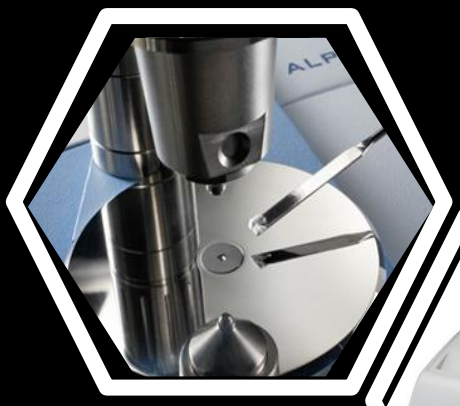
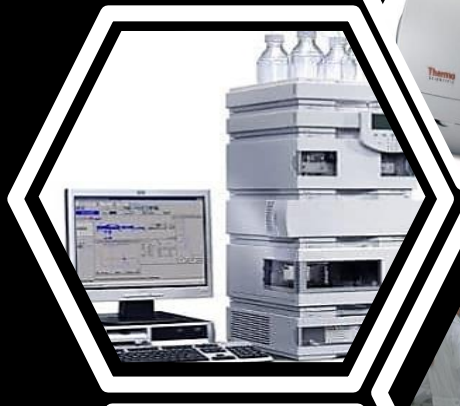
คู่มือปฏิบัติงาน

การใช้งานเครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงในรายวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ 1





นางสาวสุกานดา โภคพินิจ

ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

คำนำ

คู่มือปฏิบัติงานการใช้งานเครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงในรายวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ 1 ของสาขาวิชาเคมีและศูนย์วิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร จัดทำขึ้นเพื่อให้นักศึกษา บุคคลภายนอก และภายในของมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ได้รับความรู้ความเข้าใจในขั้นตอนการทำงานของงานด้านการให้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และใช้เป็นเอกสารอ้างในการทำงาน ซึ่งเอกสารฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของภาระงานสาขาวิชาเคมี สาขาวิชาเคมี และศูนย์วิทยาศาสตร์ประยุกต์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือปฏิบัติงานการใช้งานเครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงในรายวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ 1 ฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์แก่นักศึกษา บุคคลภายนอก และภายในของมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ในอันที่จะศึกษาเพื่อก่อให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการปฏิบัติงาน และสามารถบูรณาการความรู้ที่ได้รับกับการปฏิบัติงานจริง เพื่อลดความผิดพลาดในกระบวนการดำเนินงานที่จะเกิดขึ้นในการปฏิบัติงาน

นางสาวสุกานดา โภคพินิจ
นักวิทยาศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

สารบัญ

		หน้า
	คำนำ	ก
	สารบัญ	ข
	สารบัญรูป	ค
	สารบัญตาราง	ง
บทที่ 1		
	ความเป็นมาและความสำคัญ	1
	วัตถุประสงค์	2
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
	ขอบเขตของคู่มือ	2
	คำจำกัดคำเบื้องต้น	2
บทที่ 2		
	โครงสร้างการบริหารจัดการ	4
	โครงสร้างองค์กร (Organization chart)	11
	โครงสร้างการบริหาร (Administration chart)	12
	โครงสร้างการปฏิบัติงาน (Activity chart)	13
	ภาระหน้าที่ของหน่วยงาน	13
	บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่ง	14
บทที่ 3		
	หลักเกณฑ์วิธีการปฏิบัติงาน	18
	การใช้งานเครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง	18
	หลักการเครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง	18
	UV-VIS Spectrophotometer	18
	ส่วนประกอบของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer	19
	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	20
	ส่วนประกอบHigh Performance Liquid Chromatography (HPLC)	21
	Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)	22
	ส่วนประกอบFourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)	22

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

	Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)	24
	ความสัมพันธ์ของแอบซอร์แบนซ์กับความเข้มข้นของสารตัวอย่าง	26
	เทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี AAS	26
	ส่วนประกอบAtomic Absorption Spectroscopy (AAS)	27
	ขั้นตอนของการทำวิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS	29
	การทำคุณภาพวิเคราะห์ด้วย AAS (Qualitative Analysis)	29
	การทำปริมาณวิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS (Quantitative Analysis)	30
	ผลกระทบของสิ่งรบกวนต่อการวิเคราะห์ (Interference Effects)	31
	การเลือกใช้เทคนิคที่เหมาะสมในการวิเคราะห์	31
บทที่ 4		
	กระบวนการและขั้นตอนการปฏิบัติงาน	
	การขอใช้อุปกรณ์/เครื่องแก้วและเครื่องมือวิทยาศาสตร์ฯในห้องปฏิบัติการ	36
	ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 1	37
	ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 2	39
	ผังกระบวนการ ร่างแนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบการขอใช้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูงมี	41
	ผังตารางมอบหมายงานที่มีคุณภาพ จัดทำแนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบการขอใช้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูง	42
	ผังกระบวนการการให้บริการเครื่องมือการขอใช้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูง(Instruments Service Chart)	43
	การดูแลบำรุงรักษาเครื่องมือ	45
	ข้อควรระวังในการปฏิบัติงาน	46
บทที่ 5		
	ปัญหาอุปสรรคและแนวทางแก้ไข	47
	ข้อเสนอแนะแนวทางในการแก้ปัญหา	48
บรรณานุกรม		49

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 ลักษณะของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer 18
รูปที่ 2 ไดอะแกรม UV-VIS Spectrophotometer 19
รูปที่ 3 ไดอะแกรมSingle Beam and Double Beam. 20
รูปที่ 4 เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) 21
รูปที่ 5 ไดอะแกรมเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) 22
รูปที่ 6 เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) 22
รูปที่ 7 ก. ส่วนประกอบเครื่องอินฟาเรด แบบกระจาย (dispersive) 23
รูปที่ 7 ข. ส่วนประกอบส่วนประกอบของเครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟาเรดสเปกโทรสโกปี 23
รูปที่ 8 ไดอะแกรมเครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟาเรดสเปกโทรสโกปี 23
รูปที่ 9 อินฟาเรดสเปกตรัมของคาร์บาโซล (Carbazole) 1) และ 3) สเปกตรัมแบบดูดกลืน และ 2) สเปกตรัมแบบสะท้อน ที่มา (มหาวิทาลัยรามคำแหง, 2017) 24
รูปที่ 10 เครื่อง Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) 25
รูปที่ 11 แสดงระดับของพลังงานของอะตอมโซเดียม ($_{11}Na^{23}$) ($1S^2$, $2S^2$, $2P^6$, $3S^1$) 25
รูปที่ 12 แสดงแผนภาพองค์ประกอบของเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer 27
รูปที่ 13 รูปร่างของฮาโลว์แคโทด 29

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของ (Nj) / (No) ที่อุณหภูมิ 2000 K และ 3000 K 26

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญ

ห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาเคมี และศูนย์วิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร มีบทบาท หน้าที่ในการจัดการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการระดับปริญญาตรี ในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับองค์ความรู้ทางด้านเคมี เช่น รายวิชาการวิเคราะห์ทางเคมีด้วยเครื่องมือ 1 (Instrumental Analysis in Chemistry 1) รายวิชาการวิเคราะห์ทางเคมีด้วยเครื่องมือ 2 (Instrumental Analysis in Chemistry 2) รายวิชาสเปกโทรสโกปีสำหรับเคมีอินทรีย์ (Spectroscopy of Organic Chemistry) โครงการวิจัยทางเคมี (Research Project in Chemistry) รายวิชาสัมมนาเคมีเฉพาะทาง (Seminar on Specialized Chemistry) และเครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาอื่นๆ อีกทั้งยังให้บริการแก่คณาจารย์ในคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในการทำผลงานวิจัย บริการวิชาการแก่ผู้ที่มาขอรับบริการในงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งจากภายในคณะ ภายในมหาวิทยาลัย หรือภายนอกมหาวิทยาลัย ไม่ว่าจะเป็นหน่วยงานราชการหรือเอกชน

เครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงมีความยุ่งยาก ซับซ้อน และมีความเฉพาะทาง จึงมีความจำเป็นต้องมีนักวิทยาศาสตร์หรือเจ้าหน้าที่ประจำเครื่องมือเพื่อช่วยดูแลในด้านการให้บริการ รวมถึงการให้คำแนะนำปรึกษา วิธีการใช้เครื่องมือฯในด้านเฉพาะทางของแต่ละเครื่องมือในรายวิชาการวิเคราะห์ทางเคมีด้วยเครื่องมือ 1 (Instrumental Analysis in Chemistry 1) ได้อย่างถูกต้อง ได้แก่ UV-VIS Spectrophotometer High Performance Liquid Chromatography (HPLC) Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) Atomic Absorption Spectrometer (AAS) เป็นต้น เป็นเครื่องมือที่ห้องปฏิบัติการของสาขาวิชาเคมี และศูนย์วิทยาศาสตร์ประยุกต์ ถูกใช้งานอย่างกว้างขวาง ได้แก่ การเรียนการสอนภาคปฏิบัติการระดับปริญญาตรี ให้บริการแก่คณาจารย์ในการทำผลงานวิจัย และบริการวิชาการให้กับผู้ขอรับบริการในงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งจากภายในคณะฯและภายในมหาวิทยาลัย รวมถึงหน่วยงานราชการหรือเอกชนภายนอก ที่ติดต่อประสานงานขอใช้บริการเครื่องมือฯ การปฏิบัติงานกับเครื่องมือดังกล่าวในห้องปฏิบัติการ จะต้องมีวิธีการและขั้นตอนในการปฏิบัติ ได้แก่ การให้บริการเครื่องมือ ซึ่งเป็นวิธีการปฏิบัติทั่วไปเกี่ยวกับการให้บริการ การเตรียมเครื่องมือ และการบำรุงรักษา ซึ่งเป็นการปฏิบัติ ที่มีความเฉพาะที่ต้องใช้ความรู้ ความสามารถ และความชำนาญของนักวิทยาศาสตร์ในการเตรียมเครื่องมือฯ ให้พร้อมใช้งานและมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เพื่อให้การปฏิบัติงานและการบริการของห้องปฏิบัติการสำเร็จลุล่วง ตามวัตถุประสงค์ของผู้ขอรับบริการไม่ว่าจะเป็นนักศึกษา และคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร หรือหน่วยงานต่าง ๆ

จากความเป็นมาและความสำคัญดังกล่าว ผู้เขียนจึงมีความสนในเขียนคู่มือปฏิบัติงานการใช้งานเครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงในรายวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ 1

2. วัตถุประสงค์

1) เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานแทนกันได้
2) เพื่อให้การปฏิบัติงานเป็นมาตรฐานเดียวกัน
3) เพื่อให้ผู้รับบริการมีความเข้าใจถูกต้องในการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงในรายวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ 1

3. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ผู้ปฏิบัติงานสามารถปฏิบัติงานแทนกันได้
2) การปฏิบัติงานเป็นมาตรฐานเดียวกัน
3) ผู้รับบริการมีความเข้าใจถูกต้องในการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงในรายวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ 1

4. ขอบเขตของคู่มือ

คู่มือการปฏิบัติงานนี้ครอบคลุมขั้นตอนในการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงประจำห้องปฏิบัติการในรายวิชาการวิเคราะห์ทางเคมีด้วยเครื่องมือ 1 (Instrumental Analysis in Chemistry 1) ได้แก่ UV-VIS Spectrophotometer High Performance Liquid Chromatography (HPLC) Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) และAtomic Absorption Spectrometer (AAS) เป็นต้น สาขาวิชาเคมี และศูนย์วิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตั้งแต่ระบบการให้บริการเครื่องมือ การใช้งานเครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และการบำรุงรักษาเครื่องมือของบุคลากรสายสนับสนุนงาน และผู้มาขอรับการบริการ ได้แก่ อาจารย์ นักศึกษา บุคลากร หน่วยงานทั้งจากภายในสาสาขาวิชาเคมี และศูนย์วิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และภายนอกมหาวิทยาลัย และเป็นงานประจำตลอดทั้งปี

5. คำจำกัดความเบื้องต้น

ผู้ขอรับบริการ	หมายถึง	นักศึกษา อาจารย์ ของมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร และบุคคลภายนอก
รายวิชาการวิเคราะห์ทางเคมีด้วยเครื่องมือ 1 (Instrumental Analysis in Chemistry 1)	หมายถึง	เทคนิคการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทางสเปกโทสโกปีประเภทต่าง ๆ เช่น อัลตราไวโอเลต วิสิเบิล อินฟราเรดสเปกโทสโกปี อะตอมมิกแอบซอฟชัน และอะตอมมิกอิมิสชัน วิธีการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือทางโครมาโทกราฟี เช่น แก๊สโครมาโทกราฟี และลิควิดโครมาโทกราฟี เทคนิคการวิเคราะห์ทางไฟฟ้า เช่น Potentiometry Voltemmetry และ Polarometry

เครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง (Advance Analytical)	หมายถึง	เป็นเครื่องมือที่สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวอย่างได้ อย่างแม่นยำ และถูกต้อง ซึ่งสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้หลากหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมน้ำมัน อุตสาหกรรมยางพารา, อุตสาหกรรมพอลิเมอร์ อุตสาหกรรมแป้งและน้ำตาล เป็นต้น
UV-VIS Spectrophotometer	หมายถึง	เป็นเครื่องมือที่ใช้ในวิเคราะห์สารโดยอาศัยหลักการดูดกลืนรังสีของสารที่อยู่ในช่วงUltra violet (UV) และ Visible (VIS) ความยาวคลื่นประมาณ 190-1000 nm ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยที่ความยาวคลื่นแสงจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณและชนิดของสารที่อยู่ใน ตัวอย่าง เมื่อทำการวัดปริมาณของแสงที่ผ่าน
Atomic Absorption Spectrometer (AAS)	หมายถึง	เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุ(metal element) ที่อยู่ในตัวอย่างทดสอบ ด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectroscopy ซึ่งเป็นกระบวนการที่อะตอมอิสระ(free atom) ของธาตุ ดูดกลืน(absorp) แสงที่ความยาวคลื่นระดับหนึ่งโดยเฉพาะซึ่งขึ้นอยู่กับธาตุแต่ละธาตุ
High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	หมายถึง	เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวิเคราะห์กลุ่มของสารประกอบอินทรีย์ที่ไม่ระเหย (Non-Volatile Organic Compounds) หรือ กลุ่มสารประกอบอินทรีย์ที่สามารถระเหยได้ปานกลาง (Semi-Volatile Organic Compounds)
Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)	หมายถึง	เป็นเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์ จำแนกประเภทของสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์และพันธะเคมีหรือหมู่ฟังก์ชั่นในโมเลกุล ซึ่งสามารถ วิเคราะห์ได้ทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ทำให้เกิดช่วงกลาง (Middle infrared region) ช่วงความยาวคลื่น (l) 2.5 - 50 mm, ช่วงเลขคลื่น 4000 - 400 cm-1 เป็นเทคนิคที่ไม่ทำลายตัวอย่าง (nondestructive) คือไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของตัวอย่างหลังการวัด นอกจากนี้ยังเป็นวิธีที่สะดวก ไม่ยุ่ง ยาก ใช้เวลาในการวัดสั้น และมีความปลอดภัยสูงสามารถวัดตัวอย่างได้ทั้งในรูปของแข็งและของเหลว

บทที่ 4

กระบวนการและขั้นตอนการปฏิบัติงาน

4.1 การขอใช้อุปกรณ์/เครื่องแก้ว และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ฯในห้องปฏิบัติการ

เพื่อความสะดวกในการจัดระเบียบอุปกรณ์/เครื่องแก้ว และเครื่องมือในห้องปฏิบัติการและเพื่อการติดตามอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ผู้ยืมนั้นทำการยืมไปจากห้องปฏิบัติการ เพื่อไม่ให้เกิดการสูญหาย หรือเพื่อการตรวจสอบเมื่ออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการนั้นเกิดการชำรุด

หากนักศึกษาหรืออาจารย์ในคณะฯ และมหาวิทยาลัยฯ นั้นมีความสนใจ ความต้องการ หรือความประสงค์ในการใช้อุปกรณ์/เครื่องแก้ว หรือเครื่องมือของทางห้องปฏิบัติการ จำเป็นจะต้องกรอกแบบฟอร์มเพื่อการขอรับบริการ ตามจุดประสงค์ของผู้ขอรับบริการ ดังนี้

- หากผู้ขอรับบริการมีความประสงค์จะยืม-คืน อุปกรณ์/เครื่องแก้ว และเครื่องมือ **ที่จะนำเคลื่อนย้ายออกนอกห้องปฏิบัติการ** ให้ทำการกรอกแบบฟอร์มการขอรับบริการตาม **ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 1**
- หากผู้ขอรับบริการมีความประสงค์ใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูง **ที่มีความจำเป็นจะต้องใช้ภายในห้องปฏิบัติการเท่านั้น** ให้ทำการกรอกแบบฟอร์มการขอรับบริการตาม **ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 2**

ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 1

แบบฟอร์มการเบิกอุปกรณ์วิทยาศาสตร์

สาขาวิชาเคมี และศูนย์วิทยาศาสตร์ฯ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ชื่อ.....รหัสประจำตัว.....ชั้นปี.....สาขาวิชา.....

วิชา.....การทดลองเรื่อง.....อาจารย์.....วันที่.....

