

**ร่างขอบเขตของงาน**  
**สำหรับการซื้อครุภัณฑ์ประจำห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ ตำบลหนองระเวียง**  
**อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 1 ชุด**

**1. ความเป็นมา**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา จัดการเรียนการสอนระดับปริญญาตรีและบัณฑิตศึกษาใน 4 คณะ ได้แก่ คณะบริหารธุรกิจ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี และคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมสร้างสรรค์ ทุกโครงสร้างหลักสูตรของมหาวิทยาลัยฯ นั้น จำเป็นต้องเรียนวิชาศึกษาทั่วไปและวิชาพื้นฐานในกลุ่มวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ในปีงบประมาณ 2566 มหาวิทยาลัยฯ มีนโยบายการขยายพื้นที่จัดการศึกษา ให้กับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 และ 2 รวมถึงชั้นปีอื่นที่ต้องเรียนวิชาศึกษาทั่วไปและวิชาพื้นฐาน จำนวนโดยประมาณ 5,000 คนต่อภาคการศึกษา ไปเรียน ณ อาคารปฏิบัติการพื้นฐานทั่วไปและวิชาชีพ (พื้นฐานวิชาชีพ) ตำบลหนองระเวียง อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นอาคารใหม่ก่อสร้างแล้วเสร็จในปีงบประมาณ 2561 ดังนั้นเพื่อเตรียมความพร้อมของครุภัณฑ์ประกอบอาคารใหม่ มหาวิทยาลัยฯ จึงจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนชุดครุภัณฑ์ประจำอาคารปฏิบัติการพื้นฐานทั่วไปและวิชาชีพ (พื้นฐานวิชาชีพ) ตำบลหนองระเวียง อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา ให้มีความเพียงพอต่อการจัดการศึกษาให้มีคุณภาพ

**2. วัตถุประสงค์**

2.1 เพื่อใช้เป็นครุภัณฑ์ประกอบในอาคารปฏิบัติการพื้นฐานทั่วไปและวิชาชีพ (พื้นฐานวิชาชีพ) เพื่อรองรับการจัดการเรียนการสอนรายวิชาปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

2.1 เพื่อใช้เป็นครุภัณฑ์พื้นฐานในการจัดการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 และ 2 ทุกหลักสูตรในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน เพื่อให้มีความเพียงพอต่อการจัดการศึกษาให้มีคุณภาพโดยเฉพาะทักษะด้านปฏิบัติการ

**3. คุณสมบัติผู้เสนอราคา**

3.1 มีความสามารถตามกฎหมาย

3.2 ไม่เป็นบุคคลล้มละลาย

3.3 ไม่อยู่ระหว่างเลิกกิจการ

3.4 ไม่เป็นบุคคลซึ่งอยู่ระหว่างถูกระงับการยื่นข้อเสนอหรือทำสัญญากับหน่วยงานของรัฐไว้ชั่วคราว เนื่องจากเป็นผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้ประกอบการตามระเบียบที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงการคลังกำหนดตามที่ประกาศเผยแพร่ในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง

3.5 ไม่เป็นบุคคลซึ่งถูกระงับชื่อไว้ในบัญชีรายชื่อผู้ทำงานและได้แจ้งเวียนชื่อให้เป็นผู้ทำงานของหน่วยงานของรัฐในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง ซึ่งรวมถึงนิติบุคคลที่ผู้ทำงานเป็นหุ้นส่วนผู้จัดการ กรรมการผู้จัดการ ผู้บริหาร ผู้มีอำนาจในการดำเนินงานในกิจการของนิติบุคคลนั้นด้วย

3.6 มีคุณสมบัติและไม่มีลักษณะต้องห้ามตามที่คณะกรรมการนโยบายการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐกำหนดในราชกิจจานุเบกษา

3.7 เป็นบุคคลธรรมดาหรือนิติบุคคลผู้มีอาชีพขายพัสดุที่ประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว

3.8 ไม่เป็นผู้มีผลประโยชน์ร่วมกันกับผู้ยื่นข้อเสนอรายอื่นที่เข้ายื่นข้อเสนอให้แก่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ณ วันประกาศประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ หรือไม่เป็นผู้กระทำการอันเป็นการขัดขวางการแข่งขันอย่างเป็นธรรมในการประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ครั้งนี้

3.9 ไม่เป็นผู้ได้รับเอกสิทธิ์หรือความคุ้มกัน ซึ่งอาจปฏิเสธไม่ยอมขึ้นศาลไทย เว้นแต่รัฐบาลของผู้ยื่นข้อเสนอได้มีคำสั่งให้สละเอกสิทธิ์และความคุ้มกันเช่นนั้น

3.10 ยื่นข้อเสนอที่ยื่นข้อเสนอในรูปแบบของ "กิจการร่วมค้า" ต้องมีคุณสมบัติดังนี้

กรณีที่ข้อตกลงฯ กำหนดให้ผู้เข้าร่วมค้ำรายใดรายหนึ่งเป็นผู้เข้าร่วมค้ำหลัก ข้อตกลงฯ จะต้องมีการกำหนดสัดส่วนหน้าที่ และความรับผิดชอบในปริมาณงาน สิ่งของ หรือมูลค่าตามสัญญาของผู้เข้าร่วมค้ำหลักมากกว่าผู้เข้าร่วมค้ำรายอื่นทุกราย

กรณีที่ข้อตกลงฯ กำหนดให้ผู้เข้าร่วมค้ำรายใดรายหนึ่งเป็นผู้เข้าร่วมค้ำหลักกิจการร่วมค้ำนั้น ต้องใช้ผลงานของผู้เข้าร่วมค้ำหลักรายเดียวเป็นผลงานของกิจการร่วมค้ำที่ยื่นข้อเสนอ

สำหรับข้อตกลงฯ ที่ไม่ได้กำหนดให้ผู้เข้าร่วมค้ำรายใดเป็นผู้เข้าร่วมค้ำหลัก ผู้เข้าร่วมค้ำทุกราย จะต้องมีคุณสมบัติครบถ้วนตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในเอกสารเชิญชวน

3.11 ผู้ยื่นข้อเสนอต้องลงทะเบียนในระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Government Procurement: e - GP) ของกรมบัญชีกลาง

#### 4. แบบรูปรายการ หรือคุณลักษณะเฉพาะ

รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ (ตามเอกสารแนบ)

#### 5. ระยะเวลาดำเนินการ

ภายใน 150 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

#### 6. ระยะเวลาส่งมอบของหรืองาน

ภายใน 150 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

#### 7. วงเงินในการจัดหา

เป็นจำนวนเงิน 8,830,000 บาท (แปดล้านแปดแสนสามหมื่นบาทถ้วน)

#### 8. หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอ

การพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอใช้เกณฑ์ราคา โดยพิจารณาจากราคารวม

คณะกรรมการร่างขอบเขตของงาน และกำหนดรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

- |                             |              |                     |       |
|-----------------------------|--------------|---------------------|-------|
| 1. นายยุทธพงษ์              | อินทร์ก      | ประธานกรรมการ       | ..... |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิพงค์ | เปี่ยมสุวรรณ | กรรมการ             | ..... |
| 3. นายวันเฉลิม              | พูนสวัสดิ์   | กรรมการและเลขานุการ | ..... |

ลงชื่อ ..... (ผู้อนุมัติ)

(รองศาสตราจารย์ไชยเชิต ศรีภูธร)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ  
สำหรับการซื้อชุดครุภัณฑ์ประจำห้องปฏิบัติการฟิสิกส์  
ตำบลหนองระเวียง อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา  
จำนวน 1 ชุด

1. รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

ประกอบด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์ประกอบดังต่อไปนี้

1. ชุดทดลองเครื่องยนต์ความร้อนอย่างง่าย

จำนวน 10 ชุด

1.1 ชุดกลความร้อน และกฎของก๊าซ (Heat Engine/Gas Law Apparatus) จำนวน 1 ชุด

มีรายละเอียดดังนี้

1.1.1 มีจุดเชื่อมต่อเชือก (String Attachment Point)

1.1.2 มีช่องต่อเข้ากับแท่งโลหะ (Rod Clamp Mount)

1.1.3 มีมวลขนาด 200 กรัม (200 gram Mass)

1.1.4 มีที่วางมวล (Mass Platform)

