

## มคอ. 3

## รายละเอียดของกระบวนวิชา

1. ชื่อสถาบันอุดมศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CHIANG MAI UNIVERSITY)
2. คณะ/ภาควิชา คณะวิทยาศาสตร์ Faculty of Science ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ Department of Physics and Materials Science
3. รหัสกระบวนวิชา ว.ฟส.729 (207729) ชื่อกระบวนวิชา ไมโครฟลูอิดิกส์ (Microfluidics)
4. หน่วยกิต 3(3-0-6)

## หมวดที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

<p>1. หลักสูตรและประเภทของกระบวนวิชา</p> <p>1.1 กระบวนวิชานี้ใช้สำหรับ</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์</p> <p><input type="checkbox"/> หลายหลักสูตร</p> <p>1.2 ประเภทของกระบวนวิชา</p> <p><input type="checkbox"/> วิชาบังคับ                      <input type="checkbox"/> ในสาขาวิชา                      <input type="checkbox"/> นอกสาขา</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> วิชาเลือก                              <input checked="" type="checkbox"/> ในสาขาวิชา                      <input type="checkbox"/> นอกสาขา</p> <p><input type="checkbox"/> วิชาตามเงื่อนไขของสาขาวิชา</p> <p><input type="checkbox"/> วิทยานิพนธ์/การค้นคว้าแบบอิสระ</p>
<p>2. อาจารย์ผู้รับผิดชอบกระบวนวิชาและอาจารย์ผู้สอน</p> <p>2.1 ชื่ออาจารย์ผู้รับผิดชอบ</p> <p>อ.ดร. นิรุต ผุสดี</p> <p>2.2 อาจารย์ผู้สอน (ทุกคน)</p> <p>อ.ดร. นิรุต ผุสดี</p>
<p>3. ภาคการศึกษา/ชั้นปีที่เรียน</p> <p>ภาคการศึกษาที่ 2 ชั้นปีที่ 2</p>
<p>4. สถานที่เรียน</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> ในสถานที่ตั้งของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่</p> <p><input type="checkbox"/> นอกสถานที่ตั้งของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ระบุ) .....</p>
<p>5. จำนวนชั่วโมงต่อสัปดาห์ที่อาจารย์จะให้คำปรึกษาและแนะนำทางวิชาการแก่นักศึกษา</p> <p>เป็นรายบุคคล 1 ชั่วโมงต่อสัปดาห์</p>

## หมวดที่ 2 ลักษณะและการดำเนินการ

ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์		คณะวิทยาศาสตร์
ว.ฟส. 729 (207729)	ไมโครฟลูอิดิกส์	3(3-0-6)
ลักษณะกระบวนวิชา	<input checked="" type="checkbox"/> บรรยาย <input type="checkbox"/> ปฏิบัติการ	
	<input type="checkbox"/> ฝึกปฏิบัติ <input type="checkbox"/> วิทยานิพนธ์/การค้นคว้าแบบอิสระ	
การวัดและประเมินผล	<input checked="" type="checkbox"/> A-F <input type="checkbox"/> S/U <input type="checkbox"/> P	

เงื่อนไขที่ต้องผ่านก่อน :      ว.ฟส.701 (207701)

### คำอธิบายลักษณะกระบวนวิชา

หลักการพื้นฐานของกลศาสตร์ของไหล ผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ของสมการนาเวียร์-สโตกส์ ผลจากรูขนาดเล็ก อิเล็กโตรไฮโดรไดนามิกส์ ไดอิเล็กโตรพอเรซิสและแมกเนโตพอเรซิส เทคนิคการสร้างสำหรับไมโครฟลูอิดิกส์ การประยุกต์ใช้ไมโครฟลูอิดิกส์ในรูปแบบอื่น ๆ ไมโครฟลูอิดิกส์เชิงคณนาเบื้องต้น

### วัตถุประสงค์กระบวนวิชา :

นักศึกษาสามารถอธิบายแนวคิดของไมโครฟลูอิดิกส์และแก้ปัญหาต่างๆ ทางไมโครฟลูอิดิกส์ได้

เนื้อหากระบวนวิชา	จำนวนชั่วโมงบรรยาย
1. บทนำ	1.5
2. หลักการพื้นฐานของกลศาสตร์ของไหล	6
2.1 ของไหลสถิต	
2.2 จลนศาสตร์ของของไหล	
2.3 สมการสำหรับการไหลแบบอัดไม่ได้	
3. ผลเฉลยเชิงวิเคราะห์ของสมการนาเวียร์-สโตกส์	4.5
3.1 การไหลแบบปัวซองส์สำหรับท่อที่มีพื้นที่หน้าตัดแตกต่างกัน	
3.2 แรงต้านแบบสโตกส์ต่ออนุภาคที่เคลื่อนที่ในการไหลแบบคงที่	
4. ผลจากรูขนาดเล็ก	3
4.1 ความตึงผิว	
4.2 มุมสัมผัส	
4.3 ปรากฏการณ์มารางโกนี	
5. อิเล็กโตรไฮโดรไดนามิกส์	7.5
5.1 ชั้นเดอบาย	
5.2 อิเล็กโตรพอเรซิส	
5.3 อิเล็กโตรออสโมซิส	

เนื้อหากระบวนวิชา	จำนวนชั่วโมงบรรยาย
6. ไดอิเล็กโตรฟอเรซิสและแมกเนโตฟอเรซิส	4.5
6.1 ไดอิเล็กโตรฟอเรซิส	
6.2 แมกเนโตฟอเรซิส	
7. เทคนิคการสร้างสำหรับไมโครฟลูอิดิกส์	3
7.1 เทคนิคพื้นฐาน	
7.2 เทคนิคที่ใช้ซิลิกอนเป็นพื้นฐาน	
7.3 เทคนิคที่ใช้พอลิเมอร์เป็นพื้นฐาน	
8. การประยุกต์ใช้ไมโครฟลูอิดิกส์ในแบบอื่นๆ	7.5
8.1 ระบบวิเคราะห์รวมขนาดจิ๋ว	
8.2 ไมโครฟลูอิดิกส์แบบหยดของเหลว	
8.3 การจัดการอนุภาคแบบออปโตอิเล็กทรอนิกส์	
8.4 เซ็นเซอร์ไมโครฟลูอิดิกส์นับอนุภาค	
8.5 การวิเคราะห์เซลล์เดียว	
9. ไมโครฟลูอิดิกส์เชิงคณนาเบื้องต้น	7.5
9.1 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	
9.2 การจำลองการไหลแบบอิเล็กโตรออสโมซิส	
9.3 แบบจำลองการแยกแบบไดอิเล็กโตรฟอเรซิส	
<b>รวม</b>	<b>45</b>

### เหตุผลในการขอเปิดกระบวนวิชานี้

เป็นกระบวนวิชาใหม่ ที่นักศึกษาที่ทำวิจัยในหัวข้อไมโครฟลูอิดิกส์ ต้องมีความรู้พื้นฐาน จึงจะสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการทำวิจัยต่อไปได้

กระบวนวิชานี้ได้ผ่านความเห็นชอบจากที่ประชุมคณะกรรมการบัณฑิตศึกษาประจำคณะวิทยาศาสตร์ ในคราวประชุมครั้งที่13/2559 เมื่อวันที่ 15 ธันวาคม 2559 กำหนดเปิดสอนตั้งแต่ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2559 เป็นต้นไป



(รองศาสตราจารย์ ดร. สัมพันธ์ สิงหาราพรานนท์)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

วันที่ 20 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2559

Department of Physics and Materials Science

Faculty of Science

PHYS 729 (207729) Microfluidics

3(3-0-6)

Course Type :  Lecture  Lab  
 Practicum  Thesis/I.S.  
 Course Evaluation:  A-F  S/U  P  
 Prerequisite : PHYS 701 (207701)

### Course Description

Basic principles of fluid **mechanics**, analytical solutions for Navier–Stokes equation, capillary effects, electrohydrodynamics, dielectrophoresis and magnetophoresis, fabrication techniques for microfluidics, other microfluidic applications, introduction to computational microfluidics.