ลำดับ	รายการ	จำนวน		ลำดับ	รายการ	จำนวน	
		ยืม	คืน			ยืม	คืน
1	กระบอกตวง ขนาด 5 ml			29	ขวดวัดปริมาตร ขนาด 5 ml		
2	กระบอกตวง ขนาด 10 ml			30	ขวดวัดปริมาตร ขนาด 10 ml		
3	กระบอกตวง ขนาด 25 ml			31	ขวดวัดปริมาตร ขนาด 25 ml		
4	กระบอกตวง ขนาด 50 ml			32	ขวดวัดปริมาตร ขนาด 50 ml		
5	กระบอกตวงขนาด 100 ml			33	ขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 ml		
6	กระบอกตวง ขนาด 250 ml			34	ขวดวัดปริมาตร ขนาด 250 ml		
7	กระบอกตวง ขนาด 500 ml			35	ขวดวัดปริมาตร ขนาด 500 ml		
8	กระบอกตวง ขนาด 1,000 ml			36	ขวดวัดปริมาตร ขนาด 1,000 ml		
9	กระจกนาฬิกา ขนาด เล็ก			37	ขวดก้นกลมขนาด 50 ml		
10	กระจกนาฬิกา ขนาด ใหญ่			38	ขวดก้นกลมขนาด 100 ml		
11	กรวยแยก ขนาด 100 ml			39	ขวดก้นกลมขนาด 250 ml		
12	กรวยแยก ขนาด 250 ml			40	ขวดก้นกลมขนาด 500 ml		
13	กรวยแยก ขนาด 500 ml			41	ขวดก้นกลมขนาด 1,000 ml		
14	กรวยแก้ว			42	ขวดเก็บสารฝาแก้ว ขนาด 25 ml		
15	กรวยกรองกระเบื้อง			43	ขวดเก็บสารฝาแก้ว ขนาด 50 ml		
16	โคร่งพร้อมที่บด			44	ขวดเก็บสารฝาแก้ว ขนาด 100 ml		
17	กระดาษกรอง			45	ขวดเก็บสารฝาแก้ว ขนาด 250 ml		
18	กระดาษลิตมัส แดง			46	ขวดเก็บสารฝาแก้ว ขนาด 500 ml		
19	กระดาษลิตมัส น้ำเงิน			47	ขวดเก็บสารฝาแก้ว ขนาด 1,000 ml		
20	กระดาษ pH			48	ขวดเก็บสารฝาพลาสติค ขนาด 50 ml		
21	กระดาษไอโอดีน			49	ขวดเก็บสารฝาพลาสติค ขนาด 100 ml		
22	กรรไกร			50	ขวดเก็บสารฝาพลาสติค ขนาด 250 ml		
23	คะสะมัง			51	ขวดเก็บสารฝาพลาสติค ขนาด 500 ml		
24	ขวดน้ำกลั่น			52	ขวดเก็บสารฝาพลาสติค ขนาด 1,000 ml		
25	ขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 ml			53	ขวดหยด		
26	ขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 ml			54	ขวดชั่งสาร		
27	ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 ml			55	ขวด Vial		
28	ขวดรูปชมพู่ ขนาด 500 ml			56	ขวด BOD		

ลำดับ	รายการ	จำนวน		ลำดับ	รายการ	จำนวน	
		ยืม	คืน			ยืม	คืน
57	ขาตั้งเหล็ก			90	บีคเกอร์ ขนาด 50 ml		
58	คีมปากคีบ			91	บีคเกอร์ ขนาด 100 ml		
59	คอนเดนเซอร์			92	บีคเกอร์ ขนาด 150 ml		
60	ดรูปิเปิล			93	บีคเกอร์ ขนาด 250 ml		
61	คอลัมน์			94	บีคเกอร์ ขนาด 500 ml		
62	เครื่องหาจุดหลอมเหลว			95	บีคเกอร์ ขนาด 1,000 ml		
63	เครื่องปั่น			96	บีคเกอร์ ขนาด 2,000 ml		
64	เครื่องวัด pH			97	ปิเปต ขนาด 0.1 ml		
65	เครื่อง Hotplate			98	ปิเปต ขนาด 0.5 ml		
66	เครื่องAuto pipette			99	ปิเปต ขนาด 1 ml		
67	เครื่องเป่าผม			100	ปิเปต ขนาด 5 ml		
68	จุกยาง			101	ปิเปต ขนาด 10 ml		
69	จานเพาะเชื้อ			102	ปิเปต ขนาด 20 ml		
70	ช้อนตักสาร ชนิด เหล็ก			103	ปิเปต ขนาด 25 ml		
71	ช้อยตักสาร ชนิด พลาสติก			104	ปิเปต ขนาด 50 ml		
72	ชุดกรองสูญญากาศ			105	ปิเปต ขนาด 100 ml		
73	ชามระเหย			106	หลอดหยด		
74	ชุดกลั่น			107	หลอดทดลอง ขนาด เล็ก		
75	ตะเกียงแอลกอฮอล์			108	หลอดทดลอง ขนาด กลาง		
76	ตะแกรง + ที่บังลม			109	หลอดทดลอง ขนาด ใหญ่		
77	ตะกร้าพลาสติก			110	หลอดดาปีสาริ		
78	เตาให้ความร้อนไฮทีน			111	หลอดแก้วรูปตัวยู		
79	แท่งแก้วคนสาร			112	หลอดน้ำค้าง		
80	เทอร์โมมิเตอร์			113	เหยือดน้ำกลั่น		
81	แท่งแก้วควนสารแม่เหล็ก				อื่นๆ		
82	ที่วางหลอดทดลอง						
83	ที่จับหลอดทดลอง						
84	ที่จับบีคเกอร์						
85	ที่ยึดปิเปต						
86	ที่ยึดคอนเดนเซอร์						
87	นาฬิกาจับเวลา						
88	บิวเรต ขนาด 25 ml						
89	บิวเรต ขนาด 50 ml						

ส่งคืนอุปกรณ์ ( ) ครบ ( ) ไม่ครบ ผู้ส่ง.....เวลา.....

เจ้าหน้าที่ผู้รับ.....วันที่.....

ตัวอย่างแบบฟอร์มที่ 2

ใบขออนุญาตใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์
สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ข้อตกลง

1.กรอกรายละเอียดให้ครบถ้วนด้วยปากกา

2.ส่งใบขออนุญาตก่อนใช้งานจริง 3 วัน (เวลา 8.30-16.30 น.)

3.มาตามวันและเวลาที่กำหนดมิเช่นนั้นจะตัดสิทธิ์ในการใช้

วันที่.....

ชื่อ – สกุล.....รหัสประจำตัวนักศึกษา.....

สาขาวิชา.....ชั้นปี.....

เครื่องมือที่ต้องการใช้.....

สถานที่ (ระบุห้องเครื่องมือ).....

ธาตุ / สารที่ทำการวิเคราะห์.....

Standard.....ความเข้มข้น Sample.....ตัวอย่าง

อาจารย์ผู้ควบคุม / รับผิดชอบ.....

ต้องการใช้ตั้งแต่วันที่.....เวลา.....

และสิ้นสุดในวันที่.....เวลา.....

หมายเหตุ.....

ความเห็นอาจารย์ผู้ควบคุม / รับผิดชอบ	ความเห็นประธานสาขาวิชาเคมี
.....	.....
.....	.....
ลงนาม.....วันที่.....	ลงนาม.....วันที่.....
	เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ
	.....
	.....
	ลงนาม.....วันที่.....

ภายหลังการใช้งานเสร็จสิ้น

1. สภาพเครื่องมือ ☐ ปกติ ☐ ชำรุดเสียหาย
2. ภายในห้องเครื่องมือ ☐ เรียบร้อย ☐ ไม่เรียบร้อย

.....

เจ้าหน้าที่.....

วันที่.....

ใบขออนุญาตใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์

ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

ข้อตกลง

1.กรอกรายละเอียดให้ครบถ้วนด้วยปากกา

2.ส่งใบขออนุญาตล่วงหน้าใช้งานจริง 3 วัน (เวลา 8.30-16.30 น.)

3.มาตามวันและเวลาที่กำหนดมิเช่นนั้นจะตัดสิทธิ์ในการใช้

วันที่.....

ชื่อ – สกุล.....รหัสประจำตัวนักศึกษา.....

สาขาวิชา.....ชั้นปี.....

เครื่องมือที่ต้องการใช้.....

สถานที่ (ระบุห้องเครื่องมือ).....

ธาตุ / สารที่ทำการวิเคราะห์.....

Standard.....ความเข้มข้น Sample.....ตัวอย่าง

อาจารย์ผู้ควบคุม / รับผิดชอบ.....

ต้องการใช้ตั้งแต่วันที่.....เวลา.....

และสิ้นสุดในวันที่.....เวลา.....

หมายเหตุ.....

ความเห็นอาจารย์ผู้ควบคุม / รับผิดชอบ	ความเห็นประธานสาขาวิชาเคมี
.... ลงนาม.....วันที่.....	.... ลงนาม.....วันที่.....

เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ

.....

.....

ลงนาม.....วันที่.....

ภายหลังการใช้งานเสร็จสิ้น

1.สภาพเครื่องมือ ☐ ปกติ ☐ ชำรุดเสียหาย.....

2.ภายในห้องเครื่องมือ ☐ เรียบร้อย ☐ ไม่เรียบร้อย.....

เจ้าหน้าที่.....

วันที่.....

4.2. ผังกระบวนการ ร่างแนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบการขอใช้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูงมีดังนี้

ขั้นตอน	ผู้รับผิดชอบ/หน่วยงาน					ดัชนีคุณภาพ
	นักศึกษา	บุคลากรภายนอก	นักวิทยาศาสตร์	อาจารย์	ประธานสาขา	
- ร่างแนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบ - พิมพ์แนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบการขอใช้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูง - ตรวจสอบความถูกต้อง - สำเนาแบบฟอร์มการขอใช้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ใส่ตู้ลิ้นชัก			เริ่มต้น จัดทำแนวปฏิบัติ/คู่มือฯ			แนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบถูกต้องครบถ้วน
- แจ้งแนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบการขอใช้บริการเครื่องมือฯ ให้อาจารย์ในสาขาวิชาเคมีรับทราบ				นำเสนออาจารย์		แนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบถูกต้อง พร้อมเผยแพร่
- เผยแพร่แนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบ โดยติดประตูหน้าห้องนักวิทยาศาสตร์ หน้าห้องปฏิบัติการต่างๆ			เผยแพร่แนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบ			แนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบถูกต้อง พร้อมเผยแพร่
- ผู้ติดต่อขอใช้บริการศึกษา แนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบ ก่อนขอใช้บริการ	รับทราบแนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบ สิ้นสุด					แนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบถูกต้อง พร้อมเผยแพร่

4.3 ผังตารางมอบหมายงานที่มีคุณภาพ จัดทำแนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบการขอใช้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูง

กระบวนการปฏิบัติงาน	ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย					วิธีปฏิบัติ	ตัวชี้วัด	เป้าหมาย	ผู้รับผิดชอบ
	นักศึกษา	บุคคลภายนอก	นักวิทยาศาสตร์	อาจารย์	ประธานสาขา				
1. จัดทำแนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบการขอใช้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูง			เริ่มต้น จัดทำแนวปฏิบัติ/คู่มือฯ			- ร่างแนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบ - พิมพ์แนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบการขอใช้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูง - ตรวจสอบความถูกต้อง - สำเนาแบบฟอร์มการขอใช้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ใส่ตู้ลิ้นชัก	ร้อยละของความถูกต้อง	ร้อยละ 100	นักวิทยาศาสตร์
2. นำเสนออาจารย์				นำเสนออาจารย์		แจ้งแนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบการขอใช้บริการเครื่องมือฯ ให้อาจารย์ในสาขาวิชาเคมีรับทราบ	ร้อยละของความถูกต้อง	ร้อยละ 100	นักวิทยาศาสตร์
3. เผยแพร่แนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบ			เผยแพร่แนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบ			- เผยแพร่แนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบ โดยติดประตูหน้าห้องนักวิทยาศาสตร์ หน้าห้องปฏิบัติการต่างๆ	ร้อยละของความถูกต้อง	ร้อยละ 100	นักวิทยาศาสตร์
4. ผู้ติดต่อรับทราบ			รับทราบแนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบ สิ้นสุด			- ผู้ติดต่อขอใช้บริการศึกษาแนวปฏิบัติ/คู่มือ/ระเบียบก่อนขอใช้บริการ	ร้อยละของความถูกต้อง	ร้อยละ 100	นักวิทยาศาสตร์

4.4 ผังกระบวนการ การให้บริการเครื่องมือ การขอใช้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูง

(Instruments Service Chart)

กระบวนการปฏิบัติงาน	ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย					วิธีปฏิบัติ	ตัวชี้วัด	เป้าหมาย	ผู้รับผิดชอบ
	นักศึกษา	บุคคลภายนอก	นักวิทยาศาสตร์	อาจารย์	ประธานสาขา				
1. จัดทำแบบฟอร์มการขอใช้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูง			เริ่มต้น จัดทำแบบฟอร์มการขอใช้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูง			- ร่างแบบฟอร์ม - พิมพ์แบบฟอร์มการขอใช้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูง - ตรวจสอบความถูกต้อง - สำเนาแบบฟอร์มการขอใช้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ใส่ตู้ลิ้นชัก	ร้อยละของความต้องการใช้บริการ	ร้อยละ 100	นักวิทยาศาสตร์
2. รับเรื่องติดต่อขอใช้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูง		รับแบบฟอร์มการขอใช้บริการ	รับเรื่องติดต่อขอใช้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูง			- นักศึกษาต้องมาติดต่อนักวิทยาศาสตร์เพื่อขอใช้บริการ - ทำการสอบถามรายละเอียดจากนักศึกษาว่าขอใช้บริการเครื่องมืออะไร - ตรวจสอบตาราง/ปฏิทินว่าเครื่องมือฯ ว่างหรือไม่	ร้อยละของรายละเอียดครบถ้วนถูกต้อง	ร้อยละ 100	นักวิทยาศาสตร์
3. แจ้งผลการติดต่อขอใช้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูง			แจ้งผล			- แจ้งผลการขอใช้บริการ - ให้แบบฟอร์มนักศึกษากรอกรายละเอียดการขอใช้บริการเครื่องมือฯ	ร้อยละของความต้องการใช้บริการถูกต้องครบถ้วน	ร้อยละ 100	นักวิทยาศาสตร์
4. นักวิทยาศาสตร์ “ลงนาม”			“ลงนาม” ในแบบฟอร์มการขอใช้			- นักวิทยาศาสตร์ “ลงนาม” รับทราบสามารถให้ใช้บริการได้ตามแบบฟอร์มการขอใช้บริการตาม วัน – เวลา ดังกล่าว	ร้อยละความต้องการใช้บริการกลั่นกรองได้ถูกต้อง	ร้อยละ 100	นักวิทยาศาสตร์
5. ให้อาจารย์ผู้รับผิดชอบ/ประธานสาขาลงนามรับทราบ		ส่งแบบฟอร์มขอใช้บริการ	No	พิจารณาสั่ง		- อาจารย์ และประธานสาขา “ลงนาม” รับทราบและอนุญาตให้ใช้บริการเครื่องมือฯ ในครั้งนี้	พิจารณาสั่งการได้ภายในกำหนดเวลา	ร้อยละ 100	อาจารย์และประธานสาขาฯ
6. รับเรื่องติดต่อขอใช้บริการเครื่องมือฯ หลังจากนัดหมายวัน-เวลา			รับแบบฟอร์มขอใช้บริการ	Yes		- นำแบบฟอร์มจากนักศึกษา/ผู้ติดต่อขอใช้บริการเครื่องมือฯ จัดเก็บใส่แฟ้ม	ร้อยละของรายละเอียดครบถ้วนถูกต้อง	ร้อยละ 100	นักวิทยาศาสตร์
			A						

4.4 ผังกระบวนการ การให้บริการเครื่องมือ การขอใช้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูง (Instruments Service Chart) (ต่อ)

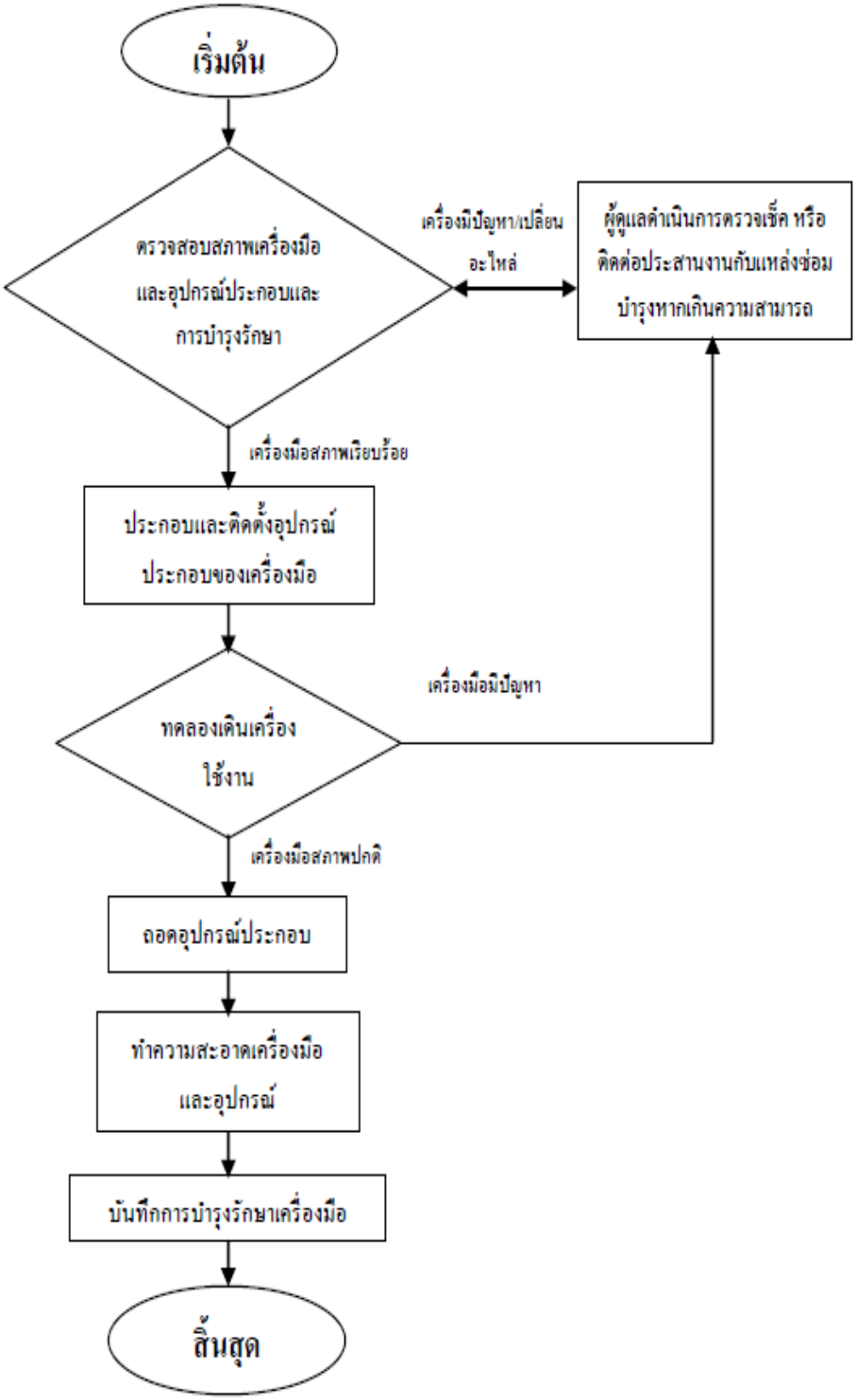
กระบวนการปฏิบัติงาน	ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย					วิธีปฏิบัติ	ตัวชี้วัด	เป้าหมาย	ผู้รับผิดชอบ
	นักศึกษา	บุคคลภายนอก	นักวิทยาศาสตร์	อาจารย์	ประธานสาขา				
7. จัดเตรียมเครื่องมือฯ และอุปกรณ์			A จัดเตรียมเครื่องมือฯ และอุปกรณ์			- ตรวจสอบสภาพห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ระบบน้ำ ไฟฟ้า โต๊ะ เก้าอี้ - ตรวจสอบสภาพเครื่องมือฯ ให้พร้อมใช้งาน - ทำการ Warm เครื่องมือฯ ก่อนการใช้งานจริงอย่างน้อย 1 วัน - จัดเตรียมอุปกรณ์เครื่องแก้ว – สารเคมี สำหรับใช้ในการทดลอง	ร้อยละของความพร้อมให้บริการถูกต้อง ครบถ้วน บันทึกและจัดเก็บ	ร้อยละ 100	นักวิทยาศาสตร์
8. ดำเนินการให้บริการเครื่องมือฯ			ดำเนินการให้บริการเครื่องมือฯ			- ดำเนินการสอนและควบคุมดูแลการใช้เครื่องมือฯ ในห้องปฏิบัติการ	ร้อยละของความพร้อมให้บริการถูกต้อง	ร้อยละ 100	นักวิทยาศาสตร์
9. ตรวจสอบสภาพเครื่องมือฯ			ตรวจสอบสภาพเครื่องมือฯ			- ตรวจสอบสภาพเครื่องมือฯ หลังจากใช้งานเสร็จ - ตรวจสอบสภาพห้องเรียน-ห้องปฏิบัติการ (ระบบไฟฟ้า น้ำ ปิดเรียบร้อยดีหรือไม่)	ร้อยละของอุปกรณ์เครื่องมือจัดเก็บถูกต้อง	ร้อยละ 100	นักวิทยาศาสตร์
10. จัดเก็บ			จัดเก็บอุปกรณ์			- จัดเก็บวัสดุ – อุปกรณ์ - ปิดเครื่องมือฯ	ร้อยละของอุปกรณ์เครื่องมือจัดเก็บถูกต้อง	ร้อยละ 100	นักวิทยาศาสตร์

4.5 การดูแลบำรุงรักษาเครื่องมือ

การบำรุงรักษาเครื่องมือ ให้ยึดถือและปฏิบัติตามแนวทางในเอกสารมาตรฐานวิธีปฏิบัติ วิธีการบำรุงรักษาเครื่องมือ ของสาขาวิชาเคมีและศูนย์วิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร มีรายละเอียดดังนี้

ผังการดูแลบำรุงรักษาเครื่องมือ

(Instruments Maintenance Chart)



4.6 ข้อควรระวังในการปฏิบัติงาน

1. ผู้มาขอใช้บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ต้องแจ้งความประสงค์ขอรับบริการโดยระบุวัน เดือน ปี เวลา และเครื่องมือฯที่ถูกต้องชัดเจน เพื่อให้นักวิทยาศาสตร์ (ผู้เขียน) ได้รับข้อมูลที่ถูกต้องและจัดตารางคิวจองเครื่องมือฯนั้น ตามลำดับการจอง

