

## รายละเอียดประกอบการจัดซื้อครุภัณฑ์

1. ชื่อครุภัณฑ์ ชุดปฏิบัติการวิเคราะห์ตรวจสอบองค์ประกอบวัสดุเพื่อรองรับระบบเศรษฐกิจหมุนเวียน และสังคมคาร์บอนต่ำ

2. จำนวนที่ต้องการ 1 ชุด

3. รายละเอียดทั่วไป

3.1 สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบและปริมาณของสาร รวมทั้งพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารประกอบอินทรีย์ และ อนินทรีย์ โดยอาศัยหลักการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นอินฟราเรด โดยมีแหล่งกำเนิดแสง ระบบออปติก ส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงาน ส่วนประมวลผลและอุปกรณ์ช่วยในการวิเคราะห์และเตรียมตัวอย่างหลายๆแบบ

3.2 สามารถนำผลการวิเคราะห์ของสารตัวอย่าง มาเปรียบเทียบกับ Library ที่มีอยู่ในโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ชนิดของสารตัวอย่าง และมีฟังก์ชันการทำงานที่สามารถวิเคราะห์เชิงปริมาณได้ด้วย อีกทั้งผู้ใช้อย่างยังสามารถสร้าง Library เองได้

3.3 มีอุปกรณ์ช่วยในการเตรียมตัวอย่าง เช่น ตู้อบไล่ความชื้นแบบสุญญากาศและ เครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูงพร้อมระบบควบคุมอุณหภูมิ

4. รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

4.1 เครื่องวิเคราะห์ชนิดสารโดยหลักการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นอินฟราเรด จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 มีแหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรด เป็นชนิดไม่เกิดการแผ่ความร้อน(Non-migrating hotspot) ให้แสงได้ในช่วงอินฟราเรดกลางอยู่ภายในเครื่อง

4.1.2 ช่วงการใช้งานการส่องผ่านและ ATR ได้ ตั้งแต่ช่วง  $7,800 - 350 \text{ cm}^{-1}$  หรือกว้างกว่า

4.1.3 ส่วนของการคัดเลือกช่วงแสง (Beam splitter) มาตรฐานเป็นชนิดโปรแตสเซียมโบรไมด์ (KBr) หรือดีกว่า

4.1.4 ส่วนของตัวตรวจวัด (Detector) เป็นชนิด DTGS และมีเลเซอร์เป็นชนิดไดโอด หรือระบบอื่นที่ดีกว่า

4.1.5 ส่วนของ Interferometer มีระบบ Dynamic alignment ช่วยให้ระบบอยู่ในสภาวะปกติ

4.1.6 ค่าความสามารถในการแยกพิค (Resolution) เลือกค่าได้ที่  $0.6 \text{ cm}^{-1}$  หรือละเอียดกว่า

4.1.7 ค่าสัญญาณรบกวนเทียบจากพิคต่อพิค (Peak-to-peak Noise) เมื่อส่องกวาดสเปคตรัมภายใน 1 นาที มีค่าไม่น้อยกว่า 35,000 :1

4.1.8 ความแม่นยำเทียบตามความยาวคลื่น (Wavenumber Precision) ไม่เกิน  $0.001 \text{ cm}^{-1}$  ที่  $2000 \text{ cm}^{-1}$

4.1.9 มีระบบ sealed and desiccated เพื่อป้องกันความชื้นไปทำลายระบบออปติก

4.1.10 มีกล่องอะคลิลิกแบบมีฝาเปิด-ปิดสำหรับใส่เครื่อง FT-IR เพื่อป้องกันความชื้น

จำนวน 1 ชุด

4.1.11 มีอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ตัวอย่างที่เป็นของแข็งและของเหลวด้วยเทคนิคการสะท้อนแบบ ATR โดยมีเพชรชนิด Monolithic หรือ Diamond/KRS-5 หรือดีกว่า เป็นตัวกลางนำแสงอินฟราเรด สามารถใช้งานในช่วงคลื่น  $7800-350\text{ cm}^{-1}$  จำนวน 1 ชุด