1.1.5 มีที่ล็อกยึด (Locking Screw)

1.1.6 มีกระบอกสูบ (Precision-bore Pyrex Cylinder)

1.1.7 มีลูกสูบ ชนิดกราไฟท์ แบบมีแรงเสียดทานต่ำ (Ultra-low Friction Graphite Piston)

1.1.8 มีตัวเชื่อมต่อชนิด ปลดเร็ว (Quick-release Connector Port (male))

1.1.9 มีอุปกรณ์ประกอบดังนี้ Air Chamber, Rubber Stopper with hole, Tubing with Quick, Connect Fittings และ Shut-off Valve

1.2 ชุดรับสัญญาณการหมุน (Rotary Motion Sensor) จำนวน 1 ชุด มีรายละเอียดดังนี้

1.2.1 สามารถติดตั้งกับแท่งโลหะได้เป็นอย่างดี

1.2.2 มีช่องสำหรับติดตั้ง Slot for Linear Motion Accessory

1.2.3 มีรอกสามระดับสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม

1.2.4 ค่าความละเอียด Resolution: 0.090/0.0078 mm หรือดีกว่า

1.2.5 ความเร็วสูงสุด Maximum Speeds: 30 revs/sec หรือมากกว่า

1.3 ชุดรับสัญญาณอุณหภูมิ แบบสี่ช่องสัญญาณ (Quad Temperature Sensor) จำนวน 1 ชุด

มีรายละเอียดดังนี้

1.3.1 ย่านการวัด (Accuracy) : -35 to +135°C at  $\pm 0.5^\circ\text{C}$

1.3.2 แสดงค่าหน่วยการวัด (Displays) : °C, K and °F

1.3.3 ค่า Resolution : 0.0025°C

1.3.4 อัตราสูงสุดการสุ่มตัวอย่าง (Maximum Sample Rate) : 100 Hz

1.3.5 มีหัววัด Stainless Steel Temperature Probes จำนวน 1 อัน

1.3.6 มีหัววัด Fast Response Probes จำนวน 2 อัน

1.4 ชุดรับสัญญาณแรงดัน แบบสองช่องสัญญาณ (Dual Pressure Sensor) จำนวน 1 ชุด  
มีรายละเอียดดังนี้

1.4.1 ค่า Absolute Pressure : 0 to 200 kPa, 0.01 kPa ,resolution at 10 Hz and 1 kPa repeatability

1.4.2 ค่า Differential Pressure :  $\pm 100$  kPa, 0.01 kPa ,resolution at 10 Hz and 1 kPa repeatability

1.4.3 ค่าสูงสุดอัตราการสุ่ม (Maximum Sample Rate) : 1000 Hz

1.5 ฐานตั้งรูปตัว A หนักไม่น้อยกว่า 4 กิโลกรัม และปรับระดับฐานได้ 2 จุด จำนวน 1 อัน

1.6 แท่งโลหะชนิดปลอดสนิม ยาวไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตร จำนวน 1 แท่ง

1.7 ชุดตั่งน้ำหนักชนิดแขวน (Mass and Hanger Set) จำนวน 1 ชุด มีรายละเอียดดังนี้

1.7.1 ตั่งน้ำหนักเป็นแบบทองเหลือง มีขนาดต่างๆ ดังนี้

- ขนาด 100 กรัม จำนวน 3 ตัว

- ขนาด 50 กรัม จำนวน 3 ตัว

- ขนาด 20 กรัม จำนวน 6 ตัว

1.7.2 น้ำหนักเป็นแบบอะลูมิเนียม มีขนาดต่างๆ ดังนี้

- ขนาด 10 กรัม จำนวน 3 ตัว

- ขนาด 5 กรัม จำนวน 3 ตัว

1.7.3 น้ำหนักเป็นแบบพลาสติก มีขนาดต่างๆ ดังนี้

- ขนาด 2 กรัม จำนวน 3 ตัว

- ขนาด 1 กรัม จำนวน 3 ตัว

- ขนาด 1/2 กรัม จำนวน 3 ตัว

1.7.4 ตัวแขวนตั่งน้ำหนักมี 4 อัน น้ำหนักประมาณ 5 กรัมต่ออัน

1.7.5 มีกล่องบรรจุเป็นพลาสติก

1.8 ตัวแปลงสัญญาณ (850 Universal Interface) จำนวน 1 เครื่อง มีลักษณะดังนี้

1.8.1 สามารถเชื่อมต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์แบบ USB 2.0 (480 Mbps) หรือดีกว่า

1.8.2 ช่องสัญญาณแบบดิจิทัล (Digital Channels) มีช่องสัญญาณ 4 ช่องสัญญาณ (4 identical channels) หรือมากกว่า

1.8.3 ช่องสัญญาณ Input แบบอนาล็อก โดยใช้ Science Workshop sensor มีช่องสัญญาณ Input 4 ช่องสัญญาณ หรือมากกว่า

1.8.4 ช่องสัญญาณ Input แบบอนาล็อก โดยใช้ PASPORT Sensor มีช่องสัญญาณ Input 4 ช่องสัญญาณ หรือมากกว่า

1.8.5 มีค่า Measurement Range +/- 20 V differential input หรือดีกว่า

1.8.6 ค่า Input Impedance: 1 M $\Omega$

1.8.7 ค่า Input Protection: +/- 250 V continuous

1.8.8 สามารถเลือกช่วงการวัดได้ Selectable Voltage Gain : x1, x10, x100, x1000 หรือมากกว่า

1.8.9 ค่าความละเอียด (Resolution) : 14-bit, 0.01 mV หรือดีกว่า

1.8.10 มีโหมดฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ (Function Generator) ภายในตัวเครื่องมีรายละเอียดดังนี้

- สามารถแสดงผลเป็น sine , Triangle , Variable duty-cycle square wave, positive and negative ramps, DC หรือมากกว่า
- สามารถให้ความถี่อยู่ในช่วง (Frequency Range) : 0.001 Hz to 100 kHz; 1 mHz Resolution หรือมากกว่า
- ช่วงของ Amplitude Range : +/- 15 V หรือดีกว่า
- ค่าความละเอียด (Resolution) : 7.3 mV, 12-Bit DAC หรือดีกว่า
- ค่ากระแสสูงสุด (Max Output Current) : 1A at 15 V, Over-Current detection หรือมากกว่า
- มีระบบป้องกัน Selectable Short – Circuit Current
- มีค่า Limit: 1.5 A, 1.1A , 0.55A หรือดีกว่า
- สามารถเลือก Selectable Voltage Limit ได้
- สามารถเลือก DC Offset ได้
- มี Frequency Sweep Function
- ค่าการวัด Measure Output Current: 61  $\mu$ A resolution หรือดีกว่า
- มีสองช่อง Dual Independent High หรือมากกว่า

1.8.11 ด้านหลังเครื่องมีช่องเสียบ Trigger BNC จำนวน ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง

1.8.12 มีแหล่งจ่ายในตัว Power Source : + 5 V @ 500 mA, +/- 12 V @ +/- 300 mA หรือดีกว่า

1.9 ชุดทดลองสามารถใช้งานร่วมกับโปรแกรมประมวลผล (Capstone Software) ที่มีรายละเอียดดังนี้

- 1.9.1 มีโหมดเครื่องมือ (Tool Palette) ดังนี้ Hardware Setup, Timer Setup, Data Summary, Calibration, Calculator, Signal Generator และ หรือมากกว่า
- 1.9.2 มีโหมดควบคุม (Control Bar) ดังนี้ Choose Sampling Mode, Set Sample Rate, Record, Keep Sample, Clock และ Delete Runes หรือมากกว่า
- 1.9.3 มีโหมดการแสดงผล (Display Palette) ดังนี้ Graph, Oscilloscope, FFT, Histogram, Digits, Meter, Table, Text Box, Text Entry Box, Picture และ Movie หรือมากกว่า
- 1.9.4 สามารถบันทึกวีดีโอขณะทำการทดลอง และสามารถย้อนกลับดูเหตุการณ์ของการทดลองได้

2. ชุดทดลองวงจรไฟฟ้าพื้นฐาน และอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน . จำนวน 10 ชุด ,
- 2.1 สามารถทดลองเกี่ยวกับวงจร RC Circuit และ LRC Circuit ได้
  - 2.2 ชุดแผงวงจรไฟฟ้า (Resistor Capacitor Inductor Network) จำนวน 1 ชุด มีรายละเอียดดังนี้
    - 2.2.1 มีตัวเหนี่ยวนำ 2 ขนาด (Two inductors: 6.8 mH ; 2.2 mH)
    - 2.2.2 มีตัวเก็บประจุ 2 ขนาด (Two capacitors: 3900 pF, 560 pF)
    - 2.2.3 มีตัวต้านทาน 4 ขนาด (Four resistors: 47 k $\Omega$ , 3.3 k $\Omega$ , and two 1.0 k $\Omega$ .)
    - 2.2.4 ทุกตัวอยู่บนแผงเดียวกัน พร้อมมีจุด Test Points และช่องต่อ Banana Plug
  - 2.3 หัววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (Voltage Sensor) จำนวน 3 หัว มีรายละเอียดดังนี้
    - 2.3.1 ย่านการวัด (Voltage Range) :  $\pm 20$  V AC/DC (850 interface) และ  $\pm 10$  V AC/DC (other than 850)
    - 2.3.2 หัวเชื่อมต่อตัวแปลงสัญญาณ (Pin Configuration) : 8-pin DIN plug
    - 2.3.3 หัววัดค่าเป็น Probe ends are standard banana plugs.
    - 2.3.4 มี alligator clip adapters จำนวน 2 อัน
  - 2.4 หัววัดกระแสไฟฟ้า (Current Probe) จำนวน 2 หัว มีรายละเอียดดังนี้
    - 2.4.1 ค่าความต้านทาน (Resistor) : 0.10 Ohm, 3.0 W, 1.0%
    - 2.4.2 ค่าสูงสุดของการวัดกระแสไฟฟ้า (Maximum Current) : 4 A
    - 2.4.3 ค่าสูงสุดของความต่างศักย์ไฟฟ้า (Maximum Voltage Without Damage) : 30 V
    - 2.4.4 ช่องเชื่อมต่อ (Terminals) : 4 mm Banana Jacks
  - 2.5 หัววัด BNC-to-Banana Output Cable จำนวน 1 หัว
  - 2.6 ชุดสายไฟ (Patch cords) จำนวน 1 ชุด
  - 2.7 ตัวแปลงสัญญาณ (850 Universal Interface) จำนวน 1 เครื่อง มีลักษณะดังนี้
    - 2.7.1 สามารถเชื่อมต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์แบบ USB 2.0 (480 Mbps) หรือดีกว่า
    - 2.7.2 ช่องสัญญาณแบบดิจิทัล (Digital Channels) มีช่องสัญญาณ 4 ช่องสัญญาณ (4 identical channels) หรือมากกว่า
    - 2.7.3 ช่องสัญญาณ Input แบบอนาล็อก โดยใช้ Science Workshop sensor มีช่องสัญญาณ Input 4 ช่องสัญญาณ หรือมากกว่า
    - 2.7.4 ช่องสัญญาณ Input แบบอนาล็อก โดยใช้ PASPORT Sensor มีช่องสัญญาณ Input 4 ช่องสัญญาณ หรือมากกว่า
    - 2.7.5 มีค่า Measurement Range  $\pm 20$  V differential input หรือ ดีกว่า
    - 2.7.6 ค่า input Impedance: 1 M $\Omega$
    - 2.7.7 ค่า Input Protection:  $\pm 250$  V continuous
    - 2.7.8 สามารถเลือกช่วงการวัดได้ Selectable Voltage Gain : x1, x10, x100, x1000 หรือมากกว่า
    - 2.7.9 ค่าความละเอียด (Resolution) : 14-bit, 0.01 mV หรือดีกว่า
    - 2.7.10 มีโหมดฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ (Function Generator) ภายในตัวเครื่องมีรายละเอียดดังนี้
      - สามารถแสดงผลเป็น sine , Triangle , Variable duty-cycle square wave, positive and negative ramps, DC หรือมากกว่า

- สามารถให้ความถี่อยู่ในช่วง (Frequency Range) : 0.001 Hz to 100 kHz; 1 mHz Resolution หรือมากกว่า
- ช่วงของ Amplitude Range : +/- 15 V หรือดีกว่า
- ค่าความละเอียด (Resolution) : 7.3 mV, 12-Bit DAC หรือดีกว่า
- ค่ากระแสสูงสุด (Max Output Current) : 1A at 15 V, Over-Current detection หรือมากกว่า
- มีระบบป้องกัน Selectable Short – Circuit Current
- มีค่า Limit: 1.5 A, 1.1A , 0.55A หรือดีกว่า
- สามารถเลือก Selectable Voltage Limit ได้
- สามารถเลือก DC Offset ได้
- มี Frequency Sweep Function
- ค่าการวัด Measure Output Current: 61  $\mu$ A resolution หรือดีกว่า
- มีสองช่อง Dual Independent High หรือมากกว่า

2.7.11 ด้านหลังเครื่องมีช่องเสียบ Trigger BNC จำนวน ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง

2.7.12 มีแหล่งจ่ายในตัว Power Source : + 5 V @ 500 mA, +/- 12 V @ +/- 300 mA หรือดีกว่า

2.8 ชุดทดลองสามารถใช้ร่วมกับโปรแกรมประมวลผล (Capstone Software) ที่มีลักษณะดังนี้

2.8.1 มีโหมดเครื่องมือ (Tool Palette) ดังนี้ Hardware Setup, Timer Setup, Data Summary, Calibration, Calculator, Signal Generator หรือมากกว่า

2.8.2 มีโหมดควบคุม (Control Bar) ดังนี้ Choose Sampling Mode, Recording Conditions , Set Sample Rate, และ Delete Runes หรือมากกว่า

2.8.3 มีโหมดการแสดงผล (Display Palette) ดังนี้ Graph, Oscilloscope, FFT, Digits, Meter, Table, Text Box, Text Entry Box, Picture และ Movie หรือมากกว่า

2.8.4 สามารถบันทึกวีดิโอขณะทำการทดลอง เพื่อประกอบการทดลองได้

2.8.5 สามารถย้อนกลับดูเหตุการณ์ ของการทดลองได้

## 3. ชุดทดลองเพนดูลัม

จำนวน 10 ชุด

3.1 ชุด (Physical Pendulum Set) จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย

- 3.1.1 Solid Disk
- 3.1.2 Thick Ring
- 3.1.3 Thin Ring
- 3.1.4 Offset Hole
- 3.1.5 Pendulum Bar
- 3.1.6 Irregular Shape
- 3.1.7 Mounting screws จำนวน 6 ตัว

3.2 ชุดแปลงสัญญาณแบบไร้สาย (Air Link) จำนวน 1 ชุด มีรายละเอียดดังนี้

- 3.2.1 สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์แบบ USB หรือแบบ ไร้สาย (Bluetooth Connection)
- 3.2.2 สาย USB Cable

3.3 เซนเซอร์รับสัญญาณการหมุน (Rotary Motion Sensor) จำนวน 1 ชุด มีรายละเอียดดังนี้

- 3.3.1 รอกสามระดับ Three-step pulley : 10 mm, 29 mm, and 48 mm diameter
- 3.3.2 ขนาดของเซนเซอร์ Sensor Dimensions: 10 cm x 5 cm x 3.75 cm, 6.35 mm diameter shaft
- 3.3.3 ค่า Resolution : 0.090 /0.0078 mm
- 3.3.4 Maximum Speeds: 30 revs/sec
- 3.3.5 Optical Encoder: bidirectional, indicates direction of motion; 4000 divisions/rev

3.4 ชุดทดลองสามารถใช้ร่วมกับโปรแกรมประมวลผล (Capstone Software) ที่มีลักษณะดังนี้

- 3.4.1 มีโหมดเครื่องมือ (Tool Palette) ดังนี้ Hardware Setup, Timer Setup, Data Summary, Calibration, Calculator, Signal Generator หรือมากกว่า
- 3.4.2 มีโหมดควบคุม (Control Bar) ดังนี้ Choose Sampling Mode, Recording Conditions , Set Sample Rate, และ Delete Runes หรือมากกว่า
- 3.4.3 มีโหมดการแสดงผล (Display Palette) ดังนี้ Graph, Oscilloscope, FFT, Digits, Meter, Table, Text Box, Text Entry Box, Picture และ Movie หรือมากกว่า
- 3.4.4 สามารถบันทึกวิดีโอขณะทำการทดลอง เพื่อประกอบการทดลองได้
- 3.4.5 สามารถย้อนกลับดูเหตุการณ์ ของการทดลองได้

3.5 ฐานตั้งชุดทดลอง (Large Rod Stand) จำนวน 1 ชุด

3.6 แท่งโลหะยาว 45 เซนติเมตร (45 cm Long Steel Rod) จำนวน 1 ชุด



4. ชุดทดลองการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของคลื่นแสง จำนวน 10 ชุด
- 4.1 ชุดการเลี้ยวเบนของแสงบนราง (Diffraction System) จำนวน 1 ชุด มีลักษณะดังนี้
- 4.1.1 ชุดเลเซอร์ไดโอดสีแดง (Diode Laser Red) มีลักษณะดังนี้
- มีกำลัง Output Power : <1 มิลลิวัตต์ หรือต่ำกว่า
  - ให้ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 650 นาโนเมตร
  - ใช้ได้ดีกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า 9 V
- 4.1.2 ชุดประกอบสลิต Diffraction Slit ภายในแผ่นประกอบด้วยลักษณะดังนี้
- สามารถประกอบเข้ากับรางทดลองได้ดี
  - มีสลิตเดี่ยว Four Single Slits: Widths 0.02, 0.04, 0.08 and 0.16 mm หรือมากกว่า
  - มีสลิตคู่ Four Double Slits: Width/Separation 0.04/0.25, 0.04/0.50, 0.08/0.25, 0.08mm/0.50mm
  - มี Multiple Slits: 2, 3, 4, and 5 slits with width/separation 0.04mm/0.125mm หรือดีกว่า
  - ปรับรูปแบบของสลิตโดยการหมุน
- 4.1.3 ราง (Optic Bench) ยาวไม่น้อยกว่า 1.1 เมตร มีสเกลเมตรในตัว
- 4.1.4 ชุดรับสัญญาณแสง (Wireless Diffraction System) จำนวน 1 ชุด มีลักษณะดังนี้
- ใช้งานเป็น Wireless Bluetooth หรือ USB
  - แสดงผลความสัมพันธ์ของกราฟระหว่างความเข้มของแสงกับตำแหน่ง Intensity VS. Position
  - ค่าความละเอียดในการวัด 0.01 mm position measurement resolution หรือดีกว่า
  - มีที่จับมือหมุนสำหรับใช้สแกนรับแสง (Precision hand crank for smooth)
  - มีช่องเซนเซอร์รับแสง (Light sensor aperture adjustment)
  - มีสาย USB rechargeable battery
- 4.2 ชุดทดลองสามารถใช้งานร่วมกับโปรแกรมประมวลผล (Capstone Software) ที่มีรายละเอียดดังนี้
- 4.2.1 มีโหมดเครื่องมือ (Tool Palette) ดังนี้ Hardware Setup, Timer Setup, Data Summary, Calibration, Calculator, Signal Generator และ หรือมากกว่า
- 4.2.2 มีโหมดควบคุม (Control Bar) ดังนี้ Choose Sampling Mode, Set Sample Rate, Record, Keep Sample, Clock และ Delete Runes หรือมากกว่า
- 4.2.3 มีโหมดการแสดงผล (Display Palette) ดังนี้ Graph, Oscilloscope, FFT, Histogram, Digits, Meter, Table, Text Box, Text Entry Box, Picture และ Movie หรือมากกว่า
- 4.2.4 สามารถบันทึกวีดิโอขณะทำการทดลอง และสามารถย้อนกลับดูเหตุการณ์ ของการทดลองได้

5. ชุดทดลองกฎของบอยล์ , กฎของชาร์ล จำนวน 10 ชุด
- 5.1 ชุดกฎของแก๊ส (Ideal Gas Law Apparatus) จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยดังนี้
- 5.1.1 ชุดกระบอกฉีด พร้อมฐานตั้ง Syringe and plunger จำนวน 1 ชุด
  - 5.1.2 มี Thermistor
  - 5.1.3 มี Pressure connector (quick-release connector) จำนวน 1 ชุด
  - 5.1.4 มี Temperature connector (mini stereo jack) จำนวน 1 ชุด
  - 5.1.5 อุปกรณ์ทั้งหมดประกอบอยู่บนฐาน ตัวเดียวกัน
- 5.2 ตัวรับสัญญาณความดัน และอุณหภูมิ (Absolute Pressure & Temperature) จำนวน 1 ตัว มีรายละเอียดดังนี้
- 5.2.1 ส่วนของความดัน (Pressure) มีลักษณะดังนี้
    - 0 to 700 kPa with  $\pm 2$  kPa, 0.1 kPa resolution and 1 kPa repeatability
    - Displays pressure in kPa, N/m<sup>2</sup>, and psi
  - 5.2.2 ส่วนของอุณหภูมิ (Temperature) มีลักษณะดังนี้
    - -10 to 70 °C with  $\pm 0.5$  °C
    - Displays Temperature in °C, K and °F
- 5.3 ตัวแปลงสัญญาณ ชนิดไร้สาย (Bluetooth®/USB (AirLink)) จำนวน 1 ตัว มีรายละเอียดดังนี้
- 5.3.1 มีช่องเชื่อมต่อตัวรับสัญญาณ 1 ช่อง (One Built-in PASPORT sensor port)
  - 5.3.2 สามารถเชื่อมต่อเครื่องประมวลผลได้ทั้งแบบ USB และ Bluetooth Connection
  - 5.3.3 มีสาย USB cable จำนวน 1 เส้น
  - 5.3.4 มีแบตเตอรี่ในตัวเครื่อง สามารถชาร์จไฟได้
  - 5.3.5 สามารถใช้กับโปรแกรมประมวลผลได้
- 5.4 ชุดทดลองสามารถใช้งานร่วมกับโปรแกรมประมวลผล (Capstone Software) ที่มีรายละเอียดดังนี้
- 5.4.1 มีโหมดเครื่องมือ (Tool Palette) ดังนี้ Hardware Setup, Timer Setup, Data Summary, Calibration, Calculator, Signal Generator และ หรือมากกว่า
  - 5.4.2 มีโหมดควบคุม (Control Bar) ดังนี้ Choose Sampling Mode, Set Sample Rate, Record, Keep Sample, Clock และ Delete Runes หรือมากกว่า
  - 5.4.3 มีโหมดการแสดงผล (Display Palette) ดังนี้ Graph, Oscilloscope, FFT, Histogram, Digits, Meter, Table, Text Box, Text Entry Box, Picture และ Movie หรือมากกว่า
  - 5.4.4 สามารถบันทึกวีดีโอขณะทำการทดลอง และสามารถย้อนกลับดูเหตุการณ์ ของการทดลองได้

## 2. รายละเอียดเงื่อนไขประกอบอื่นๆ

- 2.1 รับประกันคุณภาพ 1 ปี
- 2.2 อุปกรณ์อื่นๆ ครบสมบูรณ์พร้อมที่จะทำการทดลองได้ และไม่เคยผ่านการใช้งานมาก่อน โดยอุปกรณ์ทุกชิ้นต้องผ่านการทดสอบและสาธิตในสถานที่จริงก่อนการส่งมอบและติดตั้ง
- 2.3 ผู้เสนอราคาต้องมีหนังสือแสดงการแต่งตั้งให้เป็นตัวแทนจำหน่ายโดยตรงจากบริษัทผู้ผลิตและหรือมีหนังสือแสดงให้เป็นผู้มีสิทธิในการจำหน่าย

## 3. กำหนดส่งมอบ

ภายใน 150 วัน นับถัดจากวันลงนามในสัญญา

## 4. หลักเกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอ

การพิจารณาคัดเลือกข้อเสนอใช้เกณฑ์ราคา โดยพิจารณาจากราคารวม

คณะกรรมการร่างขอบเขตของงาน และกำหนดรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

1. นายยุทธพงษ์	อินทร์ก	ประธานกรรมการ	.....
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิพงค์	เปี่ยมสุวรรณ	กรรมการ	.....
3. นายวันเฉลิม	พูนสวัสดิ์	กรรมการและเลขานุการ	.....

ลงชื่อ ..... (ผู้อนุมัติ)

(รองศาสตราจารย์ ดร.ไชยิต ศรีภูธร)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี