

ชุดวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและพลังงานทางความร้อนพร้อมทั้งบ่งชี้ชนิดองค์ประกอบของสาร
แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ชุด

คุณลักษณะทั่วไป

เป็นชุดวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและพลังงานทางความร้อน ของสารตัวอย่าง เช่น สารระเหย (Volatile materials) สารสลายตัวทางความร้อน (Thermal degradation materials) เถ้า (Ash) ฯลฯ โดยศึกษาน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงไปภายใต้การควบคุมอุณหภูมิและบรรยากาศ โดยสามารถติดตามการเกิดปฏิกิริยาของสารตัวอย่างตามโปรแกรมอุณหภูมิและบรรยากาศที่กำหนด พร้อมทั้งสามารถบ่งชี้ชนิดและองค์ประกอบของสารต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการโปรแกรมอุณหภูมิ และมีการทำงานแบบอัตโนมัติผ่านการควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์

คุณลักษณะเฉพาะ

1. เครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและพลังงานทางความร้อน (Thermo Gravimetric Analysis and Differential Scanning Calorimetry) โดยมีรายละเอียดดังนี้
 - 1.1 สามารถปรับช่วงอุณหภูมิได้ตั้งแต่อุณหภูมิห้อง จนถึง $1,600^{\circ}\text{C}$ หรือกว้างกว่า
 - 1.2 มีค่าความถูกต้องของอุณหภูมิไม่มากกว่า $\pm 0.5\text{ K}$
 - 1.3 มีค่าความแม่นยำของอุณหภูมิไม่มากกว่า $\pm 0.3\text{ K}$
 - 1.4 มีอัตราเร็วในการให้ความร้อนสูงสุดไม่น้อยกว่า 100 K/นาท
 - 1.5 มีอัตราเร็วการลดอุณหภูมิสูงสุดไม่น้อยกว่า 20 K/นาท
 - 1.6 สามารถทำการสอบเทียบเครื่องชั่งด้วยลูกตุ้มน้ำหนัก เพื่อความถูกต้องของการวัดค่าน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ
 - 1.7 เครื่องชั่งมีค่าความถูกต้องของการอ่านน้ำหนัก โดยมีความผิดพลาดไม่เกิน 0.005%
 - 1.8 เครื่องชั่งมีค่าความแม่นยำของการอ่านน้ำหนัก โดยมีความผิดพลาดไม่เกิน 0.0025%
 - 1.9 สามารถชั่งน้ำหนักได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 1 กรัม (รวมภาชนะ) โดยมีความละเอียดอย่างน้อย 0.1 ไมโครกรัม
 - 1.10 สามารถให้สัญญาณน้ำหนักที่หายไป (Mass loss) ตามเวลาและโปรแกรมอุณหภูมิที่ตั้งไว้
 - 1.11 สามารถวัดค่าปริมาณความร้อนที่ใช้ตามเวลาและโปรแกรมอุณหภูมิที่ตั้งไว้ (Heat flow curve) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ (Physical transitions) เช่น จุดหลอมเหลว (Melting point) ซึ่งดูการเปลี่ยนแปลงเปรียบเทียบน้ำหนักของสารตัวอย่างในภาชนะ (Sample) และน้ำหนักของภาชนะอ้างอิง (Reference) ด้วย Differential scanning calorimetry (DSC) sensor
 - 1.12 DSC sensor ทำจากเซรามิก (Ceramic) หรือวัสดุเทียบเท่าที่ทนความร้อนสูงภายใต้อุณหภูมิที่เครื่องสามารถทดสอบได้
 - 1.13 มีหัววัดอุณหภูมิ (Thermocouple) ทำจากวัสดุโลหะที่นำความร้อนได้ดี ที่สามารถตรวจวัดอุณหภูมิของเครื่องฯ ได้ตั้งแต่ช่วงอุณหภูมิห้อง จนถึง $1,600^{\circ}\text{C}$ หรือกว้างกว่า