### Course Objectives:

Students are able to explain concepts of microfluidics and solve microfluidics problems.

Course Contents	No. of Lecture Hours
1. Introduction	1.5
2. Basic principles of fluid <b>mechanics</b>	6
2.1 Fluid statics	
2.2 Kinematics of fluid	
2.3 Equations for incompressible flow	
3. Analytical solutions for Navier–Stokes equation	4.5
3.1 Poiseuille flow with different cross–section channels	
3.2 Stokes drag on a particle moving in steady flow	
4. Capillary effects	3
4.1 Surface tension	
4.2 Contact angle	
4.3 Marangoni effect	
5. Electrohydrodynamics	7.5
5.1 Debye layer	
5.2 Electrophoresis	
5.3 Electroosmosis	
6. Dielectrophoresis and magnetophoresis	4.5
6.1 Dielectrophoresis	
6.2 Magnetophoresis	

<b>Course Contents</b>	<b>No. of Lecture Hours</b>
7. Fabrication techniques for microfluidics	3
7.1 Basic techniques	
7.2 Silicon-based techniques	
7.3 Polymer-based techniques	
8. Other microfluidic applications	7.5
8.1 Micro total analysis systems	
8.2 Droplet microfluidics	
8.3 Optoelectric particle manipulation	
8.4 Microfluidic particle counting sensors	
8.5 Single cell analysis	
9. Introduction to computational microfluidics	7.5
9.1 Mathematical modeling	
9.2 Electroosmotic flow simulation	
9.3 Dielectrophoresis separation simulation	
<b>Total</b>	<b><u>45</u></b>

### หมวดที่ 3 การพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักศึกษา

1. คุณธรรม จริยธรรม		
คุณธรรม จริยธรรมที่ต้องพัฒนา	กิจกรรมการเรียนการสอน	วิธีการประเมินผล
<input type="checkbox"/> 1.1 ตระหนักในคุณค่าและคุณธรรม จริยธรรม เสียสละ และซื่อสัตย์สุจริต มีจรรยาบรรณทางวิชาการและวิชาชีพ	<input type="checkbox"/> บรรยาย <input type="checkbox"/> ปฏิบัติการ <input type="checkbox"/> ฝึกปฏิบัติ <input type="checkbox"/> อื่นๆ (ระบุ) .....	<input type="checkbox"/> สอบ <input type="checkbox"/> รายงาน <input type="checkbox"/> แฟ้มสะสมงาน <input type="checkbox"/> อื่นๆ (ระบุ)..... (เช่น ประเมินจากพฤติกรรมการเข้าเรียน การเข้าสอบ และการส่งงานที่ได้รับมอบหมาย)
<input checked="" type="checkbox"/> 1.2 มีวินัย ตรงต่อเวลา และความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม เคารพกฎระเบียบและข้อบังคับต่างๆ ขององค์กรและสังคม	<input checked="" type="checkbox"/> บรรยาย <input type="checkbox"/> ปฏิบัติการ <input type="checkbox"/> ฝึกปฏิบัติ <input checked="" type="checkbox"/> อื่นๆ เยี่ยมห้องปฏิบัติการวิจัย	<input type="checkbox"/> สอบ <input checked="" type="checkbox"/> รายงาน <input type="checkbox"/> แฟ้มสะสมงาน <input type="checkbox"/> อื่นๆ (ระบุ).....
<input checked="" type="checkbox"/> 1.3 มีภาวะความเป็นผู้นำและผู้ตาม สามารถทำงานเป็นทีมและสามารถแก้ไขข้อขัดแย้งและลำดับความสำคัญ	<input checked="" type="checkbox"/> บรรยาย <input type="checkbox"/> ปฏิบัติการ <input type="checkbox"/> ฝึกปฏิบัติ <input type="checkbox"/> อื่นๆ.....	<input type="checkbox"/> สอบ <input type="checkbox"/> รายงาน <input type="checkbox"/> แฟ้มสะสมงาน <input checked="" type="checkbox"/> อื่นๆ เสนอผลงาน
<input type="checkbox"/> 1.4 เคารพสิทธิและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น รวมทั้งเคารพในคุณค่าและศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์	<input type="checkbox"/> บรรยาย <input type="checkbox"/> ปฏิบัติการ <input type="checkbox"/> ฝึกปฏิบัติ <input type="checkbox"/> อื่นๆ (ระบุ) .....	<input type="checkbox"/> สอบ <input type="checkbox"/> รายงาน <input type="checkbox"/> แฟ้มสะสมงาน <input type="checkbox"/> อื่นๆ (ระบุ).....
2. ความรู้		
ความรู้ที่จะได้รับ	กิจกรรมการเรียนการสอน	วิธีการประเมินผล
<input checked="" type="checkbox"/> 2.1 มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีที่สำคัญในเนื้อหาที่ศึกษา	<input checked="" type="checkbox"/> บรรยาย <input type="checkbox"/> ปฏิบัติการ <input type="checkbox"/> ฝึกปฏิบัติ <input checked="" type="checkbox"/> อื่นๆ การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน	<input checked="" type="checkbox"/> สอบ <input type="checkbox"/> รายงาน <input type="checkbox"/> แฟ้มสะสมงาน <input checked="" type="checkbox"/> อื่นๆ ส่งการบ้าน, ประเมินจากพฤติกรรมในชั้นเรียน เสนอผลงาน