4.1.12 มีชุดเตรียมตัวอย่างที่เป็นของแข็งด้วยเทคนิคการส่องผ่าน ประกอบด้วย

- ชุด Pellet Press สำหรับอัดแผ่นโปแตสเซียมโบรไมด์ (KBr Pellet) ใช้แรงอัดได้ตั้งแต่ 0 - 10 ตัน

- ชุดเบ้าอัดตัวอย่าง สำหรับอัดแผ่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง  
อย่างน้อย 7 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชุด

- มีชุดยึดจับแผ่นโปแตสเซียมโบรไมด์ จำนวน 1 ชุด

- มีผงโปแตสเซียมโบรไมด์ ความจุ 50 กรัม จำนวน 1 ชุด

- มีครกบดสารขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 60 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชุด

4.1.13 ตัวเครื่องสามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วย USB หรือ อุปกรณ์อื่นๆ

4.1.14 ส่วนโปรแกรมสำหรับควบคุมการทำงานและประมวลผล มีความสามารถแสดงข้อมูล Spectral Comparison, Baseline Correction, Smoothing, Peak Area, Peak height, Zoom, Transmittance, Absorbance, Reflectance, Smart Background เป็นต้น

4.1.15 มีความสามารถนำ Spectral ของสารตัวอย่าง เปรียบเทียบกับ Library ที่มีอยู่ และสามารถสร้าง Library เองได้ และมี Library ของ IR Spectra สำหรับเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ตัวอย่างพร้อมบอกค่าดัชนีความเหมือน (correlation) ได้

4.1.16 มี Spectral Library อ้างอิง ไม่ต่ำกว่า 5,000 สเปกตรัม

4.1.17 มีโปรแกรม System Performance Verification (SPV) หรือมีโปรแกรมการตรวจสอบระบบ (VALIDATION) ตามมาตรฐาน ASTM E 1421 สำหรับตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่อง และมี NIST Traceable Polystyrene พร้อมใบ Certificate

4.1.18 มีโปรแกรมการลบพิศรบกวนของน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในบรรยากาศโดยอัตโนมัติ

4.1.19 มีโปรแกรมวิเคราะห์หาปริมาณสารได้ (Quantitative Analysis)

4.1.20 สามารถส่งข้อมูลสเปกตรัม (export) ในรูปแบบไฟล์ CSV หรือค่า X,Y ไปยังโปรแกรมอื่นได้

4.1.21 มีโปรแกรม (Software) มาพร้อมกับเครื่อง มีลิขสิทธิ์ถูกต้อง และสามารถนำโปรแกรมไปลงเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่น ๆ ได้ไม่จำกัด

#### 4.2 ตู้ระบบสุญญากาศ จำนวน 1 ตู้ มีรายละเอียด ดังนี้

- 4.2.1 เป็นตู้ให้ความร้อนระบบสุญญากาศที่ทำด้วยโลหะสแตนเลสสตีลทั้งภายในและภายนอก
- 4.2.2 ระบบควบคุมอุณหภูมิเป็นแบบ Adaptive multifunctional digital PID-microprocessor control สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ต่ำสุดที่ 30 องศาเซลเซียส และสูงสุดไม่น้อยกว่า 180 องศาเซลเซียส แสดงอุณหภูมิเป็นตัวเลขเรืองแสง
- 4.2.3 มีความละเอียดในการปรับตั้ง 0.1 องศาเซลเซียสในการปรับตั้งไม่เกิน 99.9 องศาเซลเซียส ตั้งแต่ 100 องศาเซลเซียส ปรับครั้งละ 0.5 องศาเซลเซียส
- 4.2.4 ระบบควบคุมแรงดันเป็นแบบ digital electronic สามารถควบคุมแรงดันได้ตั้งแต่ 5 mbar ถึง 1,100 mbar
- 4.2.5 มีขนาดความจุไม่ต่ำกว่า 40 ลิตร
- 4.2.6 มีระบบป้องกันอันตรายจากอุณหภูมิสูงเกิน แบบปรับตั้งได้
- 4.2.7 มีประตูเปิด-ปิด ตู้แบบบานเดียวทำด้วยสแตนเลสสตีลแบบมีช่องกระจกที่สามารถมองเห็นวัตถุข้างในตู้ได้
- 4.2.8 การให้ความร้อนกระทำผ่าน thermoshelf โดยภายในตู้มีช่องสำหรับต่อกับ thermoshelf 2 ช่อง มี thermoshelf ทำด้วยอลูมิเนียม จำนวน 1 ชั้น
- 4.2.9 สามารถตั้งเวลาในการทำงานได้น้อยสุดไม่เกิน 1 นาที และนานสุดได้ไม่น้อยกว่า 90 วัน โดยแสดงเป็นตัวเลขดิจิทัลโดยเลือกให้ตัวเครื่องนับเวลาทันที หรือ นับเวลาเมื่อถึงอุณหภูมิที่กำหนดแล้วนับเวลา
- 4.2.10 มีปั๊มสุญญากาศ (vacuum pump) แบบไดอะแฟรม และตู้ใส่ปั๊มสุญญากาศที่ทำด้วยสแตนเลสสตีลแบบมีช่องกระจกตรงกลาง จำนวน 1 ชุด
- 4.2.11 สามารถใช้ได้กับไฟฟ้า 220 โวลท์ 1 เฟส

#### 4.3 เครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วสูง จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียด ดังนี้

- 4.3.1 เป็นเครื่องปั่นเหวี่ยงสารละลายแบบตั้งโต๊ะชนิดควบคุมอุณหภูมิ (Multi Pro Refrigerated Centrifuge) โดยสามารถเปลี่ยนหัวปั่นได้
- 4.3.2 สามารถรองรับตัวอย่างได้สูงสุด 6 ตัวอย่าง และปริมาตรสูงสุดถึง 250 มิลลิลิตร
- 4.3.3 โครงสร้างภายในทำด้วยโลหะสแตนเลสอย่างดี ทนต่อสารเคมีและการกัดกร่อน
- 4.3.4 ควบคุมการทำงานโดยระบบไมโครโพรเซสเซอร์
- 4.3.5 ตั้งความเร็วในการปั่นได้อยู่ในช่วง 500 ถึง 15,000 rpm หรือกว้างกว่า โดยเลือกปรับได้ครั้งละ 10 rpm
- 4.3.6 ตัวเครื่องสามารถตั้งค่าแรงเหวี่ยงค่า Max. RCF ไม่น้อยกว่า 15,000 xg โดยเลือกปรับได้ครั้งละ 10xg

- 4.3.7 หน้าจอ Backlit LCD แสดงค่าต่างๆ เป็นตัวเลข ดังนี้ ความเร็ว (Speed) RPM / ค่า RCF, เวลาที่เครื่องทำงาน (running time), อัตราเร่ง/อัตราเบรก, โดยแยกออกจากกัน
- 4.3.8 ปรับตั้งอุณหภูมิได้ต่ำสุด -10 ถึงสูงสุด 30 องศาเซลเซียส หรือกว้างกว่า โดยตั้งค่าได้ทีละ 1 องศาเซลเซียส ซึ่งเลือกได้ทั้ง °C หรือ °F
- 4.3.9 ตั้งเวลาในการทำงานได้ตั้งแต่ 20 วินาที จนถึง 99 ชั่วโมง 59 นาที หรือต่อเนื่องได้
- 4.3.10 เมื่อสิ้นสุดการทำงานจะมีสัญญาณเสียงเตือน (Melody End of run)
- 4.3.11 มีระดับความดังของเสียงไม่เกิน 63 dB +/- 2dB(A)
- 4.3.12 มีโปรแกรม (Pre-Cooling) เพื่อช่วยให้ได้อุณหภูมิเย็นที่ต้องการสำหรับหัวปั่นเร็วขึ้นก่อนใช้งาน และระบบทำความเย็นแบบปราศจากสาร CFC-free refrigeration
- 4.3.13 เครื่องจะหยุดการทำงาน ในกรณีที่หัวปั่นไม่สมดุล (Imbalance switch-off) โดยแสดง Error code
- 4.3.14 มีระบบฝาปิดที่สามารถป้องกันไม่ให้ฝาเปิดขณะเครื่องทำงาน
- 4.3.15 เครื่องต้องมีอุปกรณ์ หัวปั่นทำมุมเอียง Angle Rotor 6x50 ml สำหรับหลอด 50 มิลลิลิตร กันกลม บรรจุสูงสุด 6 หลอด ทำความเร็วยุโรปได้สูงสุด 13000 รอบต่อนาทีหรือค่าแรงเหวี่ยงค่า RCF ไม่น้อยกว่า 15860xg จำนวน 1 หัวปั่น มาพร้อมกับเครื่อง

#### 4.4 เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับงานประมวลผลแบบที่ 2 (จอแสดงภาพขนาดไม่น้อยกว่า 19 นิ้ว)

จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียด ดังนี้

- 4.4.1 มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ไม่น้อยกว่า 8 แกนหลัก (8 core) และ 16 แกนเสมือน (16 Thread) และมีเทคโนโลยีเพิ่มสัญญาณนาฬิกาได้ในกรณีที่ต้องใช้ความสามารถในการประมวลผลสูง (Turbo Boost หรือ Max Boost) โดยมีความเร็วสัญญาณนาฬิกาสูงสุด ไม่น้อยกว่า 4.4 GHz จำนวน 1 หน่วย
- 4.4.2 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) มีหน่วยความจำแบบ Cache Memory รวมในระดับ (Level) เดียวกันขนาดไม่น้อยกว่า 8 MB
- 4.4.3 มีหน่วยประมวลผลเพื่อแสดงภาพ โดยมีคุณลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือดีกว่า ดังนี้
- เป็นแผงวงจรเพื่อแสดงภาพแยกจากแผงวงจรหลักที่มีหน่วยความจำ ขนาดไม่น้อยกว่า 2 GB หรือ
  - มีหน่วยประมวลผลเพื่อแสดงภาพติดตั้งอยู่ภายในหน่วยประมวลผลกลาง แบบ Graphics Processing Unit ที่สามารถใช้หน่วยความจำหลักในการแสดงภาพขนาดไม่น้อยกว่า 2 GB หรือ
  - มีหน่วยประมวลผลเพื่อแสดงภาพที่มีความสามารถในการใช้หน่วยความจำหลักในการแสดงภาพขนาดไม่น้อยกว่า 2 GB
- 4.4.4 มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด DDR4 หรือดีกว่า มีขนาดไม่น้อยกว่า 8 GB

- 4.4.5 มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล ชนิด SATA หรือ ดิกว่า ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 2 TB หรือชนิด Solid State Drive ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 500 GB จำนวน 1 หน่วย
- 4.4.6 มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย (Network Interface) แบบ 10/100/1000 Base-T หรือดิกว่า จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
- 4.4.7 มีช่องเชื่อมต่อ (Interface) แบบ USB 2.0 หรือดิกว่า ไม่น้อยกว่า 3 ช่อง
- 4.4.8 มีแป้นพิมพ์แบบ USB คีย์บอร์ด ที่มีอักษรภาษาไทยและภาษาอังกฤษพิมพ์ติดอยู่บนปุ่มอย่างชัดเจนและเมาสชนิด Optical Mouse หรือดิกว่า
- 4.4.9 มีจอแสดงผลภาพขนาดไม่น้อยกว่า 19 นิ้ว จำนวน 1 หน่วย
- 4.4.10 มีเครื่องอ่านและเขียน ชนิด DVD-RW Drive ชนิดติดตั้งภายนอกตัวเครื่องคอมพิวเตอร์
- 4.4.11 มีโปรแกรมระบบปฏิบัติการ (Operating System) Microsoft Windows 10 หรือดิกว่า ที่มีลิขสิทธิ์ถูกต้องตามกฎหมาย
- 4.4.12 ติดตั้งโปรแกรมการทำงาน Microsoft Office ถูกต้องตามลิขสิทธิ์

#### **4.5 เครื่องพิมพ์แบบฉีดหมึก (Inkjet Printer) จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียดดังนี้**

- 4.5.1 ใช้เทคโนโลยีแบบพ่นหมึก (Inkjet)
- 4.5.2 มีความละเอียดในการพิมพ์ไม่น้อยกว่า 1,200x1,200 dpi
- 4.5.3 มีความเร็วในการพิมพ์ร่างขาวดำสำหรับกระดาษขนาด A4 ไม่น้อยกว่า 32 หน้าต่อนาที (ppm) หรือ 14.5 ภาพต่อนาที (ipm)
- 4.5.4 มีความเร็วในการพิมพ์ร่างสีสำหรับกระดาษขนาด A4 ไม่น้อยกว่า 20 หน้าต่อนาที (ppm) หรือ 10.4 ภาพต่อนาที (ipm)
- 4.5.5 มีช่องเชื่อมต่อ (Interface) แบบ USB 2.0 หรือดิกว่า จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
- 4.5.6 มีถาดใส่กระดาษได้รวมกันไม่น้อยกว่า 100 แผ่น
- 4.5.7 สามารถใช้ได้กับ A3, A4, Letter, Legal และสามารถกำหนดขนาดของกระดาษเองได้

#### **4.6 เครื่องสำรองไฟฟ้า ขนาด 1 KVA จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียดดังนี้**

- 4.6.1 มีกำลังไฟฟ้าขาออก (Output) ไม่น้อยกว่า 1 kVA (600 Watts)
- 4.6.2 สามารถสำรองไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 15 นาที

### **5. ข้อกำหนดอื่นๆ**

- 5.1 มีเอกสารการเป็นผู้แทนจำหน่ายจากโรงงานผู้ผลิตหรือจากผู้นำเข้าที่ได้รับการแต่งตั้งอย่างเป็นทางการในประเทศไทย ในรายการที่ 4.1, 4.2 และ 4.3
- 5.2 เป็นผลิตภัณฑ์จากโรงงานที่ได้มาตรฐาน ISO 9001 หรือเทียบเท่า ในรายการที่ 4.1, 4.2 และ 4.3
- 5.3 สามารถใช้กับกระแสไฟฟ้า 220-240 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ หรือกระแสไฟฟ้าในประเทศไทย
- 5.4 ในช่วงรับประกันหากมีอะไหล่หรือแผ่นวงจรทำงานไม่ปกติหรือเสียหายต้องมีการเปลี่ยนเป็นอันใหม่โดยไม่มีการซ่อม และไม่มีการคิดค่าแรงเพิ่มเติม

5.5 มีการบริการหลังการขายตลอดอายุการใช้งาน มีช่างเทคนิคประจำบริษัทที่ผ่านการฝึกอบรม โดยตรงจากโรงงานผู้ผลิต

5.6 ผู้ขายต้องส่งมอบ ติดตั้งเครื่อง พร้อมรับรองการทำงานของระบบเครื่อง และแนะนำการใช้งาน จนสามารถปฏิบัติงานได้

5.7 คู่มือการใช้งานฉบับภาษาไทย และภาษาอังกฤษ อย่างน้อย 2 ชุด

6. ผู้เสนอราคาต้องจัดทำตารางแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติเฉพาะของครุภัณฑ์ระหว่างคุณสมบัติเฉพาะที่มหาวิทยาลัยฯ กำหนดกับคุณสมบัติเฉพาะของสินค้าที่เสนอราคาโดยแสดงว่าคุณสมบัติดังกล่าวตรงตามข้อกำหนดหรือดีกว่า ทั้งนี้ผู้เสนอราคาจะต้องทำเครื่องหมายหรือระบุส่วนข้อกำหนดแสดงลงในแคตตาล็อกหรือเอกสารอ้างอิงให้ชัดเจน และยื่นเอกสารดังกล่าวมาในวันเสนอราคาด้วย

7. กำหนดส่งมอบครุภัณฑ์ 150 วัน

8. ระยะเวลารับประกัน 1 ปี

9. สถานที่ส่งมอบครุภัณฑ์ ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ลงชื่อ Gomy ผู้กำหนดรายละเอียด  
(ผศ.ดร.อำนาจ ลากเกษมสุข)

ตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ

ลงชื่อ สมิ ผู้กำหนดรายละเอียด  
(นางสาวนิชนันท์ พานสร้อย)

ตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ

ลงชื่อ สุภาวดี ผู้กำหนดรายละเอียด  
(นางสาวกุลวดี สังข์สนิท)

ตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมวัสดุและโลหการ

ลงชื่อ ดร.สรพงษ์ ภาวสุปรีย์  
(รองศาสตราจารย์.ดร.สรพงษ์ ภาวสุปรีย์)  
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์