รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ
ชุดฝึกปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์อิเล็กทรอนิกส์ชีวภาพ
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2569
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.รายการจัดซื้อจัดจ้าง **ชุดฝึกปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์อิเล็กทรอนิกส์ชีวภาพ** **จำนวน 1 ชุด**
วงเงินจัดหา **3,800,000.00 บาท (สามล้านแปดแสนบาทถ้วน)**

2.กำหนดรายละเอียดและคุณลักษณะของพัสดุ

2.1 **คุณลักษณะทั่วไป**

ชุดฝึกปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์อิเล็กทรอนิกส์ชีวภาพ เป็นชุดครุภัณฑ์ที่ออกแบบมาเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติและเรียนรู้การทำงานของเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับระบบชีวภาพ โดยมีลักษณะเป็นชุดทดลองแบบโมดูลที่ครอบคลุมหัวข้อในการศึกษา เช่น การทำงานของเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณไฟฟ้าของหัวใจ สมอง กล้ามเนื้อ หรือสัญญาณทางเคมีในร่างกาย แล้วแปลงสัญญาณให้อยู่ในรูปที่สามารถนำไปประมวลผลและวิเคราะห์ได้ นอกจากจะเข้าใจหลักการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว ยังทำให้ผู้เรียนสามารถซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์หรือเครื่องมือทางการแพทย์ได้ด้วย

ชุดฝึกปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์อิเล็กทรอนิกส์ชีวภาพ มีคุณสมบัติ ดังนี้

1) สามารถปรับแบนด์วิดท์ความถี่และเกนขยายได้
2) สามารถแสดงพารามิเตอร์การวัดแบบเรียลไทม์
3) สามารถแปลงเป็นรูปแบบดิจิทัลและส่งไปยังคอมพิวเตอร์แบบเรียลไทม์ได้
4) จุดเชื่อมต่อของโมดูลมีขนาดไม่น้อยกว่า 2 มม.
5) มีสัญลักษณ์วงจร บล็อก และส่วนประกอบถูกพิมพ์บนพื้นผิวของแต่ละโมดูล

2.2 **คุณลักษณะเฉพาะ**

ชุดฝึกปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์อิเล็กทรอนิกส์ชีวภาพ 1 ชุด ประกอบด้วย

2.2.1 แผงการทดลองหลัก (Main Unit) จำนวน 2 ชุด ประกอบด้วย

2.2.1.1 ชุดกำเนิดฟังก์ชันความถี่ (Function Generator)

- สามารถสร้างสัญญาณขาออกแบบ Sine, Square และ Triangle ได้
- มีช่วงความถี่ตั้งแต่ 0.01Hz ~ 1MHz, และปรับอย่างต่อเนื่องได้
- มีช่วงแอมพลิจูดตั้งแต่ 50mVpp ~ 18Vpp (open circuit)
- สามารถทำการออฟเซทแบบ DC Offset ตั้งแต่ - 10V ถึง +10V
- จอแสดงผลสามารถแสดงได้ 4 หลัก แบบ 7-segment

2.2.1.2 สามารถเชื่อมต่อหรือสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกด้วยพอร์ต USB แบบ Type B ได้

2.2.1.3 มีไฟ LED แสดงผลการทำงานของ IN1, IN2, IN3, IN4, IN5

2.2.1.4 มีปุ่มหรือสวิทซ์ Reset Switch

2.2.1.5 มีปุ่มหรือสวิทซ์ Select Switch

2.2.1.6 จอแสดงผลสถานะแบบ LCD มีดังนี้

- จอแสดงผลสถานะแบบ LCD
- สามารถแสดงความถี่เอาต์พุตของเครื่องกำเนิดฟังก์ชันได้
- สามารถแสดงโมดูลที่เลือกทำการทดลองได้
- แสดงอัตราการเต้นของหัวใจ, การหายใจ, อัตราชีพจร และ Doppler Ultrasound ของเลือดได้