<input checked="" type="checkbox"/> 2.2 สามารถวิเคราะห์ปัญหา รวมทั้งประยุกต์ความรู้ทักษะ และการใช้เครื่องมือที่เหมาะสมกับการแก้ไขปัญหา	<input checked="" type="checkbox"/> บรรยาย <input type="checkbox"/> ปฏิบัติการ <input type="checkbox"/> ฝึกปฏิบัติ <input type="checkbox"/> อื่นๆ (ระบุ) .....	<input checked="" type="checkbox"/> สอบ <input type="checkbox"/> รายงาน <input type="checkbox"/> แฟ้มสะสมงาน <input checked="" type="checkbox"/> อื่นๆ เสนอผลงาน
<input checked="" type="checkbox"/> 2.3 สามารถติดตามความก้าวหน้าทางวิชาการ และมีความรู้ในแนวกว้างของสาขาวิชาที่ศึกษาเพื่อให้สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลง และเข้าใจผลกระทบของเทคโนโลยีใหม่ๆ	<input checked="" type="checkbox"/> บรรยาย <input type="checkbox"/> ปฏิบัติการ <input type="checkbox"/> ฝึกปฏิบัติ <input checked="" type="checkbox"/> อื่นๆ งานสืบค้น/หาความรู้เพิ่มเติม	<input checked="" type="checkbox"/> สอบ <input type="checkbox"/> รายงาน <input type="checkbox"/> แฟ้มสะสมงาน <input checked="" type="checkbox"/> อื่นๆ สืบค้นข้อมูลเพื่อทำงานที่ได้รับมอบหมาย
<input checked="" type="checkbox"/> 2.4 สามารถบูรณาการความรู้ในที่ศึกษาในศาสตร์ของตนกับความรู้ในศาสตร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง	<input checked="" type="checkbox"/> บรรยาย <input type="checkbox"/> ปฏิบัติการ <input type="checkbox"/> ฝึกปฏิบัติ <input checked="" type="checkbox"/> อื่นๆ การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน	<input checked="" type="checkbox"/> สอบ <input type="checkbox"/> รายงาน <input type="checkbox"/> แฟ้มสะสมงาน <input checked="" type="checkbox"/> อื่นๆ ส่งการบ้าน, ประเมินจากพฤติกรรมในชั้นเรียน
3. ทักษะทางปัญญา		
ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา	กิจกรรมการเรียนการสอน	วิธีการประเมินผล
<input checked="" type="checkbox"/> 3.1 คิดอย่างมีวิจารณญาณและอย่างเป็นระบบ	<input checked="" type="checkbox"/> บรรยาย <input type="checkbox"/> ปฏิบัติการ <input type="checkbox"/> ฝึกปฏิบัติ <input checked="" type="checkbox"/> อื่นๆ การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน	<input checked="" type="checkbox"/> สอบ <input type="checkbox"/> รายงาน <input type="checkbox"/> แฟ้มสะสมงาน <input checked="" type="checkbox"/> อื่นๆ ส่งการบ้าน, ประเมินจากพฤติกรรมในชั้นเรียน
<input checked="" type="checkbox"/> 3.2 สามารถสืบค้น รวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ และสรุปประเด็นปัญหา เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์	<input checked="" type="checkbox"/> บรรยาย <input type="checkbox"/> ปฏิบัติการ <input type="checkbox"/> ฝึกปฏิบัติ <input checked="" type="checkbox"/> อื่นๆ การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน	<input checked="" type="checkbox"/> สอบ <input type="checkbox"/> รายงาน <input type="checkbox"/> แฟ้มสะสมงาน <input checked="" type="checkbox"/> อื่นๆ ส่งการบ้าน, ประเมินจากพฤติกรรมในชั้นเรียน

<b>ทักษะทางปัญญาที่ต้องพัฒนา</b>	<b>กิจกรรมการเรียนรู้การสอน</b>	<b>วิธีการประเมินผล</b>
<input checked="" type="checkbox"/> 3.3 สามารถประยุกต์ความรู้และทักษะกับการแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม	<input checked="" type="checkbox"/> บรรยาย <input type="checkbox"/> ปฏิบัติการ <input type="checkbox"/> ฝึกปฏิบัติ <input checked="" type="checkbox"/> อื่นๆ การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน	<input checked="" type="checkbox"/> สอบ <input type="checkbox"/> รายงาน <input type="checkbox"/> แฟ้มสะสมงาน <input checked="" type="checkbox"/> อื่นๆ ส่งการบ้าน, ประเมินจากพฤติกรรมในชั้นเรียน
<b>4. ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบ</b>		
<b>ทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและความรับผิดชอบที่ต้องพัฒนา</b>	<b>กิจกรรมการเรียนรู้การสอน</b>	<b>วิธีการประเมินผล</b>
<input checked="" type="checkbox"/> 4.1 มีมนุษยสัมพันธ์ที่ดี สามารถสื่อสารกับกลุ่มคนหลากหลายทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษได้อย่างมีประสิทธิภาพ	<input type="checkbox"/> บรรยาย <input type="checkbox"/> ปฏิบัติการ <input type="checkbox"/> ฝึกปฏิบัติ <input checked="" type="checkbox"/> อื่นๆ แบบฝึกหัด	<input type="checkbox"/> สอบ <input type="checkbox"/> รายงาน <input type="checkbox"/> แฟ้มสะสมงาน <input checked="" type="checkbox"/> อื่นๆ แบบฝึกหัด
<input type="checkbox"/> 4.2 สามารถใช้ความรู้ในศาสตร์มาชี้นำสังคมในประเด็นที่เหมาะสม และเป็นผู้ริเริ่มแสดงประเด็นในการแก้ไขสถานการณ์ทั้งส่วนตัวและส่วนรวม พร้อมทั้งแสดงจุดยืนอย่างพอเหมาะทั้งของตนเองและของกลุ่ม	<input type="checkbox"/> บรรยาย <input type="checkbox"/> ปฏิบัติการ <input type="checkbox"/> ฝึกปฏิบัติ <input type="checkbox"/> อื่นๆ (ระบุ) .....	<input type="checkbox"/> สอบ <input type="checkbox"/> รายงาน <input type="checkbox"/> แฟ้มสะสมงาน <input type="checkbox"/> อื่นๆ (ระบุ).....
<input checked="" type="checkbox"/> 4.3 มีความรับผิดชอบการพัฒนาการเรียนรู้ทั้งของตนเองและทางวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง	<input checked="" type="checkbox"/> บรรยาย <input type="checkbox"/> ปฏิบัติการ <input type="checkbox"/> ฝึกปฏิบัติ <input checked="" type="checkbox"/> อื่นๆ ทำการบ้าน, ใบงาน	<input checked="" type="checkbox"/> สอบ <input type="checkbox"/> รายงาน <input type="checkbox"/> แฟ้มสะสมงาน <input checked="" type="checkbox"/> อื่นๆ ส่งการบ้าน, ประเมินพฤติกรรมตลอดภาคการศึกษา
<b>5. ทักษะการวิเคราะห์เชิงตัวเลข การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ</b>		
<b>ทักษะการวิเคราะห์ การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศที่ต้องพัฒนา</b>	<b>กิจกรรมการเรียนรู้การสอน</b>	<b>วิธีการประเมินผล</b>
<input type="checkbox"/> 5.1 มีทักษะในการใช้เครื่องมือที่จำเป็นที่มีอยู่ในปัจจุบันต่อการทำงานที่เกี่ยวกับการใช้สารสนเทศและเทคโนโลยีสื่อสารอย่างเหมาะสม	<input type="checkbox"/> บรรยาย <input type="checkbox"/> ปฏิบัติการ <input type="checkbox"/> ฝึกปฏิบัติ <input type="checkbox"/> อื่นๆ (ระบุ) .....	<input type="checkbox"/> สอบ <input type="checkbox"/> รายงาน <input type="checkbox"/> แฟ้มสะสมงาน <input type="checkbox"/> อื่นๆ (ระบุ)..... (เช่น สืบค้นข้อมูลและส่งรายงานทางอินเทอร์เน็ต)
<input type="checkbox"/> 5.2 สามารถแก้ไขปัญหาโดยใช้สารสนเทศทางคณิตศาสตร์ หรือนำเสนอสถิติมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องอย่างสร้างสรรค์	<input type="checkbox"/> บรรยาย <input type="checkbox"/> ปฏิบัติการ <input type="checkbox"/> ฝึกปฏิบัติ <input type="checkbox"/> อื่นๆ (ระบุ) .....	<input type="checkbox"/> สอบ <input type="checkbox"/> รายงาน <input type="checkbox"/> แฟ้มสะสมงาน <input type="checkbox"/> อื่นๆ (ระบุ).....
<input checked="" type="checkbox"/> 5.3 สามารถสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งปากเปล่าและการเขียน เลือกใช้รูปแบบของสื่อการนำเสนออย่างเหมาะสม	<input checked="" type="checkbox"/> บรรยาย <input type="checkbox"/> ปฏิบัติการ <input type="checkbox"/> ฝึกปฏิบัติ <input checked="" type="checkbox"/> อื่นๆ การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในชั้นเรียน	<input checked="" type="checkbox"/> สอบ <input type="checkbox"/> รายงาน <input type="checkbox"/> แฟ้มสะสมงาน <input checked="" type="checkbox"/> อื่นๆ ประเมินจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

แผนที่แสดงการกระจายความรับผิดชอบมาตรฐานผลการเรียนรู้สู่กระบวนวิชา (Curriculum mapping)

กระบวนวิชา	คุณธรรม จริยธรรม				ความรู้				ทักษะทาง ปัญญา			ทักษะ ความสัมพันธ์ ระหว่างบุคคล และความ รับผิดชอบ			ทักษะการ วิเคราะห์เชิง ตัวเลข การ สื่อสาร และการ ใช้เทคโนโลยี สารสนเทศ		
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	5.3
207729 ไมโครฟลูอิดิกส์ (Microfluidics)		•	•		•	•	•	•	•	•	•	•		•			•