

รายละเอียดประกอบการจัดซื้อครุภัณฑ์

1. ชื่อครุภัณฑ์ ชุดศึกษาด้านชลศาสตร์เพื่อความยั่งยืนด้านเทคโนโลยีการเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2. จำนวนที่ต้องการ 1 ชุด

3. รายละเอียดทั่วไป

ชุดศึกษาด้านชลศาสตร์เพื่อความยั่งยืนด้านเทคโนโลยีการเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย

3.1 โต๊ะชลศาสตร์ เพื่อจ่ายน้ำอุปกรณ์ทดลอง จำนวน 5 ชุด

3.2 ชุดทดลองหาจุดศูนย์กลางแรงกดดันของของไหล จำนวน 1 ชุด

3.3 ชุดทดลองการไหลผ่านร่องบาก จำนวน 2 ชุด

3.4 ชุดศึกษาเสถียรภาพของท่อน้ำ จำนวน 2 ชุด

3.5 ชุดทดลองทฤษฎีเบอร์นูลลี จำนวน 1 ชุด

3.6 ชุดทดลองการวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อ จำนวน 2 ชุด

3.7 ชุดทดลองการไหลผ่านรูคอตัดและลำน้ำอิสระ จำนวน 2 ชุด

3.8 ชุดทดลองหาแรงกระทำของลำน้ำ จำนวน 2 ชุด

3.9 ชุดทดลองปรากฏการณ์การเกิดโพรงอากาศในของเหลว จำนวน 1 ชุด

3.10 ชุดทดลองหาการสูญเสียของของไหลในท่อระบบปิด จำนวน 1 ชุด

3.11 ชุดศึกษาทดลองการกระทำของน้ำในท่อ จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย

3.11.1 เครื่องทดลองการกระทำของน้ำในท่อ จำนวน 1 เครื่อง

3.11.2 โต๊ะชลศาสตร์สำหรับจ่ายน้ำให้การทดลอง จำนวน 1 ตัว

3.11.3 โปรแกรมสำหรับประมวลผล ชุดศึกษาการกระทำของน้ำในท่อ จำนวน 1 โปรแกรม

3.11.4 เครื่องประมวลผลสำหรับชุดศึกษาการกระทำของน้ำ แบบพกพา จำนวน 1 เครื่อง

3.12 ชุดศึกษาการไหลของน้ำในรางน้ำเปิด แบบปรับตั้งรางได้ จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย

3.12.1 เครื่องทดลองรางน้ำเปิด แบบปรับตั้งรางได้ จำนวน 1 เครื่อง

3.12.2 อุปกรณ์สำหรับทดลองในรางน้ำเปิด จำนวน 1 ชุด

3.13 ชุดทดลองปั้มน้ำหอยโข่ง แบบต่อขนานและอนุกรม จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย

3.13.1 เครื่องทดลองปั้มน้ำแบบหอยโข่งแบบต่อขนานและอนุกรม จำนวน 1 เครื่อง

3.13.2 โปรแกรมสำหรับประมวลผล เครื่องทดลองปั้มน้ำแบบหอยโข่งแบบต่อขนานและอนุกรม

จำนวน 1 โปรแกรม

3.13.3 เครื่องประมวลผลสำหรับเครื่องทดลองปั้มน้ำแบบหอยโข่งแบบต่อขนานและอนุกรม

แบบพกพา จำนวน 1 เครื่อง

3.14 ชุดทดลองกังหันน้ำแบบเพลตันและฟรานซิส จำนวน 1 ชุด

3.15 โปรแกรมสำหรับประกอบการเรียนการสอนด้านปฏิบัติการชลศาสตร์ จำนวน 1 ชุด

4. รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

4.1 โต้ะชลศาสตร์ เพื่อจ่ายน้ำอุปกรณ์ทดลอง จำนวน 5 ชุด โดยแต่ละชุดมีรายละเอียด ดังนี้

4.1.1 พื้นโต๊ะด้านบนมีที่วางอุปกรณ์มีขนาดกว้างไม่น้อยกว่า 75 เซนติเมตร ยาวไม่น้อยกว่า 125 เซนติเมตร

4.1.2 มีรางน้ำ ขนาดกว้าง ไม่น้อยกว่า 25 เซนติเมตร ยาวไม่น้อยกว่า 70 เซนติเมตร ลึกไม่น้อยกว่า 17 เซนติเมตร

4.1.3 ถังเก็บน้ำมีขนาดความจุไม่น้อยกว่า 160 ลิตร ทำจาก พลาสติกประเภท PE พร้อมวาล์วระบายน้ำทิ้ง

4.1.4 ถังวัดปริมาตรเป็นชิ้นเดียวกับพื้นโต๊ะด้านบน โดยตัวถังวัดปริมาตรมีสเกลแบ่งเป็น 2 ระดับ สำหรับวัดอัตราการไหลต่ำขนาดไม่น้อยกว่า 10 ลิตร และวัดอัตราการไหลสูง ขนาดไม่น้อยกว่า 45 ลิตร

4.1.5 มีนาฬิกาจับเวลา ชนิดแสดงผลแบบตัวเลข จำนวนไม่น้อยกว่า 1 อัน

4.1.6 มีท่อยาง ความยาวไม่น้อยกว่า 80 เซนติเมตร พร้อมข้อต่อสำหรับต่อเข้ากับอุปกรณ์ทดลอง จำนวน 1 ชุด

4.1.7 มีปั้มน้ำจำนวนไม่น้อยกว่า 1 ตัว มีรายละเอียดไม่น้อยกว่าดังนี้

4.1.7.1 เป็นปั้มน้ำแบบหอยโข่ง (Centrifugal pump) ชนิดเรือนปั้มนสแตนเลส

4.1.7.2 ปั้มน้ำขนาดไม่น้อยกว่า 0.55 กิโลวัตต์

4.1.7.3 อัตราการไหลสูงสุด (Maximum Discharge) ไม่น้อยกว่า 80 ลิตร/นาที

4.1.7.4 หัวน้ำสูงสุด (Maximum Head) ไม่น้อยกว่า 18 เมตรน้ำ

4.1.8 มีวาล์วปรับอัตราการไหลชนิด Gate valve ขนาดไม่น้อยกว่า 1 นิ้ว

4.1.9 มีอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบโรตารีมิเตอร์ (Variable area flow meter) สามารถวัดอัตราการไหลได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 70 ลิตรต่อนาที จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ตัว

4.1.10 อุปกรณ์ทั้งหมดวางบนโครงเหล็กพ่นสี มีล้อเคลื่อนที่ได้และล็อกได้

4.1.11 ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ 1 เฟส 50 เฮิร์ตซ์

4.2 ชุดทดลองหาจุดศูนย์กลางแรงกดดันของของไหล จำนวน 1 ชุด โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4.2.1 มีถังสี่เหลี่ยม (Quadrant) ทำจากพลาสติกประเภท PVC มีสเกลบอกระดับน้ำอ่านละเอียด 1 มิลลิเมตร ผนังด้านนอกของถังจะต้องทำเป็นตารางเพื่อดูระดับน้ำขณะถังเอียงที่มุมต่าง ๆ ได้ ถังสี่เหลี่ยมมีขนาดดังนี้