- 1.14 มีความสามารถในการตรวจวัดค่า DSC ได้ละเอียดไม่น้อยกว่า 0.1 mW และมีสัญญาณเวลาคงที่ (Signal time constant) ไม่เกิน 15 วินาที
- 1.15 สามารถทดลองภายใต้ภาวะที่เป็นแก๊สเฉื่อย (Inert gas) หรือออกซิเดชัน (Oxidation) โดยมีระบบควบคุมแก๊สภายในตัวเครื่อง (Built-in mass flow controller) ที่สามารถปรับอัตราการไหลและสามารถเปลี่ยนชนิดของแก๊สโดยอัตโนมัติด้วยระบบคอมพิวเตอร์
- 1.16 มีระบบการไล่แก๊ส (Final purge gas) ที่ใช้ก่อนออกจากส่วนของเตาเผาในเครื่อง ซึ่งสามารถเลือกชนิดของแก๊ส ปริมาณของแก๊ส รวมถึงระยะเวลา ที่ต้องการให้ไล่แก๊ส (Purge gas) ได้
- 1.17 สามารถแจ้งเตือนเมื่อปริมาณแก๊สหรือสถานะของเครื่องไม่ตรงตามที่ตั้งไว้
- 1.18 สามารถรองรับแก๊สสำหรับการทดลองได้ไม่น้อยกว่า 3 ชนิด ปรับช่วงอัตราการไหลเชิงปริมาตรได้ตั้งแต่ 0 – 200 mL/min หรือกว้างกว่า
- 1.19 สามารถแสดงสถานะการทำงานของเครื่องบนหน้าจอของตัวเครื่อง
- 1.20 มีระบบการสอบเทียบอุณหภูมิ (Temperature calibration) โดยใช้โปรแกรมการการสอบเทียบอุณหภูมิ โดยการหาจุดหลอมเหลวของสารมาตรฐาน
- 1.21 สามารถตั้งโปรแกรมอุณหภูมิที่แตกต่างกันและต่อเนื่องกันได้ไม่น้อยกว่า 20 ขั้นตอน ภายใน 1 การทดลอง ทั้งแบบอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตามเวลา (Dynamic) และอุณหภูมิคงที่ (Isothermal)
- 1.22 สามารถตั้งโปรแกรมให้เครื่องห้กลับ Blank curve ได้โดยอัตโนมัติ
- 1.23 สามารถทำการทดลองแบบหลายๆ Blank curve และสามารถทำการห้กลับ Blank curve ได้ด้วยตนเอง
- 1.24 มีโปรแกรมที่ใช้สำหรับสร้าง บันทึก แก๊สวิธีการทดลอง รวมทั้งยังสามารถดูกราฟผลการทดลองขณะที่ทดลอง (Online curve) เวลาที่ใช้ในการทดลองที่หน้าจอของโปรแกรมนี้อยู่
- 1.25 มีโปรแกรมพื้นฐานสำหรับการประมวลผล (Evaluations) สามารถหาค่า Onset, Endset, 1st derivative, 2nd derivative, Step horizontal, Residue, DSC curve, Normalized, Integral และ Melting Temperature
- 1.26 มีโปรแกรมที่ใช้ปรับค่าต่างๆ ทั้งหมด (Total Calibration และ Tau lag) ที่ทำให้สามารถทำการทดลองได้ทันที เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ ชนิดของถ้วยใส่สารตัวอย่าง (Crucible) ชนิดของแก๊สที่ใช้ในการทดลอง โดยไม่ต้องทำการสอบเทียบ ณ อัตราการเพิ่มอุณหภูมินั้นใหม่
- 1.27 มีโปรแกรมช่วยประมวลผลในงานด้านพอลิเมอร์ เช่น Over lapping step, Complex reaction kinetic, Volatiles หรือ Plasticizer ในสารประกอบ Elastomer และ Polymer
- 1.28 มีอุปกรณ์หรือระบบที่เชื่อมต่อกับเครื่องบ่งชี้ชนิดและองค์ประกอบของสารโดยการวิเคราะห์มวล (GC-MS) เพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกันระหว่าง TGA และ GC-MS โดยต้องสามารถเก็บแก๊สได้ทั้งหมด ในขณะที่ทดสอบตัวอย่างด้วยเครื่อง TGA เพื่อส่งไปยัง GC-MS เพื่อวิเคราะห์หาชนิดของแก๊สที่สลายตัวทางความร้อนได้ โดยไม่ให้เกิดการควบแน่นของแก๊สที่ออกจากเครื่อง TGA
- 1.29 อุปกรณ์ประกอบชุดวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและพลังงานทางความร้อนของสาร
 - 1.29.1 ชุดคอมพิวเตอร์สำหรับงานวิเคราะห์ จำนวน 1 ชุด ที่มีรายละเอียดดังนี้

