

รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะครุภัณฑ์

ครุภัณฑ์วิทยาศาสตร์ จำนวน 3 รายการ ประกอบด้วย

1. ชุดการทดลองการเคลื่อนที่บนรางลม จำนวน 2 ชุด

1.1 คุณลักษณะทั่วไป

1.1.1 กระทำต่อวัตถุกับความเร่ง เป็นชุดทดลองที่ใช้ศึกษาการชนของวัตถุ 2 อัน บนรางไร้แรงเสียดทาน โดยพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของโมเมนตัม ความเร็ว และ พลังงานจลน์ของวัตถุ

1.1.2 ศึกษาโมเมนตัม และพลังงานของการชน ทั้งแบบยืดหยุ่น และไม่ยืดหยุ่น

1.2 คุณลักษณะเฉพาะ

1.2.1 เครื่องนับเวลาแบบ ดิจิตอลแสดงผล จำนวน 1 เครื่อง

1.2.1.1 มีจอแสดงผลเป็นตัวเลขชนิด LED หรือเทียบเท่า

1.2.1.2 สามารถควบคุมการเริ่มนับ / หยุดนับได้แบบใช้โฟโตเกต

1.2.1.3 มีฟังก์ชันการใช้งานที่แตกต่างกันไม่น้อยกว่า 7 ฟังก์ชัน ให้เลือกใช้ตามความเหมาะสม

ของการทดลอง

1.2.1.4 มีหลอด LED แสดงตำแหน่งของหน่วยที่ตัวเครื่อง ms, s ,cm/s,cm/s²,KHz

1.2.1.5 ฟังก์ชันสามารถแสดงผล 0.000 – 9999 วินาที หรือดีกว่า

1.2.1.6 สามารถเลือกเปลี่ยน Output Frequency ได้

1.2.1.7 มีฟังก์ชัน Count , Cycle , Gravity Acceleration , Acceleration , Collision ,

Timing I, Timing II ด้านหน้าเครื่องพร้อมสัญลักษณ์และไฟLED

1.2.1.8 ใช้กำลังไฟฟ้า 9 VDC

1.2.1.9 มีช่องเสียบoutput , input , Magnet Terminal, P1&P2, ปุ่ม On/Off ด้านหลังเครื่อง

1.2.2 เครื่องเป่าลม จำนวน 1 เครื่อง

1.2.2.1 ให้แรงลมอย่างต่อเนื่อง และสม่ำเสมอ

1.2.3 เซ็นเซอร์จับเวลาชนิดเป็นง่าม จำนวน 2 ตัว

1.2.4 รางลมไร้แรงเสียดทาน (Air track rail) พร้อมฐานตั้ง จำนวน 1 ชุด

1.2.4.1 ทำจากอลูมิเนียมความยาวของราง ไม่น้อยกว่า 150 เซนติเมตร

1.2.4.2 ที่ผิวหน้าของรางเจาะรู อย่างเป็นระเบียบโดยตลอด เพื่อให้ลมพุ่งออกมาได้อย่างสม่ำเสมอ

1.2.4.3 ที่ขอบรางแบ่งสเกลเป็นเซนติเมตร อ่านค่าได้ละเอียด อย่างน้อย 0.1 เซนติเมตร

1.2.5 วัตถุการชน จำนวน 2 อัน

1.2.6 ท่อลม จำนวน 1 อัน

1.2.7 แท่งโลหะยาวไม่น้อยกว่า 400 มิลลิเมตร จำนวน 1 แท่ง

1.2.8 อุปกรณ์ในชุดทดลองสามารถทำการทดลองการตกอิสระได้

1.2.9 อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ครบสมบูรณ์พร้อมที่จะทำการทดลอง

1.3 อุปกรณ์ประกอบเพิ่มเติม มีดังนี้

1.3.1 ชุดทดลองค่ายังมอดูลัส (Young's Modulus) จำนวน 1 ชุด

1.3.1.1 เป็นชุดทดลองที่ใช้ศึกษา ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของเส้นลวดโลหะ

1.3.1.2 ศึกษาหาความโค้งงอของคาน

1.3.1.3 มีอุปกรณ์ไม่น้อยกว่า ดังนี้

1.3.1.3.1 ฐานสำหรับวางอุปกรณ์เป็นรางเลื่อนทำด้วยอลูมิเนียม จำนวน 1 ชุด

1.3.1.3.2 อุปกรณ์สำหรับจับยึดเส้นลวดแบบเลื่อนได้ จำนวน 1 อัน

1.3.1.3.3 อุปกรณ์สำหรับจับยึดแท่งโลหะแบบเลื่อนได้ จำนวน 1 อัน

1.3.1.3.4 อุปกรณ์สำหรับจับยึดอุปกรณ์วัดแรงแบบเลื่อนได้ จำนวน 1 อัน

1.3.1.3.5 แท่งโลหะชนิดต่างๆ จำนวน 3 อัน

1.3.1.3.6 เครื่องบันทึกข้อมูล (Datalogger) จำนวน 1 เครื่อง

- มีจอแสดงผลแบบ LCD
- มีช่องสำหรับต่อกับเซนเซอร์ได้ 4 ช่อง หรือมากกว่า
- ความละเอียดในการแปลงสัญญาณอนาล็อก 12 บิต หรือดีกว่า
- สามารถบันทึกข้อมูลได้ 50,000 ข้อมูลต่อ 1 วินาที หรือดีกว่า
- มีแบตเตอรี่แบบชาร์จไฟในตัวเครื่อง
- เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ผ่าน USB
- สามารถอัปเดต Firmware ได้

1.3.1.3.7 อุปกรณ์สำหรับวัดแรง (Force sensor) จำนวน 1 ชุด

- พิสัยการวัด ± 50 นิวตัน
- ความละเอียด 0.1 นิวตัน

1.4 รายละเอียดอื่น ๆ

1.4.1 ผู้เสนอราคาต้องเป็นตัวแทนจำหน่ายโดยตรงจากบริษัทผู้ผลิตโดยมีหนังสือแต่งตั้งการเป็นตัวแทนเพื่อบริการหลังการขายที่มีประสิทธิภาพ

1.4.2 มีคู่มือการใช้งาน จำนวน 1 ชุด

1.4.3 รับประกันคุณภาพเป็นเวลา 1 ปี

จำนวน 3 ชุด

2.1 คุณสมบัติทั่วไป

- 2.1.1 เป็นชุดทดลองที่ใช้ศึกษาการขยายตัวของโลหะเนื่องจากความร้อน
- 2.1.2 ศึกษาการขยายตัวเชิงเส้นของแท่งโลหะชนิดต่างๆ

2.2 คุณสมบัติเฉพาะ

- | | | |
|-----------|---|-------------|
| 2.2.1 | อุปกรณ์ชุดทดลองการขยายตัวเชิงเส้น ติดตั้งบนฐานอลูมิเนียมสี่เหลี่ยม จำนวน 1 ชุด | |
| 2.2.2 | แท่งตัวอย่างไม่น้อยกว่า 3 แท่ง ได้แก่ ทองแดง สแตนเลส และอะลูมิเนียม | |
| 2.2.3 | ความยาวของแท่งตัวอย่างมีขนาดไม่น้อยกว่า 450 มิลลิเมตร | |
| 2.2.4 | ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งตัวอย่างไม่น้อยกว่า 5 มิลลิเมตร | |
| 2.2.5 | เกจวัดการขยายตัว จำนวน 1 ตัว | |
| 2.2.6 | คาลอริมิเตอร์ จำนวน 1 ชุด | |
| 2.2.7 | เครื่องดิจิตอลเทอร์โมมิเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง | |
| 2.2.8 | มีอุปกรณ์ครบสมบูรณ์ สามารถทำการทดลองได้ | |
| 2.2.9 | อุปกรณ์ประกอบเพิ่มเติม มีดังนี้ | |
| 2.2.9.1 | ชุดทดลองของไหลเบื้องต้น (Fundamental Fluid Experiment) จำนวน 2 ชุด | |
| 2.2.9.2 | เป็นชุดทดลองที่ใช้ศึกษา ความดันหลอด Venturi, ความดันต่างๆ, กาลักน้ำ และหลักการของปาสคาล | |
| 2.2.9.3 | ศึกษากฎการลอยตัวของ Buoyancy | |
| 2.2.9.4 | ศึกษาแรงตึงผิว | |
| 2.2.9.5 | ศึกษาความหนาแน่น - หลักการ Archimedes | |
| 2.2.9.6 | มีอุปกรณ์ไม่น้อยกว่า ดังนี้ | |
| 2.2.9.6.1 | ถังใส่น้ำทรงสี่เหลี่ยมแนวตั้ง | จำนวน 1 ใบ |
| | - มีช่องสำหรับปล่อยของเหลวออก 5 ช่อง | |
| 2.2.9.6.2 | ถังใส่น้ำทรงสี่เหลี่ยมแนวนอน | จำนวน 1 ใบ |
| 2.2.9.6.3 | เกจวัดแรงดันพร้อมสเกลวัดความลึกของของเหลว | จำนวน 1 อัน |
| 2.2.9.6.4 | ตัววัดแรงดันด้านบนของของเหลว | จำนวน 1 ตัว |
| 2.2.9.6.5 | อุปกรณ์สำหรับการทดลองของปาสคาล (Pascal) | จำนวน 1 ชุด |
| 2.2.9.6.6 | ตาชั่งสปริงขนาด 200 กรัม | จำนวน 1 ตัว |
| 2.2.9.6.7 | อุปกรณ์สำหรับการทดลองของเบอร์นูลลี (Bernoulli) | จำนวน 1 ชุด |

2.2.9.6.8 อุปกรณ์สำหรับการทดลองของอาร์คิมิดีส (Archimedes) จำนวน 1 ชุด

2.2.9.6.9 กระจกตวงพลาสติกใส ขนาด 50 มิลลิเมตร จำนวน 1 อัน

2.2.9.6.10 ชุดอุปกรณ์วัดแรงตึงผิว จำนวน 1 ชุด

- แบบวงกลม

- แบบทรงลูกบาศก์

- แบบสี่เหลี่ยม

2.2.10 ชุดศึกษาค่าคงที่ของแพลงค์ (Determine the Planck's Constant h by Laser)

จำนวน 2 ชุด

2.2.10.1 ศึกษาการวัดความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์โดยเลนส์สะท้อนแสงหรือการเลี้ยวเบน

2.2.10.2 ศึกษาคุณลักษณะของเลเซอร์ไดโอดเพื่อหาแรงดันไฟฟ้าที่ปล่อยออกมา

2.2.10.3 ศึกษาค่าคงที่ของพลังค์

2.2.10.4 มีอุปกรณ์ไม่น้อยกว่า ดังนี้

- ชุดอุปกรณ์สำหรับหาค่าคงที่ของแพลงค์ (Planck's Constant Apparatus)

จำนวน 1 ชุด

- ประกอบอยู่ในกล่องอลูมิเนียมขนาด $25 \times 12 \times 6$ เซนติเมตร

- เลเซอร์ไดโอดขนาด 3 V/3mW ความยาวคลื่นประมาณ 645nm

- ไดโอด V-I Characteristic Curve Module

- ไม้บรรทัดเหล็กและเกรตติง

- ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ จำนวน 1 เครื่อง

2.2.11 ชุดทดลองแก๊สเชิงอุดมคติ (Universal Law of Ideal Gas) จำนวน 1 ชุด

2.2.11.1 ศึกษากฎของบอยล์ (Boyles' law), กฎของชาร์ล (Charles' Law) และกฎของ
เกย์-ลูสแซค (Gay-Lussac's law)

2.2.11.2 เป็นชุดทดลองที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน ปริมาตร และอุณหภูมิ
ของก๊าซ

2.2.11.3 มีอุปกรณ์ไม่น้อยกว่า ดังนี้

2.2.11.3.1 เครื่องจักรความร้อน (Heat engine model) จำนวน 1 ชุด

- มีลูกสูบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 32 mm ทำจากกราไฟท์ หรือดีกว่า

- กระจกกลูกสูบทำด้วยแก้ว ขนาดความจุประมาณ 100 ml มีสเกลบอกระดับ

- ทนแรงดันได้สูงสุด 340 kPa หรือมากกว่า

- ตัวฐานทำด้วยอลูมิเนียม มีช่องสำหรับต่อท่อ 2 ช่อง

2.2.11.3.2 ถังก๊าซอลูมิเนียม จำนวน 1 ชุด

2.2.11.3.3 ฐานตั้งรูปตัว U พร้อมแท่งสแตนเลสยาวประมาณ 60 cm จำนวน 1 ชุด

2.2.11.3.4 ตั้มน้ำหนักขนาด 100 g จำนวน 2 อัน

2.2.11.3.5 ตั้มถ่วงน้ำหนักขนาด 35 g จำนวน 1 อัน

2.2.11.3.6 เครื่องบันทึกข้อมูล (Datalogger) จำนวน 1 เครื่อง

- มีจอแสดงผลแบบ LCD
- มีช่องสำหรับต่อกับเซนเซอร์ได้ 4 ช่อง หรือมากกว่า
- ความละเอียดในการแปลงสัญญาณอนาล็อก 12 บิต หรือดีกว่า
- สามารถบันทึกข้อมูลได้ 50,000 ข้อมูลต่อ 1 วินาที หรือดีกว่า
- มีแบตเตอรี่แบบชาร์จไฟในตัวเครื่อง
- เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ผ่าน USB
- สามารถอัปเดต Firmware ได้

2.2.11.3.7 เซนเซอร์วัดความดัน (Pressure sensor) จำนวน 1 ชุด

- มีช่องต่อวัดความดัน จำนวน 2 ช่อง หรือมากกว่า
- ช่วงการวัด + 10 kPa หรือกว้างกว่า
- ความละเอียด 0.01 kPa หรือดีกว่า
- ช่วงการวัด + 1.5 psi หรือกว้างกว่า
- ความละเอียด 0.001 psi หรือดีกว่า

2.2.11.3.8 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature sensor) จำนวน 1 ชุด

- ช่วงการวัดอุณหภูมิ -30 ถึง 110 °C (-22 ถึง 230 °F) หรือกว้างกว่า
- ความละเอียด 0.1 °C (0.1 °F) หรือดีกว่า

2.2.11.3.9 เซนเซอร์วัดการหมุน (Rotation sensor) จำนวน 1 ชุด

- ตำแหน่งเชิงมุม 0 – 360 องศา ความละเอียด 0.1 องศา หรือดีกว่า
- ความเร็วเชิงมุม (revs.) + 4 rev/s ความละเอียด 0.1 rev. หรือดีกว่า
- ความเร็วเชิงมุม (rads.) + 40 rad/s ความละเอียด 0.1 rad. หรือดีกว่า
- ระยะทางเชิงเส้น + 200 มม. ความละเอียด 0.1 มม. หรือดีกว่า
- ระยะทาง + 200 มม. เมื่อใช้รอกขนาด 11 มม. ความละเอียด 0.1 มม. หรือดีกว่า

- ระยะทาง + 2000 มิลลิเมตร เมื่อใช้รอกขนาด 31 และ 49 มิลลิเมตร
ความละเอียด 1 มิลลิเมตร หรือดีกว่า
- การแกว่ง + 20 องศา ความละเอียด 0.1 องศา หรือดีกว่า

2.2.11.3.10 DC power supply holder 1.5V/3.0V/4.5V/6.0V/7.5V/9.0V
จำนวน 1 ชุด

2.2.11.3.11 สายไฟ จำนวน 4 เส้น

2.2.12 ชุดทดลองโพลาไรส์ของแสง (Polarization of Light) จำนวน 1 ชุด

2.2.13 ชุดทดลองคลื่นน้ำ (Ripple Tank Experiment) จำนวน 1 ชุด

2.2.14 ชุดทดลองสเปกตรัมของแสง (The Measurement of Wavelength Spectrum on
Grating Observation) จำนวน 1 ชุด

2.3 เงื่อนไขอื่นๆ

2.3.1 ผู้เสนอราคาต้องเป็นตัวแทนจำหน่ายโดยตรงจากบริษัทผู้ผลิตโดยมีหนังสือแต่งตั้งการเป็น
ตัวแทนเพื่อบริการหลังการขายที่มีประสิทธิภาพ

2.3.2 มีคู่มือการใช้งาน จำนวน 1 ชุด

2.3.3 รับประกันคุณภาพเป็นเวลา 1 ปี

3. ชุดทดลองการเคลื่อนที่วิถีโค้ง จำนวน 4 ชุด

3.1 คุณลักษณะทั่วไป

3.1.1 เป็นชุดสาธิตการเคลื่อนที่แบบวิถีโค้ง (Projectile)

3.1.2 เป็นชุดสาธิตการอนุรักษ์พลังงานของการชนแบบยืดหยุ่น (Elastic collision) และแบบ
ไม่ยืดหยุ่น (Inelastic collision)

3.2 คุณลักษณะเฉพาะ

3.2.1 เครื่องยิงลูกบอล จำนวน 1 ชุด

3.2.1.1 ประกอบบนฐานอลูมิเนียม พร้อมขาตั้งปรับระดับได้ 3 จุด โดยมีที่แขวนอุปกรณ์
สำหรับยิงลูกบอลและเพนดูลัม

3.2.1.2 สามารถปรับความเร็วต้นของการยิงลูกบอลได้ 3 ระดับ

3.2.1.3 สามารถปรับมุมของการยิงลูกบอลได้

3.2.1.4 มีแผ่นสเกลเพื่อบอกมุมของเพนดูลัมในการทดลองเรื่องการชน

3.2.2 อุปกรณ์วัดความเร็วลูกบอล จำนวน 1 ชุด

3.2.2.1 ประกอบด้วยโฟโตเกจ 2 ตัว

3.2.2.2 แสดงผลการจับเวลาด้วย LED

3.2.2.3 มีพอร์ต USB สำหรับจับเวลาหรือหยุดเวลา

3.2.2.4 ฟังก์ชันการทำงาน

- During light blockage (สำหรับการเคลื่อนที่เชิงเส้นตรง)
- Between two light blockage (สำหรับการเคลื่อนที่แบบวงกลม)
- Between three light blockage (สำหรับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิก)

3.2.2.5 จับเวลาได้ตั้งแต่ 0-9.999 วินาที (ละเอียด 1 มิลลิวินาที)

3.2.2.6 มีโหมดการทำงาน 2 โหมด

- โหมด Cutoff แสงอินฟราเรดเพื่อการหยุดและจับเวลา
- โหมด สะท้อนแสงอินฟราเรดเพื่อหยุดและจับเวลา

3.2.2.7 การรีเซ็ต

- แบบ Manual reset
- แบบ Auto reset

3.2.2.8 ความกว้างสูงสุดที่วัดได้ 65 มิลลิเมตร

3.2.2.9 ความถี่สูงสุดที่สามารถวัดได้ 1 กิโลเฮิร์ตซ์

3.2.2.10 ความกว้างของสัญญาณพัลส์ต่ำสุด 1 มิลลิวินาที

3.2.2.11 ช่วงเวลาสัญญาณขาขึ้น 100 มิลลิวินาที

3.2.2.12 ใช้กระแสไฟฟ้า 150 มิลลิแอมป์

3.2.2.13 ขนาด 115 x 110 x 18 มิลลิเมตร

3.2.2.14 ใช้ไฟฟ้า Input 110-240 โวลต์ / จ่ายแรงดันกระแสตรง 9 โวลต์ 1 แอมป์

3.2.3 ลูกบอลเหล็ก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร จำนวน 2 ลูก

3.2.4 ลูกบอลเหล็ก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร จำนวน 1 ลูก

3.2.5 ลูกบอลแก้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร จำนวน 1 ลูก

3.2.6 ลูกบอลตะกั่ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร จำนวน 1 ลูก

3.2.7 อุปกรณ์สำหรับวัดมุม (Protractor) จำนวน 1 อัน

3.2.8 อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ครบสมบูรณ์ สามารถทำการทดลองได้

3.2.9 อุปกรณ์ประกอบเพิ่มเติม มีดังนี้

3.2.9.1 ชุดทดลองวงจร RLC (RC & RLC) จำนวน 1 ชุด

3.2.9.2 ศึกษาเวลาคงที่ของ C ในขณะที่เก็บหรือคายประจุของวงจร RC

3.2.9.3 ศึกษาการตอบสนองความถี่เรโซแนนซ์สำหรับวงจร RLC

3.2.9.4 มีอุปกรณ์ประกอบไม่น้อยกว่า ดังนี้

3.2.9.4.1 ชุดบล็อกต่อวงจร จำนวน 1 ชุด

- เป็นบล็อกสี่เหลี่ยมทำจากอะคริลิกใส ขนาดประมาณ 60 x 60 x 28 mm บรรจุอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไว้ภายใน สามารถเปิดออกเพื่อเปลี่ยนอุปกรณ์ที่บรรจุอยู่ภายในได้
- มีจุดเชื่อมต่อกันแต่ละบล็อก
- มีสัญลักษณ์บอกชนิดของอุปกรณ์ที่บรรจุอยู่ภายในสังเกตเห็นได้ชัดเจน
- มีแม่เหล็กติดอยู่ที่ฐานเพื่อความสะดวกในการวางบนแผ่นกระดานโลหะ

3.2.9.5 DC power supply holder 1.5V/3.0V/4.5V/6.0V/7.5V/9.0V จำนวน 1 ชุด

3.2.9.6 เครื่องกำเนิดสัญญาณคลื่นรูปไซน์ จำนวน 1 เครื่อง

- ให้กำเนิดความถี่ได้สูงสุด 5 kHz หรือมากกว่า
- ความละเอียด 0.01 Hz หรือดีกว่า
- แรงดันสูงสุด + 10 Vpp หรือมากกว่า
- กำลังสูงสุด 5W หรือมากกว่า
- ความผิดเพี้ยนของสัญญาณไม่เกิน 0.5% หรือดีกว่า

3.2.9.7 เครื่องบันทึกข้อมูล (Datalogger) จำนวน 1 เครื่อง

- มีจอแสดงผลแบบ LCD
- มีช่องสำหรับต่อกับเซนเซอร์ได้ 4 ช่อง หรือมากกว่า
- ความละเอียดในการแปลงสัญญาณอนาล็อก 12 บิต หรือดีกว่า
- สามารถบันทึกข้อมูลได้ 50,000 ข้อมูลต่อ 1 วินาที หรือดีกว่า
- มีแบตเตอรี่แบบชาร์จไฟในตัวเครื่อง
- เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ผ่าน USB
- สามารถอัปเดต Firmware ได้

3.2.9.8 เซนเซอร์วัดแรงดันไฟฟ้า (Voltage sensor) จำนวน 1 ชุด

- วัดได้สูงสุด + 12V หรือดีกว่า
- ความละเอียด 10mV หรือดีกว่า

3.3 เงื่อนไขอื่นๆ

3.3.1 ผู้เสนอราคาต้องเป็นตัวแทนจำหน่ายโดยตรงจากบริษัทผู้ผลิตโดยมีหนังสือแต่งตั้งการเป็นตัวแทนเพื่อบริการหลังการขายที่มีประสิทธิภาพ

3.3.2 มีคู่มือการใช้งาน จำนวน 1 ชุด

3.3.3 รับประกันคุณภาพเป็นเวลา 1 ปี