

รายละเอียดครุภัณฑ์ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์สำหรับอากาศยาน จำนวน 1 ห้อง
ราคา 3,000,000 บาท (สามล้านบาทถ้วน)

1. ความเป็นมา

ด้วยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ ได้จัดตั้งศูนย์ฝึกอบรมซ่อมบำรุงอากาศยานตามมาตรฐาน European Aviation Safety Agency (EASA) เพื่อพัฒนาบุคลากรด้านซ่อมบำรุงอากาศยาน และตอบสนองนโยบายของรัฐบาลที่ต้องการให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางด้านการบินในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก ซึ่งได้เปิดการเรียนการสอนในรุ่นที่ 1 เดือน เมษายน พ.ศ.2559 โดยโครงสร้างของหลักสูตร จำเป็นต้องศึกษาเรียนรู้ในพื้นฐานภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติ เรื่องพื้นฐานด้านฟิสิกส์สำหรับอากาศยาน (Module 2 Physics) ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นต้องมีห้องปฏิบัติการฟิสิกส์สำหรับอากาศยาน

2. วัตถุประสงค์

เพื่อเป็นห้องเรียนภาคปฏิบัติการฟิสิกส์สำหรับอากาศยาน (รองรับการเรียน-การสอน)

3. คุณสมบัติทั่วไป

ครุภัณฑ์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์สำหรับอากาศยาน เพื่อรองรับการจัดการเรียนการสอนของผู้เข้าอบรมซ่อมบำรุงอากาศยาน ซึ่งภายในห้องปฏิบัติการจะต้องมี เครื่องมือที่ใช้ปฏิบัติการที่สอดคล้องกับเนื้อหาการเรียนในภาคทฤษฎี และมีความครบถ้วนเป็นไปตามมาตรฐานสากล

4. คุณสมบัติเฉพาะ (Specification)

ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์สำหรับอากาศยาน จะประกอบด้วยชุดทดลองต่างๆ ดังนี้

- | | |
|---|-------------|
| 1. ชุดทดลองสมดุลของแรง (โต๊ะแรง) | จำนวน 1 ชุด |
| 2. ชุดทดลองการตกอิสระ | จำนวน 1 ชุด |
| 3. ชุดทดลองการสั่นแบบซิมเปิลฮาร์โมนิกส์ | จำนวน 1 ชุด |
| 4. ชุดทดลองการเคลื่อนที่ในแนวราบ | จำนวน 1 ชุด |
| 5. ชุดทดลองหาค่าแรงเสียดทาน | จำนวน 1 ชุด |
| 6. ชุดทดลองแคลอรีมิเตอร์ | จำนวน 1 ชุด |
| 7. ชุดทดลองกฎของก๊าซในอุดมคติ (กฎของบอยล์) | จำนวน 1 ชุด |
| 8. ชุดทดลองกฎของเลนส์และทัศนอุปกรณ์ | จำนวน 1 ชุด |
| 9. ชุดทดลองคลื่นนิ่งในเส้นเชือก | จำนวน 1 ชุด |
| 10. ชุดทดลองการสั่นพ้องของเสียง | จำนวน 1 ชุด |
| 11. ชุดทดสอบแรงดึง | จำนวน 1 ชุด |
| 12. ชุดทดสอบแรงบิด | จำนวน 1 ชุด |
| 13. ชุดทดลองโจโรสโคป | จำนวน 1 ชุด |
| 14. ชุดเฟอร์นิเจอร์ประกอบสำหรับห้องปฏิบัติการ | จำนวน 1 ชุด |
| 15. อุปกรณ์สนับสนุนการสอนและระบบความปลอดภัย | จำนวน 1 ชุด |

1/25/59
[Handwritten signatures and initials]

ครุภัณฑ์แต่ละรายการมีคุณลักษณะ ดังนี้

4.1 ชุดทดลองสมดุลของแรง (โต๊ะแรง)

จำนวน 1 ชุด

รายละเอียดทั่วไป

1. สามารถสาธิตในเรื่องเวกเตอร์เช่น การบวกของเวกเตอร์ได้
2. สามารถตรวจสอบจุดสมดุลเมื่อมีแรง 2 แรงสมมาตรกันได้

รายละเอียดเฉพาะ

1. ชุดโต๊ะแรงพร้อมรอก (Force Table) จำนวน 1 ชุด
 - 1.1 แผ่นวงกลมแบน จำนวน 1 แผ่น มีสเกลเป็นองศา 360 องศา ความละเอียด 1 องศา หรือดีกว่า
 - 1.2 ขาโต๊ะแบบแท่งเดี่ยว ยึดที่ตำแหน่งกลางโต๊ะ ทำด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง และฐานสามารถถอดเก็บได้
 - 1.3 รอกชนิดมีที่จับ จำนวน 3 ชุด
 - 1.3.1 สามารถยึดจับกับแผ่นวงกลมของโต๊ะแรงได้
 - 1.4 ที่แขวนตุ้มน้ำหนัก (Slotted Weight) จำนวน 3 ชุด
 - 1.5 สลักสำหรับเสียบที่ศูนย์กลางโต๊ะ 1 อัน
 - 1.6 ชุดตุ้มน้ำหนักทองเหลือง (Set of Slotted Weight) จำนวน 3 ชุดแต่ละชุดประกอบด้วยน้ำหนักค่าต่างๆ ดังนี้
 - 1.6.1 น้ำหนัก 5 กรัมจำนวน 2 อัน
 - 1.6.2 น้ำหนัก 10 กรัมจำนวน 2 อัน
 - 1.6.3 น้ำหนัก 20 กรัม จำนวน 2 อัน
 - 1.6.4 น้ำหนัก 50 กรัม จำนวน 3 อัน
 - 1.7 เชือกสำหรับคล้องน้ำหนัก จำนวน 1 ชุด
 - 1.7.1 ทำด้วยเส้นเชือก มีจำนวน 3 เส้น ปลายทั้งสองด้านของเชือกแต่ละเส้นมีห่วงสำหรับคล้องวงแหวนพลาสติกและแขวนชุดตุ้มน้ำหนักทองเหลือง
 - 1.7.2 มีห่วงวงแหวนพลาสติก จำนวน 1 อัน

4.2 ชุดทดลองการตกอิสระ

จำนวน 1 ชุด

รายละเอียดทั่วไป

1. สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเวลาที่ลูกบอลตกถึงพื้นได้
2. สามารถคำนวณหาค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกได้

รายละเอียดเฉพาะ

1. อุปกรณ์ชุดการตกอย่างอิสระ (Free Fall Apparatus) จำนวน 1 ชุด
 - 1.1 อุปกรณ์ปล่อยลูกบอล จำนวน 1 อัน
 - 1.1.1 ลูกบอลโลหะติดอยู่ได้โดยใช้แม่เหล็กขนาดเล็ก
 - 1.2 เสาสามารถเลื่อนตำแหน่งความสูงได้
 - 1.3 ฐานสำหรับรับลูกบอล จำนวน 1 อัน
 - 1.4 ลูกบอลโลหะ จำนวน 1 ชุด
 - 1.4.1 ลูกบอลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตรจำนวนไม่น้อยกว่า 3 ลูก

Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large signature and several smaller initials.

2. โฟโต้เกต (Photogate) จำนวน 1 ชุด
- 2.1 แสดงผลการจับเวลาด้วย LED ไม่น้อยกว่า 4 ตำแหน่ง
 - 2.2 มีพอร์ต USB สำหรับจับเวลาหรือหยุดเวลา
 - 2.3 ฟังก์ชันการทำงาน
 - 2.3.1 During light blockage
 - 2.3.2 Between two light blockage
 - 2.3.3 Between three light blockage
 - 2.3.4 จับเวลาได้ตั้งแต่ 0 ถึงไม่น้อยกว่า 9 วินาที (ละเอียด 1 มิลลิวินาที)
 - 2.3.5 มีโหมดการทำงาน แบบ Cutoff แสงอินฟราเรดเพื่อการหยุดและจับเวลา
 - 2.4 การรีเซต
 - 2.6.1 แบบ Manual reset
 - 2.6.2 แบบ Auto reset
 - 2.5 ความถี่สูงสุดที่สามารถวัดได้ 1 กิโลเฮิรตซ์
 - 2.6 ความกว้างของสัญญาณพัลส์ต่ำสุด 1 มิลลิวินาที
 - 2.7 ช่วงเวลาสัญญาณขาขึ้น 100 มิลลิวินาที
 - 2.8 ใช้ไฟฟ้า Input 110-240 โวลต์ / จ่ายแรงดันกระแสตรง 9 โวลต์ 1 แอมป์
3. สายไฟสำหรับต่อวงจร จำนวน 1 ชุด