2.2.1.7 ขั้วต่ออะแดปเตอร์แบบ BNC ขนาด 2 มม. จำนวน 2 ชุด

2.2.1.8 จุดเชื่อมต่อเอาต์พุตโมดูลแบบ DB9 จำนวน 1 ชุด

- จุดเชื่อมต่อสำหรับวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (Electrocardiogram: ECG) จำนวน 1 ชุด
- จุดเชื่อมต่อสำหรับวัดคลื่นไฟฟ้า (Electromyogram : EMG) จำนวน 2 ชุด
- จุดเชื่อมต่อสำหรับวัดคลื่นไฟฟ้า (Electrooculogram : EOG) จำนวน 2 ชุด
- จุดเชื่อมต่อสำหรับวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram : EEG) จำนวน 1 ชุด
- จุดเชื่อมต่อสำหรับวัดความดันโลหิต (Blood pressure measurement) จำนวน 2 ชุด
- จุดเชื่อมต่อสำหรับวัดการวัดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อ หรือเลือดในร่างกาย (Photoplethysmogram) จำนวน 2 ชุด
- จุดเชื่อมต่อสำหรับวัดการช่วยหายใจ (Respiratory ventilation) จำนวน 2 ชุด
- จุดเชื่อมต่อสำหรับวัดชีพจร (Pulse meter) จำนวน 2 ชุด
- จุดเชื่อมต่อสำหรับวัดอิมพีแดนซ์ (Impedance) จำนวน 1 ชุด
- จุดเชื่อมต่อสำหรับวัดความเร็วการไหลของเลือดที่เลี้ยงไตด้วยอัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์ (Doppler Ultrasound Blood Velocity) จำนวน 2 ชุด
- จุดเชื่อมต่อสำหรับการกระตุ้นเส้นประสาทด้วยไฟฟ้าผ่านผิวหนัง (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation : TENS) จำนวน 1 ชุด
- จุดเชื่อมต่อสำหรับวัดการไหลระบบทางเดินหายใจ/เครื่องวัดความจุ จำนวน 2 ชุด

2.2.2 โมดูลการวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (Electrocardiogram : ECG) จำนวน 1 ชุด

2.2.2.1 สามารถตรวจจับคลื่นไฟฟ้าหัวใจได้

2.2.2.2 มีขาตรวจจับทางด้านอินพุทแบบ Limb

2.2.2.3 มีขาตรวจจับ 6 ขา ประกอบด้วย Lead I, Lead II, Lead III, aV

2.2.2.4 มีวงจรการทำงานแบบ Isolation circuit

2.2.2.5 สามารถปรับความแรงสัญญาณ (Grain) ได้ตั้งแต่ 100~5000

2.2.2.6 มีชุดกรองความถี่แบนด์พาสได้ตั้งแต่ 0.1 ~ 100 Hz

2.2.2.7 สามารถสร้างสัญญาณ ECG ทางด้านเอาต์พุตได้

2.2.2.8 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง HPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Amplifier Experiment
- การทดลอง LPF Characteristic Experiment
- การทดลอง BRF Characteristic Experiment
- การทดลอง ECG Simulator Experiment
- การทดลอง ECG Experiment

2.2.3 โมดูลการวัดคลื่นไฟฟ้า (Electromyogram : EMG) จำนวน 1 ชุด

2.2.3.1 มีขั้วอิเล็กโทรดสำหรับวัดพื้นผิว

2.2.3.2 สามารถปรับความแรงสัญญาณ (Grain) ขนาด x 1000 x 2000

2.2.3.3 มีวงจรการทำงานแบบ Isolation circuit

2.2.3.4 มีชุดกรองความถี่แบนด์พาสได้ตั้งแต่ 100 ~ 1000Hz

2.2.3.5 สามารถสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ Electromyogram signal, Muscle force signal ได้

2.2.3.6 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง BRF Characteristic Experiment
- การทดลอง LPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Gain Amplifier Experiment

- การทดลอง HPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Half-Wave Rectifier Characteristic Experiment
- การทดลอง Integrator Characteristic Experiment
- การทดลอง EMG Experiment

2.2.4 โมดูลการวัดคลื่นไฟฟ้า (Electrooculogram : EOG) จำนวน 1 ชุด

2.2.4.1 มีขั้วอิเล็กโทรดสำหรับวัดพื้นผิว

2.2.4.2 สามารถปรับความแรงสัญญาณ (Grain) ได้ตั้งแต่ 5~3000

2.2.4.3 มีวงจรการทำงานแบบ Isolation circuit

2.2.4.4 มีชุดกรองความถี่แบนด์พาสได้ตั้งแต่ 0.05~30Hz

2.2.4.5 สามารถสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ Horizontal signal, Vertical signal ได้