- 1.29.1.1 มีหน่วยความจำหลัก (RAM) DDR4 มีขนาดไม่น้อยกว่า 8 GB
- 1.29.1.2 มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล (Hard disk) ขนาดความจุไม่ต่ำกว่า 2 TB หรือ Solid state drive ไม่น้อยกว่า 480 GB
- 1.29.1.3 มีระบบปฏิบัติการ Windows 10 พร้อมลิขสิทธิ์ หรือดีกว่า
- 1.29.1.4 มีหน่วยแสดงผลภาพที่มีหน่วยความจำไม่น้อยกว่า 2GB
- 1.29.1.5 มีจอภาพขนาดไม่น้อยกว่า 21" แบบ LED Monitor ชนิด Port HDMI
- 1.29.1.6 มีแป้นพิมพ์และเมาส์ จำนวน 1 ชุด
- 1.29.1.7 มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย 10/100/1000
- 1.29.1.8 มี DVD-RW 1 หน่วย
- 1.29.1.9 มีช่อง USB 2.0 ไม่น้อยกว่า 4 ช่อง
- 1.29.1.10 เครื่องพิมพ์สีแบบ Laser Printer ที่ใช้กับกระดาษขนาด A4 ความละเอียดในการพิมพ์ 1200x600 dpi หรือดีกว่า จำนวน 1 ชุด
- 1.29.2 ชุดควบคุมอัตราการไหลและการเปลี่ยนชนิดของแก๊ส (Built-in mass flow controller) จำนวน 1 ชุด
- 1.29.3 มีชุดทำความเย็น (Cooling bath) สำหรับควบคุมอุณหภูมิเครื่องชั่งของ TGA-DSC ให้ไม่เกิน 25 °C หรือต่ำกว่า จำนวน 1 ตัว
- 1.29.4 มีกล่องอุปกรณ์สอบเทียบซึ่งประกอบด้วยสารมาตรฐาน ประกอบด้วย Indium, Zinc, Aluminium, Gold และ Palladium หรือเทียบเท่า จำนวน 1 ชุด
- 1.29.5 ถ้วยใส่สารตัวอย่างทำจากอะลูมินา ขนาด 70 ไมโครลิตร ที่สามารถใช้งานซ้ำได้ (Reusable) พร้อมฝาปิด จำนวนไม่น้อยกว่า 40 ถ้วย
- 1.29.6 ถ้วยใส่สารตัวอย่างทำจากอะลูมินา ขนาด 150 ไมโครลิตร ที่สามารถใช้งานซ้ำได้ (Reusable) พร้อมฝาปิด จำนวนไม่น้อยกว่า 40 ถ้วย
- 1.29.7 ถ้วยใส่สารตัวอย่างทำจากแพลตตินัม ขนาด 70 ไมโครลิตร ที่สามารถใช้งานซ้ำได้ (Reusable) พร้อมฝาปิด จำนวนไม่น้อยกว่า 4 ถ้วย
- 1.29.8 เครื่องสำรองไฟฟ้าขนาด 3 kVA จำนวน 1 เครื่อง ที่มีคุณลักษณะดังนี้
 - 1.29.8.1 เป็น UPS ชนิด True On-line double conversion ให้กระแสไฟฟ้าที่คงที่และต่อเนื่องตลอดเวลา
 - 1.29.8.2 ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมการทำงานทั้งหมด เพื่อความเที่ยงตรงของไฟฟ้าขาออก
 - 1.29.8.3 แรงดันไฟฟ้าขาเข้า 220 Vac +/- 20% (Full load)
 - 1.29.8.4 แรงดันไฟฟ้าขาออก 208, 220, 230 & 240 Vac +/- 1% (สามารถเลือกแรงดันไฟฟ้าขาออกได้)
 - 1.29.8.5 สัญญาณไฟฟ้าขาออกของภาค Inverter เป็น Pure sine wave
 - 1.29.8.6 สำรองไฟฟ้าได้ประมาณไม่น้อยกว่า 15 นาที (ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์)

- 1.29.9 เครื่องสำรองไฟฟ้าขนาด 6 kVA จำนวน 1 เครื่อง ที่มีคุณลักษณะดังนี้
 - 1.29.9.1 เป็น UPS ชนิด True On-line double conversion ให้กระแสไฟฟ้าที่คงที่และต่อเนื่องตลอดเวลา
 - 1.29.9.2 ใช้ไมโครโพรเซสเซอร์ควบคุมการทำงานทั้งหมด เพื่อความเที่ยงตรงของไฟฟ้าขาออก
 - 1.29.9.3 แรงดันไฟฟ้าขาเข้า 220 Vac +/- 20% (Full load)
 - 1.29.9.4 แรงดันไฟฟ้าขาออก 208, 220, 230 & 240 Vac +/- 1% (สามารถเลือกแรงดันไฟฟ้าขาออกได้)
 - 1.29.9.5 สัญญาณไฟฟ้าขาออกของภาค Inverter เป็น Pure sine wave
 - 1.29.9.6 สำรองไฟฟ้าได้ประมาณไม่น้อยกว่า 15 นาที (ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์)
- 1.29.10 ชุดอุปกรณ์ TGA/DSC sensor เพิ่มเติมของเครื่อง TGA เพื่อใช้เป็นอะไหล่ทดแทน จำนวน 1 ชุด
- 1.29.11 คีมคีบ (Tweezer) จำนวน 2 ชิ้น
- 1.29.12 แก๊สออกซิเจนความบริสุทธิ์สูง (Ultra high purity) พร้อมถังและมาตรปรับความดัน จำนวน 1 ชุด

2. เครื่องบ่งชี้ชนิดและองค์ประกอบของสารโดยการวิเคราะห์มวล (Gas Chromatograph-Mass Spectrometer, GC-MS) ประกอบด้วย

- 2.1 เป็นเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas chromatograph) ที่มีระบบที่สามารถควบคุมความดันหรืออัตราการไหลของแก๊สพา (Carrier gas) ให้คงที่ หรือเปลี่ยนแปลงได้ตามความต้องการ
- 2.2 มีระบบควบคุมอุณหภูมิแยกกันอิสระทั้งในส่วนหัวฉีด (Injector) หัวตรวจวัด (Detector) และส่วนควบคุมอุณหภูมิคอลัมน์ (Column oven)
- 2.3 มีหน้าจอสัมผัส (Touch screen) สำหรับตั้งค่าส่วนต่างๆ ของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี
- 2.4 มีส่วนฉีดสารตัวอย่าง (Injection port) ชนิด Split/splitless Injector อย่างน้อย 1 ชุด โดยมีรายละเอียดดังนี้
 - 2.4.1 สามารถใช้ได้กับคอลัมน์แบบแคปิลลารี (Capillary column) ที่มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางในช่วง 50 ถึง 320 ไมโครเมตร หรือกว้างกว่า
 - 2.4.2 สามารถตั้งอุณหภูมิสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 400 °C
 - 2.4.3 มีระบบควบคุมอัตราการไหลและความดันของแก๊สพาให้คงที่หรือเปลี่ยนแปลงได้ตามเวลา
 - 2.4.4 สามารถปรับตั้งค่าความดันของแก๊สพาได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 1000 kPa (145 psi)
 - 2.4.5 สามารถปรับตั้งค่า Split ratio ได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 500 : 1
 - 2.4.6 สามารถปรับตั้งค่า Septum purge ได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 50 มิลลิลิตรต่อนาที
- 2.5 ส่วนควบคุมอุณหภูมิตู้อบคอลัมน์ (Column oven) สามารถปรับตั้งค่าอุณหภูมิของ Column oven ได้ตั้งแต่ 3 °C เหนืออุณหภูมิห้อง ถึง 450 °C หรือกว้างกว่า โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 2.5.1 สามารถตั้งโปรแกรมการเพิ่มอุณหภูมิ (Temperature program ramp) ได้ไม่น้อยกว่า 30 ขั้นตอน และสามารถคงอุณหภูมิไว้ได้ไม่น้อยกว่า 30 ระดับ
- 2.5.2 สามารถปรับตั้งค่าอัตราเร็วในการเพิ่มอุณหภูมิได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 125 °C/min
- 2.5.3 สามารถลดอุณหภูมิจาก 450 ถึง 50 °C ได้ภายในไม่เกิน 10 นาที (ที่อุณหภูมิห้อง)
- 2.6 ส่วนของแมสสเปคโตรมิเตอร์เป็นชนิดซิงเกิลควอดรูโพล (Single quadrupole mass spectrometer)
 - 2.6.1 มี Mass Analyzer เป็นแบบ Quadrupole
 - 2.6.2 มี Ion source เป็นชนิด Electron ionization (EI) ที่มี Filament แบบ Dual filaments หรือดีกว่า
 - 2.6.3 สามารถปรับตั้งค่าอุณหภูมิของ Ion source ได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 300 °C
 - 2.6.4 สามารถปรับตั้งค่า Electron energy ได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 150 eV
 - 2.6.5 สามารถปรับตั้งค่า Emission current ได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 350 μ A
 - 2.6.6 มีระบบ Mass filter/ pre-filter ก่อนทางเข้า Mass analyzer หรือระบบอื่นที่เทียบเท่า หรือดีกว่า เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการตรวจวัด
 - 2.6.7 สามารถตรวจวัดมวลได้ในช่วงไม่น้อยกว่า 1.2-1100 amu
 - 2.6.8 สามารถปรับตั้งค่าความเร็วในการสแกน (Scan speed) ได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 1,000 u/sec หรือมากกว่า
 - 2.6.9 มีอุปกรณ์หรือระบบที่เชื่อมต่อกับเครื่อง TGA เพื่อให้สามารถใช้งานร่วมกันระหว่าง TGA และ GC-MS โดยต้องสามารถเก็บแก๊สได้ทั้งหมดและคงสภาพของแก๊สไม่ให้ควบแน่น กลายเป็นของเหลว ในขณะที่ทดสอบตัวอย่างด้วยเครื่อง TGA เพื่อส่งไปยัง GC-MS เพื่อวิเคราะห์หาชนิดของแก๊สที่สลายตัวทางความร้อนได้ โดยไม่ให้เกิดการควบแน่นของแก๊สที่จะเข้าเครื่อง GC-MS
 - 2.6.10 สามารถเลือกวิเคราะห์ด้วยโหมด Full scan (FS), Selected ion monitoring (SIM) และ FS/SIM simultaneous ได้
 - 2.6.11 มีระบบ Detector เป็นแบบ Dynode electron หรือ Multiplier and electrometer ที่สามารถตรวจวัดไอออนบวก (Positive ion) และไอออนลบ (Negative ion) ได้
 - 2.6.12 มี Turbomolecular pump ขนาดไม่น้อยกว่า 200 L/s หรือมากกว่า ทำงานร่วมกับ Rotary pump ที่มีขนาดไม่น้อยกว่า 1.8 m³/h
 - 2.6.13 ค่าความไว (Sensitivity) สำหรับ Electron ionization mode : สามารถตรวจวัด Octafluoronaphthalene (OFN) ปริมาตร 1 μ L ความเข้มข้น 1 pg ที่ m/z 272 ได้ โดยมีค่า Signal-to-noise (S/N) ratio เท่ากับไม่น้อยกว่า 1000: 1 (เมื่อทำการ Scan ในช่วง 50-300 u)
 - 2.6.14 ชุดควบคุมการทำงานและประมวลผล มีรายละเอียดดังนี้
 - 2.6.14.1 สามารถทำงานร่วมกับระบบปฏิบัติการ Windows ได้

- 2.6.14.2 สามารถสร้างวิธีวิเคราะห์ ประมวลผล บันทึกผล และสิ่งพิมพ์รายงานผลการวิเคราะห์จากซอฟต์แวร์ได้
 - 2.6.14.3 สามารถประมวลผลเชิงคุณภาพ (Qualitative) และ เชิงปริมาณได้ (Quantitative)
 - 2.6.14.4 สามารถสร้างกราฟมาตรฐานได้ทั้งแบบ External standard และ Internal standard
 - 2.6.14.5 มีฐานข้อมูล NIST Library
- 2.7 อุปกรณ์ประกอบเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ-แมสสเปกโตรมิเตอร์ มีดังนี้
- 2.7.1 ชุดคอมพิวเตอร์สำหรับงานวิเคราะห์ จำนวน 1 ชุด ที่มีรายละเอียดดังนี้
 - 2.7.1.1 มีหน่วยความจำหลัก (RAM) DDR4 มีขนาดไม่น้อยกว่า 8 GB
 - 2.7.1.2 มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล (Hard disk) ขนาดความจุไม่ต่ำกว่า 2 TB หรือ Solid state drive ไม่น้อยกว่า 480 GB
 - 2.7.1.3 มีระบบปฏิบัติการ Windows 10 พร้อมลิขสิทธิ์ หรือดีกว่า
 - 2.7.1.4 มีหน่วยแสดงผลภาพที่มีหน่วยความจำไม่น้อยกว่า 2GB
 - 2.7.1.5 มีจอภาพขนาดไม่น้อยกว่า 21" แบบ LED Monitor ชนิด Port HDMI
 - 2.7.1.6 มีแป้นพิมพ์และเมาส์ จำนวน 1 ชุด
 - 2.7.1.7 มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย 10/100/1000
 - 2.7.1.8 มี DVD-RW 1 หน่วย
 - 2.7.1.9 มีช่อง USB 2.0 ไม่น้อยกว่า 4 ช่อง
 - 2.7.1.10 เครื่องพิมพ์สีแบบ Laser Printer ที่ใช้กับกระดาษขนาด A4 ความละเอียดในการพิมพ์ 1200x600 dpi หรือดีกว่า จำนวน 1 ชุด
 - 2.7.2 เครื่องสำรองไฟฟ้า ขนาด 6 kVA จำนวน 1 เครื่อง ที่มีคุณลักษณะดังนี้
 - 2.7.2.1 เป็น UPS ชนิด True On-line Double Conversion ให้กระแสไฟฟ้าที่คงที่และต่อเนื่องตลอดเวลา
 - 2.7.2.2 ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมการทำงานทั้งหมด เพื่อความเที่ยงตรงของไฟฟ้าขาออก
 - 2.7.2.3 แรงดันไฟฟ้าขาเข้า 220 Vac +/- 20% (Full load)
 - 2.7.2.4 แรงดันไฟฟ้าขาออก 208, 220, 230 & 240 Vac +/- 1% (สามารถเลือกแรงดันไฟฟ้าขาออกได้)
 - 2.7.2.5.1 สัญญาณไฟฟ้าขาออกของภาค Inverter เป็น Pure Sine Wave
 - 2.7.2.5.2 สำรองไฟฟ้าได้ประมาณไม่น้อยกว่า 15 นาที (ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์)
 - 2.7.3 คอลัมน์สำหรับการวิเคราะห์ (สามารถเลือกชนิดของคอลัมน์ได้) จำนวน 4 ชุด
 - 2.7.4 ชุดกรองแก๊สไฮโดรเจน ความชื้น และแก๊สออกซิเจนสำหรับสายป้อนแก๊สฮีเลียม
จำนวน 2 ชุด

2.7.5	แก๊สฮีเลียมความบริสุทธิ์สูง (Ultra high purity) พร้อมถังและมาตรปรับความดัน	จำนวน 1 ชุด
2.7.6	แก๊สไนโตรเจนความบริสุทธิ์สูง (Ultra high purity) พร้อมถังและมาตรปรับความดัน	จำนวน 1 ชุด
2.7.7	แก๊สไฮโดรเจนความบริสุทธิ์สูง (Ultra high purity) พร้อมถังและมาตรปรับความดัน	จำนวน 1 ชุด
2.7.8	อากาศบริสุทธิ์ (Air zero) พร้อมถังและมาตรปรับความดัน	จำนวน 1 ชุด
2.7.9	Split/splitless Septum ไม่น้อยกว่า	50 ชิ้น
2.7.10	Ferrule สำหรับด้าน Injector ไม่น้อยกว่า	20 ชิ้น
2.7.11	Ferrule สำหรับด้าน Detector ไม่น้อยกว่า	20 ชิ้น
2.7.12	Ferrule สำหรับด้าน Mass spectrometer ไม่น้อยกว่า	20 ชิ้น
2.7.13	Liner (Splitless) ไม่น้อยกว่า	10 ชิ้น
2.7.14	เข็มฉีดยาสารตัวอย่างของเหลว ขนาด 10 ไมโครลิตร	จำนวน 3 อัน
2.7.15	เข็มฉีดยาสารตัวอย่างแก๊ส (Gas-tight syringe) ขนาด 2.5 มิลลิลิตร	จำนวน 2 อัน
2.7.16	ขวดใส่ตัวอย่างขนาด 2 มิลลิลิตร พร้อมฝา	จำนวน 200 ขวด
2.7.17	อะไหล่ Filament สำรอง	จำนวน 1 ชุด
2.7.18	อะไหล่ Electron multiplier สำรอง	จำนวน 1 ชุด

3. เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี (Gas chromatograph) พร้อมหัวตรวจวัดชนิด TCD และ FID และชุดฉีดยาสารตัวอย่างอัตโนมัติ มีรายละเอียดดังนี้

- 3.1 เป็นเครื่อง Gas chromatograph ที่สามารถควบคุมความดันหรืออัตราการไหลของแก๊สพา (Carrier gas) ให้คงที่หรือเปลี่ยนแปลงได้ตามความต้องการ
- 3.2 มีระบบควบคุมอุณหภูมิแยกกันอิสระทั้งในส่วนหัวฉีด (Injector) หัวตรวจวัด (Detector) และส่วนควบคุมอุณหภูมิคอลัมน์ (Column oven)
- 3.3 มีหน้าจอ Touch screen สำหรับตั้งค่าส่วนต่างๆ ของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี
- 3.4 มีส่วนฉีดยาสารตัวอย่าง (Injection port) ที่สามารถตั้งโปรแกรมอุณหภูมิได้ (Instant connect programmable temperature vaporizing injector) อย่างน้อย 1 ชุด โดยมีรายละเอียดดังนี้
 - 3.4.1 มีระบบควบคุมอัตราการไหลและความดันของแก๊สพาให้คงที่หรือเปลี่ยนแปลงได้ตามเวลา
 - 3.4.2 สามารถปรับตั้งค่าความดันของแก๊สพาได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 1000 kPa (145 psi)
 - 3.4.3 สามารถปรับตั้งค่าอัตราการไหลของแก๊สพาได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 100 mL/min
 - 3.4.4 สามารถปรับตั้งค่า Split ratio ได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 500 : 1
 - 3.4.5 สามารถปรับตั้งค่า Septum purge ได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 50 mL/min
 - 3.4.6 สามารถโปรแกรมการเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตราเร็วสูงสุดไม่น้อยกว่า 800 °C/min

- 3.4.7 สามารถตั้งโปรแกรมการเพิ่มอุณหภูมิได้ (Dynamics) ไม่น้อยกว่า 3 ชั้นและคงอุณหภูมิ (Isothermal) ได้ 4 ระดับ หรือมากกว่า
- 3.5 ส่วนควบคุมอุณหภูมิคอลัมน์ (Column Oven) ที่มีรายละเอียดดังนี้
 - 3.5.1 สามารถปรับตั้งค่าอุณหภูมิของ Column oven ได้ตั้งแต่ 3 °C เหนืออุณหภูมิห้อง ถึง 450 °C หรือกว้างกว่า
 - 3.5.2 สามารถตั้งโปรแกรมการเพิ่มอุณหภูมิ (Temperature program ramp) ได้ไม่น้อยกว่า 30 ชั้นตอน และสามารถคงอุณหภูมิไว้ได้ไม่น้อยกว่า 30 ระดับ
 - 3.5.3 สามารถปรับตั้งค่าอัตราเร็วในการเพิ่มอุณหภูมิได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 125 °C/min
 - 3.5.4 สามารถลดอุณหภูมิจาก 450 ถึง 50 °C ได้ภายในไม่เกิน 10 นาที (ที่อุณหภูมิห้อง)
- 3.6 ส่วนหัวตรวจวัด (Detector) ชนิด Flame ionization detector (FID) จำนวน 1 ชุด ที่มีรายละเอียด ดังนี้
 - 3.6.1 สามารถปรับตั้งค่าอุณหภูมิได้สูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 450 °C
 - 3.6.2 มีค่า Linear dynamic range 10^7 ($\pm 10\%$) หรือมากกว่า
 - 3.6.3 มีค่า MDL (Minimum detectable amount) ไม่มากกว่า 1.4 pg C/sec (Hexadecane)
 - 3.6.4 มีระบบตรวจสอบการดับของเปลวและมีระบบจุด Flame อัตโนมัติเมื่อ Flame ดับ
- 3.7 ส่วนหัวตรวจวัด (Detector) ชนิด Thermal conductivity detector (TCD) จำนวน 1 ชุด ที่มีรายละเอียดดังนี้
 - 3.7.1 สามารถปรับตั้งค่าอุณหภูมิสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 400 °C
 - 3.7.2 มีค่า Linear dynamic range เท่ากับ 10^5 หรือมากกว่า
 - 3.7.3 มีค่า MDL (Minimum detectable amount) ไม่มากกว่า 400 pg tridecane/mL
- 3.8 ชุดฉีดสารตัวอย่างอัตโนมัติ (Liquid auto sampler) จำนวน 1 ชุด ที่มีรายละเอียดดังนี้
 - 3.8.1 สามารถใช้งานได้กับเข็มฉีดสารตัวอย่างขนาด 10 ไมโครลิตร
 - 3.8.2 มี Sample tray สำหรับใส่ Vial ขวดสารตัวอย่าง ขนาด 2 mL ได้ไม่น้อยกว่า 8 ขวด
 - 3.8.3 สามารถปรับตั้งค่าปริมาตรในการฉีดสารได้
 - 3.8.4 มีขวดใส่สารละลายสำหรับทำความสะอาดเข็มได้ไม่น้อยกว่า 4 ขวด
 - 3.8.5 สามารถตั้งโปรแกรมการล้างเข็มได้ทั้งก่อนฉีดสารตัวอย่างและหลังการฉีดสารตัวอย่าง
 - 3.8.6 สามารถเลือกระบบชะลอการดูดสารตัวอย่างในกรณีที่สารตัวอย่างมีความหนืดได้ (Viscosity delay)
- 3.9 ชุดควบคุมการทำงานและประมวลผล
- 3.10 อุปกรณ์ประกอบเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี มีดังนี้
 - 3.10.1 ชุดคอมพิวเตอร์สำหรับงานวิเคราะห์ จำนวน 1 ชุด ที่มีรายละเอียดดังนี้
 - 3.10.1.1 มีหน่วยความจำหลัก (RAM) DDR4 มีขนาดไม่น้อยกว่า 8 GB
 - 3.10.1.2 มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล (Hard disk) ขนาดความจุไม่ต่ำกว่า 2 TB หรือ Solid state drive ไม่น้อยกว่า 480 GB

- 3.10.1.3 มีระบบปฏิบัติการ Windows 10 พร้อมลิขสิทธิ์ หรือดีกว่า
- 3.10.1.4 มีหน่วยแสดงผลภาพที่มีหน่วยความจำไม่น้อยกว่า 2GB
- 3.10.1.5 มีจอภาพขนาดไม่น้อยกว่า 21" แบบ LED Monitor ชนิด Port HDMI
- 3.10.1.6 มีแป้นพิมพ์และเมาส์ จำนวน 1 ชุด
- 3.10.1.7 มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย 10/100/1000
- 3.10.1.8 มี DVD-RW 1 หน่วย
- 3.10.1.9 มีช่อง USB 2.0 ไม่น้อยกว่า 4 ช่อง
- 3.10.1.10 เครื่องพิมพ์สีแบบ Laser Printer ที่ใช้กับกระดาษขนาด A4 ความละเอียดในการพิมพ์ 1200x600 dpi หรือดีกว่า จำนวน 1 ชุด
- 3.10.2 เครื่องสำรองไฟฟ้า ขนาด 6 kVA จำนวน 1 เครื่อง ที่มีคุณลักษณะดังนี้
 - 3.10.2.1 เป็น UPS ชนิด True On-line Double Conversion ให้กระแสไฟฟ้าที่คงที่และต่อเนื่องตลอดเวลา
 - 3.10.2.2 ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมการทำงานทั้งหมด เพื่อความเที่ยงตรงของไฟฟ้าขาออก
 - 3.10.2.3 แรงดันไฟฟ้าขาเข้า 220 Vac +/- 20% (Full load)
 - 3.10.2.4 แรงดันไฟฟ้าขาออก 208, 220, 230 & 240 Vac +/- 1% (สามารถเลือกแรงดันไฟฟ้าขาออกได้)
 - 3.10.2.5 สัญญาณไฟฟ้าขาออกของภาค Inverter เป็น Pure Sine Wave
 - 3.10.2.6 สำรองไฟฟ้าได้ประมาณไม่น้อยกว่า 15 นาที (ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์)

4. เงื่อนไขประกอบ

- 4.1 เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับมาตรฐาน ISO 9001, ISO 14001 และ CE
- 4.2 รับประกันคุณภาพครุภัณฑ์อย่างน้อย 2 ปี และรับประกันชุดคอมพิวเตอร์วิเคราะห์ผลอย่างน้อย 3 ปี นับจากวันที่ตรวจรับสินค้า
- 4.3 มีโปรแกรม Preventive/Maintenance และสอบเทียบเครื่องอย่างน้อยปีละ 1 ครั้งเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 4 ปี นับจากวันที่ตรวจรับสินค้า
- 4.4 เครื่องมือและอุปกรณ์ทุกชิ้นเป็นของใหม่ที่ไม่ผ่านการใช้งานหรือการสาดิการใช้งานมาก่อน
- 4.5 มีเอกสารคู่มือการใช้งานภาษาไทย อย่างน้อย 4 ชุด และภาษาอังกฤษ อย่างน้อย 2 ชุด
- 4.6 ผู้ขายมีเอกสารแต่งตั้งการเป็นตัวแทนจำหน่ายจากบริษัทผู้ผลิตโดยตรง หรือตัวแทนจำหน่ายในประเทศเพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการให้บริการหลังการขาย
- 4.7 โปรแกรมสำหรับประมวลผลของชุดวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและพลังงานทางความร้อน พร้อมทั้งบ่งชี้ชนิดองค์ประกอบของสารฯ ที่ติดตั้งในคอมพิวเตอร์ต้องมี License (ถ้ามี) สำหรับการติดตั้งและต้องปรับปรุงเพิ่มเติมโปรแกรมการทำงานของเครื่องให้มีความก้าวหน้า (Software upgrade) ตลอดอายุการใช้งานตามบริษัทผู้ผลิต โดยไม่คิดค่าใช้จ่าย

- 4.8 ติดตั้งเครื่องมือ อุปกรณ์ และระบบไฟฟ้าให้เครื่องมือทำงานได้เป็นอย่างดี และทำการสอบเทียบ (Calibrate) เครื่องมือ โดยใช้ช่างที่มีใบรับรองการสอบเทียบจากผู้ผลิต และส่งมอบรายงานผลการติดตั้งและผลการสอบเทียบตามระบบคุณภาพ พร้อมใบรับรองการติดตั้ง (Installation certificate) และใบรับรองการสอบเทียบ (Calibration certificate)
- 4.9 ทำการฝึกอบรมการใช้เครื่องมือให้กับผู้ใช้ (On-site training) จนสามารถใช้งานได้ โดยมีหัวข้อดังนี้ ความรู้เบื้องต้นการใช้งานทั้งเครื่องมือและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Hardware และ software) ของชุดวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและพลังงานทางความร้อนพร้อมทั้งบ่งชี้ชนิดองค์ประกอบของสารฯ และการดูแลรักษาเครื่องมือ (Routine maintenance)
- 4.10 บริษัทผู้ขายจะต้องดำเนินการให้สามารถติดตั้งครุภัณฑ์ชุดวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและพลังงานทางความร้อนพร้อมทั้งบ่งชี้ชนิดองค์ประกอบของสารฯ เพื่อให้สามารถใช้งานได้เป็นอย่างดีที่อาคาร 48 ชั้น 3 ห้อง 303 โดยดำเนินการเดินระบบไฟจากตู้หลักของอาคารไปยังตำแหน่งที่ติดตั้งครุภัณฑ์ และติดตั้งเบรกเกอร์ให้เหมาะสมกับกำลังไฟของครุภัณฑ์ทั้งชุด ต่อระบบท่อส่งแก๊สมายังตำแหน่งวางครุภัณฑ์ และติดตั้งม่านม้วน เนื้อผ้า POLYESTER 100% กันแสงได้
- 4.11 ทางบริษัทผู้ขายต้องแยกราคาต่อหน่วยครุภัณฑ์แนบมาพร้อมกับใบส่งสินค้า เพื่อแสดงต่อคณะกรรมการตรวจรับ
- 4.12 กำหนดส่งมอบงาน 90 วัน สถานที่ส่งมอบ ห้อง 303 ชั้น 3 อาคาร 48 สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

5. เกณฑ์การพิจารณา

5.1 การพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอโดยใช้เกณฑ์ราคา

5.2 สำเนาใบขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) (ถ้ามี)

อนึ่ง สำหรับการพิจารณาผลการกำหนดเงื่อนไขที่ให้ผู้ยื่นข้อเสนอยื่นสำเนาใบขึ้นทะเบียนผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) มีวัตถุประสงค์เพื่อนำมาตรวจสอบคุณสมบัติในการให้แต้มต่อแก่ผู้ประกอบการ SMEs กรณีเสนอราคาสูงกว่าราคาต่ำสุดของผู้เสนอราคารายอื่นไม่เกินร้อยละ 10 หากผู้ประกอบการ SMEs ไม่ยื่นสำเนาใบขึ้นทะเบียนฯ ผู้ประกอบการ SMEs รายนั้นจะไม่ได้รับสิทธิการให้แต้มต่อในการเสนอราคาดังกล่าว ดังนั้น กรณีที่ผู้ประกอบการ SMEs ไม่ยื่นสำเนาขึ้นทะเบียนฯ ไม่ถือว่าผู้ยื่นข้อเสนอรายนั้นเป็นผู้ไม่ผ่านคุณสมบัติแต่อย่างใด

5.3 หากผู้ยื่นข้อเสนอซึ่งเป็นผู้ประกอบการ SMEs เสนอราคาสูงกว่าราคาต่ำสุดของผู้ยื่นข้อเสนอรายอื่นไม่เกินร้อยละ 10 ให้หน่วยงานของรัฐจัดซื้อจัดจ้างจากผู้ประกอบการ SMEs ดังกล่าว โดยจัดเรียงลำดับผู้ยื่นข้อเสนอซึ่งเป็นผู้ประกอบการ SMEs ซึ่งเป็นผู้เสนอราคาสูงกว่าราคาต่ำสุดของผู้ยื่นเสนอราคารายอื่นไม่เกินร้อยละ 10 ที่จะเรียกมาทำสัญญาไม่เกิน 3 ราย


ผู้ยื่นข้อเสนอที่เป็นกิจกรรมร่วมค้าที่ได้รับสิทธิตามวรรคหนึ่ง ผู้เข้าร่วมค้าทุกรายจะต้องเป็นผู้ประกอบการ SMEs


5.4 หากผู้ยื่นข้อเสนอซึ่งมิใช่ผู้ประกอบการ SMEs แต่เป็นบุคคลธรรมดาที่ถือสัญชาติไทยหรือนิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมายไทยเสนอราคาสูงกว่าราคาต่ำสุดของผู้ยื่นข้อเสนอซึ่งเป็นบุคคลธรรมดาที่มีได้ถือสัญชาติไทยหรือนิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมายของต่างประเทศไม่เกินร้อยละ 3 ให้หน่วยงานของรัฐจัดซื้อหรือจัดจ้างจากผู้ยื่นข้อเสนอซึ่งเป็นบุคคลธรรมดาที่ถือสัญชาติไทยหรือนิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมายไทยดังกล่าว

ผู้ยื่นข้อเสนอที่เป็นกิจกรรมร่วมค้าที่จะได้สิทธิตามวรรคหนึ่ง ผู้เข้าร่วมค้าทุกรายจะต้องเป็นผู้ประกอบการที่เป็นบุคคลธรรมดาที่ถือสัญชาติไทยหรือนิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นตามกฎหมายไทย

คณะกรรมการกำหนดคุณลักษณะเฉพาะ

ลงชื่อ.....  ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ฉันทมนี พูลเจริญศิลป์)

ลงชื่อ.....  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์กนกวรรณ จ้าวสุวรรณ)

ลงชื่อ.....  กรรมการและเลขานุการ
(นางสาวรัตนกร ยวงสวัสดิ์)