4.3 ชุดทดลองการสั่นแบบซิมเปิลฮาร์โมนิกส์ จำนวน 1 ชุด

รายละเอียดทั่วไป

สามารถศึกษาคาบการสั่นแบบซิมเปิลฮาร์โมนิกได้

รายละเอียดเฉพาะ

1. โฟโต้เกต (Photogate) จำนวน 1 ชุด
- 1.1 แสดงผลการจับเวลาด้วย LED ไม่น้อยกว่า 4 ตำแหน่ง
 - 1.2 มีพอร์ต USB สำหรับจับเวลาหรือหยุดเวลา
 - 1.3 ฟังก์ชันการทำงาน
 - 1.3.1 During light blockage
 - 1.3.2 Between two light blockage
 - 1.3.3 Between three light blockage
 - 1.3.4 จับเวลาได้ตั้งแต่ 0 ถึงไม่น้อยกว่า 9 วินาที (ละเอียด 1 มิลลิวินาที)
 - 1.3.5 มีโหมดการทำงาน แบบ Cutoff แสงอินฟราเรดเพื่อการหยุดและจับเวลา
 - 1.4 การรีเซต
 - 1.4.1 แบบ Manual reset
 - 1.4.2 แบบ Auto reset
 - 1.5 ความถี่สูงสุดที่สามารถวัดได้ 1 กิโลเฮิรตซ์
 - 1.6 ความกว้างของสัญญาณพัลส์ต่ำสุด 1 มิลลิวินาที
 - 1.7 ช่วงเวลาสัญญาณขาขึ้น 100 มิลลิวินาที
 - 1.8 ใช้ไฟฟ้า Input 110-240 โวลต์ / จ่ายแรงดันกระแสตรง 9 โวลต์ 1 แอมป์

Handwritten signatures and initials in blue ink, including "GM 2" and "อ.อานนท์".

2. ชุดลูกตุ้มเพนดูลัมพร้อมเชือก จำนวน 1 ชุด
3. ชุดฐานตั้ง จำนวน 1 ชุด
 - 3.1 เป็นฐานตั้งแบบปรับระดับได้ 3 จุด
 - 3.2 มีเสาอลูมิเนียมทรงสี่เหลี่ยม ความยาวไม่น้อยกว่า 100 เซนติเมตร มีสเกลบอกระยะ
 - 3.3 ตัวเสามีร่องทั้งสี่ด้าน สำหรับติดอุปกรณ์จับยึดที่สามารถปรับเลื่อนขึ้น-ลง ได้

4.4 ชุดทดลองการเคลื่อนที่ในแนวราบ จำนวน 1 ชุด

รายละเอียดทั่วไป

เป็นชุดทดลองที่สามารถศึกษาหา ความเร็ว และความเร่ง ของการเคลื่อนที่ใน 1 มิติได้

รายละเอียดเฉพาะ

1. โฟโต้เกต (Photogate) จำนวน 2 ชุด
 - 1.1 แสดงผลการจับเวลาด้วย LED ไม่น้อยกว่า 4 ตำแหน่ง
 - 1.2 มีพอร์ต USB สำหรับจับเวลาหรือหยุดเวลา
 - 1.3 ฟังก์ชันการทำงาน
 - 1.3.1 During light blockage
 - 1.3.2 Between two light blockage
 - 1.3.3 Between three light blockage
 - 1.3.4 จับเวลาได้ตั้งแต่ 0 ถึงไม่น้อยกว่า 9 วินาที (ละเอียด 1 มิลลิวินาที)
 - 1.3.5 มีโหมดการทำงาน แบบ Cutoff แสงอินฟราเรดเพื่อการหยุดและจับเวลา
- 1.4 การรีเซ็ต
 - 1.4.1 แบบ Manual reset
 - 1.4.2 แบบ Auto reset
- 1.5 ความถี่สูงสุดที่สามารถวัดได้ 1 กิโลเฮิรตซ์
- 1.6 ความกว้างของสัญญาณพัลส์ต่ำสุด 1 มิลลิวินาที
- 1.7 ช่วงเวลาสัญญาณขาขึ้น 100 มิลลิวินาที
- 1.8 ใช้กระแสไฟฟ้า 150 มิลลิแอมป์
- 1.9 ใช้ไฟฟ้า Input 110-240 โวลต์ / จ่ายแรงดันกระแสตรง 9 โวลต์ 1 แอมป์

2. ชุดรางทดลอง ความยาวไม่น้อยกว่า 1,000 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชุด
 - 2.1 มีฐานปรับระดับแบบ 3 จุด สำหรับปรับไม่ให้งานเอียง
3. รถทดลองแบบแรงเสียดทานต่ำ โดยใช้ล้อ จำนวน 2 คัน
 - 3.1 รถทดลองมีแม่เหล็กติดอยู่ที่ตัวรถ สำหรับการทดลองการชนกันแบบยืดหยุ่นและไม่ยืดหยุ่น
4. มีที่ยึดเซนเซอร์แสงกับราง จำนวน 2 อัน
5. มีรอกแรงเสียดทานต่ำ จำนวน 1 อัน

4.5 ชุดทดลองหาค่าแรงเสียดทาน จำนวน 1 ชุด

Handwritten signature and initials in blue ink, including the name "อภิวัฒน์" (Aphivut) at the bottom.

รายละเอียดทั่วไป

สามารถศึกษาและคำนวณหาค่าแรงเสียดทานสถิตและแรงเสียดทานจลน์ได้

รายละเอียดเฉพาะ

1. ชุดอุปกรณ์การวัดแรงเสียดทาน (Friction Measuring Apparatus) จำนวน 1 ชุด
 - 1.1 อุปกรณ์สามารถยึดจับกับเครื่องชั่งสปริงได้
 - 1.2 รางทดลองสามารถปรับเอียงได้
 - 1.3 มีขนาดความยาวของอุปกรณ์ไม่น้อยกว่า 500 มิลลิเมตร
 - 1.4 มุมของพื้นเอียงสามารถปรับได้ 0 ถึง 45 องศา
2. เครื่องชั่งสปริง จำนวน 1 อัน
3. มีรางสำหรับยึดวัตถุ จำนวน 1 อัน
4. มีมวล 50 กรัม จำนวน 2 ก้อน

4.6 ชุดทดลองแคลอริมิเตอร์

จำนวน 1 ชุด

รายละเอียดทั่วไป

สามารถใช้หาค่าความจุความร้อนของวัสดุที่ต่างกันได้

รายละเอียดเฉพาะ

1. แคลอริมิเตอร์ จำนวน 1 ชุด
 - 1.1 แคลอริมิเตอร์สำหรับวัดความจุความร้อนจำเพาะ ของของเหลวและของแข็ง
 - 1.2 ประกอบด้วยผนังขนาด 2 ชั้น ภาชนะพลาสติกกนวนกันความร้อนบรรจุในเวสเซลกนวนกันความร้อน ภายในทำจากแก้วสะท้อน ขดลวดนำความร้อน และเครื่องกวนสาร
 - 1.3 เป็นปิกเกอร์อลูมิเนียมหรือวัสดุเคลือบฉนวนซึ่งเป็นฉนวน 2 ชั้น
 - 1.4 ปากปิกเกอร์มียางหุ้มอยู่หรือมีฝาปิดและมีรูสำหรับใส่เทอร์โมมิเตอร์กับที่คน
 - 1.5 พร้อมกับขดลวดให้ความร้อน
 - 1.6 ให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าสูงสุดไม่น้อยกว่า 6 โวลต์
 - 1.7 มีความจุไม่น้อยกว่า 150 มิลลิลิตร
2. เทอร์โมมิเตอร์ขนาด -10 ถึง +100 องศาเซลเซียส จำนวน 1 อัน
3. อลูมิเนียมสำหรับทดลองขนาดไม่น้อยกว่า 100 กรัม จำนวน 1 ขวด
4. ทองแดงสำหรับทดลองขนาดไม่น้อยกว่า 200 กรัม จำนวน 1 ขวด
5. เม็ดแก้วสำหรับทดลองขนาดไม่น้อยกว่า 100 กรัม จำนวน 1 ขวด
6. แหล่งจ่ายไฟฟ้าปรับค่าได้ขนาดไม่น้อยกว่า 0-18 โวลต์ 2 แอมแปร์ จำนวน 1 เครื่อง
 - 6.1 มีกำลังไฟไม่น้อยกว่า 100 วัตต์
 - 6.2 แสดงผลด้วยไฟ LED ไม่น้อยกว่า 3 ตำแหน่ง

4.7 ชุดทดลองกฎของก๊าซในอุดมคติ (กฎของบอยล์)

จำนวน 1 ชุด

รายละเอียดทั่วไป

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรและความดันของก๊าซที่อุณหภูมิคงที่ตามกฎของบอยล์

รายละเอียดเฉพาะ

- 1.1 เครื่องจักรความร้อน (Heat engine model) จำนวน 1 ชุด
- 1.1.1 มีลูกสูบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 32mm ทำจากกราไฟท์ หรือดีกว่า
- 1.1.2 กระบอกลูกสูบทำด้วยแก้ว ขนาดความจุ 100 ml มีสเกลบอกระดับ
- 1.1.3 ทนแรงดันได้สูงสุด 340 kPa หรือมากกว่า
- 1.1.4 ตัวฐานทำด้วยอลูมิเนียม มีช่องสำหรับต่อท่อ 2 ช่อง
- 1.2 ถังก๊าซอลูมิเนียม จำนวน 1 ชุด
- 1.3 ถังพลาสติก จำนวน 1 ใบ
- 1.4 ฐานตั้งรูปตัว U พร้อมแท่งสแตนเลสยาวประมาณ 60 cm จำนวน 1 ชุด
- 1.5 ตุ่มน้ำหนักขนาด 100 g จำนวน 2 อัน
- 1.6 ตุ่มถ่วงน้ำหนักขนาด 35 g จำนวน 1 อัน
- 1.7 ที่ยึดรูปกากบาท (Cross type holder) จำนวน 1 อัน
- 1.8 ท่อยางซิลิโคนพร้อมอุปกรณ์ต่อพ่วง จำนวน 1 ชุด
- 1.9 เครื่องบันทึกข้อมูล (Datalogger) จำนวน 1 เครื่อง
- 1.9.1 มีจอแสดงผลแบบ LCD
- 1.9.2 มีช่องสำหรับต่อกับเซนเซอร์ได้ 4 ช่อง หรือมากกว่า
- 1.9.3 ความละเอียดในการแปลงสัญญาณอนาล็อก 12 บิต หรือดีกว่า
- 1.9.4 สามารถบันทึกข้อมูลได้ 50,000 ข้อมูลต่อ 1 วินาที หรือดีกว่า
- 1.9.5 มีแบตเตอรี่แบบชาร์จไฟในตัวเครื่อง
- 1.9.6 เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ผ่าน USB
- 1.9.7 สามารถอัปเดต Firmware ได้
- 1.10 เซนเซอร์วัดความดัน (Pressure sensor) จำนวน 1 ชุด
- 1.10.1 มีช่องต่อวัดความดัน จำนวน 2 ช่อง หรือมากกว่า
- 1.10.2 ช่วงการวัด ± 10 kPa หรือกว้างกว่า
- 1.10.3 ความละเอียด 0.01 kPa หรือดีกว่า
- 1.10.4 ช่วงการวัด ± 1.5 psi หรือกว้างกว่า
- 1.10.5 ความละเอียด 0.001 psi หรือดีกว่า
- 1.11 เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature sensor) จำนวน 1 ชุด
- 1.11.1 ช่วงการวัดอุณหภูมิ -30 ถึง 110 °C (-22 ถึง 230 °F) หรือกว้างกว่า
- 1.11.2 ความละเอียด 0.1 °C (0.1 °F) หรือดีกว่า
- 1.12 เซนเซอร์วัดการหมุน (Rotation sensor) จำนวน 1 ชุด
- 1.12.1 ตำแหน่งเชิงมุม $0 - 360$ องศา ความละเอียด 0.1 องศา หรือดีกว่า
- 1.12.2 ความเร็วเชิงมุม (revs.) ± 4 rev/s ความละเอียด 0.1 rev. หรือดีกว่า
- 1.12.3 ความเร็วเชิงมุม (rads.) ± 40 rad/s ความละเอียด 0.1 rad. หรือดีกว่า
- 1.12.4 ระยะทางเชิงเส้น ± 200 มม. ความละเอียด 0.1 มม. หรือดีกว่า
- 1.12.5 ระยะทาง ± 200 มม. เมื่อใช้รอกขนาด 11 มม. ความละเอียด 0.1 มม. หรือดีกว่า
- 1.12.6 ระยะทาง ± 2000 มม. เมื่อใช้รอกขนาด 31 และ 49 มม. ความละเอียด 1 มม. หรือดีกว่า
- 1.12.7 การแกว่ง ± 20 องศา ความละเอียด 0.1 องศา หรือดีกว่า
- 1.13 อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ครบสมบูรณ์ สามารถทำการทดลองได้

Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large signature and several smaller initials.

4.8 ชุดทดลองกฎของเลนส์และทัศนอุปกรณ์

จำนวน 1 ชุด

รายละเอียดทั่วไป

เป็นชุดทดลองเกี่ยวกับคุณสมบัติของแสงเบื้องต้น สามารถทดลองได้ไม่น้อยกว่า 10 หัวข้อเช่น กล้องจุลทรรศน์, การเกิดภาพจากเลนส์, การเบี่ยงเบนของภาพ, การมองเห็นภาพ, การแก้ไขการมองเห็น (Correction of vision), กำลังขยาย, กล้องจุลทรรศน์, กล้องโทรทรรศน์ดาราศาสตร์, กล้องโทรทรรศน์ทางไกล (Terrestrial telescope), สไลด์โปรเจคเตอร์ เป็นต้น

รายละเอียดเฉพาะ

1. ชุดทดลองเรื่องแสงประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆดังนี้
 - 1.1 รางทดลองทัศนศาสตร์มีสเกลบอกระยะ ขนาดไม่น้อยกว่า 120 x12x4.5 ซม.
 - 1.2 เลนส์นูนความยาวโฟกัสไม่น้อยกว่า +140 มิลลิเมตร จำนวน 1 อัน
 - 1.3 เลนส์นูนความยาวโฟกัสไม่น้อยกว่า +95 มิลลิเมตร จำนวน 1 อัน
 - 1.4 กระจกเว้าความยาวโฟกัสไม่น้อยกว่า +140 มิลลิเมตร จำนวน 1 อัน
 - 1.5 กระจกนูนความยาวโฟกัสไม่น้อยกว่า -115 มิลลิเมตร จำนวน 1 อัน
 - 1.6 เลนส์เว้าความยาวโฟกัสไม่น้อยกว่า -95 มิลลิเมตร จำนวน 1 อัน
 - 1.7 แผ่นไดอะแฟรม แบบ 1 ช่องสลิต จำนวน 1 อัน
 - 1.8 แผ่นไดอะแฟรม แบบ 2 ช่องสลิต จำนวน 1 อัน
 - 1.9 ฉากรับแสงพื้นขาวพร้อมไมโครมิเตอร์ จำนวน 1 อัน
 - 1.10 กล้องหลอดไฟฮาโลเจน ขนาดไม่น้อยกว่า 20 วัตต์
 - 1.11 แผ่นกรองแสง สีแดง เหลือง น้ำเงิน และเขียว จำนวน 1 ชุด
 - 1.12 อุปกรณ์เสริมสำหรับศึกษาการแทรกสอดของแสง จำนวน 1 ชุด
 - 1.13 อุปกรณ์เสริมสำหรับศึกษาโพลาไรเซชัน จำนวน 1 ชุด
2. ชุดไดโอดเลเซอร์พร้อมแผ่นทดลองทางทัศนศาสตร์ จำนวน 1 ชุด
 - 2.1 ชุดทดลองสำหรับศึกษาการสะท้อนและการหักเหของแสง
 - 2.2 มีไดโอดเลเซอร์แบบ 1 ลำแสงขนาด 1 มิลลิวัตต์ หรือดีกว่า
 - 2.3 เลเซอร์มีช่วงความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 645 - 650 นาโนเมตรหรือดีกว่า
 - 2.4 แผ่นทางทัศนศาสตร์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 40 - 70 มิลลิเมตรหรือดีกว่าสามารถปรับหมุนทิศทางได้ 360 องศา จำนวน 1 อัน
3. ชุดส่วนประกอบทางทัศนศาสตร์ จำนวน 1 ชุด

4.9 ชุดทดลองคลื่นนิ่งในเส้นเชือก

จำนวน 1 ชุด

รายละเอียดทั่วไป

1. สามารถศึกษาเรื่องการเกิดคลื่นนิ่งในเส้นเชือก เมื่อใช้แรงดึงต่างกันได้
2. สามารถหาค่าความยาวคลื่นและความเร็วของคลื่นนิ่งที่เกิดขึ้นได้

รายละเอียดเฉพาะ

1. เครื่องกำเนิดคลื่นแบบสั่น (Vibration Generator) จำนวน 1 ชุด
 - 1.1 ใช้กลไกการสั่นทำให้เกิดคลื่นกลสำหรับการทดลอง

๑. ✓
 ๑๐๖
 ๑๐๖
 ๑๐๖

- 1.2 มีที่ยึดจับ (Mounting Pin) พร้อมช่องต่อ สำหรับต่อกับอุปกรณ์เสริม
2. ชุดอุปกรณ์เสริม จำนวน 1 ชุด
 - 2.1 มีฐานตั้งอุปกรณ์พร้อมแท่งเหล็ก
 - 2.2 เส้นเชือกทำจากยางหรือวัสดุอื่น ที่มีความคงทน แข็งแรง ความยาวไม่น้อยกว่า 1 เมตร
3. เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่ (Function Generator) จำนวน 1 เครื่อง
 - 4.1 สามารถกำเนิดสัญญาณความถี่ (Function generator) ให้กำเนิดสัญญาณไฟฟ้ารูปไซน์สามเหลี่ยม และสี่เหลี่ยม ได้
 - 4.2 จ่ายความถี่ได้ 0.1 เฮิรตซ์ถึง 100 กิโลเฮิรตซ์หรือดีกว่า
 - 4.3 หน้าจอแสดงผลเป็นตัวเลข LED
5. สายไฟสำหรับต่อวงจร จำนวน 1 ชุด

4.10 ชุดทดลองการสั่นพ้องของเสียง จำนวน 1 ชุด

รายละเอียดทั่วไป

เป็นชุดทดลองศึกษาคลื่นนิ่งในท่อปลายปิด, ในท่อปลายเปิดด้านเดียวและในท่อปลายเปิดสองด้าน

รายละเอียดเฉพาะ

1. เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่รูปไซน์ จำนวน 1 เครื่อง
 - 2.1 จ่ายความถี่ได้สูงสุด 1.5 KHz
 - 2.2 สามารถปรับเพิ่มความถี่ได้ 2 แบบ คือ 100 Hz และ 1 Hz
 - 2.3 สามารถปรับแอมพลิจูดได้
 - 2.4 มีจอแสดงผลเป็นตัวเลข
2. ท่อกำหนดชนิดติดตั้งลำโพงในตัว จำนวน 1 ชุด
 - 2.1 เป็นท่อทำจากแก้วรูปทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6cm ยาว 90cm วางบนฐานอลูมิเนียม
 - 2.2 มีสเกลบอกระยะติดที่ข้างท่อ
 - 2.3 ปลายท่อด้านหนึ่งติดลำโพงขนาด $4\Omega / 25W$ ส่วนท่ออีกด้านมีฝาปิดแบบเปิดได้
3. เม็ดโฟมขนาดเล็ก จำนวน 1 แพ็ค
4. สายเชื่อมต่อแบบ RCA จำนวน 1 เส้น
5. อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ครบสมบูรณ์ สามารถทำการทดลองได้

4.11 ชุดทดสอบแรงดึง จำนวน 1 ชุด

รายละเอียดทั่วไป

เป็นเครื่องทดสอบวัสดุ สามารถทำการทดสอบแรงดึง โดยมีโปรแกรมทดสอบและประมวลผลผ่านระบบคอมพิวเตอร์ สามารถแสดงค่าแรง ระยะดึง-กด และกราฟ ชนิด Real time ได้

รายละเอียดเฉพาะ

1. เป็นเครื่องทดสอบวัสดุอเนกประสงค์ขนาดไม่ต่ำกว่า 20 กิโลนิวตัน
2. เครื่องทดสอบควบคุมระบบส่งกำลังด้วยเซอร์โวมอเตอร์กำลังขับไม่น้อย 1500 วัตต์ โดยมีระยะดึง-กดไม่น้อยกว่า 1000 มิลลิเมตร(ระยะจากพื้นโต๊ะถึงคานบน)
3. มีค่าความละเอียดในการวัดเมื่อสอบเทียบตาม ISO 7500-1 เครื่องทดสอบต้องมีสมบัติทางมาตรวิทยา

Class 1 หรือดีกว่า

4. โครงสร้างสามารถติดตั้ง Load Cell ขนาด 20 KN พร้อมทั้งติดตั้ง Load cell ขนาด 20 kN 1 ชุด
5. มีโปรแกรมทดสอบและประมวลผล เลือกใช้ Load cell ได้หลายขนาด ซึ่งสามารถเลือกใช้ Load Cell ให้เหมาะสมกับเครื่องได้ โดยไม่ต้อง Calibration ทุกครั้งเมื่อมีการเปลี่ยน Load cell
6. Load Cell ต้องมีค่าความถูกต้องไม่เกิน 2mV/V Full scale หรือ ดีกว่า
7. ความเร็วสูงสุดในการทดสอบ 500 มิลลิเมตร/นาที และสามารถปรับตั้งความเร็วในการทดสอบได้ 0.005~500 มิลลิเมตรความถูกต้อง $\pm 0.01\%$ และความเร็วการกลับสู่ตำแหน่งเดิม (Return position) 500 มิลลิเมตร/นาที
8. มีความแม่นยำในการบอกตำแหน่งไม่เกิน 0.002 มิลลิเมตร หรือ ดีกว่า
9. สามารถเลือกหน่วยในการแสดงค่าได้ทั้ง 3 ระบบ คือ แอส.ไอ, เมตริก, และอังกฤษ
10. ระบบความปลอดภัย มีระบบ Over-stroke Limit เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่เกินค่าที่กำหนดไว้ และมี ปุ่มหยุดฉุกเฉิน (Emergency stop switch)
11. โปรแกรมประมวลผลการทดสอบ โดยสามารถแสดงสามารถแสดงกราฟ ของ Stress-Strain, Load-Elongation, Load-Time, Strain-Time, Stress-Time, Elongation-Time แบบ Real-Time ได้
12. โปรแกรมของการทดสอบสามารถเลือกค่า เช่น Young 's Modulus, Tangent Modulus, Chord Modulus, Elasticity Modulus ,Max stress, Strain, Yield point, Yield strength, Elongation, Energy , Break load
13. มีเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับการประมวลผล จำนวน 1 ชุด มีรายละเอียดทางเทคนิคดังนี้
 - หน่วยประมวลผลกลางแบบ i5 มีความเร็วสัญญาณนาฬิกา ไม่น้อยกว่า 3.0 GHz
 - หน่วยความจำหลักไม่น้อยกว่า 4 GB
 - หน่วยจัดเก็บข้อมูลไม่น้อยกว่า 1 TB
 - มีจอภาพแบบ LED มีขนาดไม่น้อยกว่า 18.5 นิ้ว
 - ระบบปฏิบัติการ Windows พร้อมลิขสิทธิ์ถูกต้องตามกฎหมาย
 - Keyboard และ Optical Mouse
14. มีชิ้นงานตัวอย่าง ทดสอบแรงดึงทำจากวัสดุต่างกัน 2 ชนิด ชนิดละ 100 ชิ้น

4.12 ชุดทดสอบแรงบิด

จำนวน 1 ชุด

รายละเอียดทั่วไป

เป็นเครื่องทดสอบแรงบิด ของวัสดุ (Torsion Tester) ใช้ศึกษาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์วิศวกรรมในเรื่องการทนต่อแรงบิดของวัสดุ ชุดทดสอบแรงบิดมีการควบคุมการทำงานและสั่งการด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และตรวจวัดแรงค่าแรงบิด ด้วย Torque cell และสามารถทดสอบได้ทั้ง วัสดุโลหะ และอโลหะ

รายละเอียดเฉพาะ

1. เป็นเครื่องทดสอบแรงบิด (Torsion tester) ขนาดไม่น้อยกว่า 50 นิวตันเมตร
2. ต้นกำลังเครื่องทดสอบเป็นแบบ Servo motor ขนาด 400 W / 3000 rpm หรือดีกว่า
3. โครงสร้างตัวเครื่องพื้นแผ่นเหล็กหนาไม่น้อยกว่า 15 มม.
4. ฐานและแท่นยึดมอเตอร์ติดตั้งแข็งแรง พร้อมขาปรับระดับ
5. ชุดจับชิ้นงาน(Grip to Grip) สามารถปรับระยะได้ไม่น้อยกว่า 340 มิลลิเมตร หรือดีกว่า
6. ปรับตั้งความเร็วรอบได้ตั้งแต่ 1-100 รอบต่อนาที หรือมากกว่า

รับ


7. ชุดจับขึ้นทดสอบแบบ Drill-type chuck หรือแบบ Collet chuck จับขึ้นทดสอบได้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 15 มิลลิเมตร
8. มีระบบป้องกันการเกิดอันตราย เครื่องจะหยุดการทำงานอย่างอัตโนมัติในทันที หากขึ้นทดสอบขาดหรือเกิดความเสียหาย และมีปุ่มหยุดฉุกเฉิน (Emergency stop switch)
9. ควบคุมการทำงานและสั่งการด้วยระบบคอมพิวเตอร์
10. สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วย USB/RS232
11. มีค่าความละเอียดในการนับรอบ $\pm 0.1\%$ หรือดีกว่า
12. มีชุดโปรแกรมสำเร็จรูปและการ์ด ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานและประมวลผลการทดสอบที่สามารถทำงาน ร่วมกับระบบปฏิบัติการ Windows
13. สามารถนำข้อมูลประยุกต์ใช้ร่วมกับโปรแกรม Microsoft Word และ Microsoft Excel หรือโปรแกรมอื่นๆ ที่วิเคราะห์ข้อมูลได้
14. มีโปรแกรมประมวลผลพร้อมการ์ดควบคุมการทดสอบบนเครื่องคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 ชุด
 - สามารถแสดงข้อมูลของ Torque – Angle (Radian ,Degree)
 - Torque – Time
 - Angle – Time
 - Torque – Cycle
 - Cycle - Time
 - แสดงกราฟแบบ Real-Time และ ปรับช่วงกราฟแบบอัตโนมัติ (Auto range) ได้
15. ซอฟต์แวร์สำหรับควบคุมการทำงานในการทดสอบแรงบิด อย่างน้อยมีดังนี้
 - ควบคุมโดยอัตราการเพิ่มแรงบิดคงที่ (Constant torque control)
 - ควบคุมโดยอัตรา(รอบ)คงที่ (Cycle rate constant control)
 - ควบคุมโดยอัตราเพิ่มองศาในการบิดเค้นคงที่ (Angle rate constant control)
 - ควบคุมโดยการกำหนดตำแหน่ง(องศา) หรือจำนวนรอบตามที่กำหนด
16. ชุดคอมพิวเตอร์สำหรับการแสดงผล จำนวน 1ชุด มีคุณลักษณะไม่ต่ำกว่าดังนี้
 - หน่วยประมวลผลกลางแบบ Intel Core i5 มีความเร็วสัญญาณนาฬิกา ไม่น้อยกว่า 3.0 GHz
 - หน่วยความจำไม่น้อยกว่า 4 GB
 - จอแสดงผลแบบจอกว้าง มีความกว้างไม่น้อยกว่า 18.5 นิ้ว
 - ฮาร์ดดิสก์ มีความจุไม่น้อยกว่า 1 TB
 - มีอุปกรณ์อ่านและเขียนแผ่นดีวีดี
 - ระบบปฏิบัติการ Windows พร้อมลิขสิทธิ์ถูกต้องตามกฎหมาย
 - USB Mouse ชนิด Optical scrolling

4.13 ชุดทดลองใจโรสโคป ประกอบด้วย

จำนวน 1 ชุด

4.13.1 ใจโรสโคปสำหรับสาธิตหน้าห้องเรียน

รายละเอียดทั่วไป

เป็นชุดทดลองไจโรสโคป เพื่อศึกษาพฤติกรรมการหมุนแบบไจโรสโคป ซึ่งนำไปใช้ในการอธิบายหลักการการทำงานของระบบเครื่องวัดทางการบิน (Conventional Aircraft Instrument Gauge) ได้

คุณลักษณะเฉพาะ

1. เป็นชุดสาธิตการหมุนแบบไจโรสโคป เพื่อใช้ในการศึกษาพฤติกรรมการหมุนแบบไจโรสโคป
2. ตัวเครื่องและส่วนประกอบหลัก ทำจากวัสดุทองเหลือง (Brass)
3. มีขนาดของจานไจโรสโคป (Gyroscopic Disk) ไม่เล็กกว่า 100 มม.
4. เครื่องถูกออกแบบให้สามารถสาธิตการหมุนแบบไจโรสโคปได้อย่างราบรื่น ไม่ติดขัด
5. ตัวเครื่องมีความสูงไม่น้อยกว่า 10 นิ้ว ทั้งนี้เพื่อการสาธิตด้านหน้าห้องได้อย่างชัดเจน
6. มีอุปกรณ์ประกอบอื่นที่จำเป็นพร้อมใช้งาน
7. มีคู่มือการใช้งาน


4.13.2 ไจโรสโคปสำหรับปฏิบัติการทดลอง

คุณลักษณะทั่วไป

- 1 ชุดทดลองที่ใช้ในการศึกษาไจโรสโคป 3 แกน
- 2 ศึกษาหา precession frequency ที่เป็นฟังก์ชันของ torque และ ความเร็วเชิงมุมของไจโรสโคป
- 3 ศึกษาหา nutational frequency ที่เป็นฟังก์ชันของความเร็วเชิงมุม และ โมเมนต์ของอินเนอร์เซียร์

คุณลักษณะเฉพาะ

1. ไจโรสโคป 3 แกน 1 ชุด
 - 1.1 มีแกนที่สามารถหมุน หรือแกว่งรอบแกนได้ 3 แกนในทิศทางที่แตกต่างกัน
 - 1.2 ที่จุดหมุนมีสเกลแบ่ง บอكمุมเอียงของแกน
 - 1.3 มีจานกลมเรียกว่าจาน ไจโร สามารถหมุนรอบแกนได้
 - 1.4 ปลายด้านหนึ่งของแกนมี ตั้มน้ำหนัก สามารถเลื่อนไปมาบนแกนได้
2. เซ็นเซอร์จับเวลาแบบแสดงผลด้วยตัวเลข 1 ตัว
 - 2.1 ใช้อินฟราเรดเป็นตัวตรวจจับสัญญาณ
 - 2.2 แสดงผลเป็นตัวเลขไม่น้อยกว่า 4 ตำแหน่ง
 - 2.3 เลือกฟังก์ชันการทำงานได้ 4 แบบ ดังนี้
 - 2.3.1 ฟังก์ชันการนับพัลส์ แสดงผลในช่วงไม่น้อยกว่า 0 – 9999 พัลส์
 - 2.3.2 ฟังก์ชันการนับเวลาระหว่างการบังแสง 2 ครั้ง แสดงผลในช่วงไม่น้อยกว่า 0.000 – 9.999 วินาที
 - 2.3.3 ฟังก์ชันการนับเวลาครึ่งคาบ แสดงผลในช่วงไม่น้อยกว่า 0.000 – 9.999 วินาที
 - 2.3.4 ฟังก์ชันการนับเวลาเต็มคาบ แสดงผลในช่วงไม่น้อยกว่า 0.000 – 9.999 วินาที
 - 2.4 ความถี่ในการทำงานสูงสุด 25 กิโลเฮิร์ตซ์
 - 2.5 ความเร็วในการแสดงผลไม่น้อยกว่า 0.5ไมโครวินาที

250

 9/14
 9/14/17

- 2.6 กระแสไฟที่ใช้ 130 mA
- 2.7 ความต่างศักย์ในการใช้งาน $5\text{ V} \pm 5\%$
- 2.8 ฐานตั้งแบบกลม (Barrel base) 1 ตัว
- 2.8.1 ทำจากโลหะหล่อเคลือบด้วยพลาสติกกันสนิม
- 2.8.2 ที่ฐานมีช่องสำหรับใส่ไม้เมตรเพื่อสะดวกต่อการเลื่อนหาระยะที่ต้องการได้
- 2.8.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 70 มม.
- 2.9 นาฬิกาจับเวลา 1 เรือน
- 2.10 แหล่งจ่ายไฟ 5 V สำหรับเซ็นเซอร์จับเวลา 1 อัน
- 2.11 ตุ่มน้ำหนัก ขนาด 10 กรัม 4 อัน
3. อุปกรณ์ทุกตัวที่เสนอต้องถูกนำมาใช้ในการทดลอง
4. อุปกรณ์ประกอบอื่นๆครบสมบูรณ์พร้อมที่จะทำการทดลอง

ชุดการทดลองในหัวข้อ 4.1 - 4.13 ในแต่ละชุดการทดลองประกอบด้วย

1. ต้องมีเอกสารทางทฤษฎี และคู่มือการทดลอง อย่างน้อย 1 ชุด
2. ต้องจัดให้มีการเรียนรู้ และอบรมการใช้เครื่องมือหรือสาริตการใ้ตามใบงานที่ได้ออกแบบตามข้อที่ 1
3. ต้องมีผู้จัดเก็บเอกสารตามข้อ 1 ในทุกรายการของชุดทดลองให้เป็นหมวดหมู่ ซึ่งขนาดตู้เก็บเอกสารขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของเอกสารที่ทางบริษัทจัดเตรียมตามหัวข้อดังกล่าว
4. ในกรณีที่คณะกรรมการลงความเห็นให้มีการแก้ไขการติดตั้งโยกย้ายเครื่องมือ เพื่อให้สามารถทำการทดลองได้อย่างเหมาะสมตามใบงานที่ได้ออกแบบไว้ ทั้งนี้บริษัทต้องไม่คิดค่าใช้จ่ายเพิ่ม

4.14 เฟอร์นิเจอร์ประกอบสำหรับห้องปฏิบัติการ

จำนวน 1 ชุด

ประกอบด้วย:

4.14.1 โต๊ะปฏิบัติการกลาง จำนวน 7 ชุด

รายละเอียด ดังนี้

1. โต๊ะปฏิบัติการกลาง ขนาด 0.90 เมตร x 1.80 เมตร x 0.75 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง)
2. พื้นบนเป็นไม้ปาติเกิ้ล ปิดผิวลามิเนต ความหนาไม่น้อยกว่า 2.5 cm.
3. โครงสร้างเป็นเหล็กกล่องขนาดไม่น้อยกว่า 1.5 x 1.5 นิ้ว มีความหนาไม่น้อยกว่า 2 mm. ใช้การเชื่อมเหล็กยึดโครงสร้างเข้าด้วยกัน เคลือบสีป้องกันสนิม และพ่นสีดำหรือสีเทา ที่ปลายขาโต๊ะมีปุ่มปรับระดับรองรับ

4.14.2 เก้าอี้ห้องปฏิบัติการ

จำนวน 30 ตัว

รายละเอียดทั่วไป

1. เก้าอี้ปฏิบัติการสามารถหมุนปรับระดับได้ ความสูงอยู่ระหว่าง 530- 620 มิลลิเมตรหรือกว้างกว่า ไม่มีพนักพิง
2. ที่นั่งเป็นไม้กึ่งกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 250 มิลลิเมตร หนาไม่น้อยกว่า 24 มิลลิเมตร ลงน้ำยารักษาเนื้อไม้แล้วพ่นทับด้วยแล็คเกอร์อย่างดี
3. ใต้พื้นที่นั่งยึดติดกับแผ่นเหล็กสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดไม่น้อยกว่า 150 x 150 มิลลิเมตร

Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large signature and several smaller initials.

4. มีแกนทำด้วยเหล็กตันมีความแข็งแรง ขนาดไม่เล็กกว่า 6 หุน มีเกลียวโดยรอบหมุนขึ้น - ลง ได้ด้านบนยึดกับแผ่นเหล็กจตุรัส ได้พื้นที่นั่งด้านล่างสวมอยู่ในปลอกเหล็ก มีเกลียวภายใน เมื่อปรับระดับความสูงสุดของที่นั่งแล้วจะไม่หลุดจากเก้าอี้
5. โครงขาเก้าอี้พ่นสีดำด้วยระบบ Epoxy
6. ขาเก้าอี้ทำจากเหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 19 มิลลิเมตร

4.14.3 โต๊ะติดผนังพร้อมอ่างล้างมือ

จำนวน 1 ชุด

รายละเอียดทั่วไป

1. โต๊ะระดับหน้าต่างพร้อมอ่างน้ำและก๊อกน้ำ ขนาด 600x1500x800 มม. (ลึกxกว้างxสูง)
2. ส่วนพื้นโต๊ะ Work Top วัสดุทำด้วยไม้อัดซีเมนต์ปิดผิวด้วยลามิเนทพลาสติกชนิด HPL (High Pressure Laminate) ด้วยระบบ Cold Press หนา 0.8 มม. ภายหลังปิดลามิเนท มีความหนาไม่น้อยกว่า 16 มม.
3. ส่วนของตัวตู้ และแผ่นหลังตู้ วัสดุทำด้วยไม้อัดซีเมนต์ปิดผิวด้วยลามิเนทพลาสติกชนิด HPL (High Pressure Laminate) ด้วยระบบ Cold Press หนา 0.8 มม. ภายหลังปิดลามิเนท มีความหนาไม่น้อยกว่า 16 มม. ปิดขอบ PVC หนา 2 มม. ด้วยกาวกันน้ำ (Hot Melt Glue) ลบมุมมนด้วยเครื่องจักร ชิ้นงานที่ได้จะต้องสนิทแน่น มีความประณีตเรียบร้อย
4. หน้าบาน และ ชั้นปรับระดับภายในตู้ วัสดุทำด้วยไม้ปาติเกิ้ลเคลือบเมลามีน ความหนาไม่น้อยกว่า 16 มม. ปิดขอบไม้ PVC หนา 2 มม. ด้วยกาวกันน้ำ (Hot Melt Glue) โดยลบมุมมนด้วยเครื่องจักร ชิ้นงานที่ได้จะต้องสนิทแน่น มีความประณีตเรียบร้อย สามารถปรับระดับความสูงต่ำภายในได้ไม่น้อยกว่า 3 ระดับ
5. บานพับเป็นสปริงล็อก ทำด้วยโลหะชุบนิเกิลป้องกันการเป็นสนิม
6. มือจับเปิด-ปิด หน้าบาน เป็นแบบ GRIP SECTION วัสดุทำด้วยพีวีซี มีขนาดไม่น้อยกว่า 21x50 มม. (กว้างxสูง) มีหัวท้ายปิดด้วย พีวีซี , พร้อม CARD LABEL ปิดด้วยแผ่นพลาสติก ทำด้วยอะคริลิกใส เพื่อปิดขอบป้องกันการเปื่อยขึ้นและเปรอะเปื้อนของแผ่นป้าย ติดตั้งกุญแจและป้ายชื่อได้โดยมือจับนี้จะต้องฝังอยู่ด้านบนสุดของหน้าบาน
7. อ่างน้ำเซรามิค ขนาดไม่น้อยกว่า 40x60x25 ซม. พร้อมสะดืออ่าง และที่ดักกลิ่น
8. ก๊อกน้ำ 1 ทาง ตัวก๊อกทำด้วยทองเหลืองชุบโครเมียม
9. จะต้องมีการต่อระบบน้ำเข้าตัวอ่างล้างมือให้สามารถใช้งานได้ โดยการติดตั้งต้องเป็นไปตามคำแนะนำของคณะกรรมการ และทางบริษัทต้องรับผิดชอบค่าติดตั้งทั้งหมด

4.14.4 ตู้เก็บอุปกรณ์

จำนวน 1 หลัง

รายละเอียดทั่วไป

1. ตู้เก็บอุปกรณ์ ขนาด 0.50x1.00x2.00 ม. (ลึกxกว้างxสูง)
2. โครงสร้างตู้ วัสดุทำด้วยไม้ปาติเกิ้ลบอร์ด หนา 19 มม. ปิดผิวด้วยเมลามีน (Melamine Film) ด้วยระบบ short cycle ปิดขอบ PVC หนา 2 มม. ด้วยกาวกันน้ำ (Hot Melt Glue) ลบมุมมนด้วยเครื่องจักร ชิ้นงานที่ได้จะต้องสนิทแน่น มีความประณีตเรียบร้อย
3. หน้าบานตู้ ส่วนล่าง (บานทึบ) วัสดุทำด้วยไม้ปาติเกิ้ลบอร์ด หนา 16 มม. ปิดผิวด้วยเมลามีน (Melamine Film) ด้วยระบบ short cycle ปิดขอบ PVC หนา 2 มม. ด้วยกาวกันน้ำ (Hot Melt Glue) ลบมุมมนด้วยเครื่องจักร ชิ้นงานที่ได้จะต้องสนิทแน่น

4. ชั้นปรับระดับ วัสดุทำด้วยไม้ปาติเกลบอร์ด หนา 16 มม. ปิดผิวด้วยเมลามีน (Melamine Film) ด้วยระบบ short cycle ปิดขอบ PVC หนา 2 มม. ด้วยกาวกันน้ำ(Hot Melt Glue) โดยลบมุมมนด้วยเครื่องจักร ชั้นงานที่ได้จะต้องสนิทแน่น สามารถปรับระดับความสูงต่ำภายในได้
5. หน้าบานตู้ส่วนบน (บานกระจก) วัสดุทำด้วยกระจกใส หนา 6 มม.
6. บานพับเป็นสปริงล็อก ทำด้วยโลหะชุบนิเกิลป้องกันการเป็นสนิม
7. กุญแจล็อกตู้ ทำด้วยโลหะชุบนิเกิลป้องกันการเป็นสนิมผลิตภัณฑ์ได้รับมาตรฐาน ISO9001
8. มือจับเปิด-ปิดตู้บานพับ ด้านล่าง เป็นแบบ GRIP SECTION วัสดุทำด้วยพีวีซี มีขนาดไม่น้อยกว่า 21x50 มม. (กว้างxสูง) มีหัวท้ายปิดด้วย พีวีซี ,พร้อม CARD LABEL ปิดด้วยแผ่นพลาสติกทำด้วยอะคริลิกใส เพื่อปิดขอบ ป้องกันการเปื่อยขึ้นและเปรอะเปื้อนของแผ่นป้าย ติดตั้งกุญแจและป้ายชื่อได้ โดยมือจับนี้จะต้องฝังอยู่ด้านบนสุดของหน้าบาน

4.14.5 โต๊ะอาจารย์พร้อมเก้าอี้

จำนวน 1 ชุด

รายละเอียดทั่วไป

1. โต๊ะทำงาน มีขนาดไม่น้อยกว่า 60 x 150 x 80 ซม.
2. โครงสร้างขาเป็นเหล็กกล่องขนาด 1"x2" หนาไม่น้อยกว่า 1.5 มม.พ่นทับด้วยสีฟ็อกซี่ ปลายขาปรับระดับวัสดุทำด้วยโลหะหุ้มด้วยพลาสติก สามารถปรับสูงต่ำตามพื้นที่ห้องได้
3. Work Top วัสดุทำด้วยไม้ปาติเกลบอร์ด หนา 19 มม. ปิดผิวด้วยเมลามีน (Melamine Film) ด้วยระบบ short cycle ปิดขอบ PVC หนา 2 มม. ด้วยกาวกันน้ำ(Hot Melt Glue) ลบมุมมนด้วยเครื่องจักร ชั้นงานที่ได้จะต้องสนิทแน่น มีความประณีตเรียบร้อย
4. ด้านข้าง หน้าบานลิ้นชัก วัสดุทำด้วยไม้ปาติเกลบอร์ด หนาไม่น้อยกว่า 16 มม. ปิดผิวด้วยเมลามีน (Melamine Film) ด้วยระบบ short cycle ปิดขอบ PVC หนา 2 มม. ด้วยกาวกันน้ำ (Hot Melt Glue) ลบมุมมนด้วยเครื่องจักร ชั้นงานที่ได้จะต้องสนิทแน่น มีความประณีตเรียบร้อย
5. กุญแจล็อกลิ้นชัก ทำด้วยโลหะชุบนิเกิลป้องกันการเป็นสนิมผลิตภัณฑ์ได้รับมาตรฐาน ISO9001
6. รางลิ้นชักเป็นแบบรับได้กล่อง วัสดุเป็นโลหะมีลูกกลิ้งพลาสติก
7. มือจับเปิด-ปิดหน้าบานลิ้นชัก เป็นแบบ GRIP SECTION วัสดุทำด้วยพีวีซี มีขนาดไม่น้อยกว่า ขนาด 21x50 มม.(กว้างxสูง) มีหัวท้ายปิดด้วยพีวีซี พร้อม CARD LABEL ปิดด้วยแผ่นพลาสติกทำด้วยอะคริลิกใสเพื่อปิดขอบป้องกันการเปื่อยขึ้นและเปรอะเปื้อนของแผ่นป้าย ติดตั้งกุญแจและป้ายชื่อได้ โดยมือจับนี้จะต้องฝังอยู่ด้านบนสุดของหน้าบานและหน้าลิ้นชัก
8. เก้าอี้แบบมีพนักพิง มีความกว้างไม่น้อยกว่า 55 ซม. ปรับความสูง-ต่ำ ด้วยระบบไฮดรอลิค หุ้มด้วยหนังเทียมหรือผ้า มีที่วางแขน ขามี 5 แฉก มีล้อ จำนวน 1 ตัว

4.14.6 ชั้นวางของ

จำนวน 1 ชุด

รายละเอียดทั่วไป

1. ตู้ล็อกเกอร์ ขนาด 0.40x1.20x1.80 ม. (ลึกxกว้างxสูง)
2. โครงสร้างตู้ วัสดุทำด้วยไม้ปาติเกลบอร์ด หนาไม่น้อยกว่า 16 มม. ปิดผิวด้วยเมลามีน (Melamine Film) ปิดขอบ PVC หนา 2 มม.
3. มีช่องสำหรับใส่ของ ไม่น้อยกว่า 12 ช่อง

สม 2/2/2


4.15 อุปกรณ์สนับสนุนการสอนและระบบความปลอดภัย จำนวน 1 ชุด
ประกอบด้วย

4.15.1 เครื่องฉายภาพ 3 มิติ แบบ Visualizer พกพา จำนวน 1 เครื่อง
รายละเอียดทั่วไป

1. เป็นเครื่องฉายภาพสามมิติ สามารถใช้งานร่วมกับเครื่องโปรเจคเตอร์ได้
2. สามารถซูมขยายภาพได้ไม่น้อยกว่า 180 เท่า (9X Optical + 20X Digital)
3. มีไฟสำหรับส่องสว่างวัตถุ อยู่บริเวณด้านบนของตัวเครื่อง
4. อุปกรณ์สร้างสัญญาณชนิด CMOS ขนาด 1/2 นิ้ว ความละเอียดไม่น้อยกว่า 5,000,000 Pixels
5. อัตราการเคลื่อนไหวภาพ 30 Frames / Sec
6. สามารถเลือกปรับการแสดงความละเอียดของการแสดงภาพแบบ HDMI ได้ทั้งแบบ 720P และ 1080P
7. มี Function SPLIT สามารถแบ่งภาพได้
8. มี Function Title โดยสามารถเลือกปรับตำแหน่งและขนาดได้
9. มีฟังก์ชันสามารถ Freeze ภาพได้และ ทำภาพซ้อนภาพได้
10. สามารถปรับโฟกัสได้แบบอัตโนมัติและปรับได้ด้วยมือ
11. มีช่องสำหรับใส่ SD Card อย่างน้อย 1 ช่อง
12. สามารถบันทึกภาพภายในตัวเครื่องได้ไม่น้อยกว่า 400 ภาพ พร้อมทั้งสามารถบันทึกลง SD Card ได้
13. สามารถบันทึกเป็นภาพเคลื่อนไหว ภายในตัวเครื่องได้
14. มีช่องต่อสัญญาณ Input อย่างน้อยดังนี้
 - 14.1 VGA Input x1
15. มีช่องต่อสัญญาณ Output อย่างน้อยดังนี้
 - 15.1 VGA Output x 1
 - 15.2 Audio x 1
 - 15.3 HDMI x 1
16. มีรีโมทสำหรับควบคุมการทำงานของเครื่อง
17. มีช่องสำหรับเชื่อมต่อระบบ LAN ชนิด RJ-45 จำนวน 1 ช่อง เพื่อเชื่อมต่อระบบ Network ได้
18. สามารถเชื่อมต่อสัญญาณ Wifi ของหน่วยงานได้ด้วยตัวเครื่องเอง และสามารถเปิดหน้า Web Browser ได้ โดยไม่ต้องผ่านเครื่อง Computer หรือ Notebook ใดๆ
19. สามารถเชื่อมต่อ Mouse เพื่อใช้เขียนข้อความบนหน้าจอได้โดยสามารถเลือกสี และเลือกเปลี่ยนขนาดของเส้นได้
20. สามารถเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยไม่ต้องใช้สาย เพื่อแสดงภาพจากหัวกล้องบนหน้าจอคอมพิวเตอร์และควบคุมสั่งงานเครื่อง Visualizer จากคอมพิวเตอร์ได้
21. สามารถบันทึกภาพทั้งภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวลงใน USB Thumb Drive ได้ โดยตรง โดยไม่ต้องผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์
22. มีช่องสัญญาณชนิด USB อย่างน้อย 2 ช่อง
23. รับประกันคุณภาพไม่น้อยกว่า 1 ปี

รับ
22/9/25
[Signature]

4.15.2 ชุดไมโครโฟนไร้สาย จำนวน 2 ชุด

รายละเอียดทั่วไป

1. เครื่องส่งสัญญาณเสียงพร้อมไมโครโฟน
 - 1.1 เป็นไมโครโฟนไร้สาย แบบติดที่ปกเสื้อ
 - 1.2 ใช้ในย่านความถี่ 576-865 MHz, UHF หรือ กว้างกว่า
 - 1.3 สามารถเลือกความถี่ได้ไม่น้อยกว่า 16 ช่องสัญญาณ หรือ ดีกว่า
 - 1.4 มีไฟแสดงสถานะการทำงาน
 - 1.5 ใช้ระบบการผสมสัญญาณแบบ PLL SYNTHESIZER
 - 1.6 มีระบบช่วยลดเสียงรบกวนจากภายนอก

2. ไมโครโฟนพร้อมคลิปหนีบ
 - 2.1 ไมโครโฟนแบบ Condenser รับเสียงรอบทิศทางแบบ Unidirectional
 - 2.2 สามารถรับระดับความดังเข้าได้สูงสุดที่ 120dB SPL
 - 2.3 จุดเชื่อมต่อแบบ Mini Jack 3.5 mm

4.15.3 ชุดเครื่องขยายเสียงพร้อมลำโพง จำนวน 1 ชุด

รายละเอียดทั่วไป

1. เครื่องขยายเสียง จำนวน 1 เครื่อง
 - 1.1 เป็นเครื่องขยายเสียงและผสมสัญญาณเสียงกำลังขยายไม่น้อยกว่า 60 วัตต์
 - 1.2 สามารถต่อไมโครโฟนได้ไม่น้อยกว่า 3 ช่อง และ AUX ไม่น้อยกว่า 2 ช่อง
 - 1.3 มีปุ่มปรับระดับเสียงอิสระแต่ละช่อง
 - 1.4 ตอบสนองความถี่ไม่น้อยกว่า 50 – 20,000 Hz หรือดีกว่า
 - 1.5 สามารถต่อบันทึกเทปได้ Record : 0 dB, 600 Ohms, Unbalanced หรือดีกว่า
 - 1.6 ช่องต่อกับลำโพงใช้ได้ทั้งแบบ High Impedance 100 V, 70V และแบบ Low Impedance 4 Ohms หรือดีกว่า
 - 1.7 อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน Over 60 dB หรือดีกว่า
 - 1.8 มีความเพี้ยน (Distortion) Under 1% ที่ 1 kHz หรือดีกว่า

2. ชุดลำโพงแบบติดผนัง จำนวน 2 คู่
 - 2.1 เป็นลำโพงชนิด 2 ทาง Bass reflex ตัวกล่องลำโพงทำจากเรซิน
 - 2.2 ลำโพงทนกำลังเสียงได้ไม่น้อยกว่า 30 วัตต์
 - 2.3 สามารถต่อลำโพงได้ 3 รูปแบบ 100V, 70V และ 8 โอห์ม
 - 2.4 ความดังของลำโพงที่ 1 วัตต์ / 1 เมตร ไม่น้อยกว่า 90 dB
 - 2.5 ความถี่ตอบสนองไม่น้อยกว่า 80 Hz ถึง 20,000 Hz
 - 2.6 ขนาดของลำโพงเสียงแหลมไม่น้อยกว่า 2.5 เซนติเมตร ชนิด Dome
 - 2.7 ขนาดของลำโพงเสียงทุ้มไม่น้อยกว่า 12 เซนติเมตร ชนิด Cone type
 - 2.8 มีขาแขวนรูปตัว U เป็นอุปกรณ์มาตรฐานแถมมาด้วย
 - 2.9 สามารถติดตั้งได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน

Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large signature and several smaller initials.

2.10 บริษัทต้องดำเนินการติดตั้งชุดเครื่องเสียงพร้อมลำโพง ในตำแหน่งที่กรรมการกำหนด และทดสอบการใช้งานจริง โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายเพิ่ม

4.15.4 เครื่องฉายภาพโปรเจคเตอร์พร้อมจอรับภาพ

จำนวน 1 ชุด

รายละเอียดทั่วไป

1. เป็นเครื่องฉายภาพระบบ 3LCD Technology
2. ความสว่าง Brightness 3200 ANSI Lumens หรือดีกว่า
3. ความละเอียด Resolution True XGA (1024X768) หรือดีกว่า
4. ความคมชัด Contrast 15,000 : 1 หรือดีกว่า
5. ระยะการฉายภาพ Image Size 30" - 300" หรือดีกว่า
6. ปรับแก้สี่เหลี่ยมคางหมู Keystone Correction +/- 30 แนวตั้ง
7. ปรับแก้สี่เหลี่ยมคางหมู Keystone Correction +/- 30 แนวนอน
8. อัตราส่วนของภาพ Native 4:3 หรือดีกว่า
9. อายุหลอดภาพ Lamp Life Nomal 5000 hr. หรือยาวนานกว่า
10. เมนูภาษาไทย Thai Menu ,HDMI Built-in
11. จอรับภาพ ขนาดเส้นทแยงมุม 100 นิ้ว จำนวน 1 จอภาพ
12. กรณีที่คณะกรรมการมีความเห็นว่าจะต้องมีการติดตั้งเครื่องฉายภาพพร้อมจอรับเพื่อให้ใช้งานได้จริง ทางบริษัทต้องดำเนินการติดตั้งตามคณะกรรมการเห็นชอบ โดยไม่คิดค่าใช้จ่าย

4.15.5 เครื่องสแกนลายนิ้วมือ จำนวน 4 ชุด

รายละเอียดทั่วไป

1. สามารถบันทึกลายนิ้วมือได้ไม่น้อยกว่า 500 ลายนิ้วมือ
2. หัวอ่านกระจกคริสตัม
3. มีแบตเตอรี่สำรองไฟ
4. มีระบบส่งข้อมูลผ่าน internet หรือดึงข้อมูลผ่าน LAN, USB
5. หน้าจอสีไม่น้อยกว่า 2.5 นิ้ว ไซร์รูปคนวางนิ้วได้, มีเสียงพูดภาษาไทย/อังกฤษ
6. ต้องมีการติดตั้งและบันทึกผู้ใช้งาน รวมถึงทดสอบการใช้งาน โดยค่าใช้จ่ายในการติดตั้งบริษัทเป็นผู้รับผิดชอบ (บริเวณการติดตั้งต้องเป็นไปตามกรรมการแนะนำ)

4.15.6 ระบบบันทึกภาพจากกล้องวงจรปิด

จำนวน 1 ชุด

รายละเอียดทั่วไป

1. เครื่องบันทึกภาพ ต้องมีช่องบันทึกภาพไม่น้อยกว่า 16 ช่อง
2. สามารถรองรับกล้องวงจรปิดได้ 3 ระบบ (HDCVI/IP/Analog(TVL))
3. แสดงผลขนาด Full HD 1080P Real Time / 720P Record
4. ส่งสัญญาณขาออก HDMI / VGA
5. สามารถบันทึกข้อมูลลง ฮาร์ดดิสก์ ขนาดไม่น้อยกว่า 8 TB
6. มีคอมพิวเตอร์และโปรแกรมบริหารจัดการและจัดการผ่าน Network

Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large signature and several smaller initials.

7. กล้องวงจรปิดที่สามารถใช้กับเครื่องบันทึกภาพและคอมพิวเตอร์ จำนวน 6 ตัว

5. คุณลักษณะอื่น ๆ

1. สินค้าทุกรายการต้องรับประกันคุณภาพไม่น้อยกว่า 1 ปี
2. มีคู่มือการใช้งาน และต้องมีการจัดอบรมในทุกๆ เครื่องมือเป็นเวลาเครื่องมือละไม่น้อยกว่า 1 วัน
 - 2.1 คู่มือจัดทำในรูปแบบเอกสารภาษาอังกฤษ 5 ชุด
 - 2.2 คู่มือจัดทำในรูปแบบ DVD (จัดทำรูปแบบ .doc และ .pdf file)
3. มีหนังสือตัวแทนจำหน่ายซึ่งยืนยันการสนับสนุนด้านบริการหลังการขายโดยตรงจากบริษัทฯ ผู้ผลิตหรือสาขาผู้ผลิตในประเทศ โดยระบุเลขที่เอกสารการประกวดราคาในครั้งนี้ (เฉพาะครุภัณฑ์หลักตามข้อกำหนด 4.1-4.13 เท่านั้น)
4. กำหนดส่งมอบของ ภายใน 120 วัน นับถัดจากวันลงนามสัญญา
5. ผู้เสนอราคาต้องทำรายการแยกราคาต่อหน่วยครุภัณฑ์ในใบส่งสินค้าเพื่อแสดงต่อคณะกรรมการตรวจรับ และชี้แจงรายละเอียดอุปกรณ์ วัสดุที่จัดซื้อ เป็นรายชื่อพร้อมแสดงรูปภาพและมีเลขหน้าที่แสดงถึงรายละเอียดของข้อกำหนดคุณลักษณะอย่างชัดเจน โดยทำสัญลักษณ์ด้วยสีเพื่อง่ายต่อการพิจารณาของคณะกรรมการ

๑๖๖

 ๑๖๖