2.2.4.6 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง Horizontal & Vertical Electro Circuit Calibration Experiment
- การทดลอง BRF Characteristic Experiment
- การทดลอง HPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Amplifier Experiment
- การทดลอง LPF Characteristic Experiment
- การทดลอง EOG Experiment

2.2.5 โมดูลการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram : EEG) จำนวน 1 ชุด

2.2.5.1 มีขั้วอิเล็กโทรดแบบ EEG

2.2.5.2 สามารถปรับความแรงสัญญาณ (Grain) ได้ตั้งแต่ 50~5000

2.2.5.3 มีวงจรการทำงานแบบ Isolation circuit

2.2.5.4 มีชุดกรองความถี่แบนด์พาสได้ตั้งแต่ 1~20Hz

2.2.5.5 สามารถสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ EEG signal ได้

2.2.5.6 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง Pre-Amplifier Calibration Experiment
- การทดลอง BRF Characteristic Experiment
- การทดลอง HPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Amplifier Experiment
- การทดลอง LPF Characteristic Experiment
- การทดลอง EEG Experiment

2.2.6 โมดูลการวัดความดันโลหิต (Blood pressure measurement) จำนวน 1 ชุด

2.2.6.1 ชุดแปลงสัญญาณแรงดันได้ตั้แต่ 0~5 psid

2.2.6.2 มีวงจรสอบเทียบแรงดัน (Pressure calibration circuit)

2.2.6.3 สามารถปรับความแรงสัญญาณ (Grain) ได้ตั้งแต่ 20~800

2.2.6.4 มีชุดกรองความถี่แบนด์พาสได้ตั้งแต่ 0.3 ~ 3Hz

2.2.6.5 สามารถสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ Cuff pressure signal และ Oscillometric pulse signal ได้

2.2.6.6 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง Pressure Sensor Calibration Experiment
- การทดลอง HPF1 Characteristic Experiment
- การทดลอง LPF Characteristic Experiment
- การทดลอง HPF2 & Amplifier Characteristic Experiment
- การทดลอง Rectifier Characteristic Experiment

- การทดลอง Auscultatory Blood Pressure measurement Experiment
- การทดลอง Oscillometric Blood Pressure Measurement Experiment

2.2.7 โมดูลการวัดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อหรือเลือดในร่างกาย (Photoplethysmogram) จำนวน 1 ชุด

2.2.7.1 มีไดโอดเปล่งแสงแบบอินฟราเรด

2.2.7.2 มีโฟโต้ทรานซิสเตอร์

2.2.7.3 สามารถปรับความแรงสัญญาณ (Grain) ตั้งแต่ x 50~500 x 100~1000

2.2.7.4 มีชุดกรองความถี่แบนด์พาสได้ตั้งแต่ 0.3~40Hz

2.2.7.5 สามารถสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ Plethysmogram signal และ Heart rate pulse ได้

2.2.7.6 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง Infrared Photocoupler Calibration Experiment
- การทดลอง HPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Gain Amplifier Experiment
- การทดลอง 4^{th}-order LPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Differentiator Experiment
- การทดลอง Amplifier Experiment
- การทดลอง Comparator Experiment
- การทดลอง Monostable Multivibrator Experiment
- การทดลอง Photoplethysmogram Measurement Experiment

2.2.8 โมดูลการวัดการช่วยหายใจ (Respiratory ventilation) จำนวน 1 ชุด

2.2.8.1 มีเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

2.2.8.2 มีวงจรชดเชยอุณหภูมิ

2.2.8.3 สามารถปรับความแรงสัญญาณ (Grain) ขนาด 20

2.2.8.4 สามารถสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ Pneumograph signal และ Respiratory rate pulse ได้

2.2.8.5 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง Differential Amplifier Calibration Experiment
- การทดลอง BRF Characteristic Experiment
- การทดลอง Amplifier Experiment
- การทดลอง Differentiator Experiment
- การทดลอง Hysteresis Comparator Experiment
- การทดลอง Monostable Multivibrator Experiment
- การทดลอง Respiratory Ventilation Detection Experiment

2.2.9 โมดูลการวัดชีพจร (Pulse meter) จำนวน 1 ชุด

2.2.9.1 มีเกจวัดความเครียด (Strain gauge) ขนาด 5 mm grid

2.2.9.2 สามารถปรับความแรงสัญญาณ (Grain) ได้ตั้งแต่ x 2500 x 5000

2.2.9.3 มีชุดกรองความถี่แบนด์พาสได้ตั้งแต่ 0.05 ~ 40Hz

2.2.9.4 สามารถสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ Pulse wave และ Heart rate pulse ได้

2.2.9.5 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง Strain Gauge Amplifier Calibration Experiment
- การทดลอง HPF Characteristic Experiment
- การทดลอง BRF Characteristic Experiment
- การทดลอง Gain Amplifier Experiment

- การทดลอง LPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Hysteresis Comparator Experiment
- การทดลอง Monostable Multivibrator Experiment
- การทดลอง Pulse Meter Experiment
- การทดลอง Arterial Vessel Experiment

2.2.10 โมดูลการวัดอิมพีแดนซ์ (Impedance) จำนวน 1 ชุด

2.2.10.1 วงจรกำเนิดคลื่น sine wave ขนาดความถี่ 50KHz

2.2.10.2 มีวงจรป้องกันกระแสเกินและรีเซ็ตวงจร

2.2.10.3 มีขั้วอิเล็กโทรดสำหรับวัดพื้นผิว

2.2.10.4 มีวงจรการทำงานแบบ Isolation circuit

2.2.10.5 สามารถปรับความแรงสัญญาณ (Grain) ได้ตั้งแต่ x 1250 x 2500

2.2.10.6 มีชุดกรองความถี่แบนด์พาสได้ตั้งแต่ 0.1~10Hz

2.2.10.7 สามารถสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ Body impedance signal ได้

2.2.10.8 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง Pre-Amplifier Calibration Experiment
- การทดลอง BRF Characteristic Experiment
- การทดลอง Wien-Bridge Oscillator Experiment
- การทดลอง HPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Demodulator Experiment
- การทดลอง Gain Amplifier Experiment
- การทดลอง LPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Impedance Detection Experiment

2.2.11 โมดูลการวัดความเร็วการไหลของเลือดที่เลี้ยงไตด้วยอัลตราซาวด์ชนิดดอปเปลอร์ (Doppler Ultrasound Blood Velocity) จำนวน 1 ชุด

2.2.11.1 ทรานสดิวเซอร์แบบ Dual Element ขนาดความถี่ 5MHz

2.2.11.2 สามารถปรับความแรงสัญญาณ (Grain) ได้ตั้งแต่ 16~100

2.2.11.3 มีชุดกรองความถี่แบนด์พาสได้ตั้งแต่ 1~40Hz

2.2.11.4 สามารถสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ Plethysmogram signal และ Heart rate pulse ได้

2.2.11.5 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง OSC Experiment
- การทดลอง Pre-Amplifier Experiment
- การทดลอง Demodulation Experiment
- การทดลอง HPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Amplifier Experiment
- การทดลอง LPF Characteristic Experiment
- การทดลอง Comparator Experiment
- การทดลอง Monostable Multivibrator Experiment

2.2.12 โมดูลการการกระตุ้นเส้นประสาทด้วยไฟฟ้าผ่านผิวหนัง (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation : TENS) จำนวน 1 ชุด

2.2.12.1 มีขั้วอิเล็กโทรดสำหรับการวัด

2.2.12.2 สามารถสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ Timer-Astable signal ได้

2.2.12.3 สามารถปรับความถี่ทางเอาต์พุทได้ตั้งแต่ 25~115Hz

2.2.12.4 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง Pulse Generator Circuit Experiment
- การทดลอง Transistor Switch Circuit Experiment
- การทดลอง TENS Experiment

2.2.13 โมดูลการไหลระบบทางเดินหายใจ/เครื่องวัดความจุ (Respiration Flow/Vital Capacity Meter)จำนวน 1 ชุด

2.2.13.1 ทรานสดิวเซอร์ชนิดลม ขนาดแรงดัน 6V

2.2.13.2 สามารถใช้งานที่แรงดันลมที่ 25 บาร์ได้

2.2.13.3 สามารถสร้างสัญญาณเอาต์พุตแบบ Respiration flow signal และ Counting pulse ได้

2.2.13.4 สามารถทำการทดลอง ได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- การทดลอง Differential Experiment
- การทดลอง Frequency to Voltage Experiment
- การทดลอง Comparator Experiment
- การทดลอง AND Gate Experiment
- การทดลอง Decade Counter Experiment
- การทดลอง Decoder Experiment
- การทดลอง 7-Segment Display Circuit Experiment
- การทดลอง Respiration Flow/Vital Capacity Experiment

2.2.14 ชุดการทำงานซอฟต์แวร์โปรแกรม ประกอบด้วย

2.2.14.1 มีพอร์ตสื่อสารแบบ USB

2.2.14.2 สามารถวิเคราะห์สัญญาณทางสรีรวิทยาได้หลังจากเชื่อมต่อ

2.2.14.3 แกน X สามารถแสดง TIME/DIV แกน Y สามารถ VOLT/DIV ได้

2.2.14.4 ข้อมูลสามารถจัดเก็บ เล่นซ้ำ หรือพิมพ์ได้

2.2.14.5 รูปแบบการจัดเก็บข้อมูลเป็นแบบ .BMP,.JPEG,.XLS

2.2.14.6 สามารถทำการวัด ECG, EMG, EOG, EEG, ความดันโลหิต, การไหลของการหายใจ/ความจุของเลือดได้

2.2.15 อุปกรณ์ประกอบ

- ดัมเบล จำนวน 1 ชุด
- ตัวนำไฟฟ้า จำนวน 1 ชุด
- กล่องเก็บอุปกรณ์ จำนวน 1 ชุด
- เครื่องวัดความดันโลหิต จำนวน 1 ชุด
- สายรัดข้อมือ จำนวน 1 ชุด
- อุปกรณ์หนีบตะกั่ว จำนวน 1 ชุด
- หน้ากากเซ็นเซอร์อุณหภูมิ จำนวน 1 ชุด
- อิเล็กโทรดสำหรับ Body surface จำนวน 1 ชุด
- ผ้าพันหัวแบบยางยืด จำนวน 1 ชุด
- เทปกาว จำนวน 1 ชุด
- แผ่นเตรียมแอลกอฮอล์ จำนวน 1 ชุด
- สเตรนเกจ จำนวน 1 ชุด
- เซนเซอร์แบบอินฟราเรดโฟโตคัปเปลอร์ จำนวน 1 ชุด
- อิเล็กโทรดผิวตัวสำหรับ KL-75011 จำนวน 1 ชุด
- ตะกั่วอิเล็กโทรด จำนวน 1 ชุด
- สายเคเบิลอิเล็กโทรด 5 ตัวนำ จำนวน 1 ชุด

- ตัวแปลงสัญญาณการหายใจ จำนวน 1 ชุด
- สายต่อวงจร จำนวน 1 ชุด
- ปลั๊กเชื่อมขนาด 2 มม. จำนวน 1 ชุด
- ทรานสดิวเซอร์แบบ Dual Element จำนวน 1 ชุด
- ออสซิโลสโคปแบบดิจิตอล จำนวน 1 ชุด
- ชุดจำลองการทำงาน ECG จำนวน 1 ชุด
- ชุดจำลองการทำงาน EEG จำนวน 1 ชุด

2.2.2 อุปกรณ์ประกอบ เพิ่มเติม

2.2.2.1 ชุดดิจิตอลมัลติมิเตอร์ จำนวน 8 เครื่อง มีดังนี้

2.2.2.1.1 สามารถทำการวัดแรงดัน กระแส และ ความต้านทานได้

2.2.2.1.2 แสดงผลการวัดแบบดิจิตอล

2.2.2.1.3 มีเมนูเลือก วัด VAC, VDC, OHM, CAPACITOR, Hz, Amp

2.2.2.2 ชุดดิจิตอลออสซิลโลสโคป จำนวน 4 เครื่อง มีดังนี้

2.2.2.2.1 สามารถทำการวัดญาณรูปคลื่น ความถี่ และแรงดัน ได้

2.2.2.2.2 วัดสัญญาณได้ไม่น้อยกว่า 100MHz

2.2.2.2.3 แสดงผลการวัดแบบดิจิตอล

2.2.2.2.4 มีเมนูเลือก TIME/DIV

2.2.2.2.5 มีเมนูเลือก VOLT/DIV

2.2.2.3 เวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ (Vernier Caliper) จำนวน 6 ชุด มีดังนี้

2.2.2.3.1 มีช่วงการวัดไม่น้อยกว่าตั้งแต่ 0 ถึง 120 มิลลิเมตร

2.2.2.3.2 มีค่าความละเอียดในการวัดไม่น้อยกว่า 0.02 มิลลิเมตร

2.2.2.3.3 ตัวชุดการวัดทำจากวัสดุเหล็ก stainless steel หรือดีกว่า

2.2.2.4 โต๊ะวางชุดฝึก พร้อมใช้งาน จำนวน 4 ชุด มีดังนี้

2.2.2.4.1 พื้นโต๊ะทำด้วยไม้ปาติเกิล มีความหนา 28 มิลลิเมตร

2.2.2.4.2 ปิดทับด้วยเมลามีนทั้งสองด้านปิดขอบโต๊ะทั้ง 4 ด้าน ด้วย PVC หนา 2 มิลลิเมตร

2.2.2.4.3 พื้นโต๊ะมีขนาด ความยาว 1500 มิลลิเมตร X ความกว้าง 800 มิลลิเมตร

2.2.2.4.4 โครงสร้างขาโต๊ะเป็นเหล็กกล่องขนาด 50 x 50 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตร

2.2.2.4.5 ความสูงจากพื้นถึงระดับพื้นโต๊ะด้านบน มีความสูง 800 มิลลิเมตร

2.2.2.5 เก้าอี้หัวกลม พร้อมใช้งาน จำนวน 30 ชุด มีดังนี้

2.2.2.5.1 แผ่นรองนั่งที่เป็นไม้กลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ไม่น้อยกว่า 280 มิลลิเมตร

2.2.2.5.2 ขอบของเก้าอี้ลบมุมทั้งด้านบนและด้านล่าง

2.2.2.5.3 สามารถปรับระดับความสูง-ต่ำได้

2.2.2.5.4 ขาเก้าอี้เป็นเหล็กมีความแข็งแรง โครงเหล็กรัดขาล่าง ปลายขาสวมเป็นยางหรือพลาสติกแข็ง

2.2.2.5.5 ขาเก้าอี้เป็นเหล็กกลมขนาดไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร

2.2.2.5.6 ขาเก้าอี้มีจำนวน 4 ขา เป็นแบบขาสุ่ม

2.2.2.6 ชุดผลิตโอโซนแบบกระจายในบรรยากาศ จำนวน 1 ชุด มีดังนี้

2.2.2.6.1 ผลิตโอโซนเปลี่ยนออกซิเจนในอากาศ เพื่อใช้ฆ่าเชื้อโรคในอากาศ

2.2.2.6.2 หลอดผลิตโอโซน ขนาด 16 x 100 ม.ม. จำนวน 15 หลอด

2.2.2.6.3 หม้อแปลงไฟแรงสูง ขนาด 3.3 kV จำนวน 5 ชุด

2.2.2.6.4 หม้อแปลงแรงดันต่ำ ขนาด 180 VA จำนวน 2 ชุด

2.2.2.6.5 Driver Board ขับโอโซน จำนวน 5 ชุด

2.2.2.6.6 ใช้พัดลมในการกระจายก๊าซโอโซน

2.2.2.6.7 มี Pre-Filter ซึ่งสามารถถอดล้างได้ไม่น้อยกว่า 2 ชุด

2.2.2.6.8 สามารถนาฬิกาตั้งเวลาทำงานในตัว ตั้งช่วงเวลาทำงาน 30 นาทีได้ หรือตั้งให้ทำงานต่อเนื่องได้

2.2.2.6.9 เครื่องใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ 270 วัตต์ ต่อ ชั่วโมง

2.2.2.6.10 คู่มือการใช้งาน และบำรุงรักษา เป็นภาษาไทย จำนวน 1 ชุด

2.2.2.6.11 ขนาดเครื่อง ไม่น้อยกว่า 50x50x60ซ.ม.(กxลxส)

2.2.2.7 ตู้บานเลื่อนกระจก ขนาดไม่น้อยกว่า 4 ฟุต จำนวน 2 ตัว

2.2.2.8 ตู้บานเลื่อนทึบ ขนาดไม่น้อยกว่า 4 ฟุต จำนวน 2 ตัว

3. ข้อกำหนดอื่นๆ

3.1 เป็นชุดฝึกหรือชุดทดลองที่ผลิตจากโรงงานมาตรฐาน ตามแต่ละภูมิภาคอย่างน้อยดังต่อไปนี้คือ CE หรือ ISO9001 หรือ JIS หรือ DIN พร้อมแนบเอกสารในวันยื่นซอง (ยกเว้น อุปกรณ์ประกอบ เพิ่มเติม)

3.2 ถ้าเป็นชุดฝึกหรือชุดทดลองที่ผลิตในประเทศไทย จะต้องได้รับมาตรฐาน มอก. และ ISO และ CE และมีหน่วยงานมาตรฐานด้านอุตสาหกรรม รับรองพร้อมเอกสารจากผู้มีอำนาจสูงสุดรับรอง พร้อมแนบเอกสารในวันยื่นซอง (ยกเว้น อุปกรณ์ประกอบ เพิ่มเติม)

3.3 ผู้เสนอราคาต้องเป็นตัวแทนจำหน่ายโดยตรงจากบริษัทผู้ผลิต พร้อมเอกสารการเป็นตัวแทนจำหน่าย เพื่อประโยชน์ในการบริการหลังการขายและอะไหล่ พร้อมแนบเอกสารในวันยื่นซอง (ยกเว้น อุปกรณ์ประกอบ เพิ่มเติม)

3.4 ผู้เสนอราคาต้องแสดงเอกสารโรงงานผลิต หรือ Website หรือพาคณะกรรมการไปดู ตัวอย่างเครื่อง เพื่อความชัดเจนและบริการหลังการขาย พร้อมแนบเอกสารในวันยื่นซอง

3.5 ผู้เสนอราคาต้องแนบคู่มือใบงาน และการใช้และบำรุงรักษาเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ในวันยื่นซอง

3.6 เงื่อนไขในการเสนอราคา ผู้เสนอราคาต้องเสนอราคารวมภาษีมูลค่าเพิ่ม

3.7 ผู้เสนอราคา ต้องมีการรับประกันคุณภาพตามสัญญา ไม่น้อยกว่า 1 ปี

3.8 ผู้เสนอราคา ต้องมีแผนการบริการอย่างต่อเนื่อง ไม่น้อยกว่า 2 ปี หลังจากหมดระยะการรับประกันคุณภาพตามสัญญาไปแล้วโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายเพิ่ม

3.9 ผู้เสนอราคาได้ต้องมีการติดตั้งและสาธิตการใช้งานให้กับผู้ใช้หรือผู้เกี่ยวข้องจนสามารถใช้งานได้ถูกต้องอย่างน้อย 2 ครั้ง (ครั้งละไม่น้อยกว่า 3 วัน) หรือมีผู้เชี่ยวชาญทำการอบรมการใช้งาน ณ โรงงานผู้ผลิต หรือหน่วยงานที่จัดซื้อ ทั้งนี้ค่าใช้จ่ายผู้เสนอราคาได้จะต้องรับผิดชอบทั้งสิ้น

3.10 สถานที่ส่งมอบที่คณะครุศาสตร์อุสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารฯ

4. สถานที่ติดตั้ง

อาคารปฏิบัติการคณะครุศาสตร์อุสาหกรรมและเทคโนโลยี ขนาดพื้นที่ใช้สอย 20 ตร.ม.

ผู้กำหนดรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ	**เห็นชอบรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ**
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์) ตำแหน่ง ประธานจัดทำรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ	(ศาสตราจารย์ ดร.ปริยาภรณ์ ตั้งคุณานันต์) ตำแหน่ง คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี