช้สายสัญญาณ
- ค. ในช่วงระยะทางระหว่างเชียงใหม่กับแม่ฮ่องสอนจะใช้เทคโนโลยีไมโครเวฟสลับกับเส้นใยแก้วเช่นในภูมิประเทศที่เป็นภูเขาจะใช้ไมโครเวฟและภูมิประเทศที่เป็นพื้นราบจะใช้เส้นใยแก้วในการส่งข้อมูลส่วนในตัวเมืองจะใช้เส้นใยแก้ว
- ง. ในช่วงระยะทางระหว่างเชียงใหม่กับแม่ฮ่องสอนจะใช้เทคโนโลยีไมโครเวฟเส้นทางหนึ่งและจะใช้เทคโนโลยีเส้นใยแก้วอีกเส้นทางหนึ่งเพื่อเป็นSpapate(สำรองกัน)ส่วนในตัวเมืองจะใช้เส้นใยแก้ว

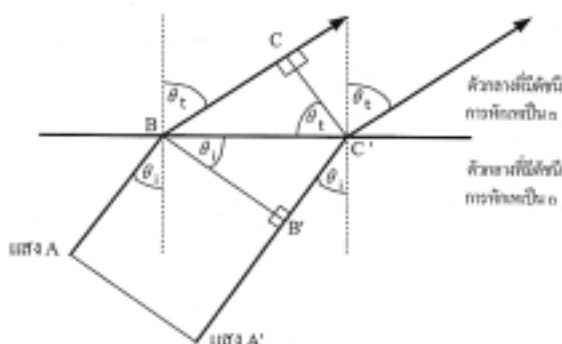
13. โดยทั่วไป คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของแสงจะประกอบด้วยอะไรบ้าง

- ก. อะตอมและคลื่นไมโครเวฟ
- ข. อนุภาคและคลื่นไมโครเวฟ
- ค. อนุภาคและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- ง. มวลและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

14. เมื่อแสงเดินทางออกจากจุดกำเนิดแสงเป็นระยะทางไกลมาก เมื่อพิจารณาจากจุดสังเกตของแสงแสงจะมีลักษณะการเดินทางเป็นเช่นไร

- ก. เป็นแนวเส้นตรง
- ข. เป็นแนวพาราโบลา
- ค. เป็นแนวโค้ง
- ง. เป็นแนวซิกแซก

15. ลองนึกภาพว่าเมื่อแสงเดินทางในตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเห (Refractive index: n) เท่ากัน แสงจะเดินทางเป็นอย่างไร
- การเดินทางของแสงจะเกิดการกระเจิง
 - แสงจะเกิดการสะท้อน
 - แสงจะเกิดการหักเห
 - แสงจะเดินทางเป็นเส้นตรง
16. ถ้าแสงเดินทางผ่านตัวโพลาอยและทำมุม 180° กับตัวโพลาอยแสงที่ผ่านตัวโพลาอยนี้จะเป็นอย่างไ
- แสงจะมีกำลังแสงสูงสุด
 - แสงจะมีกำลังแสงอ่อนลงเล็กน้อย
 - แสงจะไม่สามารถผ่านตัวโพลาอยได้เลย
 - แสงจะมีบางส่วนสะท้อนกลับและผ่านบางส่วน
17. จากรูป จงหาคำนวณมุมสะท้อนกลับหมดของแสง โดยกำหนดให้ n_1 (เส้นใยแก้ว) = 1.5, n_2 (อากาศ) = 1

ก. 40° ข. 41.8° ค. 42.1° ง. 43.3°

18. ความหมายของแสงแบบเมอร์ริเดียน (meridional ray) จะหมายถึงแสงแบบใด
- แสงที่เดินทางหลายแนวในเส้นใยแก้ว
 - แสงที่มีเฉพาะในแนวตั้งที่เดินทางเข้าไปในเส้นใยแก้ว
 - แสงที่เดินทางเป็นเส้นตรงในแนวแกนคอร์
 - แสงที่เดินทางเป็นระนาบคลื่นระนาบเดียวในเส้นใยแก้ว

19. ถ้า แสงเดินทางไปในเส้นใยแก้วและมีการสะท้อนตรงผิวมีการเปลี่ยนทิศทางไป 2γ เรียกแสงนี้ว่าแสงอะไร

ก. แสงแบบ Meridional ray

ข. แสงแบบ Polarized light

ค. แสงแบบ Fundamental Mode

ง. แสงแบบ Skew ray

20. จากคำอธิบายของแต่ละข้อนี้ ลำแสงใดเป็นคำอธิบายของลักษณะการเดินของลำแสงแบบเมอริเดียน

ก. ลำแสง A มีมุมตกกระทบเท่ากับ θ_{Max} และมีมุมตกกระทบรอยต่อ core และ clad มีค่าเท่ากับมุมวิกฤต

ข. ลำแสง B ซึ่งมีมุมตกกระทบระหว่างรอยต่อของอากาศกับเส้นใยแสงมากกว่า θ_{Max} และมีมุมตกกระทบรอยต่อ core และ clad มีค่าน้อยกว่ามุมวิกฤต

ค. ลำแสง C ซึ่งมีมุมตกกระทบระหว่างรอยต่อของอากาศกับเส้นใยแสงน้อยกว่า θ_{Max} และมีมุมตกกระทบรอยต่อ core และ clad มีค่ามากกว่ามุมวิกฤต

ง. ข้อ ก และ ค ถูก

21. เส้นใยแสงเส้นหนึ่งมีค่า $NA=0.4$ จงหามุมในการรับแสง θ_{Max} ในกรณีที่การเดินทางของแสงเป็นแบบเกลียวมีการเปลี่ยนทิศทางไป 100° ในการสะท้อนแต่ละครั้ง

ก. 27.5°

ข. 59.2°

ค. 38.5°

ง. 44.8°

22. จงหาค่าของความแตกต่างของดัชนีหักเหระหว่างคอร์และแคลดดิ้ง หากดัชนีหักเหของตัวกลางมีค่าดังนี้ $n_1=1.47$ $n_2=1.35$

ก. 0.079

ข. 0.057

ค. 0.92

ง. 0.15

23. เส้นใยแสงชนิดซิลิกาแบบ GI เส้นหนึ่งมีค่าดัชนีการหักเหของ Core เท่ากับ 1.6 และค่าดัชนีหักเหของ Clad เท่ากับ 1.47 จงคำนวณหามุมวิกฤตระหว่าง Core กับ Clad

- ก. 30.5°
- ข. 53.5°
- ค. 66.7°
- ง. 78.5°

24. จากโจทย์ จงคำนวณหาขนาดของค่านิวเมอริกัลอะเพอเจอร์ (Numerical Aperture: NA)

- ก. 0.15
- ข. 0.29
- ค. 0.44
- ง. 0.63

25. จากโจทย์ จงคำนวณหาขนาดมุมสูงสุดในการป้อนแสง θ_{Max}

- ก. 39°
- ข. 45°
- ค. 18.8°
- ง. 25°

26. ข้อใดคือความหมายของ stimulated emission ที่ถูกต้อง

- ก. การปล่อยแสงเป็นแบบกระตุ้น โดยแสงเป็นแบบมีทิศทางลำแสงแคบและกำลังงานแสงมีค่าสูง
- ข. การปล่อยแสงเป็นแบบปล่อยเอง โดยแสงถูกปล่อยออกทุกทิศทางและลำแสงกว้างคล้ายแอลอีดี
- ค. เป็นการผสมผสานระหว่างการปล่อยแสงแบบกระตุ้นและแบบปล่อยเองทำให้ใช้กับเส้นใยแก้วได้ทุกประเภท
- ง. ไม่มีข้อใดถูกต้อง

27. ข้อใด กล่าวถูกต้อง

- ก. ระหว่างแถบพลังงาน EC แถบพลังงาน EV จะมีแถบ พลังงาน ED ต่ำกว่า EC เล็กน้อยเมื่ออุณหภูมิลดลงจะทำให้อิเล็กตรอนจาก EC วิ่งไปยัง ED ทำให้เกิดเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด N ขึ้น
- ข. ระหว่างแถบพลังงาน EC แถบพลังงาน EV จะมีแถบ พลังงาน EA สูงกว่า EV เล็กน้อยเมื่ออุณหภูมิลดลงจะทำให้อิเล็กตรอนจาก EA วิ่งไปยัง EV ทำให้เกิดเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด P ขึ้น

และไม่คิดผลของกระแสรั่วที่ผิว ถ้ากำลังแสงที่ตกกระทบมีค่า 300 nW (-35 dBm) และแบนด์วิดท์ของเครื่องรับเท่ากับ 20 MHz จงหาสัญญาณรบกวนต่างๆที่เครื่องรับ : $h=6.625 \times 10^{-34}$, $T=293$

(เหตุผล)

จากโจทย์จงหาค่าความยาวคลื่นคัทออฟ(Wave length Cutoff) ของสารกึ่งตัวนำนี้

- ก. 0.42 μm
- ข. 0.54 μm
- ค. 0.87 μm
- ง. 0.96 μm

38. จากโจทย์จงคำนวณหาค่าสัญญาณรบกวนควันตรัม(Quantum noise)

- ก. 0.12 nA
- ข. 0.47 nA
- ค. 1.22 nA
- ง. 1.32 nA

39. จากโจทย์จงคำนวณหาค่าของกระแสมีด(dard curent)

- ก. 0.138 nA
- ข. 0.549 nA
- ค. 0.312 nA
- ง. 0.012 nA

40. จากโจทย์จงคำนวณหาค่าสัญญาณรบกวนเชิงความร้อน

- ก. 9.23 nA
- ข. 14.68 nA
- ค. 18.76 nA
- ง. 20.12 nA

41. เมื่อ คำนวณเมอร์คัลอะเพอเจอร์(Numerical Aperture :NA) มีค่ามากสามารถตีความหมายได้ว่าอย่างไร

- ก. แสดงว่าเส้นใยแก้วมีค่าความเข้มของแสงมาก
- ข. แสดงว่าเนื้อแก้วที่ทำเส้นใยแก้วที่มีความบริสุทธิ์มาก
- ค. แสดงว่าเส้นใยแก้วมีการลดทอนของแสงมาก
- ง. แสดงว่าแสงสามารถเดินทางในคอร์ของใยแก้วนำแสงได้มาก

42. เส้นใยแก้วเส้นหนึ่งมีค่า Bandwidth-Distance Product เท่ากับ 100 MHz-km หมายความว่าอย่างไร

- ก. ระยะทางสูงสุด 1 km ที่จะไม่เกิดการลดทอน
- ข. ระยะทางต่ำสุด 1 km ที่จะไม่เกิดการลดทอน
- ค. ระยะทาง 1 km จากจุดเชื่อมต่อจะสามารถส่งข้อมูลได้สูงสุด 100 MHz-km
- ง. ระยะทาง 1 km จากจุดเชื่อมต่อจะสามารถส่งข้อมูลได้ต่ำสุด 100 MHz-km

43. กำหนดให้ค่ากำลังงานเฉลี่ยของแสงที่ส่งเข้าไปในเส้นใยแก้วที่มีความยาว 9 กิโลเมตร มีค่าเท่ากับ 130 μW และค่ากำลังงานเฉลี่ยของแสงที่เอาต์พุตเท่ากับ 5 μW จงคำนวณหาการลดทอนสัญญาณทั้งหมดในเส้นใยแสง โดยสมมติให้ไม่มีการเชื่อมต่อเส้นใยแสง

- ก. 12.03 dB
- ข. 13.44 dB
- ค. 14.15 dB
- ง. 15.53 dB

44. การลดทอนสัญญาณต่อกิโลเมตร

- ก. 2.01 dBKm^{-1}
- ข. 1.57 dBKm^{-1}
- ค. 3.32 dBKm^{-1}
- ง. 1.28 dBKm^{-1}

45. การลดทอนสัญญาณทั้งหมดสำหรับการใช้งานเส้นใยแสงชนิดเดียวกันนี้ที่มีความยาว 10 กิโลเมตรและมีการเชื่อมต่อทุกๆ ช่วง 1 กิโลเมตร โดยแต่ละจุดที่เชื่อมต่อมีการลดทอนสัญญาณ 1 dB

- ก. 15.6 dB
- ข. 10.9 dB
- ค. 20.4 dB
- ง. 24.7 dB

46. จงคำนวณหาค่าผลคูณระหว่างแบนด์วิดท์กับระยะทาง (Bandwidth Distance Product) ของระบบสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสงระยะทาง 15 กิโลเมตร ใช้เส้นใยแก้วที่มีค่าการลดทอนสัญญาณ 1.5 dB/km ถูกส่งข้อมูลขนาด 2 Mb/s ด้วยแสงขาเข้าที่มีค่าความเข้ม 0.5

- ก. 10 Mb/s-km
- ข. 20 Mb/s-km
- ค. 30 Mb/s-km
- ง. 40 Mb/s-km

47. ถ้านำระบบนี้ไปใช้กับระยะทาง 10 กิโลเมตร จะส่งข้อมูลได้มากที่สุดเท่าไร

- ก. 1 Mb/s
- ข. 2 Mb/s
- ค. 3 Mb/s
- ง. 4 Mb/s

48. เส้นใยแสงชนิดซิลิกาแบบ GI เส้นหนึ่งมีค่าดัชนีการหักเหของ Core เท่ากับ 1.5 และค่าดัชนีหักเหของ Clad เท่ากับ 1.47

จากโจทย์ จงคำนวณหามุมวิกฤตระหว่าง Core กับ Clad

- ก. 30.5°
- ข. 53.5°
- ค. 67.7°
- ง. 78.5°

49. จากโจทย์ จงคำนวณหาขนาดของค่านิวเมอริคัลอะเพอเจอร์(Numeriacal Aperture:NA)

- ก. 0.1
- ข. 0.2
- ค. 0.3
- ง. 0.4

50. จากโจทย์ จงคำนวณหาขนาดมุมสูงสุดในการป้อนแสง θ_{Max}

- ก. 54°
- ข. 9.5°
- ค. 18.8°
- ง. 17.4°

51. ข้อใดเป็น เส้นใยแก้วที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของดัชนีมีค่าคงที่

- ก. Multi component glass optical fiber
- ข. Multimode optical fiber
- ค. Step Index optical fiber(SI-Fiber)
- ง. Gradad Index optical fiber(GI-Fiber)

52. ข้อใดคือความหมายของเส้นใยแก้วชนิดโมดเดี่ยวที่ถูกต้อง

- ก. เส้นใยแก้วที่ยอมให้แสงเดินทางแบบคลื่นตามขวางเพียงหนึ่งคลื่นตามขวางเดินทางในเส้นใยแก้ว
- ข. เส้นใยแก้วที่ยอมให้แสงเดินทางอยู่แนวแกนกลางโดยไม่มีการสะท้อนภายในคอร์ของเส้นใยแก้ว
- ค. เส้นใยแก้วที่ยอมให้แสงเดินทางแบบคลื่นตามขวางหลายคลื่นตามขวางเดินทางภายในเส้นใยแก้ว
- ง. ไม่มีข้อใดถูก

53. ถ้าต้องการให้คลื่นเพียงโหมดเดียวเดินทางในเส้นใยแก้ว ค่าความถี่นอมอลไลซ์(V) จะต้องมีย่านที่ไม่เกินค่าคัทออฟของโหมดถัดไปประมาณเท่าไร

- ก. 2.0121
- ข. 2.133
- ค. 2.405
- ง. 2.643

54. เส้นใยแก้วนำแสงที่มีดัชนีหักเหแบบขั้นมีค่านอมอลไลซ์ของความถี่เท่ากับ 30.6 ที่ความยาวคลื่น 1500 nm ถ้ารัศมีของแก้วแกนในมีค่า 25 μm จงคำนวณหาค่า NA ของเส้นใยแก้ว

- ก. 0.29
- ข. 0.45
- ค. 0.68
- ง. 0.76

55. เส้นใยแก้วนำแสงที่มีดัชนีหักเหแบบเกรดเดด มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 50/125 ค่า $\alpha=2, n_1=1.5$ และ $n_2=1.48$ จงคำนวณหาจำนวนโหมดทั้งหมด ที่ความยาวคลื่นใช้งาน 900 nm

- ก. 250 Mode
- ข. 300 Mode
- ค. 433 Mode
- ง. 525 Mode

56. เส้นใยแก้วนำแสงที่มีดัชนีหักเหแบบขั้นมีค่า numerical aperture เท่ากับ 0.30 จงออกแบบเพื่อให้แสงเคลื่อนที่ผ่านได้เพียงโหมดเดียว ณ ความยาวคลื่น 1.3 μm ดังนั้นเส้นใยแก้วนำแสงควรมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่สุดเท่าไร

- ก. 6.0 μm
- ข. 2.7 μm

ค. 3.3 μm

ง. 1.5 μm

57. เส้นใยแก้วชนิด SM มีค่าพารามิเตอร์ดังนี้ $n_1=1.465, \Delta=1\%$ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของคอร์เท่ากับ 25 μm จงคำนวณหาค่าของความยาวคลื่นแสงที่สั้นที่สุดที่สามารถใช้งานร่วมกับเส้นใยแก้วนี้ได้ และถ้าหากนำเส้นใยแก้วไปใช้กับแสงที่มีความยาวคลื่น 1.33 μm จะได้หรือไม่

ก. $\lambda_c = 1.13 \mu\text{m}$, ใช้กับแสง $\lambda_c = 1.33 \mu\text{m}$ ไม่ได้

ข. $\lambda_c = 1.25 \mu\text{m}$, ใช้กับแสง $\lambda_c = 1.33 \mu\text{m}$ ได้

ค. $\lambda_c = 6.74 \mu\text{m}$, ใช้กับแสง $\lambda_c = 1.33 \mu\text{m}$ ไม่ได้

ง. $\lambda_c = 1.35 \mu\text{m}$, ใช้กับแสง $\lambda_c = 1.33 \mu\text{m}$ ได้

58. การสร้างเส้นใยแก้วโดยวิธี Vapor phase Oxidation(VPO) จะมีวิธีการแบบใด

ก. การหลอมโดยตรง

ข. การใช้หลักการของไอบริสุทธิของโลหะ

ค. การนำความถี่ในย่านไมโครเวฟมาใช้ในการสร้างเส้นใยแก้ว

ง. การแยกส่วนในการสร้างแกนนอกและแกนใน โดยจะทำทีละส่วนแล้วค่อยนำมาหลอมรวมกัน

59. การสร้างชั้นของแก้ว(SiO_2) บนแท่งกราไฟท์หรือเซรามิกซึ่งหมุนรอบตัวเองอุณหภูมิถูกปล่อยออกมาจากเตาให้ความร้อนเหนือแท่งกราไฟท์ ทำให้เกิดตกผลึกของชั้นแก้ว 200 μm ขึ้นจากหลักการดังกล่าวเป็นการสร้างแท่งแก้วฟิโอรม์วิธีใด

ก. OVPO(Outside Vapor Phase Oxidation)

ข. VAD(Vapor Phase Axial Deposition)

ค. MCVD(Modified Chemical Vapor Deposition)

ง. PCVD(Plasma- Activated Chemical Vapor Deposition Process)

60. การทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันภายในทำให้อุณหภูมิของแก้วตกลงบนผนังของหลอดแก้ว และเกิดเป็นแผ่นฟิล์มขึ้นซึ่งแก้วส่วนนี้ก็จะเป็นส่วนของ Clad และเมื่อได้ความหนาตามต้องการก็จะเดินสารสำหรับสร้าง Cord จากหลักการนี้เป็นวิธีสร้างเส้นใยแก้ววิธีใด

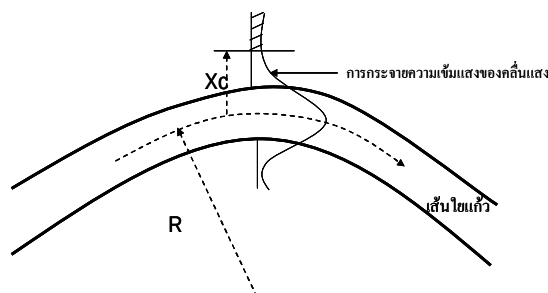
ก. OVPO(Outside Vapor Phase Oxidation)

ข. VAD(Vapor Phase Axial Deposition)

ค. MCVD(Modified Chemical Vapor Deposition)

ง. PCVD(Plasma- Activated Chemical Vapor Deposition Process)

61. ถ้าต้องการสร้างเส้นใยแก้วที่มีดัชนีหักเหแบบ graded index จะต้องใช้แท่งฟรียูร์มด้วยวิธีใด
- OVPO(Outside Vapor Phase Oxidation)
 - VAD(Vapor Phase Axial Deposition)
 - MCVD(Modified Chemical Vapor Deposition)
 - PCVD(Plasma- Activated Chemical Vapor Deposition Process)
62. ท่อทรงกระบอกมักจะทำจากวัสดุประเภทพลาสติก ภายในจะประกอบด้วยเส้นใยแก้วเพียงเส้นเดียวบางครั้งช่องว่างภายในท่อจะบรรจุเจลเหลวไว้ จากโครงสร้างนี้เป็นโครงสร้างของสายเคเบิลชนิดใด
- ชนิดเส้นเดี่ยวท่อหลวม
 - ชนิดเส้นรวมท่อหลวม
 - ชนิดท่อแน่น
 - ชนิดแถบแบน
63. การนำคุณสมบัติด้านดีของโครงสร้างเคเบิลชนิดท่อแน่นและท่อหลวมมารวมกันเพื่อสร้างเคเบิลเส้นใยแก้วใหม่ขึ้นมาจะเรียกสายเคเบิลนี้ว่าอะไร
- composite buffer
 - hybrid cables
 - figure-8 cable
 - submarine cable
64. ข้อใดคือความหมายของคำว่า material dispersion ที่ถูกต้อง
- การดุดกลืนแสงเนื่องจากข้อบกพร่องของวัสดุ
 - สัญญาณพัลส์ของแสงแผ่อกเนื่องจากข้อบกพร่องของวัสดุ
 - การดุดกลืนแสงเนื่องจากข้อบกพร่องของโครงสร้างของเส้นใยแก้ว
 - สัญญาณพัลส์ของแสงแผ่อกเนื่องจากโครงสร้างของเส้นใยแก้ว



65. จากรูป จะเห็นได้ว่ามีแสงบางส่วนที่เคลื่อนที่อยู่ระหว่างคอร์และแคลดดิ้งแสงส่วนนี้จะมีผลทำให้เกิดการสูญเสียในลักษณะใด
- การแผ่ออกภายในโหมด
 - การแพร่กระจายออกจากเส้นใยแก้ว
 - การกระเจิงของแสง
 - การดูดกลืนของแสง
66. ความหมายของคำว่า waveguide dispersion ที่ถูกต้องคือข้อใด
- การดูดกลืนแสงเนื่องจากข้อบกพร่องของวัสดุ
 - สัญญาณพัลส์ของแสงแผ่ออกเนื่องจากข้อบกพร่องของวัสดุ
 - การดูดกลืนแสงเนื่องจากข้อบกพร่องของโครงสร้างของเส้นใยแก้ว
 - สัญญาณพัลส์ของแสงแผ่ออกเนื่องจากโครงสร้างของเส้นใยแก้ว
67. เมื่อโฟตรอนของแสงทำปฏิกิริยาด้วยการกระตุ้นอิเล็กตรอนวงนอก ในโมเลกุลของแก้ว(SiO_2) เป็นผลให้อิเล็กตรอนวงนอกมีระดับพลังงานสูงขึ้น จากคุณสมบัตินี้จะส่งผลกระทบต่ออะไรขึ้นกับเส้นใยแก้ว
- การดูดกลืนภายนอก
 - การดูดกลืนภายใน
 - การดูดกลืนเนื่องจากข้อบกพร่องของวัสดุ
 - การดูดกลืนเนื่องจากสารที่โด๊ปในแก้ว
68. ข้อบกพร่องเนื่องมาจากอะไรที่มีผลทำให้สัญญาณแสงในเส้นใยแก้วมีการเปลี่ยนแปลงจากโหมดแสงต่ำไปเป็น โหมดแสงสูง
- วัสดุที่ใช้ทำเส้นใยแก้ว
 - การโด๊ปสารที่ทำดัชนีหักเหของเส้นใยแก้ว
 - แกนคอร์ของเส้นใยแก้วมีขนาดกว้างผิดปกติ
 - การคดงอของเส้นใยแก้ว
69. ถ้าค่าดัชนีหักเหเกิดการเปลี่ยนแปลงไปกับค่าของความยาวคลื่นแสงจะทำให้สัญญาณแสงที่เดินทางในเส้นใยแก้วเป็นผลอย่างไร
- เกิดการกระเจิงของสัญญาณแสง
 - เกิดการแผ่ออกของสัญญาณแสง
 - เกิดการกระจายออกของแสง
 - เกิดการดูดกลืนภายใน

70. ถ้าต้องการออกแบบให้เส้นใยแก้วที่ค่าการแผ่กระจายระหว่างโมดต่ำสุดที่ความยาวคลื่น 1.5 μm เราจะมีวิธีการอย่างไร

- ก. เพิ่มขนาดของแก้วแกนในและลดค่าความแตกต่างของดัชนีหักเห
- ข. ใช้เส้นใยแก้วแกนในเป็นแก้วที่มีความบริสุทธิ์สูง ส่วนแกนนอกใช้พลาสติกมาแทนแก้ว
- ค. ใช้การเปลี่ยนแปลงโปรไฟล์ของดัชนีหักเหจากแบบขั้นอย่างง่ายไปเป็นโปรไฟล์ที่ซับซ้อนขึ้น
- ง. ถูกทุกข้อ

กระดาษคำตอบ

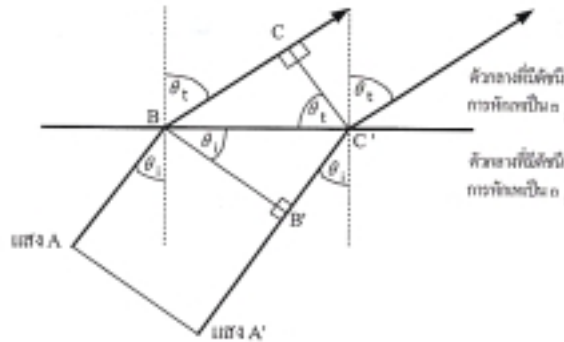
เฉลยใบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

วิชา วิชาการสื่อสารทางแสง (Optical Communication) รหัส 11-712-422

ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง
1		×			25	×				49			×	
2				×	26	×				50				×
3	×				27			×		51			×	
4	×				28		×			52		×		
5			×		29				×	53			×	
6				×	30				×	54	×			
7			×		31			×		55			×	
8	×				32			×		56			×	
9	×				33	×				57			×	
10			×		34		×			58		×		
11		×			35				×	59	×			
12				×	36			×		60			×	
13			×		37			×		61				×
14	×				38				×	62	×			
15				×	39	×				63	×			
16	×				40		×			64		×		
17		×			41				×	65		×		
18				×	42			×		66				×
19				×	43			×		67		×		
20				×	44		×			68				×
21			×		45				×	69		×		
22	×				46			×		70			×	
23			×		47			×						
24				×	48				×					

เฉลยวิธีทำข้อสอบแบบวัดผลสัมฤทธิ์

17. จากรูป จงหาคำนวนมุมสะท้อนกลับหมดของแสง โดยกำหนดให้ n_1 (เส้นใยแก้ว) = 1.5 , n_2 (อากาศ) = 1



วิธีทำ จากสมการ

$$\begin{aligned}\phi_c &= \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1} \\ &= \sin^{-1} \frac{1}{1.5} \\ &= \sin^{-1} 0.66 \\ &= 41.8\end{aligned}$$

21. เส้นใยแสงเส้นหนึ่งมีค่า $NA=0.4$ จงหามุมในการรับแสง θ_{Max} ในกรณีที่การเดินทางของแสงเป็นแบบเกลียว มีการเปลี่ยนทิศทางไป 100° ในการสะท้อนแต่ละครั้ง

วิธีทำ การสะท้อนแต่ละครั้ง $2\gamma = 100$

$$\gamma = 50$$

จากสมการ

$$\begin{aligned}NA &= \sin \theta_{as} \cos 50 \\ 0.4 &= \sin \theta_{as} (0.64) \\ \theta_{as} &= \sin^{-1} \frac{0.4}{0.64} \\ &= 38.5\end{aligned}$$

22. จงหาค่าของความแตกต่างของดัชนีหักเหระหว่างคอร์และแคลดิง หากดัชนีหักเหของตัวกลาง มีค่าดังนี้
 $n_1=1.47$ $n_2=1.357$

วิธีทำ

$$\begin{aligned}\Delta &= \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} \\ &= \frac{(1.47)^2 - (1.35)^2}{2(1.47)^2} \\ &= \frac{2.16 - 1.82}{4.32} \\ &= 0.079\end{aligned}$$

23. เส้นใยแสงชนิดซิลิกาแบบ GI เส้นหนึ่งมีค่าดัชนีการหักเหของ Core เท่ากับ 1.6 และค่าดัชนีหักเหของ Clad เท่ากับ 1.47 (เหตุผล)จาก โจทย์ จงคำนวณหามุมวิกฤตระหว่าง Core กับ Clad

วิธีทำ

$$\phi_c = \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1} = \sin^{-1} \frac{1.47}{1.6} = 66.7$$

24. จงคำนวณหาขนาดของค่านิวเมอริคัลอะเพอเจอร์(Numeriacal Aperture:NA)

วิธีทำ

$$NA = (n_1^2 - n_2^2)^{1/2} = \sqrt{(1.6)^2 - (1.47)^2} = 0.63$$

25. จงคำนวณหาขนาดมุมสูงสุดในการป้อนแสง θ_{Max}

วิธีทำ

$$\theta_a = \sin^{-1} NA = \sin^{-1} 0.63 = 39$$

29. แหล่งกำเนิดแสงที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำ GaAs ซึ่งมีค่า $E_g=1.43$ แสงที่ปล่อยออกมาจะมีความยาวคลื่นเท่าใด

วิธีทำ จากสมการ

$$\begin{aligned}\lambda_c (\mu m) &= \frac{hc}{E_g} = \frac{1.24}{E_g} \\ &= \frac{1.24}{1.43} \\ &= 0.86 \mu m\end{aligned}$$

30. จงคำนวณหาค่ากำลังงานของแสงที่ปล่อยออก(Pout)จาก แอลอีดี เมื่อ $\eta_{TP}=0.99\%$ ID=55 mA และ VF=1.7

จากสมการ $\eta_{PT} = \frac{P_{out}}{P_{elect}}$

วิธีทำ

ค่ากำลังไฟฟ้าอินพุต	$P_{elect} = I_D \times V_F = 55 \times 10^{-3} \times 1.7 = 93 \text{ mW}$
ดังนั้น จะได้	$P_{out} = (0.99 / 100) \times 80 = 0.92 \text{ mW}$
	$= 920 \mu\text{W}$

35. จงคำนวณหาค่าผลตอบแทนของสัญญาณของโฟโอดีไดโอดแบบ Pin(InGaAs) เมื่อกำหนดให้มี $\eta = 95\%$ มีอิเล็กตรอน 1.6×10^{-19} มีโฟตอนของแสง $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J/B ที่ความยาวคลื่น 1300nm

วิธีทำ

$$\Re = \frac{\eta q \lambda}{h C} = \frac{(0.95)(1.6 \times 10^{-19})(1.3 \times 10^{-6})}{(6.625 \times 10^{-34})(3 \times 10^8)} = \frac{1.97 \times 10^{-25}}{1.987 \times 10^{-25}} = 0.99 A/W$$

36. ไดโอด APD ที่ทำจาก Si มีค่าประสิทธิภาพคว้นตรัม 65 % ณ ความยาวคลื่น 900 nm ถ้ากำลังงานแสง 0.5 uW ทำให้เกิดกระแส IM เท่ากับ 10 μ A จงหาค่าทวีคูณ(M) กำหนดให้ $h=6.625 \times 10^{-34}$

วิธีทำ จากสมการ $M = \frac{IM}{IP}$

$$IP = \frac{\eta q \lambda}{hC} P_o = \frac{(0.65)(1.6 \times 10^{-19} C)(9 \times 10^{-7} m)}{(6.625 \times 10^{-34} J \cdot s)(3 \times 10^8)} (0.5 \times 10^{-6} W)$$

$$\text{จะได้} = \frac{9.36 \times 10^{-26}}{1.987 \times 10^{-25}} (0.5 \times 10^{-6} \text{ W}) = (0.47)(0.5 \times 10^{-6})$$

$$I_P = 0.23 \mu A$$

$$M = \frac{IM}{IP} = \frac{10\mu A}{0.23\mu A} = 43.47$$

37. โฟโตนไดโอด pin ทำจากสารกึ่งตัวนำ InGaAs มีพารามิเตอร์ ต่างๆที่สำคัญ ewidth ความยาวคลื่น 1500 nm เมื่อค่าพลังงานช่องว่างของสารกึ่งตัว GaAs=1.43 eV เป็นดัชนี ID= 3nA, $\eta=0.75$, $R_L=1500 \Omega$ และไม่คิดผลของกระแสรั่วที่ผิว ถ้ากำลังแสงที่ตกกระทบบมีค่า 300 nW (-35 dBm) และแบนด์วิดท์ ของเครื่องรับเท่ากับ 20 MHz จงหาสัญญาณรบกวนต่างๆที่เครื่องรับ : $h=6.625 \times 10^{-34}$, $T=293$
จากโจทย์จึงคำนวณหาค่าสัญญาณรบกวนคว้นดัม(Quantum noise

วิธีทำ

$$\begin{aligned}\lambda_c (\mu m) &= \frac{1.24}{E_g (eV)} \\ &= \frac{1.24}{1.43} \\ &= 0.87 \mu m\end{aligned}$$

คำนวณค่ากระแส Ip จากสมการ

$$\begin{aligned}I_p &= \Re P_o = \frac{\eta q \lambda}{hc} P_o \\ &= \frac{(0.75)(1.6 \times 10^{-19} C)(1.5 \times 10^{-6} m)}{(6.625 \times 10^{-34} J / K)(3 \times 10^8 m / s)} (300 \times 10^{-9} W) \\ &= \frac{1.8 \times 10^{-25}}{1.9 \times 10^{-25}} (300 \times 10^{-9}) \\ &= 0.94 \times 300 \times 10^{-9} \\ &= 0.27 \mu A\end{aligned}$$

38. คำนวณค่าสัญญาณรบกวนคว้นดัม จากสมการ

$$\begin{aligned}\langle I_Q^2 \rangle &= 2qI_p B = 2(1.6 \times 10^{-19} C)(0.27 \times 10^{-6} A)(20 \times 10^6 Hz) \\ I_Q^2 &= 1.728 \times 10^{-18} A^2 \\ I_Q &= \sqrt{1.728 \times 10^{-18} A^2} = 1.32 nA\end{aligned}$$

39. คำนวณค่ากระแสมีด จากสมการ

$$\begin{aligned}\langle I_{DB}^2 \rangle &= 2qIDB = 2(1.6 \times 10^{-19} C)(3 \times 10^{-9} A)(20 \times 10^6 Hz) \\ I_{DB} &= \sqrt{19.2 \times 10^{-21} A^2} = 0.138 nA\end{aligned}$$

40. คำนวณค่าสัญญาณรบกวนเชิงความร้อน

$$\begin{aligned}
 \langle I_T^2 \rangle &= \frac{4KBT}{RL} B = \frac{4(1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K})(293\text{K})}{1500} (20 \times 10^6) \text{ Hz} \\
 I_T &= \frac{1.617 \times 10^{-20}}{1500} (20 \times 10^6) = 1.07 \times 10^{-23} \times 20 \times 10^6 \\
 &= \sqrt{2.156 \times 10^{-16}} \text{ A}^2 \\
 &= 14.6 \text{ nA}
 \end{aligned}$$

43. กำหนดให้ค่ากำลังงานเฉลี่ยของแสงที่ส่งเข้าไปในเส้นใยแก้วที่มีความยาว 9 กิโลเมตร มีค่าเท่ากับ 130 uW และค่ากำลังงานเฉลี่ยของแสงที่เอาต์พุตเท่ากับ 5 uW จงคำนวณหา การลดทอนสัญญาณทั้งหมดในเส้นใยแสง โดยสมมติให้มีการเชื่อมต่อเส้นใยแสง

วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 \alpha L &= 10 \text{Log} \left(\frac{P_{in}}{P_{out}} \right) \\
 &= 10 \text{Log} \left(\frac{130 \mu\text{W}}{5 \mu\text{W}} \right) \\
 &= 10 \times 1.415 \\
 &= 14.15 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

44. การลดทอนสัญญาณต่อกิโลเมตร

วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \frac{10}{L} \text{Log} \left(\frac{P_{in}}{P_{out}} \right) \\
 \alpha &= \frac{14.15}{L} = \frac{14.15}{9 \text{ Km}} \\
 &= 1.57 \text{ Km}^{-1}
 \end{aligned}$$

45. การลดทอนสัญญาณทั้งหมดสำหรับการใช้งานเส้นใยแสงชนิดเดียวกันนี้ที่มีความยาว 10 กิโลเมตรและมีการเชื่อมต่อทุกๆ ช่วง 1 กิโลเมตร โดยแต่ละจุดที่เชื่อมต่อมีการลดทอนสัญญาณ 1 dB

- วิธีทำ loss จากจุดเชื่อมต่อทั้งหมด $9 \times 1 \text{ dB} = 9 \text{ dB}$

$$\text{Signal attenuation} = 15.7 + 9 = 24.7 \text{ dB}$$

46. จงคำนวณหาค่าผลคูณระหว่างแบนด์วิดท์กับระยะทาง (Bandwidth Distance Product) ของระบบสื่อสารด้วยเส้นใยแก้วนำแสงระยะทาง 15 กิโลเมตร ใช้เส้นใยแก้วที่มีค่าการลดทอนสัญญาณ 1.5 dB/km ถูกส่งข้อมูลขนาด 2 Mb/s ด้วยแสงขาเข้าที่มีค่าความเข้ม 0.5

วิธีทำ จากสมการ

$$B = \frac{BL}{L}$$

$$\begin{aligned} BL &= B \times L \\ &= (2)Mb/s \times (15)km \\ &= 30Mb/s - km \end{aligned}$$

47. ถ้านำระบบนี้ไปใช้กับระยะทาง 10 กิโลเมตร จะส่งข้อมูลได้มากที่สุดเท่าไร

จากสมการ

$$\begin{aligned} B &= \frac{BL}{L} \\ &= \frac{30Mb/s - km}{15km} \\ &= 2Mb/s \end{aligned}$$

48. เส้นใยแสงชนิดซิลิกาแบบ GI เส้นหนึ่งมีค่าดัชนีการหักเหของ Core เท่ากับ 1.5 และค่าดัชนีหักเหของ Clad เท่ากับ 1.47

จากโจทย์ จงคำนวณหามุมวิกฤตระหว่าง Core กับ Clad

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \phi_c &= \sin^{-1} \frac{n_2}{n_1} \\ &= \sin^{-1} \frac{1.47}{1.5} \\ &= 78.5 \end{aligned}$$

49. จากโจทย์ จงคำนวณหาขนาดของค่านิวเมอริกัลอะเพเจอร์ (Numerical Aperture: NA)

$$\begin{aligned} NA &= \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \\ &= \sqrt{(1.5)^2 - (1.47)^2} \\ &= \sqrt{2.25 - 2.16} \\ &= 0.3 \end{aligned}$$

50. จากโจทย์ จงคำนวณหาขนาดมุมสูงสุดในการป้อนแสง θ_{Max}

$$\begin{aligned} NA &= \sin(\phi_c) \\ 0.3 &= \sin(\phi_c) \\ \phi_c &= \sin^{-1} 0.3 \\ &= 17.4 \end{aligned}$$

54. เส้นใยแก้วนำแสงที่มีดัชนีหักเหแบบชั้นมีค่าอิมพลไลซ์ของความถี่เท่ากับ 30.6 ที่ความยาวคลื่น 1500 nm
ถ้ารัศมีของแก้วแกนในมีค่า 25 μm จงคำนวณหาค่า NA ของเส้นใยแก้ว

วิธีทำ จากสมการ $V = \frac{2\pi a}{\lambda} NA$

ดังนั้นจะได้ $NA = V \frac{\lambda}{2\pi a} = 30.6 \frac{1.5 \times 10^{-6}}{2\pi 25 \times 10^{-6}}$
 $= 0.29$

55. เส้นใยแก้วนำแสงที่มีดัชนีหักเหแบบแกรดเดด มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 50/125 ค่า $\alpha=2, n_1=1.5$ และ $n_2=1.48$
จงคำนวณหาค่าจำนวน โหมดทั้งหมด ที่ความยาวคลื่นใช้งาน 900 nm

วิธีทำ จาก $\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} = \frac{1.5 - 1.48}{1.5} = 0.013$

$$M \approx \left(\frac{\alpha}{\alpha + 2} \right) \left(\frac{4\pi^2 a^2 n_1^2 \Delta}{\lambda^2} \right)$$

$$\approx \left(\frac{2}{2 + 2} \right) \left(\frac{4\pi^2 (25 \times 10^{-6})^2 (1.48)^2 (0.013)}{(900 \times 10^{-9})^2} \right)$$

$$\approx 433 \text{ Mode}$$

56. เส้นใยแก้วนำแสงที่มีดัชนีหักเหแบบชั้นมีค่า numerical aperture เท่ากับ 0.30 จงออกแบบเพื่อให้แสงเคลื่อนที่ผ่านได้เพียงโหมดเดียว ณ ความยาวคลื่น 1.3 μm ดังนั้นเส้นใยแก้วนำแสงควรมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่สุดเท่าไร

วิธีทำ จากสมการ $V = \frac{2\pi a NA}{\lambda_c} = 2.405$

จะได้ว่า

$$a = \frac{(2.405)(\lambda_c)}{2\pi NA} = \frac{(2.405)(1.3 \times 10^{-6})}{2\pi(0.3)}$$

$$= 1.65 \mu\text{m}$$

$$2a = (2)1.65 \mu\text{m}$$

$$2a = 3.3 \mu\text{m}$$

57. เส้นใยแก้วชนิด SM มีค่าพารามิเตอร์ดังนี้ $n_1=1.465, \Delta=1\%$ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของคอร์เท่ากับ 25 μm จงคำนวณหาค่าของความยาวคลื่นแสงที่สั้นที่สุดที่สามารถใช้งานร่วมกับเส้นใยแก้วนี้ได้ และถ้าหากนำเส้นใยแก้วไปใช้กับแสงที่มีความยาวคลื่น 1.33 μm จะได้หรือไม่

วิธีทำ จาก

$$2a = 25 \times 10^{-6} \text{m}$$

$$a = (25 \times 10^{-6} \text{m}) / 2$$

$$= 12.5 \times 10^{-6} \text{m}$$

$$\begin{aligned} \lambda_c(\mu\text{m}) &= \frac{2\pi a n_1 \sqrt{2\Delta}}{2.405} \\ &= \frac{2\pi (12.5 \times 10^{-6}) (1.465) (\sqrt{2(0.01)})}{2.405} \\ &= \frac{(1.15 \times 10^{-4}) (0.14)}{2.405} \\ &= 6.7 \mu\text{m} \end{aligned}$$

ถ้าหากนำเส้นใยแก้วไปใช้กับแสงที่มีความยาวคลื่น 1.33 μm นั้นจะใช้ไม่ได้เพราะความยาวคลื่นต่ำกว่าความยาวคลื่นคัทออฟทำให้ความยาวคลื่นมีหลายโหมดไม่เหมาะกับเส้นใยแก้ว singlemode

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์หาความแตกต่าง
ระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
(ความก้าวหน้าทางการเรียน)

ตารางที่ น-๑ คะแนนแบบทดสอบหลังบทเรียน ค่าร้อยละของผู้เรียน

ลำดับที่	หน่วยที่ ๑	ค่าร้อยละ	หน่วยที่ ๒	ค่าร้อยละ	หน่วยที่ ๓	ค่าร้อยละ	รวม (X)	ค่าร้อยละ
	๑๒		๒๘		๓๐		(๓๐)	
๑	๕	๓๕	๒๐	๓๑.๔๒	๒๒	๓๓.๓๓	๕๑	๓๒.๖๕
๒	๑๑	๕๑.๖๖	๒๓	๗๒.๑๔	๒๔	๘๐	๕๘	๗๒.๖๕
๓	๑๐	๗๓.๓๓	๒๔	๗๕.๓๑	๒๒	๓๓.๓๓	๕๖	๗๓
๔	๑๑	๕๑.๖๖	๑๕	๖๓.๖๕	๒๓	๓๖.๖๖	๕๓	๓๕.๓๑
๕	๑๑	๕๑.๖๖	๒๓	๗๒.๑๔	๒๓	๓๖.๖๖	๕๓	๗๒.๖๕
๖	๑๑	๕๑.๖๖	๑๗	๖๔.๒๘	๒๐	๖๖.๖๖	๔๕	๓๐
๗	๑๐	๗๓.๓๓	๑๗	๖๐.๓๑	๒๑	๓๐	๔๘	๖๗.๕๓
๘	๑๑	๕๑.๖๖	๒๕	๗๕.๒๘	๒๔	๘๐	๖๐	๗๕.๓๑
๙	๕	๓๕	๒๒	๓๗.๕๓	๒๓	๓๖.๖๖	๕๕	๓๗.๑๔
๑๐	๑๐	๗๓.๓๓	๒๔	๗๕.๓๑	๒๗	๕๓.๓๓	๖๒	๗๗.๕๓
๑๑	๑๑	๕๑.๖๖	๒๔	๗๕.๓๑	๒๖	๗๖.๖๖	๖๑	๗๖.๑๔
๑๒	๑๐	๗๓.๓๓	๒๒	๓๗.๕๓	๒๗	๕๐	๕๕	๗๕.๒๘
๑๓	๑๑	๕๑.๖๖	๒๖	๕๒.๖๕	๒๗	๕๐	๖๔	๕๑.๔๒
รวม	๑๓๕	๗๖.๕๓	๒๗๓	๓๗.๖๕	๓๑๐	๓๕.๔๗	๓๗๒	๗๐.๔๔

$$E_1 = \frac{(\sum X / N)}{A} \times 100 = \frac{(732/13)}{70} \times 100$$

$$= 80.44$$

จากการคำนวณพบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการที่วัดได้ในชุดการสอน(E_1) คิดเป็นร้อยละ ๘๐.๔๔

ตารางที่ จ-๒ คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ลำดับที่	คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (เต็ม ๗๐)	ร้อยละ
๑	๕๕	๗๘.๕๗
๒	๕๘	๘๒.๘๖
๓	๕๗	๘๑.๔๓
๔	๕๗	๘๑.๔๓
๕	๕๑	๗๒.๘๕
๖	๕๐	๗๑.๓๒
๗	๔๐	๕๗.๑๔
๘	๖๐	๘๕.๗๑
๙	๕๖	๘๐
๑๐	๖๒	๘๘.๕๗
๑๑	๕๙	๘๔.๒๘
๑๒	๖๑	๘๗.๑๔
๑๓	๖๕	๙๒.๘๕
รวม	๗๓๑	๘๐.๓๒

$$E_2 = \frac{(\sum X / N)}{A} \times 100 = \frac{(731/13)}{70} \times 100 = 80.32$$

จากการคำนวณพบว่าประสิทธิภาพของกระบวนการที่วัดได้ในชุดการสอน(E_2) คิดเป็นร้อยละ ๘๐.๓๒

ตารางที่ จ-๓ คะแนนการเปรียบเทียบการเรียนรู้ด้วยชุดการสอน วิชาการสื่อสารทางแสง
(แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์)

คนที่	คะแนนแบบทดสอบ ก่อนเรียน(เต็ม ๓๐)	คะแนนแบบทดสอบ หลังเรียน(เต็ม ๓๐)	คะแนน ความก้าวหน้า ในการเรียน (D)	D^2
๑	๑๐	๕๕	-๔๕	๒๐๒๕
๒	๕	๕๘	-๔๕	๒๐๒๕
๓	๑๓	๕๗	-๔๔	๑๙๓๖
๔	๑๑	๕๗	-๔๖	๒๑๑๖
๕	๗	๕๑	-๔๔	๑๙๓๖
๖	๑๐	๕๐	-๔๐	๑๖๐๐
๗	๖	๔๐	-๓๔	๑๑๕๖
๘	๑๓	๖๐	-๔๗	๒๒๐๙
๙	๘	๕๖	-๔๘	๒๓๐๔
๑๐	๑๐	๖๒	-๕๒	๒๗๐๔
๑๑	๗	๕๕	-๔๘	๒๓๐๔
๑๒	๑๔	๖๑	-๔๗	๒๒๐๙
๑๓	๑๕	๖๕	-๕๐	๒๕๐๐
รวม	๑๓๓	๗๓๑	-๕๕๘	๒๗๘๐๐

สมมติฐานทางสถิติ

๑. $H_0 = \mu_{\text{pertest}} = \mu_{\text{posttest}}$ (คะแนนสอบก่อนเรียนและคะแนนสอบหลังเรียนไม่แตกต่างกัน)

๒. $H_1 = \mu_{\text{pertest}} \neq \mu_{\text{posttest}}$ (คะแนนสอบก่อนเรียนและคะแนนสอบหลังเรียนแตกต่างกัน)

เมื่อ $\alpha = 0.05, \frac{\alpha}{2} = 0.025, t_{0.025}, df = 12 = \pm 2.179$

จากสมการ

$$t_c = \frac{\sum D}{\sqrt{n \sum D^2 - (\sum D)^2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{n-1}}$$

$$\begin{aligned}
 t_c &= \frac{-598}{\sqrt{\frac{13(27800) - (-598)^2}{12}}} \\
 &= \frac{-598}{17.78} \\
 &= -33.6
 \end{aligned}$$

สรุปได้ว่า จากการคำนวณได้ค่าที่ -๓๓.๖ และค่าที่ที่เปิดตารางเท่ากับ ± 2.176 จึงยอมรับ H_1 ปฏิเสธ H_0 นั่นคือผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนก่อนเรียนและผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนหลังเรียนแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ ๐.๐๕ (แสดงให้เห็นว่าผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนสูงขึ้นหลังจากได้เรียนกับชุด การสอนวิชาการสื่อสารทางแสง)

ตารางที่ จ-๔ คะแนนความก้าวหน้าในการเรียนของนักเรียนกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

		กลุ่มสูง				กลุ่มต่ำ	
ลำดับ ที่	ก่อน เรียน	หลังเรียน	ผลต่าง คะแนน	ลำดับ ที่	ก่อน เรียน	หลังเรียน	ผลต่าง คะแนน
๑	๕	๕๘	๕๓	๑	๑๐	๕๕	๔๕
๒	๑๓	๕๓	๔๔	๒	๑๑	๕๓	๔๖
๓	๑๓	๖๐	๔๗	๓	๑๐	๕๐	๔๐
๔	๑๐	๖๒	๕๒	๔	๖	๔๐	๓๔
๕	๓	๕๕	๕๒	๕	๓	๕๑	๔๘
๖	๑๔	๖๑	๔๗	๖	๘	๕๖	๔๘
๗	๑๕	๖๕	๕๐				
	n		๓		n		๖
	$\Delta X_{H,AV}$		๔๘.๓		$\Delta X_{L,AV}$		๔๒.๘๓
	S_1		๒.๕๓		S_2		๕.๐๘

จากตารางที่ จ-๔ ทำการทดสอบค่าเอฟ (F-test) เพื่อทดสอบว่าความแปรปรวนของคะแนนกลุ่ม ตัวอย่างทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันหรือไม่

สมมติฐาน

จากสูตร

$$F = \frac{S_2^2}{S_1^2} \text{ เมื่อ } S_2^2 > S_1^2$$

$$F = \frac{(5.08)^2}{(2.93)^2}$$

$$= 3$$

เปิดตารางแจกแจง เอฟ ที่ $\alpha = 0.05, df_1 = 7 - 1 = 6, df_2 = 6 - 1 = 5$ จะได้ $F = 4.95$
 ดังนั้นค่าเอฟที่คำนวณได้ 3 น้อยกว่า 4.95 จึงยอมรับ H_0 ปฏิเสธ H_1 นั่นคือความแปรปรวนของ
 คะแนนกลุ่มตัวอย่างทั้งสองเท่ากัน

การเปรียบเทียบความก้าวหน้าในการเรียนด้วยชุดการสอนวิชาหลักการสื่อสารดาวเทียม
 ของนักเรียนกลุ่มสูงและนักเรียนกลุ่มต่ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การทดสอบสถิติที (t-test)

สมมติฐาน

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 > \mu_2$$

จากสูตร

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{S_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$= \frac{(7 - 1)(2.93)^2 + (6 - 1)(5.08)^2}{7 + 6 - 2}$$

$$= 16.4$$

แทนค่า

$$t = \frac{48.7 - 42.83}{\sqrt{16.4 \left(\frac{1}{7} + \frac{1}{6} \right)}}$$

$$= 2.61$$

$$df = n_1 + n_2 - 2$$

$$= 7 + 6 - 2$$

$$= 11$$

เปิดตารางแจกแจงแบบ ที่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ในการทดสอบแบบทางเดียวได้ $t=1.76$

ดังนั้นค่า t ที่คำนวณได้ 2.61 มากกว่า 1.76 จึงยอมรับ H_1 ปฏิเสธ H_0 นั่นคือคะแนนความก้าวหน้าในการเรียนด้วยชุดการสอนวิชาการสื่อสารทางแสง ของนักเรียนกลุ่มสูง สูงกว่านักเรียนกลุ่มต่ำ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05

ตาราง ๙-๕ การหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

คนที่	คะแนนแบบทดสอบ ก่อนเรียน (X)	คะแนนแบบทดสอบ หลังเรียน (Y)	X^2	Y^2	XY
๑	๑๐	๕๕	๑๐๐	๓๐๒๕	๕๕๐
๒	๕	๔๘	๒๕	๒๓๑๔	๒๔๐
๓	๑๓	๕๓	๑๖๙	๒๘๐๙	๖๘๙
๔	๑๑	๕๓	๑๒๑	๒๘๐๙	๖๒๓
๕	๓	๕๑	๙	๒๖๐๑	๑๕๓
๖	๑๐	๕๐	๑๐๐	๒๕๐๐	๕๐๐
๗	๖	๔๐	๓๖	๑๖๐๐	๒๔๐
๘	๑๓	๖๐	๑๖๙	๓๖๐๐	๗๘๐
๙	๘	๕๖	๖๔	๓๑๓๖	๔๔๘
๑๐	๑๐	๖๒	๑๐๐	๓๘๔๔	๖๒๐
๑๑	๓	๕๕	๙	๓๐๒๕	๑๖๕
๑๒	๑๔	๖๑	๑๙๖	๓๗๒๑	๘๕๔
๑๓	๑๕	๖๕	๒๒๕	๔๒๒๕	๙๗๕
รวม	๑๓๓	๗๓๑	๑๔๕๙	๔๑๕๙๕	๗๖๒๗

การหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

$$\text{สูตร } r_{xy} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

โดยที่ $\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนน X

$\sum Y$ คือ ผลรวมของคะแนน Y

$\sum X^2$ คือ ผลรวมของ X แต่ละตัวยกกำลังสอง

$\sum Y^2$ คือ ผลรวมของ Y แต่ละตัวยกกำลังสอง

$\sum XY$ คือ ผลรวมของผลคูณ X กับ Y ทุกคู่

N คือ จำนวนคน (CASE)

แทนค่า

$$\begin{aligned} r_{xy} &= \frac{(13)(7627) - (133)(731)}{\sqrt{\{13(1459) - (133)^2\}\{13(41595) - (731)^2\}}} \\ &= \frac{99151 - 97233}{\sqrt{(1278)(6374)}} \\ &= \frac{1928}{2855} \\ &= 0.675 \end{aligned}$$

จากผลการคำนวณปรากฏว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์วัดผลทางการเรียนวิชา การสื่อสารทางแสงมีความสัมพันธ์กันกับคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน 0.675

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นายกฤษฎา คำวัน
 วิทยานิพนธ์เรื่อง : การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดการวิชาการสื่อสารทางแสง
 หลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
 สาขาวิชา : ไฟฟ้า

ประวัติ

ประวัติส่วนตัว เกิดวันที่ 19 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2522 ที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน เป็นบุตรคนที่ 2 ในจำนวน 3 คน ของนายสุพรรณ คำวัน และ นางสาวทอง คำวัน

ประวัติการศึกษาระดับประถมศึกษา ที่โรงเรียนทองสวัสดิ์วิทยาการ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นที่โรงเรียนแม่สะเรียง“บริพัตรศึกษา” อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพที่แผนกอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนโปลิเทคนิคลานนาเชียงใหม่ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงที่แผนกอิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนพระรามหกเทคโนโลยี ระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

ประวัติการทำงาน ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง ช่าง 3 แผนก สื่อสารข้อมูล ทำหน้าที่เกี่ยวกับวงจรเช่า ของ บริษัท ทีโอที จำกัดมหาชน