4.2.1.1 มีรัศมีด้านในไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร

4.2.1.2 มีรัศมีด้านนอกไม่น้อยกว่า 200 มิลลิเมตร

4.2.1.3 มีความหนาไม่น้อยกว่า 75 มิลลิเมตร

- 4.2.2 ถังอะคริลิกใส มีความจุไม่น้อยกว่า 6 ลิตร พร้อมมีวาล์วระบายน้ำทิ้ง
- 4.2.3 อุปกรณ์ทดลองสามารถปรับมุมเอียงได้ ดังนี้ 0, 10, 20, และ 30 องศา เป็นอย่างน้อย
- 4.2.4 ระยะห่างจากจุดหมุนแบบคมมีดไปยังจุดแขวนน้ำหนักถ่วงไม่น้อยกว่า 280 มิลลิเมตร
- 4.2.5 มีก้านแขวนกอนน้ำหนัก จำนวนไม่น้อยกว่า 1 อัน
- 4.2.6 กอนน้ำหนักถ่วงสามารถสวมกับก้านแขวนน้ำหนักได้สะดวก มีขนาดต่าง ๆ ไม่น้อยกว่า ดังนี้
 - 4.2.6.1 กอนน้ำหนักขนาด 0.1 นิวตัน จำนวนไม่น้อยกว่า 4 อัน
 - 4.2.6.2 กอนน้ำหนักขนาด 0.5 นิวตัน จำนวนไม่น้อยกว่า 14 อัน
- 4.2.7 มีระดับน้ำตาไก่ (bull's eye level) สำหรับตรวจสอบระดับ

4.3 ชุดทดลองการไหลผ่านร่องบาก จำนวน 2 ชุด โดยแต่ละชุดมีรายละเอียด ดังนี้

- 4.3.1 แผ่นกั้นร่องบาก แบบร่องบากสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทำด้วยเหล็กสแตนเลส ตัวแผ่นมีความหนาไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร มีขนาดความสูงไม่น้อยกว่า 165 มิลลิเมตร และมีขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า 245 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น
- 4.3.2 มีแผ่นกั้นร่องบาก แบบร่องบากตัววี 90 องศา ทำด้วยเหล็กสแตนเลส ตัวแผ่นมีความหนาไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร มีขนาดความสูงไม่น้อยกว่า 165 มิลลิเมตร และมีขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า 245 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น
- 4.3.3 มีแผ่นกั้นร่องบาก แบบร่องบากตัววี 60 องศา ทำด้วยเหล็กสแตนเลส ตัวแผ่นมีความหนาไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร มีขนาดความสูงไม่น้อยกว่า 165 มิลลิเมตร และมีขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า 245 มิลลิเมตร จำนวน 1 แผ่น
- 4.3.4 มีเวอร์เนียสำหรับวัดระดับความสูงของน้ำ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 อัน มีคุณสมบัติไม่น้อยกว่าดังนี้
 - 4.3.4.1 เวอร์เนีย มีขนาดช่วงวัด ไม่น้อยกว่า 0 – 150 มิลลิเมตร สามารถวัดได้ละเอียด 0.05 มิลลิเมตร
 - 4.3.4.2 มีก้านสำหรับวัดเป็นแบบเข็มและแบบตะขอ
 - 4.3.4.3 แทนวางเวอร์เนียทำด้วยเหล็กสแตนเลสและมีลูกยางปรับระดับได้
- 4.3.5 มีหัวกระจายน้ำ (Diffuser) และ แผ่นพรุ่น (stilling baffle) เพื่อทำให้น้ำไหลนิ่งก่อนไหลผ่านร่องบาก จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด

4.4 ชุดศึกษาเสถียรภาพของท่อน จำนวน 2 ชุด โดยแต่ละชุดมีรายละเอียด ดังนี้

- 4.4.1 ท่อนมีขนาดความยาวไม่น้อยกว่า 400 มิลลิเมตร กว้างไม่น้อยกว่า 200 มิลลิเมตร สูงไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตร
- 4.4.2 ท่อนทำจากพลาสติก ประเภท PVC มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 มิลลิเมตร
- 4.4.3 มีเสากระโดงสูงไม่น้อยกว่า 450 มิลลิเมตร
- 4.4.4 มีสเกลสำหรับวัดมุมเอียงได้ไม่น้อยกว่า 13 องศา อ่านค่ามุมเอียงได้ละเอียด 0.5 องศา

- 4.4.5 มีก้อนน้ำหนักรวมน้ำหนัก 500 กรัม สามารถเลื่อนขึ้นลงบนเสากระโดงได้
- 4.4.6 มีก้อนน้ำหนักรวมน้ำหนัก 200 กรัม สำหรับเลื่อนถ่วงน้ำหนักทางข้างได้
- 4.4.7 มีไม้บรรทัดเหล็กสำหรับวัดระยะ ความยาวไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร จำนวนไม่น้อยกว่า 1 อัน

4.5 ชุดทดลองทฤษฎีเบอร์นูลลี จำนวน 1 ชุด โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- 4.5.1 ท่อเวนจูร์ทำด้วยอะคริลิกใส มีจุดวัดความดันที่ผนังท่อ 7 จุด โดยเป็นข้อต่อแบบสวมเร็ว
- 4.5.2 เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อเวนจูร์ขนาด ไม่น้อยกว่า 28 มิลลิเมตร และคอคอตไม่น้อยกว่า 14 มิลลิเมตร มีมุมเอียงด้านหน้าไม่น้อยกว่า 21 องศา และมีมุมเอียงด้านหลังไม่เกิน 10 องศา
- 4.5.3 มีท่อวัดหัวน้ำรวม (Total Head) ขนาดไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร ทำด้วยเหล็กสแตนเลส สามารถเลื่อนไปมาได้ตลอดความยาวของท่อเวนจูร์
- 4.5.4 มีมาโนมิเตอร์น้ำ ประกอบด้วยท่ออะคริลิกใสไม่น้อยกว่า 8 ท่อ ช่วงวัดไม่น้อยกว่า 0-450 มิลลิเมตร อ่านค่าได้ละเอียด 1 มิลลิเมตร พร้อมชุดสูบลมมือ มีวาล์วระบาย และมีจุดต่อวัดความดันเป็นข้อต่อแบบสวมเร็ว
- 4.5.5 มีวาล์วปรับอัตราการไหล จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ตัว
- 4.5.6 อุปกรณ์ทั้งหมดติดตั้งบนโครงเหล็กสแตนเลส มีฐานปรับระดับได้

4.6 ชุดทดลองการวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อ จำนวน 2 ชุด โดยแต่ละชุดมีรายละเอียด ดังนี้

- 4.6.1 มีอุปกรณ์วัดแบบโรตاميเตอร์ (Variable Area Flow) สามารถวัดอัตราการไหลได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 35 ลิตรต่อนาที
- 4.6.2 มีท่อเวนจูร์ (Venturi Tube) ทำด้วยอะคริลิกใส ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางทางเข้า ไม่น้อยกว่า 29 มิลลิเมตร และคอคอตไม่น้อยกว่า 17 มิลลิเมตร มุมเอียงด้านหน้าไม่น้อยกว่า 21 องศา และหลังไม่เกิน 14 องศา
- 4.6.3 มีแผ่นรูคอต (Orifice Plate) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร ในท่ออะคริลิกใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 29 มิลลิเมตร
- 4.6.4 มีท่อพิโทต (Pitot Tube) ติดตั้งในท่ออะคริลิกใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 19 มิลลิเมตร
- 4.6.5 มีมาโนมิเตอร์น้ำ ประกอบด้วยท่ออะคริลิกใสไม่น้อยกว่า 8 ท่อ ช่วงวัดไม่น้อยกว่า 0-450 มิลลิเมตร อ่านค่าได้ละเอียด 1 มิลลิเมตร พร้อมชุดสูบลมมือ มีวาล์วระบาย และมีจุดต่อวัดความดันเป็นข้อต่อแบบสวมเร็ว
- 4.6.6 อุปกรณ์ทั้งหมดติดตั้งบนโครงเหล็กสแตนเลส มีฐานปรับระดับได้

- 4.7 ชุดทดลองการไหลผ่านรูคอด และลำน้ำอิสระ จำนวน 2 ชุด โดยแต่ละชุดมีรายละเอียด ดังนี้**
- 4.7.1 มีถังอะคริลิกใส ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร สามารถปรับระดับน้ำให้คงที่ ที่ค่าต่าง ๆ ได้ โดยมีระดับหัวน้ำสูงสุดไม่น้อยกว่า 420 มิลลิเมตร และมีสเกลวัดข้างถึงมีความละเอียด 1 มิลลิเมตร
 - 4.7.2 มีแผ่นรูคอด (Orifice) สำหรับการระบายออกทางด้านข้างทำด้วยเหล็กสแตนเลสมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร จำนวนไม่น้อยกว่า 1 แผ่น
 - 4.7.3 มีแผ่นรูคอด (Orifice) สำหรับการระบายออกทางด้านข้างทำด้วยเหล็กสแตนเลสมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร จำนวนไม่น้อยกว่า 1 แผ่น
 - 4.7.4 มีเข็มชี้แนวลำน้ำที่ระบายออกด้านข้างทำด้วยเหล็กสแตนเลส ยาวไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร จำนวนไม่น้อยกว่า 8 เข็ม อุปกรณ์ทั้งหมดติดตั้งบนโครงเหล็กสแตนเลสที่ฐานสามารถปรับระดับได้
 - 4.7.5 มีกระบอกตวง (cylinder) ขนาดไม่น้อยกว่า 1 ลิตร จำนวนไม่น้อยกว่า 1 อัน
- 4.8 ชุดทดลองหาแรงกระทำของลำน้ำ จำนวน 2 ชุด โดยแต่ละชุดมีรายละเอียด ดังนี้**
- 4.8.1 ถังอะคริลิกใส มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร
 - 4.8.2 รูของหัวฉีดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 7 มิลลิเมตร
 - 4.8.3 แผ่นรองรับแรงกระทำ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 36 มิลลิเมตร
 - 4.8.4 แผ่นรองรับการกระทำมีรูปร่างต่าง ๆ ไม่น้อยกว่า ดังนี้
 - 4.8.4.1 แบบแผ่นเรียบ (Flat plate) จำนวน 1 อัน
 - 4.8.4.2 แบบกรวยด้านในไม่น้อยกว่า 120 องศา (120° inward cone) จำนวน 1 อัน
 - 4.8.4.3 แบบกรวยด้านนอกไม่น้อยกว่า 120 องศา (120° outward cone) จำนวน 1 อัน
 - 4.8.4.4 แบบครึ่งทรงกลมไม่น้อยกว่า 180 องศา (180° hemisphere) จำนวน 1 อัน
 - 4.8.5 หัวฉีดและแผ่นรองรับทำด้วยวัสดุไม่เป็นสนิม
 - 4.8.6 มีก้อนน้ำหนัก ขนาดต่างๆไม่น้อยกว่า ดังนี้
 - 4.8.6.1 ก้อนน้ำหนักขนาด 0.1 นิวตัน จำนวนไม่น้อยกว่า 4 อัน
 - 4.8.6.2 ก้อนน้ำหนักขนาด 0.5 นิวตัน จำนวนไม่น้อยกว่า 14 อัน
 - 4.8.7 อุปกรณ์ทั้งหมดติดตั้งบนโครงเหล็กสแตนเลส ที่ฐานสามารถปรับระดับได้
- 4.9 ชุดทดลองปรากฏการณ์การเกิดโพรงอากาศในของเหลว จำนวน 1 ชุด โดยมีรายละเอียด ดังนี้**
- 4.9.1 ท่อเวินจัวร์ทำด้วยอะคริลิกใส ท่อทางเข้ามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร และคอคอดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 5 มิลลิเมตร
 - 4.9.2 มีอุปกรณ์วัดค่าความดัน ไม่น้อยกว่าดังนี้
 - 4.9.2.1 มี Pressure gauge สำหรับวัดที่ด้านทางเข้า มีช่วงวัดระหว่าง 0 ถึง 1 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือดีกว่า จำนวน 1 ตัว

- 4.9.2.2 มี Vacuum gauge สำหรับวัดที่ช่วงคอคอด มีช่วงวัดไม่น้อยกว่า ระหว่าง -1 ถึง 0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือดีกว่า จำนวน 1 ตัว
- 4.9.3 อุปกรณ์ทั้งหมดติดตั้งบนโครงเหล็กสแตนเลส ที่ฐานสามารถปรับระดับได้
- 4.10 ชุดทดลองหาการสูญเสียของของไหลในท่อระบบปิด จำนวน 1 ชุด** โดยมีรายละเอียด ดังนี้
- 4.10.1 อุปกรณ์สำหรับทดลองความเสียดทานต่าง ๆ ติดตั้งบนแผงไม้อัดทนน้ำด้วยแผ่นพอร์มิกา หรือดีกว่า ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ไม่น้อยกว่านี้
- 4.10.1.1 ท่อพีวีซี ตรง อย่างน้อย 3 ขนาด ประกอบด้วยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า $3/4$, $1/2$ และ $3/8$ นิ้ว หรือมากกว่า
- 4.10.1.2 ท่อเหล็กสแตนเลส ตรง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า $1/4$ นิ้ว
- 4.10.1.3 มีข้อต่อพีวีซี แบบ ข้อโค้งเล็ก และโค้งใหญ่, ข้อต่อ 45 องศา, ท่อแยกตัววาย และท่อแยกตัวที หรือมากกว่า ในชุดทดลอง
- 4.10.1.4 มีวาล์ว แบบ Gate, Globe, Ball และ Check ในชุดทดลอง
- 4.10.1.5 มีท่อกรอง, ท่อขยายขนาดและลดขนาดฉับพลัน ในชุดทดลอง
- 4.10.2 มีปั้มน้ำจำนวนไม่น้อยกว่า 1 ตัว มีคุณสมบัติไม่น้อยกว่า ดังนี้
- 4.10.2.1 เป็นปั้มน้ำแบบหอยโข่ง (Centrifugal pump) ชนิดเรือนปั้มเหล็กสแตนเลส
- 4.10.2.3 ปั้มน้ำมีขนาดไม่น้อยกว่า 0.55 กิโลวัตต์
- 4.10.2.3 อัตราการไหลสูงสุด (Maximum Discharge) ได้ไม่น้อยกว่า 80 ลิตรต่อนาที
- 4.10.2.4 หัวน้ำสูงสุด (Maximum Head) ไม่น้อยกว่า 18 เมตรน้ำ
- 4.10.3 ถังเก็บน้ำทำจากพลาสติก ประเภท Polyethylene (PE) มีขนาดความจุไม่น้อยกว่า 80 ลิตร พร้อมมีวาล์วระบายน้ำทิ้ง
- 4.10.4 มีอุปกรณ์วัดการไหลแบบมาตรวัดน้ำ ขนาดไม่น้อยกว่า 1 นิ้ว จำนวน 1 ชุด
- 4.10.5 มีนาฬิกาจับเวลา ชนิดแสดงผลแบบตัวเลข จำนวนไม่น้อยกว่า 1 อัน
- 4.10.6 มีอุปกรณ์วัดความดันต่าง แบบมาโนมิเตอร์น้ำ ขนาดช่วงวัดระหว่าง 0 ถึง 950 มิลลิเมตร อ่านละเอียด 1 มิลลิเมตรน้ำ หรือดีกว่า พร้อมสูบลมมือ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
- 4.10.7 มีเกจวัดความดันต่าง (Differential gauge) ขนาดช่วงวัดไม่น้อยกว่า 0 ถึง 100 kPa หรือดีกว่า จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
- 4.10.8 มีอุปกรณ์วัดอัตราการไหลเป็นแบบโรตาริเตอร์ (Variable Area Flow) สามารถวัดอัตราการไหลสูงสุดไม่น้อยกว่า 70 ลิตรต่อนาที
- 4.10.9 จุดต่อวัดความดันแต่ละอุปกรณ์เป็นข้อต่อแบบสวมเร็ว และการวัดความดันอุปกรณ์แต่ละจุดสามารถวัดได้โดยไม่ต้องถอดสายวัดความดันย้ายจุด
- 4.10.10 อุปกรณ์ทั้งหมดติดตั้งบนโต๊ะโครงเหล็กพ่นสีกันสนิม มีล้อเคลื่อนที่ได้และล็อกได้
- 4.10.11 ชุดทดลองมีอุปกรณ์ป้องกันไฟรั่ว (ELCB) พร้อมกล่องครอบกันน้ำ
- 4.10.12 ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ 1 เฟส 50 เฮิร์ตซ์

4.11 ชุดศึกษาทดลองการกระแทกของน้ำในท่อ จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย

4.11.1 เครื่องทดลองการกระแทกของน้ำในท่อ จำนวน 1 เครื่อง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4.11.1.1 มีถังหัวน้ำ สูงไม่น้อยกว่า 900 มิลลิเมตร พร้อมท่อน้ำล้น

4.11.1.2 มีท่อส่งน้ำประกอบด้วย

4.11.1.2.1 ท่อสำหรับทดสอบคลื่นกระแทกในท่อ (Water Surge) ทำจาก เหล็กสแตนเลส ความยาวไม่น้อยกว่า 3 เมตร และมี Surge shaft ทำจากท่ออะคริลิกใสทรงกระบอก พร้อมมีวาล์วควบคุม การไหลของน้ำในท่อ

4.11.1.2.2 ท่อสำหรับทดสอบการเกิดค้อนน้ำ (Water Hammer) ทำจาก เหล็กสแตนเลส ความยาวไม่น้อยกว่า 3 เมตร พร้อมมีวาล์ว ควบคุมการไหลและวาล์วแบบปิดฉับพลัน

4.11.1.3 มีอุปกรณ์วัดแรงดันแบบสัญญาณไฟฟ้า ไม่น้อยกว่า 2 ตัว ติดตั้งอยู่กับท่อ สำหรับทดสอบการเกิดค้อนน้ำ (Water Hammer)

4.11.1.4 อุปกรณ์ทั้งหมดติดตั้งบนโครงเหล็กพ่นสี

4.11.1.5 ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ 1 เฟส 50 เฮิร์ตซ์

4.11.2 โตะชลศาสตร์ สำหรับจ่ายน้ำให้การทดลอง จำนวน 1 ตัว โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4.11.2.1 พื้นโตะด้านบนมีที่วางอุปกรณ์มีขนาดกว้างไม่น้อยกว่า 75 เซนติเมตร ยาว ไม่น้อยกว่า 125 เซนติเมตร

4.11.2.2 มีรางน้ำ ขนาดกว้าง ไม่น้อยกว่า 25 เซนติเมตร ยาวไม่น้อยกว่า 70 เซนติเมตร ลึกไม่น้อยกว่า 17 เซนติเมตร

4.11.2.3 ถังเก็บน้ำทำจาก พลาสติกประเภท PE มีความจุไม่น้อยกว่า 160 ลิตร พร้อมวาล์วระบายน้ำทั้งด้านล่าง

4.11.2.4 มีระดับน้ำตาไก่สำหรับเช็คระดับของโตะให้อยู่ในแนวราบ จำนวน 1 อัน

4.11.2.5 ถังวัดปริมาตรเป็นชิ้นเดียวกับพื้นโตะด้านบนโดยตัวถังวัดปริมาตรพร้อม สเกลแบ่งเป็น 2 ระดับ สำหรับวัดอัตราการไหลต่ำขนาดไม่น้อยกว่า 10 ลิตร และวัดอัตราการไหลสูง ขนาดไม่น้อยกว่า 45 ลิตร

4.11.2.6 มีจุดต่อน้ำออกไปยังอุปกรณ์ติดตั้งอยู่ที่พื้นรางน้ำทางต้นราง

4.11.2.7 มีปั้มน้ำจำนวนไม่น้อยกว่า 1 ตัว มีคุณสมบัติไม่น้อยกว่า ดังนี้

4.11.2.7.1 เป็นปั้มน้ำแบบหอยโข่ง (Centrifugal pump) ชนิดเรือนปั้ม ทำจากเหล็กสแตนเลส

4.11.2.7.2 เป็นปั้มน้ำขนาดไม่น้อยกว่า 0.55 กิโลวัตต์

4.11.2.7.3 อัตราการไหลสูงสุด(Maximum Discharge)

ไม่น้อยกว่า 80 ลิตร/นาที

4.11.2.7.4 หัวน้ำสูงสุด (Maximum Head) ไม่น้อยกว่า 18 เมตรน้ำ

4.11.2.8 มีวาล์วปรับอัตราการไหลชนิด Gate valve ขนาดไม่น้อยกว่า 1 นิ้ว

4.11.2.9 มีอุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบโรตاميเตอร์ (Variable area flow meter) สามารถวัดได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 70 ลิตรต่อนาที จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ตัว

4.11.2.10 อุปกรณ์ทั้งหมดวางบนโครงเหล็กพ่นสี มีล้อเคลื่อนที่ได้และล็อกได้

4.11.2.11 ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ 1 เฟส 50 เฮิร์ตซ์

4.11.3 โปรแกรมสำหรับประมวลผล ชุดศึกษาการกระแทกของน้ำในท่อ จำนวน 1 โปรแกรม โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4.11.3.1 เป็นโปรแกรมที่มีลิขสิทธิ์ถูกต้องจากผู้ผลิตเดียวกันกับชุดทดสอบ

4.11.3.2 เป็นโปรแกรมบรรจุอยู่ใน Flash Drive และ Flash Drive มีขนาดความจุ ไม่น้อยกว่า 8 GB หรือดีกว่า

4.11.3.3 สามารถใช้งานได้กับระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 10 ขึ้นไป

4.11.3.4 โปรแกรมสามารถดูข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง วิธีทดลอง การคำนวณผล บันทึกผล และสั่งพิมพ์ได้

4.11.3.5 โปรแกรมสามารถเลื่อนกราฟย้อนกลับมาดูช่วงที่คลื่นเสิร์จสูงสุดได้

4.11.3.6 โปรแกรมสามารถขยายภาพกราฟได้

4.11.3.7 โปรแกรมสามารถแสดงเวลาต่างระหว่างจุดวัดความดันทั้ง 2 จุดได้

4.11.3.8 โปรแกรมมีสัญญาณเตือนแจ้งช่วงเวลาที่เหมาะสมในการปิดวาล์วเพื่อทดสอบ

4.11.4 เครื่องประมวลผลสำหรับชุดศึกษาการกระแทกของน้ำ แบบพกพา จำนวน 1 เครื่อง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4.11.4.1 มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ไม่น้อยกว่า 4 แกนหลัก (4 core) และ 8 แกนเสมือน (8 Thread) และมีเทคโนโลยีเพิ่มสัญญาณนาฬิกาได้ในกรณีที่ ต้องใช้ความสามารถในการประมวลผลสูง (Turbo Boost หรือ Max Boost) โดยมีความเร็วสัญญาณนาฬิกาสูงสุด ไม่น้อยกว่า 4 GHz จำนวน 1 หน่วย

4.11.4.2 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) มีหน่วยความจำแบบ Cache Memory รวมในระดับ (Level) เดียวกันขนาดไม่น้อยกว่า 8 MB

4.11.4.3 มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด DDR4 หรือดีกว่า ขนาดไม่น้อยกว่า 8 GB

- 4.11.4.4 มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล ชนิด SATA หรือดีกว่า ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 1 TB หรือ ชนิด Solid State Drive ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 250 GB จำนวน 1 หน่วย
- 4.11.4.5 มีจอภาพที่รองรับความละเอียดไม่น้อยกว่า 1,366 x 768 Pixel และมีขนาดไม่น้อยกว่า 12 นิ้ว
- 4.11.4.6 มีกล้องความละเอียดไม่น้อยกว่า 1,280 x 720-pixel หรือ 720p
- 4.11.4.7 มีช่องเชื่อมต่อ (Interface) แบบ USB 2.0 หรือดีกว่า ไม่น้อยกว่า 3 ช่อง
- 4.11.4.8 มีช่องเชื่อมต่อแบบ HDMI หรือ VGA จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
- 4.11.4.9 มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย (Network Interface) แบบ 10/100/1000 Base-T หรือดีกว่าแบบติดตั้งภายใน (Internal) หรือภายนอก (External) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง

4.12 ชุดศึกษาการไหลของน้ำในรางน้ำเปิด แบบปรับห้องรางได้ จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย

4.12.1 เครื่องทดลองรางน้ำเปิด แบบปรับห้องรางได้ จำนวน 1 เครื่อง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4.12.1.1 รางน้ำเปิด มีรายละเอียดดังนี้

- 4.12.1.1.1 ความกว้างของรางน้ำมีขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร
- 4.12.1.1.2 ความลึกของรางน้ำมีขนาดไม่น้อยกว่า 350 มิลลิเมตร
- 4.12.1.1.3 ความยาวของรางน้ำช่วงผนังใสมีความยาวไม่น้อยกว่า 8 เมตร
- 4.12.1.1.4 ผนังด้านข้างของรางน้ำทำจากอะคริลิกใสความหนาไม่น้อยกว่า 8 มิลลิเมตร ผนังด้านข้างเสริมความแข็งแรงด้วยโครงค้ำยันที่ทำด้วยเหล็กสแตนเลส (Stainless Steel)
- 4.12.1.1.5 มีสเกลบอกระดับความลึกของน้ำในรางน้ำที่ตำแหน่งต่าง ๆ ตามช่วงความยาวของรางน้ำ
- 4.12.1.1.6 ห้องรางน้ำทำจากเหล็กสแตนเลส (Stainless Steel) หนาไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร มีผิวหน้าเรียบสม่ำเสมอตลอดความยาวของรางน้ำ และติดตั้งอยู่บนโครงสร้างเหล็กพ่นสี มีที่สำหรับยึดแบบจำลอง ต่าง ๆ ได้ พร้อมมีจุดต่อสำหรับรองรับการวัดความดันที่ห้องรางน้ำ
- 4.12.1.1.7 ห้องรางน้ำส่วนกลางสามารถปรับระดับให้ลึกกว่าระดับห้องน้ำปกติ ได้ 100 มิลลิเมตร และสามารถปรับให้สูงกว่าระดับห้องน้ำปกติได้ 120 มิลลิเมตร

- 4.12.1.2 โครงสร้างรับรางน้ำเปิด มีรายละเอียด ดังนี้
 - 4.12.1.2.1 มีลักษณะเป็นโครงสร้างเหล็กพ่นสี
 - 4.12.1.2.2 สามารถปรับความลาดเอียงของท้องรางน้ำได้ในช่วง -1 ถึง 3 เปอร์เซ็นต์ หรือดีกว่า
 - 4.12.1.2.3 ระบบปรับความลาดเอียงของท้องรางน้ำสามารถปรับด้วยสกรู และมีการป้องกันการเกิดแรงตึงกับสกรูยกขณะมีการยกเอียง
- 4.12.1.3 ถังเก็บน้ำ (Storage Tank) ทำจากพลาสติก ประเภท PE มีขนาดความจุไม่น้อยกว่า 500 ลิตร
- 4.12.1.4 ถังหัวน้ำ (Head Tank) ตัวถังทำจากเหล็กสเตนเลส ภายในถังติดตั้งอุปกรณ์สลายพลังงานเพื่อให้น้ำไหลนิ่ง
- 4.12.1.5 ถังท้ายน้ำ (End Tank) ตัวถังทำจากเหล็กสเตนเลสสำหรับรับน้ำที่ไหลจากรางและส่งไปเก็บที่ถังเก็บน้ำ
- 4.12.1.6 มีประตูระบายน้ำ (Sluice Gate) ติดตั้งที่บริเวณท้ายรางน้ำ โดยผ่านประตูระบายน้ำทำจากเหล็กสเตนเลสขับเคลื่อนด้วยระบบเฟืองทด (Rack and Pinion) สามารถปรับระดับได้ง่ายจากทางด้านข้าง
- 4.12.1.7 มีปั๊มน้ำ (Centrifugal Pump) ขนาดไม่น้อยกว่า 1.5 กิโลวัตต์ สามารถให้อัตราการไหลไม่น้อยกว่า 500 ลิตรต่ออนาที
- 4.12.1.8 มีมาตรวัดน้ำ ขนาดไม่น้อยกว่า 3 นิ้ว จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ตัว
- 4.12.1.9 มีนาฬิกาจับเวลา ชนิดแสดงผลแบบตัวเลข จำนวนไม่น้อยกว่า 1 อัน
- 4.12.1.10 ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ 1 เฟส 50 เฮิรตซ์

4.12.2 อุปกรณ์สำหรับทดลองในรางน้ำเปิด จำนวน 1 ชุด โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- 4.12.2.1 มีอุปกรณ์วัดความลึกของน้ำ (Vernier Hook and Point Gauge) จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ชุด สามารถวัดความลึกของน้ำทำจากเหล็กสเตนเลส (Stainless Steel) ปลายเป็นแบบเข็มและตะขอ สามารถถอดเปลี่ยนได้ โดยมีช่วงระยะวัด 0-300 มิลลิเมตร สามารถอ่านได้ละเอียด 0.05 มิลลิเมตร
- 4.12.2.2 มีแบบจำลองฝาย ประกอบด้วยฐานยึดติดกับท้องรางน้ำโดยการขันสกรูไม่เกิดการรั่วซึมเวลาใช้งาน และมีแผ่นฝายร่องบากสามเหลี่ยม 60 องศา (V-notch Weir) จำนวน 1 แผ่น และแผ่นฝายร่องบากสี่เหลี่ยม (Rectangular Notch) จำนวน 1 แผ่น โดยแผ่นฝายทำจากเหล็กสเตนเลส
- 4.12.2.3 มีแบบจำลองฝายแบบสันคม (Sharp Crested Weir) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด

- 4.12.2.4 มีแบบจำลองฝายสันกว้าง (Broad Crested Weir) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด และมีแบบจำลองฝายสันโค้ง (Round edge) จำนวน 1 ชุด ใช้ยึดร่วมกับแบบจำลองฝายสันกว้าง
- 4.12.2.5 มีแบบจำลองฝายน้ำล้น (Dam spillway) พร้อมอุปกรณ์สลายพลังงานด้านท้ายน้ำ แบบ ski jump จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
- 4.12.2.6 มีแบบจำลอง อุปกรณ์สลายพลังงานแบบ USBR Type 2 จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
- 4.12.2.7 มีแบบจำลองประตูระบายน้ำ แบบ Sluice gate แผ่นประตูระบายน้ำทำจากเหล็กสแตนเลสขับเคลื่อนด้วยระบบเฟืองทด (Rack and Pinion) สามารถปรับระดับได้จากทางด้านข้าง จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
- 4.12.2.8 มีแบบจำลองประตูระบายน้ำ แบบ Radial gate แผ่นประตูระบายน้ำทำจากเหล็กสแตนเลสขับเคลื่อนด้วยระบบเฟืองทด (Rack and Pinion) สามารถปรับระดับได้จากทางด้านข้าง จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
- 4.12.2.9 มีเครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำ (Current Meter) แบบดิฟเฟอเรนเชียล จำนวนไม่น้อยกว่า 1 เครื่อง มีรายละเอียดไม่น้อยกว่า ดังนี้
 - 4.12.2.9.1 แกนใบพัด (Spindle) และใบพัด (Blade) ของหัววัดความเร็ว (Probe) ทำด้วยวัสดุที่ไม่เป็นสนิม
 - 4.12.2.9.2 สามารถวัดความเร็วกระแสน้ำได้ในช่วง 5 ถึง 150 เซนติเมตรต่อวินาทีหรือดีกว่า
 - 4.12.2.9.3 ก้านยึดแกนใบพัดทำด้วยวัสดุไม่เป็นสนิม มีความยาวก้านสำหรับจุ่มน้ำไม่น้อยกว่า 400 มิลลิเมตร
 - 4.12.2.9.4 มีจอแสดงผลแบบตัวเลข
 - 4.12.2.9.5 มีสายเคเบิลสัญญาณมีความยาวไม่น้อยกว่า 3 เมตร
 - 4.12.2.9.6 มีใบสอบเทียบความเร็วจากโรงงานผู้ผลิตหรือหน่วยงานที่เชื่อถือได้
- 4.12.2.10 แบบจำลองพื้นรางน้ำเป็นแบบหินกรวด ยาว 1.2 เมตร จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด

4.13 ชุดทดลองปั๊มน้ำหอยโข่ง แบบต่อขนานและอนุกรม จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย

4.13.1 เครื่องทดลองปั๊มน้ำแบบหอยโข่งแบบต่อขนานและอนุกรม จำนวน 1 เครื่อง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- 4.13.1.1 มีปั๊มน้ำ จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ชุด มีคุณสมบัติไม่น้อยกว่า ดังนี้
 - 4.13.1.1.1 เป็นปั๊มน้ำแบบหอยโข่ง ชนิดเรือนปั๊มเหล็กสแตนเลส
 - 4.13.1.1.2 ปั๊มน้ำมีขนาดไม่น้อยกว่า 0.55 กิโลวัตต์
 - 4.13.1.1.3 อัตราการไหลสูงสุดไม่น้อยกว่า 80 ลิตรต่อนาที

- 4.13.1.1.4 หัวน้ำสูงสุดไม่น้อยกว่า 18 เมตรน้ำ
 - 4.13.1.2 มีมอเตอร์ขนาดไม่น้อยกว่า 0.55 กิโลวัตต์ จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ชุด ต่อเป็น ไตนาโมมิเตอร์
 - 4.13.1.3 มีอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ แบบอินเวอร์เตอร์ขนาดไม่น้อยกว่า 0.55 กิโลวัตต์ จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ชุด
 - 4.13.1.4 มีระบบท่อทำด้วยวัสดุไม่เป็นสนิมพร้อมวาล์วควบคุมเพื่อเลือกการทำงาน แบบปั๊มเดี่ยว หรือปั๊ม 2 ตัว และต่อแบบขนานหรืออนุกรมได้
 - 4.13.1.5 มีถังเก็บน้ำทำจากพลาสติก ประเภท PVC มีขนาดความจุ ไม่น้อยกว่า 60 ลิตร พร้อมวาล์วระบายน้ำทิ้ง
 - 4.13.1.6 มีวาล์วสำหรับควบคุมอัตราการไหล
 - 4.13.1.7 มีอุปกรณ์วัดชนิดแสดงผลแบบตัวเลข จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด ประกอบด้วย
 - 4.13.1.7.1 อุปกรณ์วัดอัตราการไหล
 - 4.13.1.7.2 อุปกรณ์วัดความดัน
 - 4.13.1.7.3 อุปกรณ์วัดความเร็วรอบ
 - 4.13.1.7.4 อุปกรณ์วัดแรงบิด
 - 4.13.1.7.5 อุปกรณ์วัดกระแสและแรงดันไฟฟ้า
 - 4.13.1.8 มีตู้ควบคุมสำหรับติดตั้งอุปกรณ์วัดและอุปกรณ์ไฟฟ้า พร้อมด้วยอุปกรณ์ตัด ไฟฟ้าเมื่อไฟรั่ว
 - 4.13.1.9 ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ 1 เฟส 50 เฮิร์ตซ์
 - 4.13.1.10 อุปกรณ์ทั้งหมดติดตั้งอยู่บนโครงเหล็กพ่นสี พร้อมมี خارรองรับชนิดมีล้อ เคลื่อนที่และล็อกได้
- 4.13.2 โปรแกรมสำหรับประมวลผล เครื่องทดลองปั้มน้ำแบบหอยโข่งแบบต่อขนานและอนุกรม จำนวน 1 โปรแกรม โดยมีรายละเอียด ดังนี้**
- 4.13.2.1 เป็นโปรแกรมที่มีลิขสิทธิ์ถูกต้องจากผู้ผลิตเดียวกันกับชุดทดสอบ
 - 4.13.2.2 เป็นโปรแกรมบรรจุอยู่ใน Flash Drive และ Flash Drive มีขนาดความจุ ไม่น้อยกว่า 8 GB หรือดีกว่า
 - 4.13.2.3 สามารถใช้งานได้กับระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 10 ขึ้นไป
 - 4.13.2.4 โปรแกรมสามารถแสดงข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องทดสอบ, ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง, วิธีทดลอง ได้
 - 4.13.2.5 โปรแกรมสามารถเก็บค่าการทดลองเพื่อให้โปรแกรมช่วยคำนวณผลได้
 - 4.13.2.6 โปรแกรมสามารถสร้างกราฟและสั่งพิมพ์ได้

4.13.3 เครื่องประมวลผลสำหรับเครื่องทดลองปั้มน้ำแบบหอยโข่งแบบต่อขนานและอนุกรม แบบพกพา จำนวน 1 เครื่อง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

- 4.13.3.1 มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ไม่น้อยกว่า 4 แกนหลัก (4 core) และ 8 แกนเสมือน (8 Thread) และมีเทคโนโลยีเพิ่มสัญญาณนาฬิกาได้ในกรณีที่ต้องใช้ความสามารถในการประมวลผลสูง (Turbo Boost หรือ Max Boost) โดยมีความเร็วสัญญาณนาฬิกาสูงสุด ไม่น้อยกว่า 4 GHz จำนวน 1 หน่วย
- 4.13.3.2 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) มีหน่วยความจำแบบ Cache Memory รวมในระดับ (Level) เดียวกันขนาดไม่น้อยกว่า 8 MB
- 4.13.3.3 มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด DDR4 หรือดีกว่า ขนาดไม่น้อยกว่า 8 GB
- 4.13.3.4 มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล ชนิด SATA หรือดีกว่า ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 1 TB หรือ ชนิด Solid State Drive ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 250 GB จำนวน 1 หน่วย
- 4.13.3.5 มีจอภาพที่รองรับความละเอียดไม่น้อยกว่า 1,366 x 768 Pixel และมีขนาดไม่น้อยกว่า 12 นิ้ว
- 4.13.3.6 มีกล้องความละเอียดไม่น้อยกว่า 1,280 x 720-pixel หรือ 720p
- 4.13.3.7 มีช่องเชื่อมต่อ (Interface) แบบ USB 2.0 หรือดีกว่า ไม่น้อยกว่า 3 ช่อง
- 4.13.3.8 มีช่องเชื่อมต่อแบบ HDMI หรือ VGA จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
- 4.13.3.9 มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย (Network Interface) แบบ 10/100/1000 Base-T หรือดีกว่าแบบติดตั้งภายใน (Internal) หรือภายนอก (External) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง

4.14 ชุดทดลองกังหันน้ำแบบเพลตันและฟรานซิส จำนวน 1 ชุด มีโดยมีรายละเอียด ดังนี้

- 4.14.1 กังหันน้ำแบบฟรานซิส (Francis Turbine) มีคุณสมบัติไม่น้อยกว่า ดังนี้
 - 4.14.1.1 ใบกังหันทำด้วยบรอนซ์ (Bronze) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 60 มิลลิเมตร
 - 4.14.1.2 โครงกังหันทำด้วยวัสดุไม่เป็นสนิม ด้านหน้าของโครงทำด้วยวัสดุใส สามารถสังเกตการทำงานของกังหันได้
 - 4.14.1.3 แกนเพลลาทำด้วยเหล็กสแตนเลส
 - 4.14.1.4 ให้กำลังขับ ไม่น้อยกว่า 25 วัตต์
 - 4.14.1.5 ให้ความเร็วรอบสูงสุดไม่น้อยกว่า 3,500 รอบต่อนาที
- 4.14.2 กังหันน้ำแบบเพลตัน (Pelton Turbine) มีคุณสมบัติไม่น้อยกว่า ดังนี้
 - 4.14.2.1 ใบกังหันทำด้วยเหล็กสแตนเลส มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 160 มิลลิเมตร


- 4.14.2.2 โครงกันทำด้วยเหล็กสแตนเลส ด้านหน้าทำด้วยวัสดุใส สามารถสังเกตการทำงานของกันได้
- 4.14.2.3 หัวฉีดและเพลลาทำด้วยเหล็กสแตนเลส
- 4.14.2.4 ให้กำลังขับ ไม่น้อยกว่า 40 วัตต์
- 4.14.2.5 ให้ความเร็วรอบสูงสุดไม่น้อยกว่า 2,000 รอบต่อนาที
- 4.14.3 ในการเลือกทดลองกันแต่ละชนิด สามารถทำได้ด้วยการสลับวาล์ว โดยไม่ต้องมีการถอดประกอบใดๆ
- 4.14.4 มีปั้มน้ำสำหรับจ่ายน้ำให้การทดลอง จำนวน 1 ตัว มีคุณสมบัติไม่น้อยกว่าดังนี้
 - 4.14.4.1 เป็นปั้มน้ำแบบหอยโข่ง (Centrifugal pump) ชนิดเรือนปั้มเหล็กสแตนเลส
 - 4.14.4.2 ปั้มน้ำมีขนาดไม่น้อยกว่า 0.55 กิโลวัตต์
 - 4.14.4.3 ปั้มน้ำสามารถให้อัตราการไหลสูงสุด (Maximum Discharge) ไม่น้อยกว่า 80 ลิตรต่อนาที
 - 4.14.4.4 หัวน้ำสูงสุด (Maximum Head) ไม่น้อยกว่า 20 เมตรน้ำ
- 4.14.5 ระบบท่อน้ำ และวาล์ว ทำจากวัสดุไม่เป็นสนิม
- 4.14.6 มีถังเก็บน้ำทำจากพลาสติก ประเภท PVC มีความจุไม่น้อยกว่า 30 ลิตร จำนวน 2 ถัง พร้อมมีวาล์วระบายน้ำทิ้ง
- 4.14.7 เพลลาของกันแต่ละชนิดถูกต้องร่วมกับไดนาโมแบบ Mechanical brake
- 4.14.8 ชุดทดลองมีอุปกรณ์วัดไม่น้อยกว่าดังนี้
 - 4.14.8.1 มีอุปกรณ์วัดแรงบิด แบบตราชั่งสปริง สำหรับกันแต่ละตัว
 - 4.14.8.2 มีอุปกรณ์วัดความเร็ว เป็นแบบวัดรอบมือถือ
 - 4.14.8.3 มีอุปกรณ์วัดอัตราการไหล แบบมาตรวัดน้ำ และนาฬิกาจับเวลา
 - 4.14.8.4 มีอุปกรณ์วัดความดัน แบบเกจ ติดตั้งที่ กันแต่ละตัว
- 4.14.9 อุปกรณ์ทั้งหมดติดตั้งบนโครงเหล็กพ่นสีพร้อมมีขารองรับสามารถเคลื่อนที่และล็อกได้
- 4.14.10 ชุดทดลองมีอุปกรณ์ตัดไฟฟ้าเมื่อเกิดกระแสไฟฟ้ารั่ว แบบ ELCB
- 4.14.11 ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ 1 เฟส 50 เฮิร์ตซ์
- 4.15 โปรแกรมสำหรับประกอบการเรียนการสอนด้านปฏิบัติการชลศาสตร์ จำนวน 1 ชุด
 - 4.15.1 เป็นโปรแกรมที่มีลิขสิทธิ์ถูกต้องจากผู้ผลิตเดียวกันกับชุดทดลอง
 - 4.15.2 เป็นโปรแกรมที่บรรจุอยู่ใน Flash Drive หรือ External hard drive โดยมีขนาดความจุไม่น้อยกว่า 8 GB หรือดีกว่า ในหัวข้อต่าง ๆ ไม่น้อยกว่า ดังนี้
 - 4.15.2.1 การทดลองหาจุดศูนย์กลางแรงความดันของของไหล
 - 4.15.2.2 การทดลองการไหลผ่านร่องบาก
 - 4.15.2.3 การทดลองเสถียรภาพของท่อน
 - 4.15.2.4 การทดลองทฤษฎีเบอร์นูลลี

- 4.15.2.5 การทดลองการวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อ
- 4.15.2.6 การทดลองการไหลผ่านรูคอด และลำน้ำอิสระ
- 4.15.2.7 การทดลองหาแรงกระทำของลำน้ำ
- 4.15.2.8 การทดลองปรากฏการณ์การเกิดโพรงอากาศในของเหลว
- 4.15.2.9 การทดลองหาการสูญเสียของของไหลในท่อระบบปิด
- 4.15.2.10 การทดลองกักน้ำแบบเพลดันและฟรานซิส
- 4.15.2.11 การทดลองการไหลของน้ำในรางน้ำเปิด
- 4.15.3 โปรแกรมสามารถใช้งานได้กับระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows 10 ขึ้นไป
- 4.15.4 โปรแกรมสามารถดูข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง วิชิตดลอง ได้
- 4.15.5 โปรแกรมสามารถป้อนค่าการทดลองและคำนวณผลการทดลองได้
- 4.15.6 โปรแกรมสามารถสั่งพิมพ์ได้

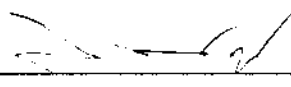
5. ข้อกำหนดอื่น ๆ

- 5.1 ต้องเป็นผลิตภัณฑ์จากโรงงานที่ได้รับการรับรองระบบคุณภาพมาตรฐาน ISO 9001 ที่เกี่ยวข้องอย่างน้อยหนึ่งด้าน ยกเว้น หัวข้อ 4.11.4 เครื่องประมวลผลสำหรับชุดศึกษาการกระทำของน้ำแบบพกพา และ 4.13.3 เครื่องประมวลผลสำหรับเครื่องทดลองปั้มน้ำแบบหอยโข่งแบบต่อขนานและอนุกรม แบบพกพา
 - 5.2 หากเป็นผลิตภัณฑ์ในประเทศไทยผู้เสนอราคาจะต้องแสดงใบประกอบกิจการโรงงาน (รง.4) ของผู้ผลิตแนบมาด้วย
 - 5.3 เครื่องทดสอบและอุปกรณ์ทุกรายการที่เสนอขายเป็นของใหม่ ไม่เคยถูกใช้งานมาก่อน
 - 5.4 ผู้เสนอขายต้องเป็นผู้ผลิตโดยตรง หรือได้รับการแต่งตั้งให้เป็นตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทยจากผู้ผลิตโดยตรงหรือตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทยยกเว้น หัวข้อ 4.11.4 เครื่องประมวลผลสำหรับชุดศึกษาการกระทำของน้ำ แบบพกพา และ 4.13.3 เครื่องประมวลผลสำหรับเครื่องทดลองปั้มน้ำแบบหอยโข่งแบบต่อขนานและอนุกรม แบบพกพา
 - 5.5 ผู้เสนอราคาต้องส่งรายละเอียดแผนการฝึกอบรมทฤษฎี การใช้งาน การบำรุงรักษาเครื่องมือแบบมาพร้อมกับรายละเอียด ณ วันส่งมอบงาน โดยต้องจัดฝึกอบรมการใช้งานอย่างถูกต้อง โดยผู้ชำนาญการ รวมระยะเวลาไม่น้อยกว่า 2 วัน
 - 5.6 ผู้เสนอราคาต้องจัดเตรียมคู่มือวิธีการใช้และการทดลอง ภาษาไทยและอังกฤษอย่างละ 1 เล่ม ณ วันส่งมอบงาน
 - 5.7 ผู้เสนอราคาต้องจัดเตรียมผ้าคลุมให้มีขนาดเหมาะสมกับชุดทดลอง ณ วันส่งมอบงาน
6. ผู้เสนอราคาต้องจัดทำตารางแสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติเฉพาะของครุภัณฑ์ระหว่างคุณสมบัติเฉพาะที่มหาวิทยาลัยฯ กำหนดกับคุณสมบัติเฉพาะของสินค้าที่เสนอราคาโดยแสดงว่าคุณสมบัติดังกล่าวตรงตามข้อกำหนดหรือดีกว่า ทั้งนี้ผู้เสนอราคาจะต้องทำเครื่องหมายหรือระบุส่วนข้อกำหนดแสดงลงในแคตตาล็อกหรือเอกสารอ้างอิงให้ชัดเจน และยื่นเอกสารดังกล่าวมาในวันเสนอราคาด้วย


7. กำหนดส่งมอบครุภัณฑ์ 120 วัน
8. ระยะเวลารับประกัน 1 ปี
9. สถานที่ส่งมอบครุภัณฑ์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ลงชื่อ  ผู้กำหนดรายละเอียด
(นายสุกกร ศิริพจนกุล)


ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ลงชื่อ  ผู้กำหนดรายละเอียด
(นายกิตติพงษ์ สุวิโร)

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ลงชื่อ  ผู้กำหนดรายละเอียด
(นายสุคม ลิปิเลิศ)

ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ลงชื่อ  หัวหน้าหน่วยงาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.สรพงษ์ ภาวสุปรีย์)

ตำแหน่ง คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์