2. ต้องมีนักวิทยาศาสตร์ดูแลให้คำปรึกษาในการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์เฉพาะทางขั้นสูงก่อนใช้งานทุกครั้ง เพื่อลดความผิดพลาดทางเทคนิค และอันตรายต่าง ๆ จากเครื่องมือฯ เนื่องจากเครื่องมือฯบางเครื่องต้องใช้ Gas บางเครื่องมีรังสีพลาสมา บางเครื่องต้องใช้ความระมัดระวังความชื้นจากภายนอก เป็นต้น

บทที่ 5
ปัญหาอุปสรรคและแนวทางแก้ไข

ผู้ปฏิบัติงานด้านปฏิบัติการเกี่ยวกับเครื่องมือวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ ในรายวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ 1 มีหน้าที่ที่จะต้องตรวจสอบอุปกรณ์ในการเบิกจ่ายและใช้ให้เป็นไปตามกฎ ระเบียบ และระเบียบที่เกี่ยวข้องอยู่หลายส่วนด้วยกัน นอกจากผู้ปฏิบัติการด้านนักวิทยาศาสตร์จะต้องเป็นผู้รอบรู้ในด้านการใช้งานเครื่องมือฯ ยังต้องทราบระเบียบของครุภัณฑ์ แล้วยังต้องทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแนะนำแก่ผู้รับบริการ อีกทั้งยังมีส่วนร่วมการแก้ไขปัญหาเกี่ยวการซ่อมบำรุงเครื่องมือฯ การเบิกจ่าย และการใช้งานอีกด้วยสามารถสรุปเป็นประเด็นดังนี้

5.1 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางแก้ไข

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปัญหา/อุปสรรค	แนวทางแก้ไข
การขอเบิกใช้อุปกรณ์/เครื่องแก้ว	นักศึกษา (บางคน,ส่วนน้อย) ไม่ปฏิบัติตามกฎระเบียบของห้องปฏิบัติการ	จัดทำระเบียบ ข้อบังคับ และใบบันทึก การเบิก ใช้อุปกรณ์ การทดลอง ทุกครั้งก่อนปฏิบัติการทดลอง โดยมีตัวแทนแต่ละกลุ่มลงชื่อทุกครั้ง
	การเบิกยืม-คืน วัสดุอุปกรณ์/เครื่องแก้ว นักศึกษาไม่มีการวางแผนในการทำการทดลองในรายวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ 1	นักศึกษาต้องเข้าห้องก่อน15 นาที สำหรับการเรียนการสอนห้องปฏิบัติการทุกวันเวลาราชการเวลา 8.30 -16.30 น. และทุกช่วงที่มีชั่วโมงปฏิบัติการเพื่อทำการเบิกอุปกรณ์การทดลองแต่ละกลุ่ม
	นักศึกษาใช้อุปกรณ์/เครื่องแก้ว เครื่องมือวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้องทำให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์เครื่องมือได้	กำกับดูแล เสนอแนะ การใช้งานอย่างละเอียด ให้ศึกษาขั้นตอนวิธีการใช้ในแต่ละอุปกรณ์ให้ตามขั้นตอนอย่างถูกต้อง
การทดลอง	นักศึกษาทำอุปกรณ์ชำรุดเสียหาย	ให้นักศึกษาดำเนินการรับผิดชอบและชดใช้ค่าเสียหายกรณีอุปกรณ์ไม่สามารถซ่อมหรือแก้ไขได้ หรือให้นักศึกษาศึกษาคู่มือการใช้งานก่อนนำไปใช้จริง

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปัญหา/อุปสรรค	แนวทางแก้ไข
	ความคาดเคลื่อนของการทดลองมีความแตกต่างมากหรือน้อย	แก้ไขโดยการทดสอบก่อนการทดลองโดยการ
การทดสอบอุปกรณ์-เครื่องมือวิทยาศาสตร์ฯ	ทดสอบการหาค่าละเอียดที่แตกต่างระหว่างเครื่องมือ	ถ้าเครื่องมือไม่ทำงานตามที่กล่าวมาอาจมีสาเหตุตั้งเครื่องมือเอียง หรือเครื่องจับเวลาขัดข้อง ให้แก้ไขจนทางานสมบูรณ์ โดยการปรึกษาอาจารย์ผู้สอนหรือนักวิทยาศาสตร์หรือสามารถศึกษาคู่มือเพื่อดูวิธีและขั้นตอนการดาเนินปฏิบัติการเพื่อความถูกต้องของข้อมูล
	สรุปผลการทดลองไม่ถูกต้อง	ให้ดูวัตถุประสงค์ตามบทปฏิบัติการทดลองเพื่อทาการสรุปผลการทดลอง

5.2 ข้อเสนอแนะแนวทางในการแก้ปัญหา

1) อาจารย์ผู้สอนควรชี้แจ้งเรื่องความปลอดภัยในการใช้ห้องปฏิบัติการของนักศึกษา ทุกครั้งก่อนการเรียนการสอนคาบแรก มีชั่วโมงแนะนำความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเพิ่มขึ้น ก่อนเรียนรายวิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ 1

2) นักวิทยาศาสตร์ควรมีส่วนร่วมในการวางแผนทำปฏิบัติการกับนักศึกษาและอย่างจริงจัง ก่อนมีการอนุญาตให้ใช้ห้องปฏิบัติการ

3) นักวิทยาศาสตร์มีสิทธิ์ในการระงับการให้บริการแก่นักศึกษาด้านห้องปฏิบัติการแล้วทำเรื่องแจ้งปัญหาแก่อาจารย์ ผ่านทางประธานสาขาวิชาที่ห้องปฏิบัติการนั้น ๆ สังกัด

4) ห้องปฏิบัติการแต่ล่ะห้องควรมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อปฏิบัติการทดลอง เช่น ควรติดตั้งเครื่องปรับอากาศสาหรับห้องปฏิบัติการที่ไม่ได้ใช้สารเคมี

5) มีการทดสอบอุปกรณ์ทุกครั้ง เพื่อลดความคาดเคลื่อนขณะการปฏิบัติทดลองของนักศึกษาและมีการทดสอบหลายๆครั้งอย่างละเอียด โดยศึกษาข้อมูลจากคู่มือการปฏิบัติการนั้น ๆ

6) ควรจัดทำระเบียบ ข้อบังคับการใช้ห้องปฏิบัติการและเครื่องมือปฏิบัติการให้ห้องปฏิบัติการทดลอง ห้องปฏิบัติการสาขาวิชาเคมี และศูนย์วิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

บรรณานุกรม

เอกสารอบรมหลักสูตรการวิเคราะห์ วิจัย โลหะในน้ำด้วยเทคนิค AAS ของ รศ.แม้น อมรสิทธิ์

Maria Csuros “Environmental Sampling and Analysis for Technicians” Edition, Lewis Publishers, CRC Press Inc, U.S.A. 1994, P107-108, and Chapter 8, P140-146

APHA, AWWA and WEF “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”20th Edition, Edited by Lenore S. Clesceri, Arnold E. Greenberg, Andrew D. Eaton,1998.

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Schematic_of_UV_visible_spectrophotometer.png

https://aasnig.com/uv-visible-spectrophotometer/

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0039914016301023

https://www.google.com/search?q=%E0%B9%84%E0%B8%94%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%81%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%A1+ftir&hl=th&sxsrf=ALeKk00k_eX5xWYgU7ll2jOrryfOUwXYAA:1596545323290&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjC1PLmyoHrAhUa7HMBHThgCxkQ_AUoAXoECAwQAw&biw=1920&bih=937#imgrc=jw72S_3GAaOEIM

บทที่ 2
โครงสร้างละหน้าที่ความรับผิดชอบ

1. โครงสร้างการบริหารจัดการ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นคณะหนึ่งของมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร มีสำนักงานอยู่ที่อาคารศูนย์ วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ เลขที่ 9 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร 10220

- เริ่มตั้งแต่ พ.ศ. 2509 กระทรวงศึกษาธิการได้ยกฐานะจากโรงเรียนฝึกหัดครูพระนครขึ้นเป็น “วิทยาลัยครูพระนคร” เมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2509 เปิดรับนักศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาชั้นสูง (ป.กศ. ชั้นสูง) ใน พ.ศ. 2512 ใช้เวลาเรียน 2 ปี
- ต่อมา พ.ศ. 2517 วิทยาลัยครูพระนคร ร่วมกับวิทยาลัยการศึกษาบางเขน ได้เปิดสอนหลักสูตรประโยคครู อุดมศึกษาโดยใช้หลักสูตรของวิทยาลัยวิชาการศึกษา รับผู้สำเร็จ ป.กศ.ชั้นสูง หรืออนุปริญญา เรียน 2 ปี เมื่อสำเร็จ จะได้รับปริญญาตรีการศึกษาบัณฑิต
- ในปี พ.ศ. 2518 วิทยาลัยครูทั้ง 36 แห่ง มีการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากได้ประกาศใช้พระราชบัญญัติวิทยาลัยครูเมื่อ วันที่ 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2518 ผลของพระราชบัญญัติ นี้ทำให้วิทยาลัยครูพระนคร สามารถเปิดสอนได้ถึงระดับปริญญาตรีและบริหารงาน ภายใต้สภาการฝึกหัดครู โดยมีอธิการบดีเป็นผู้บังคับบัญชาสูงสุด ในวิทยาลัยขณะเดียวกันยังได้ปรับสภาพหลักสูตรประโยคครูอุดมศึกษาเป็นหลักสูตรปริญญาตรีครุศาสตรบัณฑิต เมื่อ วันที่ 9 สิงหาคม พ.ศ. 2518 ทำให้นักศึกษาที่เรียนหลักสูตรวิชาเอกภาษาไทยภาษาอังกฤษ และอุตสาหกรรมศิลป์ในสิ้นปีการศึกษา 2518 เป็นนักศึกษารุ่นแรก
- ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2518 เป็นต้นมา การแบ่งสายงานของกลุ่มวิทยาลัยครูซึ่งได้จัดทำให้สอดคล้องกับมาตรา 7 และ มาตรา 8 แห่ง พระราชบัญญัติวิทยาลัยครู พ.ศ. 2518 ทำให้การแบ่งส่วนราชการในวิทยาลัยครูมีคณะวิชาต่างๆ เกิดขึ้น คณะวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีเป็นคณะหนึ่งซึ่งทำหน้าที่ให้ความรู้ในศาสตร์ต่างๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแก่นักศึกษาซึ่งในเวลานั้นเปิดสอนเพียงระดับประกาศนียบัตรวิชาการ ศึกษาและประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาชั้นสูงได้รับอนุมัติให้เปิดสอนถึงระดับปริญญาตรีตั้งแต่ปีการศึกษา 2518 เป็นต้นมา ในช่วงเวลาดังกล่าวคณะวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยครูพระนคร ได้เปิดสอนระดับประกาศนียบัตร วิชาการศึกษาชั้นสูง (ป.กศ.สูง) ในวิชาเอกต่างๆ ดังต่อไปนี

    1. วิทยาศาสตร์ทั่วไป
    2. เคมี
    3. ชีววิทยา
    4. ฟิสิกส์
    5. เกษตรศาสตร์
    6. คณิตศาสตร์
    7. คหกรรมศาสตร์

8. สุขศึกษา
9. พลศึกษา

- พ.ศ. 2527 ได้มีการแก้ไขเพิ่มเติม พ.ร.บ.วิทยาลัยครู (ฉบับที่ 2) และประกาศใช้เมื่อวันที่ 27 กันยายน 2527 ในช่วงเวลานั้นความต้องการครูในวิชาเอกอื่น ๆ ลดลง แต่ความต้องการครูทางด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ยังคงสูง วิทยาลัยจึงลดการผลิตครูในวิชาเอกอื่น คงไว้ในส่วนของการผลิตครูคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเพิ่มการเปิดสอนสาขาวิชาการอื่นแทนนอกเหนือจากวิชาชีพครู
- พ.ศ. 2528 วิทยาลัยครูพระนครงดรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาชั้นสูงรับเฉพาะนักศึกษาสายครูระดับปริญญาตรี 4 ปี และ 2 ปีหลังอนุปริญญา และนักศึกษาในสาขาวิชาการอื่นทั้งระดับอนุปริญญา 2 ปีหลังอนุปริญญาและปริญญาตรี 4 ปี โดยคณะวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีภาควิชาต่าง ๆ ดังนี้
    1. ภาควิชาเกษตรศาสตร์
    2. ภาควิชาคณิตศาสตร์
    3. ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา
    4. ภาควิชาเคมี
    5. ภาควิชาชีววิทยา
    6. ภาควิชาฟิสิกส์
    7. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป
    8. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์
    9. ภาควิชาพลศึกษาและนันทนาการ
- ซึ่งในช่วงเวลาต่อมาคือ พ.ศ. 2530 ภาควิชาพลศึกษาและนันทนาการได้ย้ายไปสังกัดในคณะวิชาครุศาสตร์ ทำให้ภาควิชา ในคณะวิชาวิทยาศาสตร์มีเหลือเพียง 8 ภาควิชา การจัดการเรียนการสอนในคณะวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี มีวิชาเอกต่างๆ ดังนี้ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ได้เปิดสอนวิชาเอกเกษตรศาสตร์ เทคโนโลยีการ เกษตร สัตวบาล การส่งเสริมและสื่อสารการเกษตร วิทยาการคอมพิวเตอร์ คหกรรมศาสตร์ สุขศึกษา เคมีปฏิบัติ สาขาวิชาการศึกษาได้เปิดสอนวิชาเอก คณิตศาสตร์ ชีววิทยา ฟิสิกส์ วิทยาศาสตร์ทั่วไป เกษตรกรรม และคหกรรมศาสตร์ ในด้านการบริการวิชาการแก่ชุมชน คณะวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้มี ศูนย์บริการ การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีหน้าที่บริการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแก่ ชุมชน ศูนย์นี้ได้ตั้งขึ้นอย่างเป็นทางการตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2519 โดยทุกๆ ปี จะจัดอบรมครูที่สอนในระดับมัธยมศึกษา ตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อเพิ่มพูนความรู้และเทคนิคต่างๆ ทางด้านวิชาการ เทคนิคการสอนและเนื้อหาที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้กับคณะครูอาจารย์ในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลปีละไม่ต่ำกว่า 50 คน
- ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 ถึง พ.ศ. 2540 ศูนย์บริการการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีวิทยาลัยครูพระนคร ได้รับเกียรติจากกรมการฝึกหัดครูและกรมสามัญศึกษาให้ทำการคัดเลือกนักเรียน ของโรงเรียนที่มีความ สามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้เป็นตัวแทนของกรุงเทพมหานคร ทั้งระดับมัธยมศึกษา ตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อเข้าแข่งขันความสามารถ ในระดับประเทศต่อไป

- ในวันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2538 วิทยาลัยครูพระนครจึงเปลี่ยนเป็น “สถาบันราชภัฏพระนคร” คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้พยายามปรับเปลี่ยนบทบาทมาทำหน้าที่ผลิตบัณฑิตในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้มากขึ้น
- วันที่ 14 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2538 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงพระราชทานนาม “สถาบันราชภัฏ” ให้แก่วิทยาลัยครู และ ได้ประกาศในพระราชกิจจานุเบกษา
- ในปี พ.ศ. 2539 เริ่มเปิดสอนหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
- หลังจากปี พ.ศ. 2540 กิจกรรมต่างๆ ของศูนย์บริการการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะเป็นไปในรูปของการบริการวิชาการ โดยอาจารย์ของคณะได้รับเชิญไปเป็นวิทยากรตามที่ต่างๆ หรือจัดอบรมให้ความรู้ เฉพาะเรื่องในวิทยาลัย นับได้ว่าศูนย์มีส่วน สร้างเสริมพัฒนาความรู้ความก้าวหน้าด้านการเรียนการสอน และการจัดกิจกรรมทางด้านวิทยาศาสตร์ให้แก่นักเรียนและครูอาจารย์ทั้งหลายได้เป็นอย่างดีนับเป็นการบริการชุมชนด้านหนึ่ง
- พ.ศ. 2541 เริ่มเปิดสอนหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเคมี
- พ.ศ. 2542 คณะกรรมการสภาประจำสถาบันราชภัฏพระนคร จึงมีมติเห็นชอบให้มีการบริหารงานวิชาการในคณะในรูปแบบของโปรแกรมวิชา
- ในปี พ.ศ. 2543 เปิดสอนหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิตเพิ่มเติมในโปรแกรมวิชาคณิตศาสตร์และสถิติประยุกต์ ดังนั้นคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีโปรแกรมวิชาจำนวนทั้งหมด 14 โปรแกรมวิชาดังนี้
    1. โปรแกรมวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
    2. โปรแกรมวิชาคณิตศาสตร์และสถิติประยุกต์
    3. โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์
    4. โปรแกรมวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป
    5. โปรแกรมวิชาชีววิทยา
    6. โปรแกรมวิชาสุขศึกษา
    7. โปรแกรมวิชาคหกรรมศาสตร์
    8. โปรแกรมวิชาส่งเสริมและสื่อสารการเกษตร
    9. โปรแกรมวิชาเกษตรศาสตร์
    10. โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
    11. โปรแกรมวิชาสัตวบาล
    12. โปรแกรมวิชาเกษตรกรรม
    13. โปรแกรมวิชาเคมี
    14. โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
- นอกจากนี้คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียังได้ร่วมสอนระดับปริญญาโทในสาขาวิชาคณิตศาสตรศึกษาและสาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา มีการทำรายงานการประเมินตนเองระดับโปรแกรมวิชาเป็นปีแรก
- ในปี พ.ศ. 2544 การบริหารงานวิชาการมีโปรแกรมวิชาเพิ่มขึ้นอีก 1 โปรแกรมวิชา คือ โปรแกรมวิช วิทยาศาสตร์ทั่วไป แยกออกมาจากโปรแกรมวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป มีการจัดทำร่างหลักสูตรปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาและหลักสูตรประกาศนียบัตรบัณฑิต สาขาการ

สอนวิทยาศาสตร์ การบริหารงานในสำนักงานคณะวิทยาศาสตร์มีรองคณบดีฝ่าย ฝึกประสบการณ์วิชาชีพทำหน้าที่ดูแลประสานงานด้านการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ มีการปรับปรุงห้องสำนักงานคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีการปรับปรุงระบบการเงินและงบประมาณ นอกจากนี้ยังมีกิจกรรมที่เตรียมความพร้อม ในการจัดตั้งศูนย์วิทยาศาสตรและวิทยาศาสตร์ประยุกต์อีกด้วย

- ในปี พ.ศ. 2546 สถาบันราชภัฏพระนคร มีมติเห็นชอบให้มีการจัดตั้งโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและโปรแกรมวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม อีกทั้งมีการดำเนินงานศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ เพื่อพัฒนาการเรียนการสอน การฝึกอบรม การวิจัยและการบริการวิชาการแก่ชุมชนและมีการแต่งตั้งคณะกรรมการดำเนินการในเดือนเมษายน พ.ศ. 2547
- และในวันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2547 ตามพระราชบัญญัติมหาวิทยาลัยราชภัฏ พ.ศ. 2547 มีผลบังคับใช้ สถาบันราชภัฏพระนครได้เปลี่ยนสถานภาพเป็น “มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร” มีบทบาทความรับผิดชอบต่อสังคมในการจัดการศึกษา ตามปรัชญา คือ สร้างคนดี มีปัญญา เพื่อพัฒนาท้องถิ่นคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร จึงทำหน้าที่ในการผลิตบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ระดับปริญญาตรี มีโปรแกรมวิชา 15 โปรแกรมวิชา ดังนี้
    1. โปรแกรมวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
    2. โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
    3. โปรแกรมวิชาเกษตรศาสตร์
    4. โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
    5. โปรแกรมวิชาเกษตรกรรม
    6. โปรแกรมวิชาสัตวบาล
    7. โปรแกรมวิชาเคมี
    8. โปรแกรมวิชาชีววิทยาประยุกต์
    9. โปรแกรมวิชาฟิสิกส์
    10. โปรแกรมวิชาอิเล็กทรอนิกส์
    11. โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
    12. โปรแกรมวิชาคหกรรมศาสตร์ทั่วไป
    13. โปรแกรมวิชาคณิตศาสตร์และสถิติประยุกต์
    14. โปรแกรมวิชาสุขศึกษา
    15. โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
- ต่อมาวันที่ 10 มีนาคม พ.ศ. 2549 มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครได้แต่งตั้งอาจารย์ประจำหลักสูตรระดับปริญญาตรีตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2548 เพื่อให้การบริหารหลักสูตรเกิด ผลดีมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จึงรับผิดชอบผลิตบัณฑิตหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาทั้งหมด 13 สาขาวิชา ดังนี้
    1. สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
    2. สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
    3. สาขาวิชาฟิสิกส์และอิเล็กทรอนิกส์
    4. สาขาวิชาเคมี

5. สาขาวิชาชีววิทยา
6. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
7. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
8. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์
9. สาขาวิชาคณิตศาสตร์
10. สาขาวิชาสัตวศาสตร์
11. สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการการเกษตร
12. สาขาวิชาเกษตรศาสตร์
13. สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการสุขภาพและสุขศึกษา

และมีศูนย์ที่ขึ้นตรงกับคณะ 2 ศูนย์ คือ ศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์และ ศูนย์สิ่งแวดล้อมศึกษา

- ในปีพ.ศ. 2553 สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาได้เริ่มนำกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ (TQF) มาใช้เพื่อการบริหารจัดการหลักสูตรในระดับอุดมศึกษาให้มีประสิทธิภาพ ทำให้คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรเพื่อเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรดังกล่าวเรื่อยมา จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2556 ได้มีหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตที่ได้รับการปรับปรุงและพัฒนาใหม่ จำนวน 13 และ 1 หลักสูตร ตามลำดับ ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) ได้ให้การรับทราบเป็นที่เรียบร้อย โดยหลักสูตรพัฒนาใหม่ ได้แก่ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง ส่งผลทำให้ในปีการศึกษา พ.ศ. 2556 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีการจัดการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรีในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต จำนวนทั้งสิ้น 14 สาขาวิชา ดังต่อไปนี้
    1. สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
    2. สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
    3. สาขาวิชาฟิสิกส์และอิเล็กทรอนิกส์
    4. สาขาวิชาเคมี
    5. สาขาวิชาชีววิทยา
    6. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
    7. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
    8. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์
    9. สาขาวิชาคณิตศาสตร์
    10. สาขาวิชาสัตวศาสตร์
    11. สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการการเกษตร
    12. สาขาวิชาเกษตรศาสตร์
    13. สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการสุขภาพและสุขศึกษา
    14. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง
- ในปี พ.ศ. 2558 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้มีการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต จำนวน 3 สาขาวิชา ประกอบด้วย สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ และสาขาวิชาคณิตศาสตร์ และได้มีการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตหลักสูตรใหม่ขึ้นอีกหนึ่งหลักสูตร ในสาขาวิชาคอมพิวเตอร์แอนิเมชันและมัลติมีเดีย โดยยังคงใช้เกณฑ์มาตรฐานหลักสูตร

ระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2548 เป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนา สำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์แอนิเมชันและมัลติมีเดียนั้น ได้ทำการเปิดรับสมัครนักศึกษาและจัดการเรียนการสอนการสอนได้ในปีการศึกษา พ.ศ. 2559 เป็นปีแรก จากการที่คณะกรรมการการอุดมศึกษาได้มีการปรับปรุงเกณฑ์มาตรฐานการผลิตบัณฑิตระดับอุดมศึกษาให้มีความเหมาะสมกับพลวัตของโลกที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว โดยมีเจตนารมณ์ให้เกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี สามารถรองรับการบริหารจัดการหลักสูตรที่มีลักษณะที่แตกต่างตามจุดเน้นของสาขาวิชาการและวิชาชีพต่างๆ และตอบสนองการผลิตบัณฑิตให้มีคุณภาพสอดคล้องกับกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ ตลาดแรงงาน ความก้าวหน้าของศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งบริบททางสังคมที่เปลี่ยนแปลงไป และต่อมาได้มีการออกประกาศกระทรวงศึกษาธิการ เรื่อง เกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับปริญญาตรี พ.ศ. 2558 เพื่อใช้กำกับดูแลหลักสูตรระดับปริญญาตรีของทุกสาขาวิชาที่จะเปิดใหม่ และหลักสูตรเก่าที่จะปรับปรุงใหม่ของสถาบันอุดมศึกษาของรัฐและเอกชน จึงมีผลทำให้ในปี พ.ศ. 2559คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต้องดำเนินการปรับปรุงหลักสูตรให้สอดคล้องตามเกณฑ์มาตรฐานหลักสูตรระดับอุดมศึกษา พ.ศ. 2558 จำนวน 2 สาขาวิชา ได้แก่ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม นอกจากนั้น ยังได้พัฒนาหลักสูตรใหม่ขึ้นอีกหนึ่งหลักสูตร ในสาขาวิชาวัสดุศาสตร์ โดยสามารถเปิดหมู่เรียนและจัดการเรียนการสอนการสอนได้ในปีการศึกษา พ.ศ. 2560 เป็นปีแรก ดังนั้นในปีการศึกษา พ.ศ. 2560 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงมีการจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต จำนวนทั้งสิ้น 16 สาขาวิชา ดังนี้

1. สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
2. สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
3. สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์
4. สาขาวิชาเคมี
5. สาขาวิชาชีววิทยา
6. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม
7. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
8. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์
9. สาขาวิชาคณิตศาสตร์
10. สาขาวิชาสัตวศาสตร์
11. สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
12. สาขาวิชาเกษตรศาสตร์
13. สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการสุขภาพ
14. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง
15. สาขาวิชาคอมพิวเตอร์แอนิเมชันและมัลติมีเดีย
16. สาขาวิชาวัสดุศาสตร์

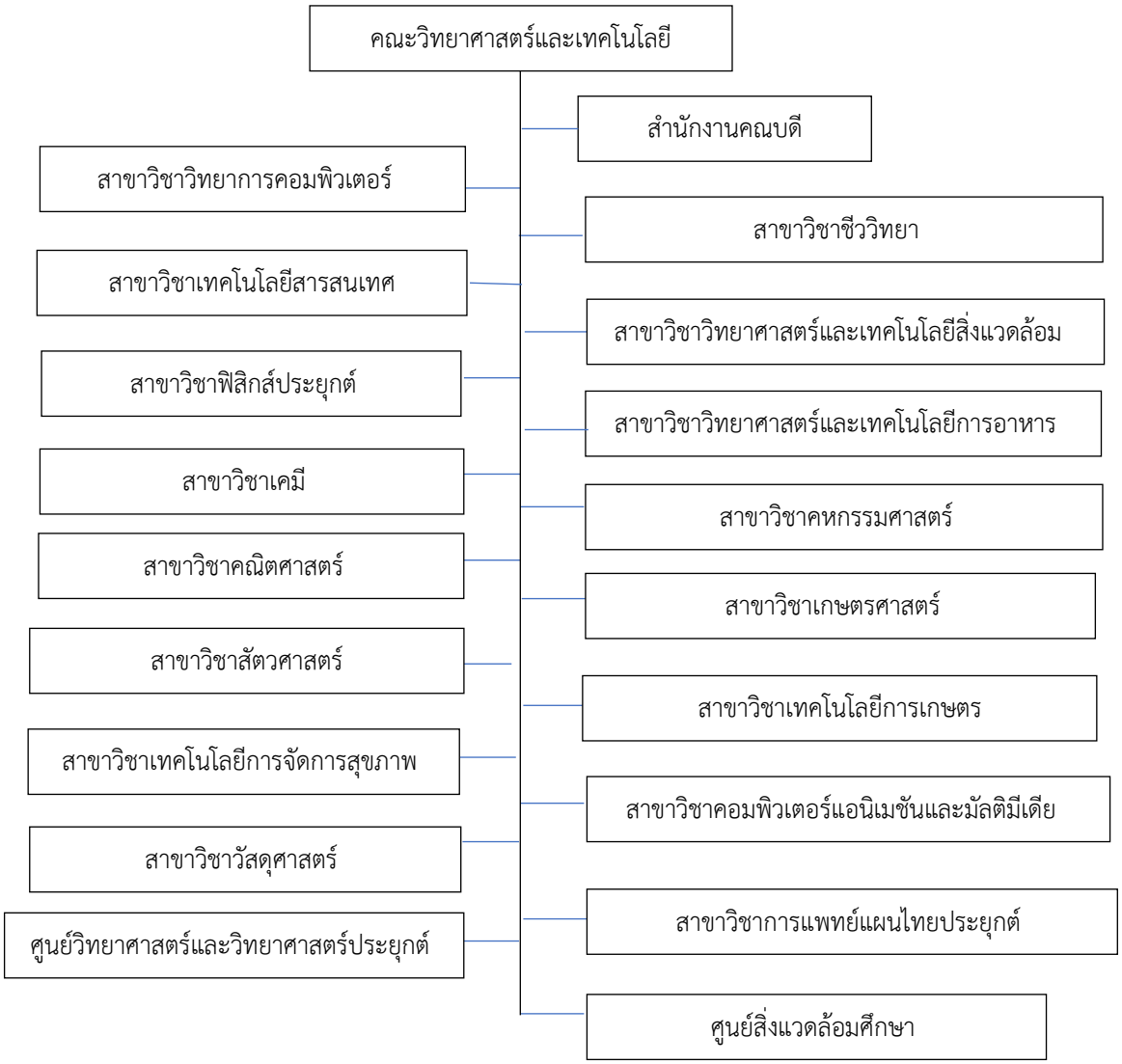
และภาคการเรียนที่ 2 ปีการศึกษา พ.ศ. 2561 วิทยาลัยนานาชาติพระนคร ได้ยุบรวมหน่วยงานจึงทำให้สาขาวิชาการแพทย์แผนไทยประยุกต์ ย้ายสังกัดมาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังนั้นใน

ปีการศึกษา พ.ศ. 2562 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงมีการจัดการเรียนการสอนในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต จำนวนทั้งสิ้น 17 สาขาวิชา ดังนี้

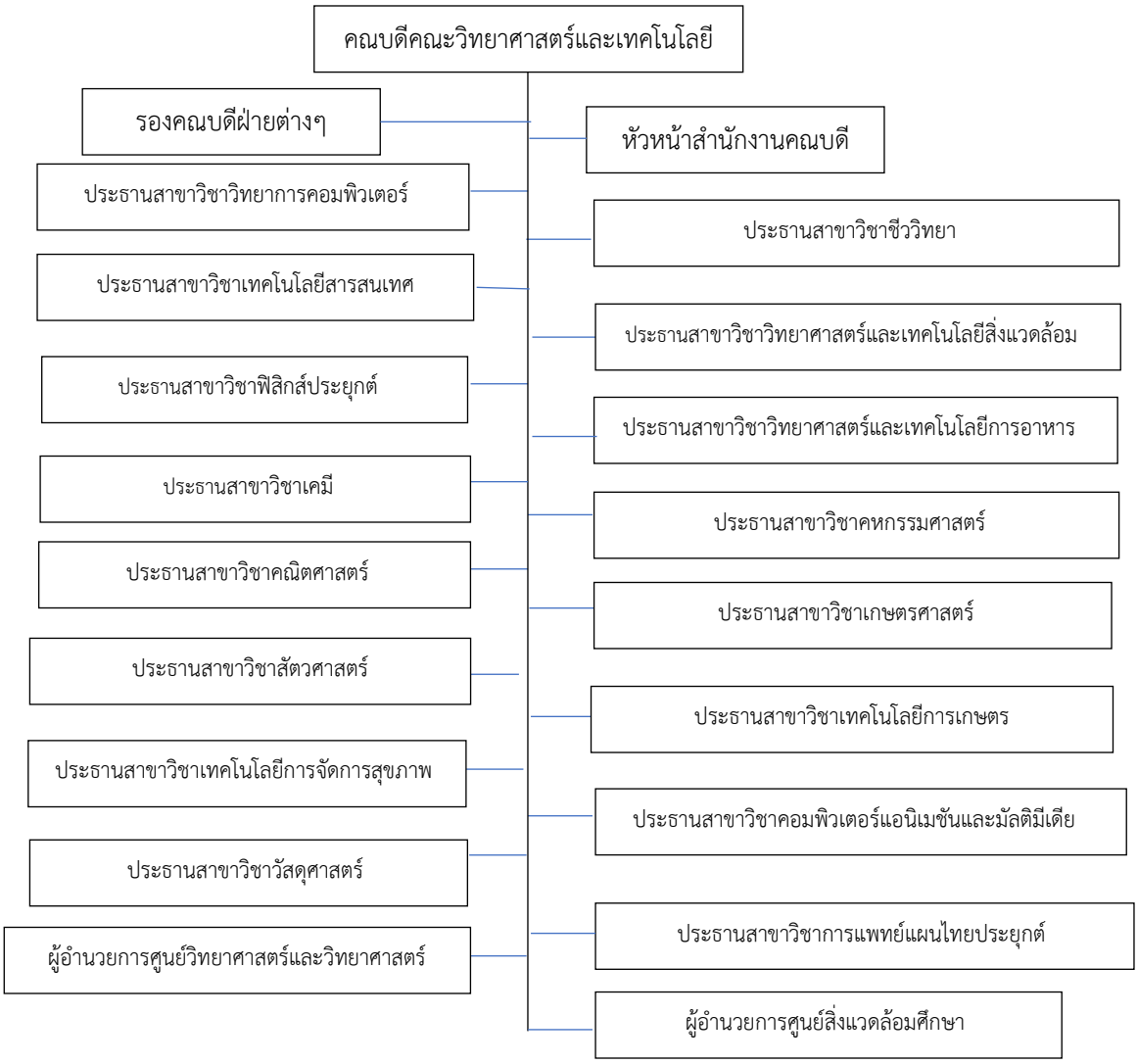
1. สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
2. สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
3. สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์
4. สาขาวิชาเคมี
5. สาขาวิชาชีววิทยา
6. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม
7. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร
8. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์
9. สาขาวิชาคณิตศาสตร์
10. สาขาวิชาสัตวศาสตร์
11. สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
12. สาขาวิชาเกษตรศาสตร์
13. สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการสุขภาพ
14. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง
15. สาขาวิชาคอมพิวเตอร์แอนิเมชันและมัลติมีเดีย
16. สาขาวิชาวัสดุศาสตร์
17. สาขาวิชาการแพทย์แผนไทยประยุกต์

โครงสร้างการบริหารจัดการ

โครงสร้างองค์กร (Organization chart)

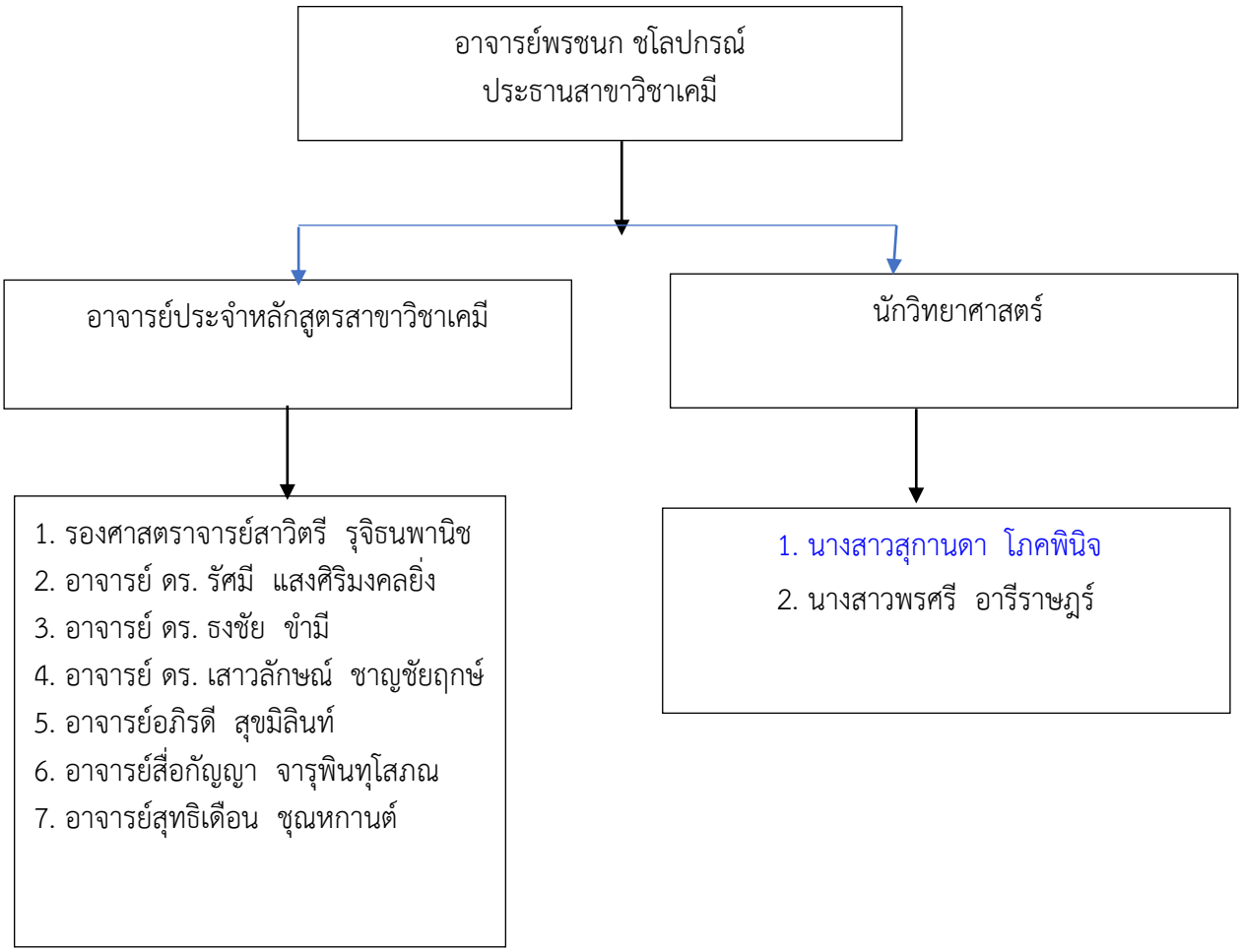


โครงสร้างการบริหาร (Administration chart)



โครงสร้างการปฏิบัติงาน (Activity chart)

สาขาวิชาเคมี เป็นหน่วยงานหนึ่งของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขึ้นตรงกับคณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยมีอาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาวิชาเคมี จำนวน 8 ท่าน และนักวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 คน



2) ภาระหน้าที่ของหน่วยงาน

1. ผลิตบัณฑิตให้มีความรู้ทางวิชาการมีศักยภาพทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อตอบสนองความต้องการในการพัฒนาประเทศ โดยสนับสนุนให้นักศึกษาเรียนรู้ ทำวิจัย

2. ผลิตบัณฑิตให้มีทักษะด้านการปฏิบัติ สามารถวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาตลอดจนสังเคราะห์ความรู้ทางเคมี เพื่อประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยี รวมทั้งพัฒนาคุณภาพชีวิตของตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3. เพื่อผลิตบัณฑิตให้สามารถสนองตอบความต้องการของหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน

2. บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่ง

หน้าที่ความรับผิดชอบหลัก

ปฏิบัติงานในฐานะผู้ปฏิบัติงานที่มีประสบการณ์ โดยใช้ความรู้ ความสามารถ ความชำนาญงาน ทักษะ และประสบการณ์สูงในงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปฏิบัติงานที่ต้องทำการศึกษา ค้นคว้า ทดลอง วิเคราะห์ สังเคราะห์ หรือวิจัย เพื่อการปฏิบัติงานหรือพัฒนางาน หรือแก้ไขปัญหาในงานที่มีความยุ่งยากและมีขอบเขตกว้างขวาง และปฏิบัติงานอื่นตามที่ได้รับมอบหมาย หรือ

ปฏิบัติงานในฐานะหัวหน้างาน มีหน้าที่และความรับผิดชอบในการควบคุมการปฏิบัติงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีขอบเขตเนื้อหาของงานหลากหลาย และมีขั้นตอนการทำงานที่ยุ่งยากซับซ้อนค่อนข้างมากโดยต้องกำหนดแนวทาง การทำงานที่เหมาะสมกับสถานการณ์ ตลอดจนกำกับตรวจสอบผู้ปฏิบัติงานเพื่อให้งานที่รับผิดชอบสำเร็จตามวัตถุประสงค์ และปฏิบัติหน้าที่อื่นตามที่ได้รับมอบหมาย

โดยมีลักษณะงานที่ปฏิบัติในด้านต่างๆ ดังนี้

1. ด้านการปฏิบัติการ

(1) ศึกษา ค้นคว้า ทดลอง วิเคราะห์ สังเคราะห์ หรือวิจัย และพัฒนาแนวทางวิธีการในงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จัดทำเอกสารวิชาการ คู่มือเกี่ยวกับงานในความรับผิดชอบ และเผยแพร่ผลงานทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อสร้างองค์ความรู้ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ประสานพัฒนาแนวคิดทางเทคนิควิชาการ พัฒนางานวิชาการ พัฒนาอุตสาหกรรมด้านต่างๆ หาวิธีการในการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และพัฒนามาตรฐานการปฏิบัติงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

(2) วิเคราะห์ ทดสอบ ตรวจสอบ ตรวจวัด ตรวจพิสูจน์ วินิจฉัย ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของวัตถุตัวอย่าง สอบเทียบเครื่องมือ อุปกรณ์วัด ที่ต้องใช้เทคนิคและประสบการณ์ รักษาระบบบริหารงานคุณภาพ เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการและทันต่อความก้าวหน้าของวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำความเห็น สรุปรายงาน เสนอแนะ จัดทำฐานข้อมูลห้องปฏิบัติการส่งเสริมสนับสนุน พัฒนาห้องปฏิบัติการ เพื่อแก้ไขปัญหา เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน และนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

(3) ให้บริการวิชาการด้านต่างๆ เช่น พัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรม ผลิตสื่อการฝึกอบรม ดำเนินการจัดฝึกอบรม เผยแพร่ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการและวิธีการของงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้คำปรึกษา แนะนำ ตอบปัญหาและชี้แจงเรื่องต่างๆ เกี่ยวกับงานในหน้าที่ เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง มีประสิทธิภาพ เข้าร่วมประชุมคณะกรรมการต่างๆ ที่ได้รับแต่งตั้งเพื่อให้ข้อมูลทางวิชาการประกอบการพิจารณาและตัดสินใจ และปฏิบัติหน้าที่อื่นที่เกี่ยวข้อง

(4) ในฐานะหัวหน้างาน นอกจากอาจปฏิบัติงานตามข้อ (1)-(3) ดังกล่าวข้างต้นแล้วต้องทำหน้าที่กำหนดแผนงาน มอบหมาย ควบคุม ตรวจสอบ ให้คำปรึกษา แนะนำ ปรับปรุงแก้ไข ติดตามประเมินผล และแก้ไขปัญหาข้อขัดข้องในการปฏิบัติงานในหน่วยงานที่รับผิดชอบ เพื่อให้การปฏิบัติงานบรรลุเป้าหมายและผลสัมฤทธิ์ที่กำหนด

2. ด้านการวางแผน

ร่วมกำหนดนโยบายและแผนงานของหน่วยงานที่สังกัด วางแผนหรือร่วมวางแผน การทำงานตามแผนงานหรือโครงการของหน่วยงาน แก้ไขปัญหาในการปฏิบัติงาน เพื่อให้การดำเนินงานบรรลุตามเป้าหมายและผลสัมฤทธิ์ที่กำหนด

3. ด้านการประสานงาน

(1) ประสานการทำงานร่วมกันโดยมีบทบาทในการให้ความเห็นและคำแนะนำเบื้องต้น แก่สมาชิกในทีมงาน หรือหน่วยงานอื่น เพื่อให้เกิดความร่วมมือและผลสัมฤทธิ์ตามที่กำหนดไว้

(2) ให้ข้อคิดเห็นหรือคำแนะนำเบื้องต้นแก่สมาชิกในทีมงาน หรือบุคคล หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างความเข้าใจและความร่วมมือในการดำเนินงานตามที่ได้รับมอบหมาย

4. ด้านการบริการ

(1) ให้คำปรึกษา แนะนำ นิเทศ ฝึกอบรม ถ่ายทอดความรู้ ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แก่ผู้ใต้บังคับบัญชา นักศึกษา ผู้รับบริการทั้งภายในและภายนอกหน่วยงาน รวมทั้งตอบปัญหาและชี้แจงเรื่องต่างๆ เกี่ยวกับงานในหน้าที่ เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจ และสามารถดำเนินงานได้อย่างถูกต้อง

(2) พัฒนาข้อมูล จัดทำเอกสารวิชาการ สื่อเอกสารเผยแพร่ ให้บริการวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ซับซ้อน เพื่อก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ที่สอดคล้อง และสนับสนุนภารกิจของหน่วยงาน

2) หน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่งตามที่ได้รับมอบหมาย

บทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบของ **นางสาวสุกานดา โภคพินิจ** ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการตามที่ได้รับมอบหมาย มีดังนี้

1. <u>ภาระหน้าที่หลัก</u>

1.1 เป็นผู้ช่วยอาจารย์ผู้สอนในการควบคุมดูแล**การใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์พื้นฐานและเครื่องมือวิทยาศาสตร์เฉพาะทางขั้นสูง** และควบคุมดูแลห้องปฏิบัติการ **ตามตารางการเรียนการสอนและ/หรือตามที่อาจารย์ผู้สอนประสานงานขอใช้การบริการ** พร้อมทั้งซ่อมบำรุงรักษาวัสดุ อุปกรณ์ ครุภัณฑ์ ในห้องปฏิบัติการให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานอยู่เสมอ สถานที่ปฏิบัติงานที่อาคาร 11 ชั้น 2 และอาคาร 21 ชั้น 3-4 ได้แก่เครื่องมือต่าง ๆ ดังนี้

ลำดับที่	เครื่องมือวิทยาศาสตร์เฉพาะทางขั้นสูง สาขาวิชาเคมี	จำนวน	ห้อง
	อาคาร 11 ชั้น 2	**เครื่อง**	
1.	UV - Vis spectrophotometer	2	1122
2.	Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)	1	1122
3.	Viscometer	1	1122
4.	เครื่องวิเคราะห์โปรตีน	1	1124
	เครื่องมือวิทยาศาสตร์เฉพาะทางขั้นสูง ศูนย์วิทยาศาสตร์		
	อาคาร 21 ชั้น 3		
1.	Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)	1	2136
2.	Inductive Coupled Plasma Spectrometer Mass Spectrometer (ICP-MS)	1	2134
3.	Gas Chromatography (GC)	1	2137
4.	Microplate Reader	1	2136
	อาคาร 21 ชั้น 4	**เครื่อง**	
1.	High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	1	2147
2.	Centrifuge แบบตั้งอุณหภูมิได้	1	2148
3.	Autocave	1	2148
4.	PCR	1	2142

- ควบคุมดูแลห้องปฏิบัติการตามตารางการเรียนการสอนและ/หรือตามที่อาจารย์ผู้สอนประสานงาน ขอใช้การบริการ พร้อมทั้งซ่อมบำรุงรักษาวัสดุ-อุปกรณ์-ครุภัณฑ์ ในห้องปฏิบัติการให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานอยู่เสมอ สถานที่ปฏิบัติงานที่อาคาร 11 และอาคาร 21 ชั้น 3-4

2. <u>ภาระหน้าที่รอง</u> (งานที่ได้รับมอบหมายนอกเหนือจากภาระงานหลัก โดยแนบเอกสารต่างๆ ประกอบ เช่น คำสั่งและผลงานที่ได้ดำเนินการ)

2.1 คำสั่งฯที่ 0413/2561 คำสั่งที่ 0227/2557 คำสั่งฯที่ 2273/2555 และคำสั่งฯที่ 1877/255 แต่งตั้งหัวหน้าเจ้าหน้าที่พัสดุและเจ้าหน้าที่พัสดุประจำหน่วยงาน ของสาขาวิชาเคมี

2.2 คำสั่งฯที่ 045/2557 แต่งตั้งคณะกรรมการบริหารศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

2.3 จัดทำบัญชี/รายงานค่าใช้จ่ายของโครงการประจำปีงบประมาณ 2554 – ปัจจุบัน ประจำสาขาวิชาเคมี รายละเอียดดังตาราง

ลำดับ	รายละเอียดงาน
1	สำรวจความต้องการ การใช้วัสดุสารเคมี-เครื่องแก้ววัสดุสำนักงาน ประจำปีของสาขา และศูนย์วิทยาศาสตร์ ฯ
2	จัดซื้อ-จัดจ้าง วัสดุสารเคมี-เครื่องแก้ว วัสดุสำนักงาน ประจำปีของสาขาวิชาเคมี และศูนย์วิทยาศาสตร์ฯ
3	รวบรวมเอกสารหลักฐานจากบริษัทที่จัดซื้อ-จัดจ้าง เพื่อนำไปเบิก-จ่ายเงินจากโครงการที่ได้รับอนุมัติฯ ของสาขาวิชาเคมี (๕ โครงการ)
4	จัดพิมพ์เอกสารตรวจรับ, ใบรายงานประกอบการขอซื้อ/จ้าง และใบสั่งซื้อ/จ้าง และเขียนใบหนังสืออนุมัติซื้อหรือจ้าง , หนังสือขออนุมัติเบิกจ่าย เพื่อประกอบการเบิก-จ่ายรายการวัสดุ-สารเคมี จากโครงการที่ได้รับอนุมัติฯ **(พร้อมทั้งนำเอกสารทั้งหมด ให้กรรมการตรวจรับ ลงนาม)**
5	นำข้อมูล เรื่องเบิก-จ่าย คีย์ข้อมูลเข้าสู่ระบบจัดจ้างภาครัฐ (ระบบ e-GP)
6	บันทึกจัดเก็บข้อมูลการเบิก - จ่ายตามแต่ละประเภทของเงินงบประมาณลงในคอมพิวเตอร์
7	จัดทำบัญชี/รายงานค่าใช้จ่ายตามโครงการ/กิจกรรมตามประเภทเงินงบประมาณ
8	จัดทำสมุดรับ-ส่ง เอกสารการเบิก - จ่าย
9	ติดต่อประสานงานกับบริษัท เพื่อแจ้งซ่อมเครื่องมือฯ ที่ชำรุด
10	รวบรวมเอกสารหลักฐานในการซ่อมเครื่องมือฯ เพื่อทำการเบิกค่าใช้จ่ายต่างๆ ตามประเภทเงินงบประมาณ
11	จัดพิมพ์เอกสารตรวจรับ, ใบรายงานประกอบการขอจ้าง และใบสั่งจ้าง และเขียนใบหนังสืออนุมัติซื้อหรือจ้าง , หนังสือขออนุมัติเบิกจ่าย เพื่อประกอบการเบิก-จ่าย ในการซ่อมเครื่องมือฯ **(พร้อมทั้งนำเอกสารทั้งหมด ให้กรรมการตรวจรับลงนาม)**
12	นำข้อมูลการซ่อมเครื่องมือฯ เรื่องเบิก-จ่าย คีย์ข้อมูลเข้าสู่ระบบจัดจ้างภาครัฐ (ระบบ e-GP)
13	ให้บริการยืม-คืนหนังสือ ในห้องสมุดประจำสาขาวิชา
14	ลงบันทึกหลักฐานรายละเอียดของรายการ เล่มวิทยานิพนธ์นักศึกษา และหนังสือที่สั่งซื้อหรือได้รับอภินันทนาการมาเพื่อเก็บ การรับหนังสือแต่ละเล่มเข้าห้องสมุดต้องลงตามลำดับเลขทะเบียน เพื่อเข้าระบบห้องสมุดสาขาวิชาเคมี
15	ทำจดหมายราชการและเตรียมเอกสารในการฝึกประสบการณ์วิชาชีพนักศึกษาชั้นปีที่ ๓ (หนังสือขออนุเคราะห์เข้าฝึกประสบการณ์วิชาชีพ,หนังสือส่งตัว,เล่มแบบประเมิน,คำสั่งอาจารย์นิเทศฯ, คำสั่งไปราชการ ฯลฯ)
16	พิมพ์หนังสือภายในและภายนอก พร้อมทั้งส่งเรื่อง เข้าระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ E-OFFICE

บทที่ 3
หลักเกณฑ์วิธีการปฏิบัติงาน

3.1 หลักเกณฑ์วิธีการปฏิบัติงาน

คู่มือปฏิบัติงานการใช้งานเครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ในรายวิชาการวิเคราะห์ทางเคมีด้วยเครื่องมือ 1 (Instrumental Analysis in Chemistry 1) ฉบับนี้ ได้จัดทำขึ้นตามมาตรฐานวิธีปฏิบัติ หรือ Standard Operating Procedure (SOP) เพื่อลดความผิดพลาดในกระบวนการดำเนินงานที่จะเกิดขึ้นในการปฏิบัติงาน ของสาขาวิชาเคมีและศูนย์วิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

3.2 การใช้งานเครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง

เครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง เป็นเครื่องมือที่สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวอย่างได้อย่างแม่นยำ และถูกต้อง ซึ่งสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้หลากหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมน้ำมัน อุตสาหกรรมยางพารา อุตสาหกรรมพอลิเมอร์ อุตสาหกรรมแป้งและน้ำตาล เป็นต้น จึงมีความเฉพาะทางของแต่ละเครื่องแตกต่างกันออกไป ในการใช้งานเครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ควรมีแนวปฏิบัติตามแนวทางในเอกสารมาตรฐานวิธีปฏิบัติ วิธีการใช้เครื่องมือ อย่างถูกวิธี เพื่อยืดอายุการใช้งานได้นานขึ้น และมีประสิทธิภาพ แม่นยำ

3.3 หลักการเครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง

3.3.1 UV-VIS Spectrophotometer

<u>หลักการทำงาน</u> : UV-VIS Spectrophotometer เป็นเครื่องมือที่ใช้ในวิเคราะห์สารโดยอาศัยหลักการดูดกลืนรังสีของสารที่อยู่ในช่วงUltra violet (UV) และVisible (VIS) ความยาวคลื่นประมาณ 190-1000 nm ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยที่ความยาวคลื่นแสงจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณและชนิดของสารที่อยู่ใน ตัวอย่าง เมื่อทำการวัดปริมาณของแสงที่ผ่านหรือสะท้อนมาจากตัวอย่างเทียบกับแสงจากแหล่งกำเนิดที่ความยาวคลื่นค่าต่างๆตามกฎของ Beer-Lambert ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ของสารจะแปรผันกับจำนวนโมเลกุลที่มีการดูดกลืนแสง ดังนั้นจึงสามารถใช้เทคนิคนี้ในระบุชนิดและปริมาณของสารต่างๆที่มีอยู่ในตัวอย่างได้

รูปที่ 1 ลักษณะของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer

ส่วนประกอบของเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer

1. แหล่งกำเนิดแสง

แหล่งกำเนิดแสงในเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์จะต้องให้รังสีในช่วงความยาวคลื่นที่ต้องการอย่างต่อเนื่องและคงที่ตลอดเวลา รวมทั้งมีความเข้มแสงที่มากพอด้วย หลอดกำเนิดแสง มีหลายชนิดตามความยาวคลื่นแสงที่เปล่งออกมา ซึ่งต้องเลือกใช้ให้ถูกต้องเหมาะสมกับของเหลวที่นำมาวัดค่าดูดกลืนแสง ตัวอย่างแหล่งกำเนิดแสง ช่วง UV ใช้หลอด H_2 and D_2 lamp ให้ความยาวคลื่นอยู่ในย่าน 160-380 nm ชนิดของสเปกโทรสโกปี UV molecular absorption และช่วง visible ใช้หลอด Tungsten/halogen ให้ความยาวคลื่นในช่วง 240-2,500 nm ชนิดของสเปกโทรสโกปีเป็นแบบ UV/visible/near-IR molecular absorption

2. Monochromator

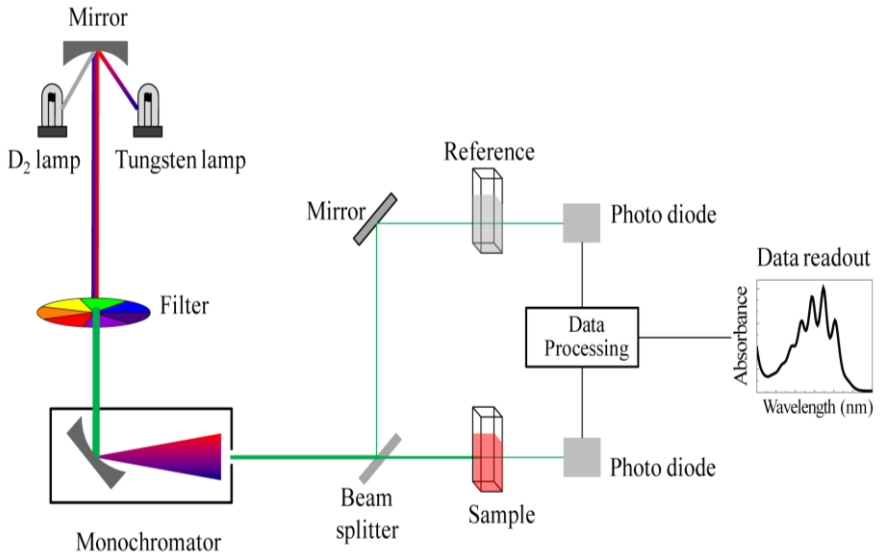
ส่วนประกอบนี้เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมแสงโดยจะทำให้แสงที่ออกมาจากต้นกำเนิดแสง ซึ่งเป็นพอลิโครเมติก ให้เป็นแสงโมโนโครเมติก ซึ่งเป็นแถบแสงแคบๆ หรือมีความยาวคลื่นเดียว ใช้ฟิลเตอร์ (กระจกสี) ปริซึม (prism) หรือ เกรตติ้ง (grating)

3. เซลล์ที่ใช้บรรจุสารละลายตัวอย่าง

เซลล์ที่ใส่สารตัวอย่าง (cell sample) บางครั้งอาจเรียกว่า คิวเวทท์ (cuvettes) รูปแบบที่ใช้กันทั่วไปได้แก่เซลล์ที่ทำด้วยแก้วธรรมดา จะใช้ได้เฉพาะช่วงวิสิเบิล เพราะเนื้อแก้วธรรมดาถูกดูดกลืนแสงในช่วงยูวีได้ และเซลล์ที่ทำด้วยซิลิกา และควอร์ตซ์ (quartz) ใช้ได้ทั้งช่วงยูวีและวิสิเบิล

4. Detector

ทำหน้าที่ในการวัดความเข้มของรังสีที่ถูกดูดกลืนโดยการแปลงพลังงานคลื่นรังสีเป็นพลังงานไฟฟ้าเครื่องตรวจจับสัญญาณที่ดีต้องมีสภาพไวสูง คือแม้ปริมาณแสงจะเปลี่ยนไปเล็กน้อย ก็สามารถตรวจจับสัญญาณความแตกต่างได้ เครื่องวัดแสงที่ยังนิยมกันอยู่ในปัจจุบัน คือ หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (photomultiplier tube, PMT) และเครื่องวัดแสงชนิดซิลิกอนไดโอด (silicon diode detector)

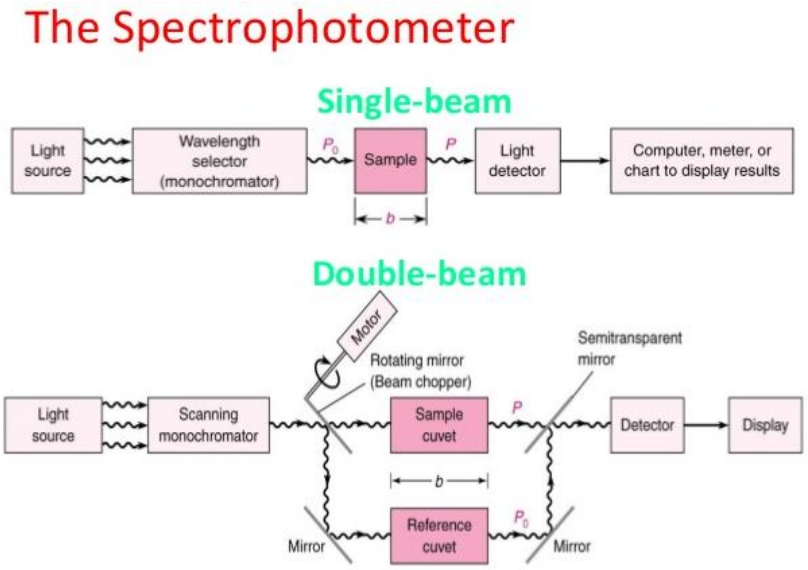


รูปที่ 2 ไดอะแกรม UV-VIS Spectrophotometer
https://en.wikipedia.org/wiki/File:Schematic_of_UV-_visible_spectrophotometer.png

ลักษณะของผลที่ได้: ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) และค่าความยาวคลื่น (Wavelength) ซึ่งเรียกว่า Spectrum

การประยุกต์ใช้งาน: ส่วนใหญ่จะใช้วิเคราะห์สารอินทรีย์ สารประกอบเชิงซ้อน หรือสารอนินทรีย์ ทั้งที่มีสีและไม่มีสี สารแต่ละชนิดจะดูดกลืนรังสีในช่วงความยาวคลื่นที่แตกต่างกันและปริมาณการดูดกลืนรังสีก็ขึ้นอยู่กับความเข้มของสารนั้น การดูดกลืนแสงของสารต่างๆเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสาร จึงสามารถวิเคราะห์ได้ในเชิงคุณภาพและปริมาณ เป็นเทคนิคที่ให้สภาพไวที่ดี และใช้กันอย่างแพร่หลาย

ลักษณะตัวอย่างที่ทำการทดสอบ : ตัวอย่างเป็นของเหลวใส ทั้งที่มีสีและไม่มีสี



รูปที่ 3 ไดอะแกรมSingle Beam and Double Beam.
https://aasnig.com/uv-visible-spectrophotometer/

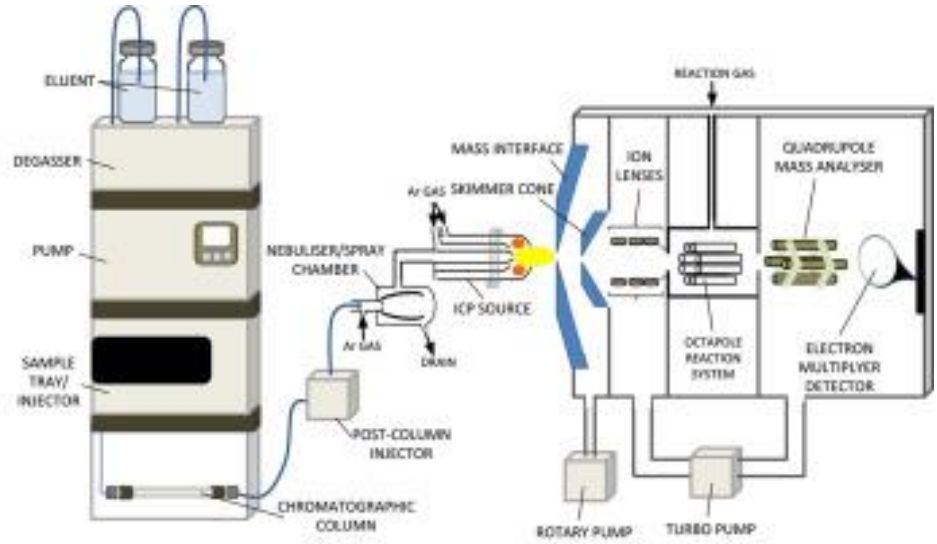
3.3.2 เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

หลักการทำงาน : HPLC เป็นเครื่องมือใช้สำหรับแยกสารประกอบที่สนใจ ที่ผสมอยู่ในตัวอย่าง โดยกระบวนการแยกสารประกอบที่สนใจ จะเกิดขึ้นระหว่างเฟส 2 เฟส คือ เฟสอยู่กับที่ (stationary phase) หรือ คอลัมน์(column) กับเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) ซึ่งจะถูกแยกออกมาในเวลาที่ต่างกัน สารผสมที่อยู่ในตัวอย่าง สามารถถูกแยกออกจากกันได้นั้น จะขึ้นอยู่กับความสามารถในการเข้ากันได้ดีของสารนั้น กับเฟสที่เคลื่อนที่ หรือเฟสที่อยู่กับที่โดยสารประกอบตัวไหนที่สามารถเข้ากันได้ดีกับเฟสที่เคลื่อนที่สารนั้นก็จะถูกแยกออกมาก่อน ส่วนสารที่เข้ากันได้ไม่ดีกับเฟสที่เคลื่อนที่ หรือเข้ากันได้ดีกับเฟสอยู่กับที่ก็จะถูกแยกออกมาทีหลัง โดยสารที่ถูกแยกออกมาได้นี้จะถูกตรวจวัดสัญญาณด้วยตัวตรวจวัดสัญญาณ(detector) และสัญญาณที่บันทึกได้จากตัวตรวจวัดจะมีลักษณะเป็นพีค ซึ่งจะเรียกว่าโครมาโตแกรม (chromatogram)

รูปที่ 4 เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

ส่วนประกอบ

- Mobile phase / Solvent : หรือตัวทำละลายที่ใช้ในการชะหรือแยกตัวอย่าง เป็นเฟสเคลื่อนที่ มีลักษณะเป็นของเหลว ทำหน้าที่ในการนำสารตัวอย่างและตัวทำละลายเข้าสู่ stationary phase (ในที่นี้คือ คอลัมน์) เพื่อให้เกิดกระบวนการแยกภายในคอลัมน์
- Degasser : ทำหน้าที่กำจัดฟองอากาศ อากาศที่มีอยู่ใน mobile phase เพื่อไม่ให้ฟองอากาศเข้าสู่ column และ detector
- Pump : ทำหน้าที่ดึงตัวทำละลาย (mobile phase) เข้าสู่ระบบ HPLC เนื่องจากในการแยกสารผสมในเทคนิค HPLC จะอาศัยหลักการไหลของเฟสเคลื่อนที่ผ่านเฟสอยู่กับที่ ที่มีขนาดอนุภาคเล็กมาก จึงทำให้เกิดความต้านทานการไหล ระบบปั๊มจึงมีความสำคัญมากในการที่จะทำให้เกิดความดันสูงเพื่อที่จะเอาชนะแรงต้านทาน
- Injector / Autosampler : ทำหน้าที่ในการฉีดสารตัวอย่างเข้าระบบ HPLC
- Column : หรือจะเรียกว่า stationary phase มีลักษณะเป็นของแข็งหรือเจล เป็นเฟสอยู่กับที่ ทำหน้าที่ให้เกิดกระบวนการแยกของสารที่สนใจ โดยการบวนการแยกเกิดขึ้นระหว่าง mobile phase กับ stationary phase
- Detector : คือ ตัวตรวจวัดสัญญาณ ทำหน้าที่ในการตรวจวัดสัญญาณของสารที่สนใจที่ได้จากกระบวนการแยก มีหลายชนิดด้วยกัน การเลือกใช้ขึ้นกับตัวอย่างที่สนใจว่าสามารถตอบสนองกับ Detector ชนิดไหนได้ดี



รูปที่ 5 ไดอะแกรมเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC)
https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0039914016301023

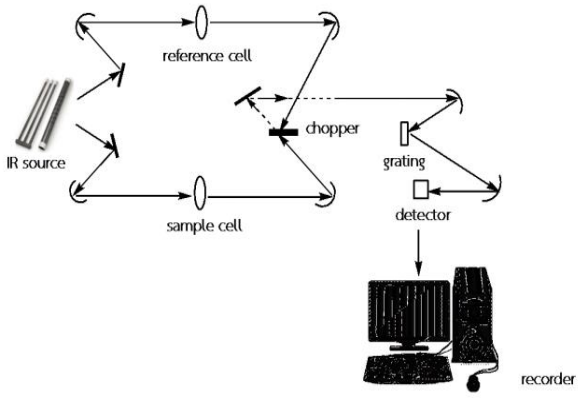
3.3.3 เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

<u>หลักการทำงาน</u> : เครื่องอินฟาเรดสเปกโทรมิเตอร์สามารถแบ่งเป็น 2 แบบ ได้แก่ แบบกระจาย (dispersive) และแบบฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม (Fourier transform)

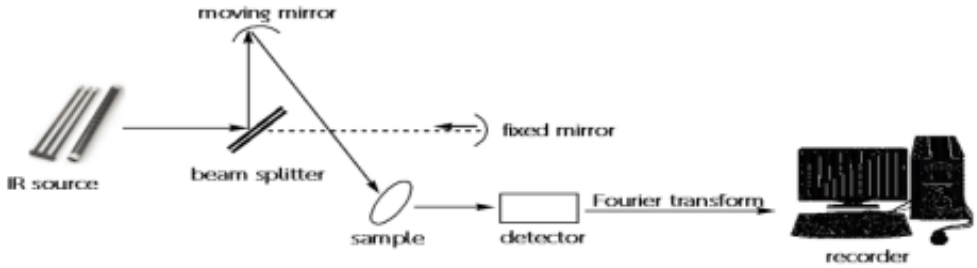
รูปที่ 6 เครื่อง Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

ส่วนประกอบ

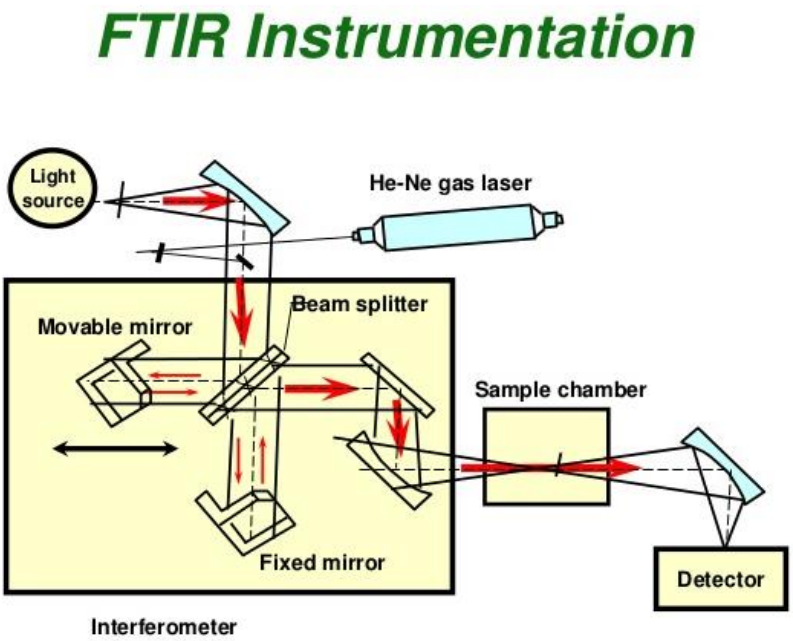
1. แหล่งกำเนิดแสง ทำหน้าที่ให้รังสีอินฟาเรด ได้แก่ ใยเนิรนสต์ (Nernst filament) โกลบาร์ (globar) และลวดนิโครม แต่ที่นิยม คือ ใยเนิรนสต์ทำจากออกไซด์ของเซอร์โคเนียม (ZrO_2) ทอเรียม (ThO_2) และซีเรียม (CeO2) ให้พลังงานสูงสุด 5,500 cm-1 และโกลบาร์ลักษณะเป็นแท่งซิลิคอนคาร์ไบด์ (silicon carbide) ให้พลังงานสูงสุด 7,100 cm-1 (มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2560) สำหรับเครื่องอินฟาเรดสเปกโทรมิเตอร์แบบกระจาย (dispersive infrared spectrometer) ลำแสงจะแยกเป็นสองลำแสงผ่านไปยังเซลล์ตัวอย่างและเซลล์อ้างอิง ดังรูปที่ 7 ก และ ข



รูปที่ 7 ก. ส่วนประกอบเครื่องอินฟาเรด แบบกระจาย (dispersive)



รูปที่ 7 ข. ส่วนประกอบส่วนประกอบของเครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟาเรดสเปกโทรสโกปี

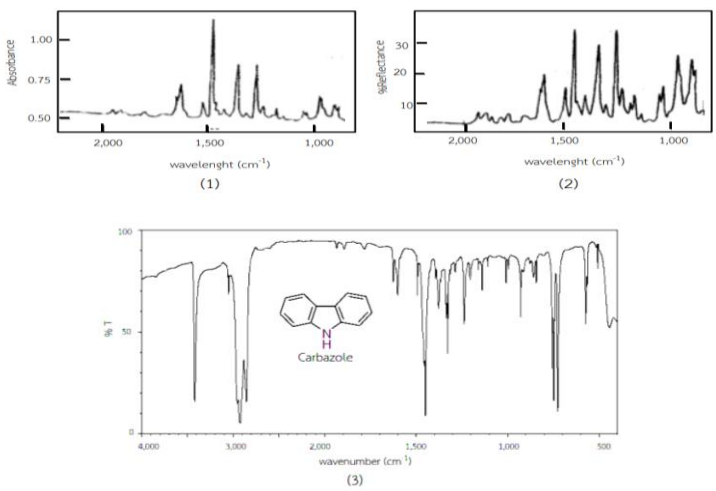


รูปที่ 8 ไดอะแกรมเครื่องฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟาเรดสเปกโทรสโกปี
https://www.google.com/search?q=%E0%B9%84%E0%B8%94%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%81%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%A1+ftir&hl=th&sxsrf=ALeKk00k_eX5xWYgU7ll2jOrryfOUwXYAA:1596545323290&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjC1PLmyoHrAhUa7HMBHThgCxkQ_AUoAXoECAwQAw&biw=1920&bih=937#imgrc=jw72S_3GAaOEIM

2. เซลล์ตัวอย่าง สำหรับตัวอย่างบางชนิดต้องบรรจุในเซลล์ตัวอย่างก่อนวิเคราะห์ โดยส่วนใหญ่เซลล์ตัวอย่างทำมาจากเกลือของแฮไลด์ เช่น โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) โพแทสเซียมโบรไมด์ (KBr) ลิเทียม-ฟลูออไรด์ (LiF) และซิลเวอร์คลอไรด์ (AgCl) เป็นต้น มีลักษณะโปร่งใสและไม่ดูดกลืนรังสีอินฟาเรดช่วงเดียวกับตัวอย่าง

3. ตัวทำแสงเอกรงค์ เป็นส่วนประกอบเฉพาะเครื่องอินฟาเรดสเปกโทรมิเตอร์แบบกระจาย เท่านั้น ทำหน้าที่เลือกความยาวคลื่น นิยมใช้เกรตติงมากกว่าปริซึม เนื่องจากการแยกชัด (resolution) สูงกว่า

4. เครื่องตรวจหา ทำหน้าที่เปลี่ยนความเข้มของรังสีที่ผ่านตัวอย่างเป็นสัญญาณไฟฟ้า ได้แก่ เครื่องตรวจหาเทอร์โมคัปเพิล (thermocouple detector) มีการตอบสนองสัญญาณช้าจึงเหมาะสำหรับเครื่องอินฟาเรดสเปกโทรมิเตอร์แบบกระจายเครื่องตรวจหาดิวเทอเรเทดไทรไกลซีนซัลเฟต (deuterated triglycine sulfate detector) และเครื่องตรวจหาสภาพนำแสงทำจากโลหะผสมของปรอทและแคดเมียม (Hg/Cd) เทลลูไลต์ (Tellurite, Te) หรืออินเดียมแอนติโมไนด์ (Indium antimonide, InSb) ส่วนเครื่องตรวจหาสภาพนำแสงนิยมกับเครื่องอินฟาเรดสเปกโทรมิเตอร์แบบ ฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม เรียกชื่อย่อว่า เอฟทีไออาร์ (Fourier transform infrared spectroscopy, FITR) ซึ่งมีการตอบสนองสัญญาณไวกว่าเครื่องตรวจหาเทอร์โมคัปเพิล 5. เครื่องบันทึก ทำหน้าที่บันทึกสัญญาณที่ออกมาจากเครื่องตรวจหา ส่วนใหญ่การวิเคราะห์หมู่ทำหน้าที่ของสารอินทรีย์ด้วยเครื่องอินฟาเรดสเปกโทรมิเตอร์จะเป็นโหมด (mode) การดูดกลืน มากกว่าการสะท้อน ลักษณะสเปกตรัมทั้งสองชนิดดังรูปที่ 9



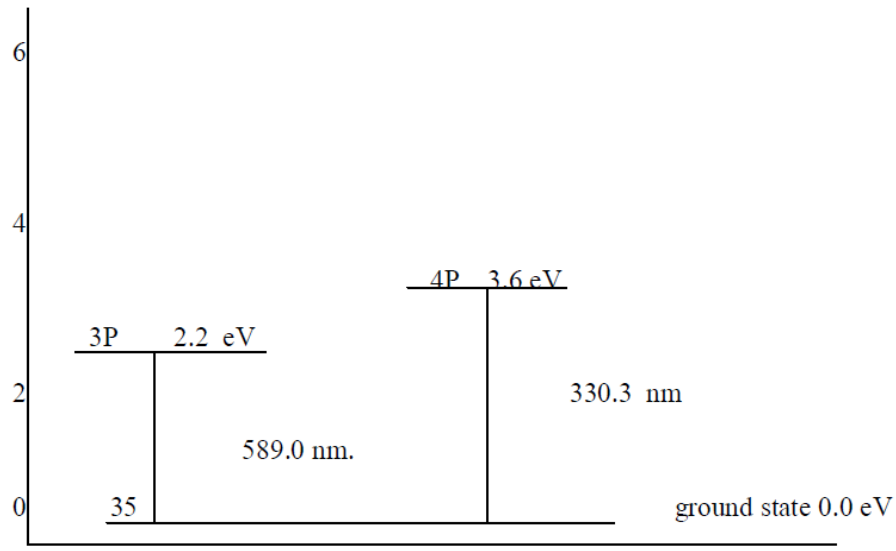
รูปที่ 9 อินฟาเรดสเปกตรัมของคาร์บาโซล (Carbazole) 1) และ 3) สเปกตรัมแบบดูดกลืน และ 2) สเปกตรัมแบบสะท้อน ที่มา (มหาวิทาลัยรามคำแหง, 2017)

ปัจจุบันสเปกตรัมแบบดูดกลืนนิยม พลอต (plot) ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความส่งผ่าน (%T) และเลขคลื่น (**U** , cm -1) ตามกฎของ เบียร์-แลมเบิร์ต

3.3.4 Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)

หลักการทำงาน : Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุ(metal element) ที่อยู่ในตัวอย่างทดสอบ ด้วยเทคนิค Atomic Absorption Spectroscopy ซึ่งเป็นกระบวนการที่อะตอมอิสระ (free atom) ของธาตุ ดูดกลืน (absorp) แสงที่ความยาวคลื่นระดับหนึ่งโดยเฉพาะซึ่งขึ้นอยู่กับธาตุแต่ละธาตุเนื่องจากธาตุแต่ละชนิดมีระดับของพลังงานแตกต่างกันจึงมีการดูดกลืนพลังงาน ได้แตกต่างกัน พลังงานที่พอดีกับคุณสมบัติเฉพาะของธาตุจะทำให้อิเล็กตรอนของธาตุนั้นๆ เปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้น (ground state) ไปเป็นสถานะกระตุ้น (exited state)

รูปที่ 10 เครื่อง Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)



รูปที่ 11 แสดงระดับของพลังงานของอะตอมโซเดียม ($_{11}Na^{23}$)($1S^2$, $2S^2$, $2P^6$, $3S^1$)

จากกระบวนการที่สารประกอบแตกตัวเป็นอะตอมแล้วกลายเป็นไอ หรือเกิดการกระตุ้น หรือแม้แต่เกิดแตกตัวเป็นไอออนด้วยพลังงานความร้อน เมื่ออยู่ภายใต้สภาวะของ **Thermal equilibrium** จำนวนอะตอมที่อยู่ในสถานะกระตุ้น **(Nj)** ที่เกิดขึ้นจะเป็นปฏิภาคกับจำนวนอะตอมที่อยู่ที่สถานะพื้นต่อหน่วยปริมาตร**(No)** ดังนั้น **(No)** ก็เป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเข้มข้นของสารละลาย **Boltzmann** ได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของ **(Nj)** กับ **(No)** ดังแสดงในสมการ

$(N_j) /(N_o)$ = $(g_j / g_o) e^{- \Delta E / KT}$

(N_j) และ(N_o) = จำนวนอะตอมธาตุที่อยู่ในสภาวะกระตุ้นและสถานะพื้น

g_j และ g_o = statistical weight ของสถานะกระตุ้นและสถานะพื้น ซึ่งบอกถึงจำนวนสถานะอิเล็กตรอนที่มีพลังงานเท่ากันของแต่ละระดับควอนตัม

$\Delta E = h_v = E_j - E_O$ = ระดับพลังงานที่ต่างกันระหว่างสถานะกระตุ้นกับสถานะพื้น

K = Boltzmann constant = 1.38 x 10-16 erg/deg.

T = อุณหภูมิในหน่วยขององศาสมบูรณ์

ดังนั้น จะเห็นว่า $(N_j)/(N_o)$ จะมีค่ามากเมื่อ T สูงขึ้น

และ ΔE น้อยและ $(N_j)/(N_o)$ จะมีค่าน้อยเมื่อ T ต่ำ และ ΔE มาก

ความสัมพันธ์ $(N_j)/(N_o)$ ที่อุณหภูมิต่างๆ กัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของ (Nj) / (No) ที่อุณหภูมิ 2000 K และ 3000 K

ธาตุ	Resonance line (nm)	g_j / g_o	ΔE (ev)	$(N_j) / (N_o)$	
				2000 K	3000 K
Na	589.0	2	2.10	9.86×10^{-6}	5.88×10^{-4}
Ca	422.7	3	2.93	1.21×10^{-7}	3.69×10^{-5}
Cu	324.8	2	3.82	4.82×10^{-10}	6.65×10^{-7}
Mg	285.2	3	4.35	3.35×10^{-11}	1.50×10^{-7}
Zn	213.9	3	5.80	7.45×10^{-15}	5.50×10^{-10}

3.3.4.1. ความสัมพันธ์ของแอบซอร์แบนซ์กับความเข้มข้นของสารตัวอย่าง

สรุปได้ว่า Total absorption ขึ้นอยู่กับจำนวนอะตอมที่สภาวะพื้น โดยไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและพลังงาน ΔE แต่จะเห็นได้ว่าจำนวนอะตอมทั้งหมด = $N_o + N_j$ แต่ N_j มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับ N_o

$\therefore N_o \alpha$ จำนวนอะตอมทั้งหมด

α ปริมาณของธาตุที่ต้องการหาในสารละลาย

α ความเข้มของสารละลาย

$\therefore \text{Log } P_o / P_j \alpha N_o$ หรือ absorbance α ความเข้มข้นของสารละลาย

เมื่อเขียนกราฟระหว่าง Log P_o / P_j หรือแอบซอร์แบนซ์ กับ N_o หรือความเข้มข้นของสารละลาย จะได้เส้นตรงแต่ในหลายๆ กรณีจะได้กราฟเป็นเส้นโค้ง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก stay light, line broadening (Doppler broadening เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของอะตอมในเปลวไฟ และ Lorentz broadening เกี่ยวกับการชนกันระหว่างโมเลกุลหรืออะตอม) ความไม่สม่ำเสมอ หรือคงที่ของอุณหภูมิ และโครงสร้างของเปลวไฟ เป็นต้น

3.3.4.2 เทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี AAS

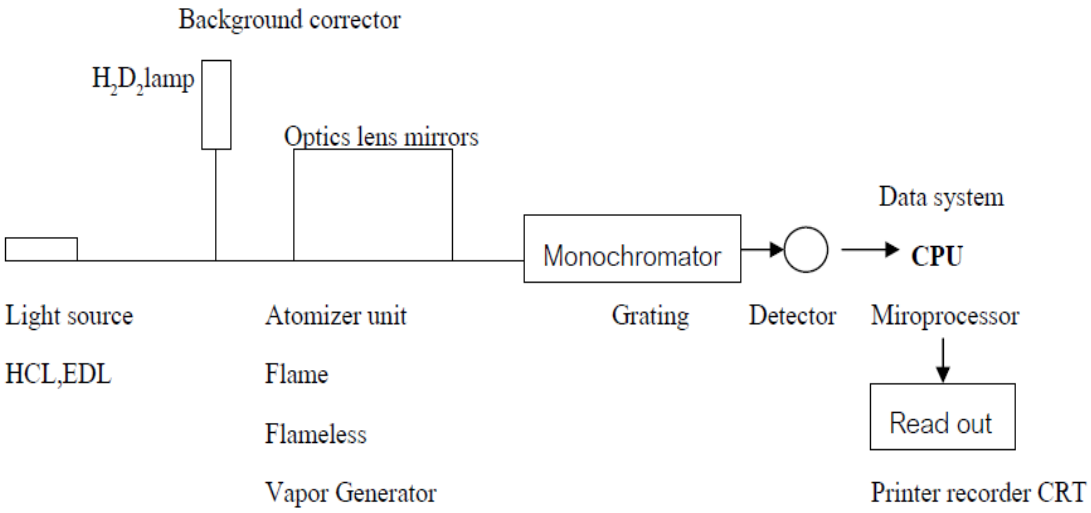
เทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุนั้นสามารถทำได้หลายวิธี คือ

3.3.4.2.1 ใช้ Flame Atomization Technique เทคนิคนี้ใช้กระบวนการทำให้สารตัวอย่างแตกตัวเป็นอะตอมด้วยเปลวไฟ (flame) ที่เหมาะสม

3.3.4.2.2 ใช้ Flameless Technique หรือ Non-flame Atomization Technique เทคนิคนี้ใช้กระบวนการทำให้สารตัวอย่างสลายตัวเป็นอะตอมได้ด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (electrothermalatomizer หรือ graphite furnance) โดยสามารถโปรแกรมให้อุณหภูมิของการเผามีค่าต่างๆ กัน และใช้เวลาต่าง ๆ กันได้

3.3.4.2.3 ใช้ Hydride Generation Technique เนื่องจากมีธาตุบางชนิดจะเปลี่ยนให้เป็นอะตอมโดยตรงด้วยเทคนิค 4.1 และ 4.2 ไม่ได้จำเป็นต้องใช้วิธีทำให้แตกตัวในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อป้องกันการรวมตัวกับออกซิเจนของธาตุเหล่านี้ ดังนั้น จึงต้องใช้วิธีทำให้ธาตุเหล่านี้กลายเป็นไอได้ง่ายๆ ที่อุณหภูมิห้องด้วยการรีดิวซ์ให้เป็นไฮไดรด์ แล้วให้ไฮไดรด์นั้นผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮโดรเจน ความร้อนจากเปลวไฟไฮโดรเจนทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมเสรีได้ เทคนิคนี้ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุ As, Se, Te, Ge, Bi, Sb

3.3.4.2.4 ใช้ Cold Vapor Generation Technique สำหรับเทคนิคนี้เหมาะที่จะใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ธาตุบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนให้เป็นไอได้ง่ายๆ ซึ่งได้แก่ การวิเคราะห์ปรอทที่มีปริมาณน้อยโดยเฉพาะเพื่อความเข้าใจถึงขั้นตอนของเทคนิคการวิเคราะห์ทางAASตลอดทั้งหน้าที่ของส่วนต่างๆ ของเครื่อง AAS โดยจะอธิบายพอสังเขป ดังต่อไปนี้



รูปที่ 12 แสดงแผนภาพองค์ประกอบของเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer

3.3.4.3 ส่วนประกอบ

องค์ประกอบที่สำคัญของเครื่อง AAS จะมีด้วยกัน 5 ส่วน ดังนี้

1. แหล่งกำเนิดแสง (light source) แหล่ง กำเนิดแสงของ AAS โดยทั่วไป เป็นหลอดแบบ hollow cathode lamp (HCL) และ electhodeless discharge lamp (EDL) โดยแหล่งกำเนิดแสงของ AAS ของเครื่องที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ฯ มีปัจจุบัน เป็นชนิด hollow cathode lamp (HCL) ซึ่งในหลอด(lamp) จะบรรจุ buffer ของแก๊สเฉื่อย(inert gas) เช่น แก๊สอาร์กอน(Ar) หรือ นีออน(Ne) และมีการเคลือบเกลือของธาตุโลหะที่จะวิเคราะห์ไว้ที่ขั้ว cathode ของ lamp โดยจะมีการให้ศักดิ์ไฟฟ้า(apply voltage) ให้แก่ขั้ว cathode เกิดการ ionization ของ inert gas ไปชนกับเกลือของธาตุโลหะที่เคลือบไว้ ทำให้ธาตุโลหะหลุดออกจากขั้ว cathode แล้วไปชนกับ inert gas ทำให้ธาตุโลหะเปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้น(ground state) ไปเป็นสถานะกระตุ้น(exited state) แต่ไม่เสถียร จึงปล่อยพลังงานออกมาเป็นพลังงานแสงที่ความยาวคลื่นจำเพาะกับธาตุแต่ละธาตุซึ่ง hollow cathode lamp มีทั้งแบบ single lame (ปล่อยพลังงานช่วงความยาวคลื่นสำหรับวิเคราะห์ธาตุใดธาตุหนึ่ง) และ แบบ multiple lamp (ที่ขั้ว cathode จะเคลือบเกลือของธาตุโลหะหลายชนิด มีการปล่อยพลังงานในหลายช่วงตามระดับพลังงานของธาตุที่เคลือบไว้ จะอาศัย monochromator ในการเลือกแสงที่ระดับความยาวคลื่นที่ต้องการใช้)

2. ส่วนที่ทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมอิสระ (atomizer หรือ atomization process) การทำให้อะตอมของธาตุในสารประกอบเกิดเป็นอะตอมอิสระได้นั้น ต้องมีการดูดกลืนพลังงานความร้อนเข้าไป ซึ่งพลังงานดังกล่าวอาจอยู่ในรูปต่างๆ เช่น พลังงานความร้อนจากเปลวไฟ พลังงานความร้อนจากกระแสไฟฟ้า เป็นต้น ซึ่งส่วนประกอบของเครื่อง AAS ที่ให้พลังงานความร้อนเพื่อทำให้เกิดอะตอมอิสระนั้นเรียกว่า atomizer และกระบวนการที่ทำให้เกิดอะตอมอิสระนั้นเรียกว่า Atomization process ซึ่ง Atomization process ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ Flam Atomization, Electrothermal atomization หรือ Graphite furnace หรือ flameless atomization , Hydride Generation Techique และ Cold Vapor Technique โดยมีรายละเอียดของแต่ละเทคนิคดังนี้

1. Flam Atomizationใช้พลังงานความร้อนจากเปลวไฟทำให้เกิด atomization process แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่

1.1 Nebulization เป็นกระบวนการเปลี่ยนของเหลวให้เป็นละอองฝอยเล็กๆ (mist หรือ aerosol) ด้วยส่วนของเครื่องที่เรียกว่า nebulizer โดยเครื่องจะดูดสารละลายเข้าไปเพื่อพ่นให้สารละลายไปชนกับ glass bead เพื่อให้เกิดเป็นละอองฝอย

1.2 Droplet precipitation> เป็นกระบวนการที่ละอองเล็กบางส่วน รวมกันเป็นหยดสารละลาย ไม่สามารถลอยอยู่ในอากาศได้จึงตกลงมาแล้วออกไปทางท่อน้ำทิ้ง (drain)

1.3 Mixing เป็นกระบวนการที่ mist หรือ aerosol ผสมกับแก๊สเชื้อเพลิง(fuel) และออกซิเดนท์แก๊ส (oxidant gas) เกิดใน spray chamber ของ nebulizer

1.4 Desolvation เป็นกระบวนการที่ตัวทำละลายที่อยู่ใน mist หรือ aerosol ถูกกำจัดออกไปทำให้เป็นอนุภาคเล็กๆ ของสารประกอบ (solid paticles)

1.5 Compound decomposition เป็นกระวนการที่เกิดขึ้นในเปลวไฟ โดยพลังงานความร้อนจากเปลวไฟทำให้สารประกอบเกิดการแตกตัวเป็นเป็นออกไซด์ เป็น โมเลกุลและเป็นอะตอมอิสระ

2.Electrothermal atomizationหรือ Graphite furnace หรือ flameless atomization ใช้พลังงานความร้อนจากกระแสไฟฟ้าทำให้เกิด atomization process แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

2.1 Drying stage เป็นการค่อยๆ ให้ความร้อนแก่สารตัวอย่าง เพื่อระเหยตัวทำละลายออกไป โดยปกติใช้อุณหภูมิต่ำ (ต่ำกว่า 100°C)

2.2 Ashing stage เป็นขั้นตอนที่ให้ความร้อนสูงขึ้น (อาจถึง 1,500 °C) เพื่อกำจัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยเลกุลของสารเหล่านั้นจะแตกตัวออกไปเหลือแต่สารอนินทรีย์ที่เสถียรเท่า นั้น โดยทั่วไปอยู่ในรูปของโลหะออกไซด์

2.3 Atomization stage เป็นขั้นตอนที่สารที่เหลืออยู่ถูกเผาที่อุณหภูมิสูง (อาจถึง 3,000 °C) เพื่อให้สลายเกิดเป็นอะตอมอิสระ

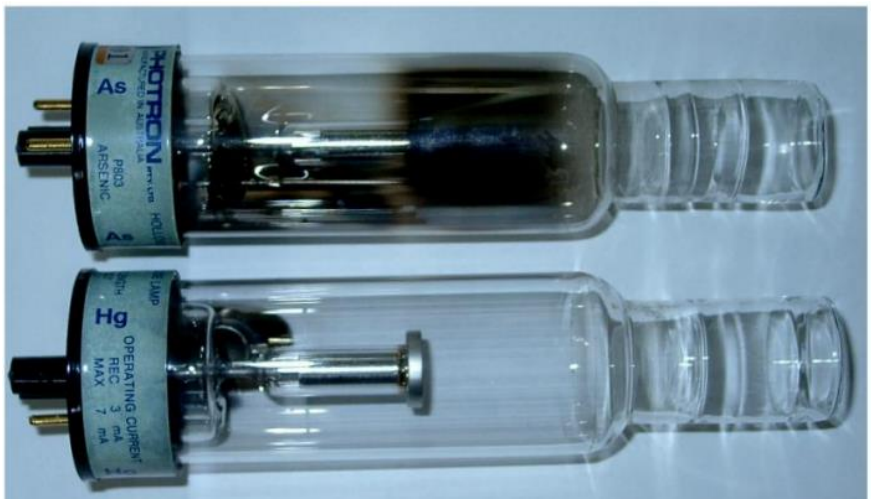
3. Hydride Generation Techique เนื่องจากธาตุบางชนิดจะเปลี่ยนให้เป็นอะตอมโดยตรงด้วยเทคนิค Flam Atomization และ Electrothermal atomization ไม่ได้ จำเป็นต้องใช้วิธีทำให้แตกตัวในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อป้องกันการ รวมกับออกซิเจน ดังนั้น จึงต้องใช้วิธีทำให้ธาตุเหล่านั้นกลายเป็นสารที่เป็นไอได้ง่ายๆ ที่อุณหภูมิห้องด้วยการ reduce ให้เป็น hydrided แล้วให้ hydrided นั้นผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮโดรเจนจะทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมอิสระได้ เทคนิคนี้ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุ As, Bi, Se, Pb, Sb, Sn และ Te

4. Cold Vapor Technique จัดเป็นวิธี flameless atomization แบบ Vapor Generation ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุบางชนิดที่เปลี่ยนเป็นไอได้ง่าย ซึ่งได้แก่ การวิเคราะห์ปรอท โดยใช้การ reduction ของสารประกอบปรอท

3. Monochromator ใช้แยกแสงให้ได้ความยาวคลื่นของแสงที่ต้องการ (wavelength selector)

4. Detector ของ AAS เป็นชนิด Photo Multiplier Tube (PMT)

5. เครื่องประมวลผลและอ่านผล



รูปที่ 13 รูปร่างของฮาโลว์แคโทด

3.3.4.4 ขั้นตอนของการทำวิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS

ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างนั้น ถ้าตัดสินใจที่จะใช้เทคนิค AAS ขั้นตอนต่างๆ ควรเตรียมความพร้อม ดังนี้

1. เตรียมสารตัวอย่างให้อยู่ในรูปสารละลายที่เหมาะสมและพร้อมที่จะใช้กับเครื่อง AAS
2. พิจารณาว่าจะทำการวิเคราะห์เพื่อหาอะไร และเลือกวิธีการให้เหมาะสม ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์
3. จัดเครื่องมือให้พร้อมที่จะทำงานได้ เช่น คอมพิวเตอร์ ไมโครโพรเซสเซอร์ควบคุม มี software ที่เก็บข้อมูลของธาตุแต่ละชนิดไว้แล้ว เป็นเสมือน cook book ให้ผู้วิเคราะห์สามารถเลือกให้ได้ ซึ่งมี

ก. เลือก HCL ของธาตุที่จะทำการวิเคราะห์ใส่เข้าไปในเครื่อง และเลือกกระแสไฟฟ้าที่ต้องใช้

ข. จัดเครื่องให้มีสภาพที่เหมาะสมกับเทคนิคที่ใช้ เช่น ใช้ Flame หรือ flameless atomization การปรับอัตราการไหลของออกซิแดนท์ อากาศ และเชื้อเพลิง เป็นต้น

ค. จัดความกว้างของช่องแสงเข้าออกจากโมโนโครเมเตอร์ (slit width) ให้เหมาะสม

4. เลือกโปรแกรมการวัดผล การคำนวณ ตลอดจนการรายงานผลวิเคราะห์

3.3.4.5 การทำคุณภาพวิเคราะห์ด้วย AAS (Qualitative Analysis)

โดยทั่วไปแล้วเทคนิค AAS นั้นไม่เหมาะสมที่จะใช้สำหรับทำคุณภาพวิเคราะห์ เพราะเสียเวลาไม่สะดวก เนื่องจากต้องเปลี่ยน HCL และต้อง scan ความยาวคลื่น ประกอบกับค่าใช้จ่ายสูงจึงไม่นิยมใช้สำหรับตรวจหา อย่างไรก็ตาม เทคนิคนี้ก็สามารถใช้ได้ เช่น ต้องการตรวจสอบว่าสารละลายตัวอย่างมี Niเป็นองค์ประกอบหรือไม่ เราก็ใช้ HCL เป็น Ni และใช้ Flame(air/C2 H2) เป็น atomizer ใช้ความยาวคลื่นของธาตุ Ni คือ 232 nm สำหรับตรวจวัด หลังจากนำสารละลายตัวอย่างพ่นเข้าไปในเปลวไฟแล้วดูว่าที่ความยาวคลื่น 232 nm มีการดูดกลืนแสงหรือไม่ ถ้ามีแสดงว่าสารตัวอย่างมีธาตุ Ni แต่ถ้าไม่มีการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นนี้แสดงว่าสารตัวอย่างไม่มี Ni ดังนั้นถ้าต้องการตรวจหาธาตุใดก็สามารถทำได้ในทำนองเดียวกัน

3.3.4.6 การทำปริมาณวิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS (Quantitative Analysis)

สามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

1. Calibration Method ใช้ในกรณีที่สารตัวอย่างไม่ค่อยมีสิ่งรบกวนและสารตัวอย่างเจือจาง ทำการวิเคราะห์ได้โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนแล้ว เป็นวิธีที่นิยมใช้กันทั่วๆ ไปโดยปรับสัญญาณที่ได้จาก blank ให้เป็นศูนย์ แล้วจึงวัดค่าแอบซอร์แบนซ์ของสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน (4-5 ความเข้มข้น) เมื่อใช้ flameless atomization technique อาจใช้วัด peak area หรือความสูงของพีค (peak height) แล้วนำผลมาเขียนกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารละลาย จะได้calibration curve ซึ่งอาจเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้งก็ได้ การเขียนกราฟอาจใช้เครื่องคอมพิวเตอร์หรือเครื่องคำนวณทำงานให้ ถ้าเป็นเส้นตรง least squares fit แต่ถ้าเป็นเส้นโค้ง อาจให้เครื่องลากเส้นโค้งให้ได้ calibration curve ใช้ได้เฉพาะการวิเคราะห์แต่ละครั้งเท่านั้น เพราะparameter ต่างๆ ที่ใช้อาจเปลี่ยนแปลงได้
2. ใช้ Factor Method วิธีนี้ใช้ได้เมื่อ calibration curve เป็นเส้นตรง โดยนำสารละลายมา 2 ส่วนเท่าๆ กัน (X และ Y) และมีปริมาตร Vz นำส่วน X มาเติมสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นเป็น Cs ลงไปปริมาตร Vs สำหรับส่วน Y นำมาเติมสารละลาย(อาจเป็นน้ำหรือกรด) ลงไปในปริมาตร Vs แล้วนำสารละลายทั้ง 2 ส่วนไปวัดค่าแอบซอร์แบนซ์ ได้เป็น Ax และ Ay ตามลำดับ ถ้าให้ความเข้มข้นสารละลายเป็น Cu จะคำนวณหาความเข้มข้นได้จากสมการ

$$Cu = Ay\ Vs\ Cs\ /\ (Ax - Ay)\ Vz$$

วิธีนี้ต้องควบคุมสภาวะต่างๆ ดังนี้

1) Calibration curve จะต้องเป็นเส้นตรง

2) ค่าแอบซอร์แบนซ์ที่วัดได้คือ ควรจะต้องเป็นประมาณ 2 เท่าของ A

3) Vs ควรน้อยกว่า Vz มากๆ เพื่อมิให้เกิดการเจือจางของสารละลายตัวอย่างมากเกินไปเนื่องจากการเติมสารมาตรฐาน

4) ความเข้มข้นของสารมารฐาน Cs ควรมากกว่าความเข้มข้นของสารตัวอย่าง Cu มากๆ

3. ใช้ Standard Addition Method เป็นวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับ matrix effects และinterferences เพราะว่า calibration curve ในการวิเคราะห์สารนั้นสัญญาณที่วัดได้ไม่ใช่เป็นแต่เพียงสารที่ทำการวิเคราะห์เท่านั้น แต่มันรวมถึงสัญญาณต่างๆ จากสารอื่นที่มีอยู่ในตัวอย่างด้วย ทำได้โดยแบ่งสารละลายตัวอย่างออกเป็น 4-5 ส่วน นำแต่ละส่วนมาเติมสารมาตรฐานที่มีความเข้มข้นเท่ากัน แล้วนำไปวัดค่าแอบซอร์แบนซ์ แล้วนำมาเขียนกราฟกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เติมลงไป ด้วย least-squarefit ความเข้มข้นของสารตัวอย่างหาได้จากการ extraporating ไปตัดแกนความเข้มข้น
4. ใช้วิธีทำให้เจือจาง Dilution Method วิธีนี้ใช้กับสารตัวอย่างที่มี interferences โดยเฉพาะกรณีที่เกิด enhancement คือค่าแอบซอร์แบนซ์จะวัดได้มากกว่าปกติเนื่องจากเกิดไอออไนเซชัน ทำได้โดยการเติมสารละลายที่ประกอบด้วยธาตุที่ไอออไนส์ง่าย ๆ ลงไปในสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐาน

5. ใช้วิธี Internal Standard Method วิธีนี้อาศัยหลักการเติมสารมาตรฐาน (reference element) ซึ่งเป็นคนละธาตุกับสารที่จะวิเคราะห์ลงไปในตัวอย่างและ blank หลังจากวัดค่าแอบซอร์แบนซ์แล้วหาอัตราส่วนของแอบซอร์แบนซ์ระหว่างสารตัวอย่างและสารมาตรฐาน (A /A) จากนั้นเขียนกราฟกับความเข้มข้นของธาตุที่จะทำการวิเคราะห์จะได้ calibration curve เพื่อหาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง

สำหรับวิธีนี้จะใช้ได้ก็ต่อเมื่อ

1. สารตัวอย่างต้องไม่มีธาตุที่ใช้เป็นมาตรฐาน (reference element)
2. ทั้งสารตัวอย่างและสารมาตรฐานจะต้องมีลักษณะและคุณสมบัติทางเคมีเหมือนกัน

3.3.4.7 ผลกระทบของสิ่งรบกวนต่อการวิเคราะห์ (Interference Effects)

ถึงแม้ว่าเป็นเทคนิคที่ค่อนข้างเฉพาะมาก ทั้งแหล่งกำเนิดและการดูดกลืนแสง แต่ก็มีโอกาสที่สเปกตรัมของธาตุอื่นที่ปนอยู่มารบกวนได้ทำให้ค่า absorbance วัดได้มากหรือหน้อยกว่าปกติ สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นสาเหตุที่ทำให้ผลวิเคราะห์ผิดพลาดได้ ดังนั้นผู้วิเคราะห์ควรศึกษาก่อนว่า สารตัวอย่างเป็นอะไร จะละลายด้วยอะไร มีองค์ประกอบอะไรบ้าง และจะวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอะไร สิ่งเหล่านี้จะช่วยทำให้ผลการวิเคราะห์ผิดพลาดน้อยที่สุด สิ่งรบกวนสามารถจำแนกได้ ดังนี้

1. Physical effects เป็นผลเนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพของสารละลายที่จะวิเคราะห์ซึ่งไปเกี่ยวข้องกับอัตราการไหลของสารละลายเข้าไปใน nebulizer ขนาดของหยดสารละลาย (drop size)ได้แก่ volatility ของตัวสารละลาย surface tension, viscosity ซึ่งสามารถแก้ไขได้คือทำให้สารละลายเจือจางลง หรือเติม organic solvents หรือเตรียมสารละลายให้มี matrix อย่างเดียวกับสารตัวอย่าง
2. Chamical effects ได้แก่ แอนไอออน เช่น ฟอสเฟต ซัลเฟต อะลูมิเนต ซิลิเกต หรือแอนไอออนที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบบางตัวทำให้ผลการหาปริมาณของพวก alkaline earth metals ได้น้อยกว่าปกติ เมื่อใช้ air- CH flame หรือ flame temperature ต่ำ เพราะมีการเกิดสารประกอบที่อยู่ตัวบางชนิดเรียกว่า refractory compound จึงทำให้การแตกตัวเป็นอะตอมของธาตุที่จะวิเคราะห์น้อยกว่าที่ควรจะเป็น

3.3.4.8. การเลือกใช้เทคนิคที่เหมาะสมในการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS นั้นอาจทำได้หลายวิธี แต่ละเทคนิคมีข้อดีข้อเสียและการใช้งานแตกต่างกัน และอาจกล่าวได้ว่ากระบวนการทำให้สารเกิด atomization ไม่มีวิธีไหนเลยที่จัดว่าดีที่สุดดังนั้นห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ต้องเลือกให้เหมาะสมกับความต้องการ โดยคำนึงถึงองค์ประกอบหลายๆ อย่าง เช่นความรวดเร็วของการวิเคราะห์ ความยากง่าย ความเข้มข้น สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของสารที่จะวิเคราะห์ ตลอดทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่สามารถอำนวยให้ แต่ละเทคนิคมีหลักการทั่วไป ดังนี้

1. Flame Techniques

เทคนิคนี้ใช้ flame ทำให้เกิด atomization โดยทั่วไปแล้วเป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง สารตัวอย่างควรจะต้องมีลักษณะ ดังต่อไปนี้

1) สารตัวอย่างต้องเป็นสารละลายหรือของเหลว
2) สารตัวอย่างควรมีสารที่เป็นของแข็งละลายอยู่ไม่เกิน 5% มิฉะนั้นจะมีผลต่อการเกิด atomization

3) สารตัวอย่างควรจะสลายตัวได้ดีด้วยความร้อน

4) ควรมีความเข้มข้นอยู่ในช่วงที่เหมาะสม

5) สารละลายตัวอย่างจะต้องมีอย่างน้อย 1 ml.เทคนิคนี้ผู้วิเคราะห์ไม่จำเป็นต้องมีความชำนาญมากนัก ค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่อยู่ที่การเตรียมสารตัวอย่างให้เป็นสารละลาย มีความแม่นยำในการวิเคราะห์สูง

2. Graphite Furnace

สารตัวอย่างที่จะใช้เทคนิคนี้ในการวิเคราะห์ควรมีลักษณะดังนี้

1) สารตัวอย่างอาจเป็นของแข็ง หรือของเหลว หรือของแข็งละลายในของเหลวซึ่งถ้าละลายเป็นเนื้อเดียวกันก็ยิ่งดี

2) สารตัวอย่างต้องสลายตัวด้วยความร้อน และทำให้สารเจือปนกับสารที่จะวิเคราะห์แยกออกจากกันได้

3) ควรจะต้องมีช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสม

4) สารตัวอย่างและสารมาตรฐานควรจะต้องเปรียบเทียบกันได้

5) ปริมาตรของสารตัวอย่างที่ต้องใช้อาจเป็น 0.5 μL.

6) วิธีนี้ให้ความแม่น และ sensitivity ในการวิเคราะห์ดี แต่ผู้วิเคราะห์จำเป็นต้องมีประสบการณ์และความชำนาญพอสมควร อัตราค่าวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับสารเคมีที่ต้องใช้ graphite tube และเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห

3. Vapor Generation Techniques

สำหรับเทคนิคนี้จำเป็นจะต้องทำสารตัวอย่างให้มีลักษณะ ดังต่อไปนี้

1) สารตัวอย่างจำเป็นต้องย่อยให้อยู่ในสภาพที่เป็นกรดและมี oxidation state ที่เหมาะสม

2) ใช้วิเคราะห์ได้เฉพาะบางธาตุเท่านั้น

3) ควรจะต้องปราศจากสิ่งรบกวนทางเคมี

4) ช่วงความเข้มข้นจะต้องพอเหมาะ

5) เป็นเทคนิคที่ให้ sensitivity สูงสำหรับธาตุที่สามารถวิเคราะห์ได้

6) ค่าใช้จ่ายขึ้นอยู่กับสารเคมีและเวลาที่ใช

7) การเตรียมตัวอย่างต้องใช้ความชำนาญ แต่การทำวิเคราะห์สามารถทำได้ง่าย

8) ความแม่นยำของการวิเคราะห์สู้ 2 วิธีแรกไม่ได้ การเลือกใช้เทคนิคที่เหมาะสมกับการวิเคราะห์ นั้น ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ควรพิจารณาเลือกใช้เทคนิคที่เหมาะสมกับความต้องการและผลวิเคราะห์ที่ได้ถูกต้องแม่นยำ ควรเตรียมความพร้อมดัง เช่นตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างการเตรียมการวิเคราะห์ด้วย Flame Atomization Technique

ในการวิเคราะห์สารตัวอย่างน้ำเสียด้วยเทคนิค AAS นั้น มีขั้นตอนต่างๆ ต้องเตรียมความพร้อม ดังนี้

1. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ต้องมีเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer

2. สารเคมี สำหรับกรณีนี้เลือกใช้วิธีย่อยตัวอย่างแบบ Nitric Acid Digestion ดังนั้น สารเคมีที่ต้องใช้มี ดังนี้

2.1 กรดไนตริก (HNO3) ความเข้มข้นไม่ต่ำกว่า 65%

2.2 น้ำ Deionized water (DI) คุณภาพชั้น 2(Type II) หรือสูงกว่า

2.3 ก๊าซอะเซทิลีน (Acetylene gas) Pressure-reducing Valves ชนิด Instrument Grade

2.4 สารละลายโลหะมาตรฐานรับรอง (Verification Standard) เช่น SRM, RM เป็นสารละลายชนิด AA Grade หรือเทียบเท่าที่สามารถสอบกลับไปยัง NIST

2.5 สารละลายโลหะมาตรฐาน 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นสารละลายชนิด AA Grade หรือเทียบเท่า สำหรับใช้ในการปรับเทียบ (calibration) เตรียมไว้สร้างกราฟมาตรฐาน (Working Standard Solution)เตรียมสารละลายที่ใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐานอย่างน้อย 3 ความเข้มข้นขึ้นอยู่กับช่วงความเข้มข้นของแต่ละดัชนีที่ต้องการวิเคราะห์ ตัวอย่าง เช่น การวิเคราะห์ทดสอบ Cu เตรียมความเข้มข้น 0.05, 0.10, 0.50, 1.00, 1.50 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเตรียมจากสารละลายโลหะมาตรฐานความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตรและ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร สารละลายสำหรับตั้งศูนย์ของเครื่องใช้ 0.2 % กรดไนตริก

3. การเตรียมตัวอย่างน้ำเสียเพื่อใช้ในวิเคราะห์ทดสอบ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์สารมารถเลือกวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมสารละลายตัวอย่างได้จาก วิธีมาตรฐาน โดยพิจารณาจากคุณสมบัติเฉพาะตัวของธาตุที่จะทำการวิเคราะห์ เช่น ตัวอย่างการวิเคราะห์ Cu ในน้ำเสียโดยการใช้ Flame Atomization Technique เลือกการเตรียมตัวอย่างโดยวิธี Nitric Acid Digestion มีขั้นตอนการเตรียม ดังนี้

3.1 นำตัวอย่างน้ำออกมาจากห้องเย็นต้องตั้งทิ้งไว้ให้อุณหภูมิของตัวอย่างน้ำเท่ากับหรือใกล้เคียงอุณหภูมิห้อง

3.2 จากนั้นปิเปตตัวอย่างน้ำ ที่เขย่าเข้ากันดีแล้ว 100 มิลลิลิตร ด้วยปิเปตแบบวัดปริมาตร (Volumetric Pipette) ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 200 มิลลิลิตร

3.3 ใส่ Glass bead

3.4 เติมกรดไนตริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร โดยใช้ Dispenser แล้วแกว่งเบาๆ ให้เข้ากัน ปิดกระจกนาฬิกา แล้วนำไปวางบนเตาไฟฟ้า (Hot plate) ซึ่งตั้งเตาไฟฟ้าไว้ในตู้ดูดควัน ให้ความร้อนที่อุณหภูมิเหมาะสมโดยให้เดือดเบาๆ ค่อย ๆ ระเหยจนกระทั่งการย่อยสมบูรณ์สังเกตจากสารละลายจะใสขึ้น จนปริมาตรเหลือประมาณ 10-20 มิลลิลิตร แล้วยกลงปล่อยไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

3.5 Rinse ข้างๆ บีกเกอร์ และกระจกนาฬิกาด้วยน้ำ Deionized water 1 ครั้ง แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 หรือเทียบเท่าใส่ใน ขวดวัดปริมาตร(Volumetric flask) 100 มิลลิลิตร เมื่อสารละลายกรองหมดแล้ว Rinse กระดาษกรองด้วยน้ำ Deionization water อีกครั้ง แล้วปรับปริมาตร ขวดปริมาตร(Volumetric flask) ให้เป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำ Deionization water แล้วถ่ายใส่ขวดพลาสติกโพลีเอธีลีน นำไปเก็บในห้อง AAS รอการวิเคราะห์ต่อไป

4. ขั้นตอนการทดสอบ

4.1 ทำการสร้างกราฟมาตรฐาน โดยให้มีค่า Correlation of determination ≥0.995เริ่มจาก Blank standard ก่อนและ เรียงตามลำดับจากความเข้มข้นน้อยไปมากอ่านค่า Blank standard ให้ได้ 0.000 หรือใกล้เคียงจากนั้นทดสอบความเข้มข้นจนครบทุกความเข้มข้น กราฟมาตรฐานที่ได้จะเป็นเส้นตรง (R2 ≥ 0.995)

4.2 ทำการทดสอบสารละลายโลหะมาตรฐานที่ทราบค่าแน่นอน โดยใช้ความเข้มข้นตรงกลางของสารละลายโลหะมาตรฐานที่ใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐาน หลังจากที่ทำการสร้างกราฟมาตรฐานทุกครั้ง(Continuing Calibration Standard, CCS)

4.3 ทำการทดสอบสารละลายโลหะมาตรฐานที่เตรียมจากแหล่งที่มาที่ต่างจากสารละลายโลหะมาตรฐานที่ใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐาน โดยใช้ความเข้มข้นตรง

กลางสารละลายโลหะมาตรฐานรับรอง (Calibration Verification Standard, CVS)

4.4 ทำการทดสอบสารละลายโลหะมาตรฐานที่ทราบค่าแน่นอน ช่วงความเข้มข้นตรงกลางของสารละลายโลหะมาตรฐานที่ใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐาน โดยที่ต้องผ่านกระบวนการย่อยให้เหมือนกับตัวอย่าง (Laboratory Control Standard, LCS)

4.5 ทำการทดสอบ Blank

4.6 ทำการทดสอบสารละลายตัวอย่างและตัวอย่างที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพ และบันทึกค่า Absorbance และค่า Concentration

4.7 ทำ Dilution สารละลายตัวอย่างที่ทดสอบได้ค่า Absorbance เกิน Range ของกราฟมาตรฐาน ตามความเหมาะสม เช่น 2 , 5 , 10 , 20 , 50 เท่า

4.8 เมื่อเสร็จขั้นตอนการทดสอบแล้วทำความสะอาดเครื่อง และปิดเครื่อง

5. การคำนวณ

5.1 กรณีไม่มีการเจือจางตัวอย่าง

สูตร C (โลหะ) = Mt – Mb

เมื่อ C (โลหะ) = ความเข้มข้นของโลหะ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

Mt = ความเข้มข้นของโลหะหนักจาก test portion (มิลลิกรัมต่อลิตร)

Mb = ความเข้มข้นของโลหะหนักจาก Blank sample (มิลลิกรัมต่อลิตร)

5.2 กรณีมีการเจือจางตัวอย่าง (Post dilution)

สูตร C (โลหะ) = [Mt x (B/V)] – Mb

เมื่อ C (โลหะ) = ความเข้มข้นของโลหะ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

Mt = ความเข้มข้นของโลหะจาก test portion (มิลลิกรัมต่อลิตร)

Mb = ความเข้มข้นของโลหะจาก Blank (มิลลิกรัมต่อลิตร)

B = ปริมาตรสุดท้ายของตัวอย่าง (Final volume, มิลลิลิตร)

V = ปริมาตรของสารละลาย (Original Sample, มิลลิลิตร)

6. การควบคุมคุณภาพการทดสอบ

6.1 Method blank เพื่อเป็นการตรวจสอบความปนเปื้อนที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนการทดสอบตั้งแต่การเตรียมตัวอย่างจนสิ้นสุดการทดสอบ

6.2 Duplicate sample เป็นการควบคุมความแม่นยำ (precision) ของการทดสอบ ถ้าผลที่ได้แตกต่างกันจะบอกถึงความแปรปรวนของวิธีวิเคราะห์สูตรการคำนวณดังนี้

% RPD = (sample result – duplicate result) x 100

(sample result + duplicate result) / 2

6.3 การทำ Laboratory-fortifide Matrix (LFM) เป็นการควบคุมความถูกต้อง (Accuracy) ของการทดสอบสูตรการคำนวณดังนี้

% recovery = (LFM sample result- sample result) x 100

(Known LFM added concentration)

6.4 ทำการตรวจสอบ Sensitivity ของเครื่องมือ 1 ครั้ง/เดือนโดยนำสารละลายสำหรับตั้งศูนย์ของเครื่องมาบันทึกค่า Absorbance 5 ครั้งและนำสารละลายโลหะมาตรฐานความเข้มข้นที่ให้ค่า Absorbance ประมาณ0.200 หรือความเข้มข้นตรงกลางที่ใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐานมาบันทึกค่าAbsorbance 5 ครั้ง ค่าที่ยอมรับได้จะต้องอยู่ในช่วง ± 20 % ของค่าจริง Sensitivity = Conc. Of Std. x 0.0044Measured (Measured Abs.=Average Abs. of Std.–Average Abs. of Zero Concentration)

6.5 การสร้างกราฟมาตรฐาน โดยให้มีค่า Correlation of determination ≥ 0.995

6.6 การตรวจสอบคุณภาพ Continuing Calibration Standard (CCS)

6.7 ใช้ QC Check Standard (Calibration Verification Standard, CVS)

6.8 การตรวจสอบ (Laboratory Control Standard,LCS)