

สัมมนาฟิสิกส์ระดับปริญญาตรี (420498) ปีการศึกษา 2547

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เสนอโดย นายอนันต์ ตีระบูรณะพงษ์ นิสิตชั้นปีที่ 4

วันที่ 16 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548

**เรื่อง การออกแบบซอฟต์แวร์นำร่องสำหรับการเรียนการสอนปฏิบัติการฟิสิกส์ด้วย
ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์**

**(Pilot Design Software for Computer Aid Practical Physics Education with Laboratory
Network)**

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์กนกพงษ์ อารีกุล

บทคัดย่อ: โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการฟิสิกส์พื้นฐาน การศึกษานี้เพื่อนำระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มาประยุกต์อย่างเหมาะสมกับกระบวนการทดลอง จากการวิเคราะห์จึงออกแบบระบบงานเป็น 3 ด้าน คือ ส่วนการทำปฏิบัติการ ส่วนการบริการอาจารย์ผู้สอน และส่วนการบริหารห้องปฏิบัติการ อาศัยหลักการวิเคราะห์ระบบ ร่วมกับความรู้ทางฟิสิกส์และมาตรวิทยา แปรผลเป็นระบบฐานข้อมูล โปรแกรมบริหารฐานข้อมูล และรูปแบบการติดต่อกับผู้ใช้แต่ละกลุ่ม เป้าหมาย คือ การเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ใช้อุปกรณ์ทดลองที่ทันสมัย น่าสนใจ เป็นระบบการเรียนการสอนปฏิบัติการฟิสิกส์แนวใหม่ ที่ต้องการเรียนรู้ทางภาคปฏิบัติไว้อย่างเดิม แต่มีการเก็บและบริหารข้อมูลที่เป็นระบบ ผู้เรียนสามารถทราบผลการทดลองเมื่อหมดคาบ สามารถนำข้อผิดพลาดของตนไปปรับปรุงการทดลองครั้งต่อไปได้ อำนาจความสะดวกให้อาจารย์ผู้สอนในการตรวจคำตอบ การสอบ การประเมินผล และช่วยการบริหารจัดการห้องปฏิบัติการตามระบบประกันคุณภาพ

1. บทนำ

ปัจจุบันการทำปฏิบัติการฟิสิกส์ขั้นพื้นฐาน ประกอบด้วยขั้นตอนกระบวนการที่ยุ่งยาก ซับซ้อน ทั้งทางด้านการทำปฏิบัติการ การเตรียมปฏิบัติการ การประเมินผลการทำปฏิบัติ ซึ่งยังขาด การทำเทคโนโลยีที่เหมาะสมนำมาประยุกต์ใช้

การนำระบบคอมพิวเตอร์และเครือข่ายมาประยุกต์ใช้ทดแทนระบบเดิม จึงต้องผ่านการ สำรวจระบบอย่างรอบคอบ เพื่อให้ระบบมีความคล้ายคลึงกับระบบเดิมมากที่สุด สามารถอำนวยความสะดวกให้ผู้เข้าไปประยุกต์ใช้ในการทำการทดลองให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

รายงานส่วนนี้กล่าวถึงผลการสำรวจภาพรวมของระบบปัจจุบันที่เป็นอยู่ สำหรับการ ทำปฏิบัติการฟิสิกส์ขั้นพื้นฐานวิชาไฟฟ้าและแม่เหล็ก โดยผ่านการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร คู่มือ และผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรง เพื่อนำไป

1.1. ข้อมูลเกี่ยวกับการทำปฏิบัติการวิชาไฟฟ้าและแม่เหล็ก

1.1.1. ข้อมูลสถานที่

ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ไฟฟ้าและแม่เหล็ก

ตั้งอยู่ห้อง 509 ชั้น 5 อาคารปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์

ประกอบด้วยโต๊ะทำปฏิบัติการ 20 ตัว

โต๊ะแต่ละตัว ประกอบด้วยชุดทดลองที่แตกต่างกัน ในแต่ละการทดลอง

เจ้าหน้าที่ควบคุม : อาจารย์ศักดิ์ชัย ชมโคกกรวด

1.1.2. จำนวนการทดลอง

ปฏิบัติการไฟฟ้าและแม่เหล็ก ประกอบด้วย 10 การทดลองดังนี้

1. สภาพการนำไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำ
2. ปรากฏการณ์ฮอลล์
3. แรงทางแม่เหล็กที่กระทำต่อตัวนำกระแส
4. สนามไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้า
5. ความจุของตัวเก็บประจุและค่าคงตัวไดอิเล็กทริก
6. สมบัติเชิงกระแสกลับของตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ
7. วงจร RLC
8. การวัดความต้านทานความจุและความเหนี่ยวนำโดยใช้หลักการวัดสโตนบริดจ์
9. ความต้านทานภายในของแหล่งจ่ายความต่างศักย์
10. แรงเคลื่อนไฟฟ้า

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1. ความไม่แน่นอน (Uncertainty)

2.1.1. เครื่องวัดชนิดแอนะล็อก (Analog Meter)

ในเครื่องวัดที่มีการแปลงปริมาณอย่างซับซ้อน มักบอกค่าความไม่แน่นอน (accuracy) มาให้ เช่น มัลติมิเตอร์ มีความไม่แน่นอนด้านกระแสตรง (DC accuracy) $\pm 3\%$ FSD หมายถึง มีทุกค่าที่วัดในพิสัยความต่างศักย์กระแสตรง หรือ กระแสตรง จะมีความไม่แน่นอน $\pm 3\%$ ของค่าเต็มสเกล ในแต่ละพิสัย เช่น ถ้าตั้งพิสัย 10 VDC แล้ววัดความต่างศักย์ได้ 5.36 V ต้องบันทึกว่า 5.36 ± 0.3 V หรือ แม้จะวัดได้ 0.52 V ค่าความต่างศักย์ที่เชื่อถือได้จะเป็น 0.52 ± 0.3 V กรณีหลังจะเห็นว่าความไม่แน่นอน คิดเป็นร้อยละสูงมากเทียบกับค่าที่วัดได้ จึงควรเปลี่ยนพิสัยการวัดให้เหมาะสม การระบุความไม่แน่นอนเป็น %FSD นิยมใช้กับเครื่องวัดแบบแอนะล็อก (Analog meter)



รูปที่ 1 แสดงลักษณะเครื่องวัดชนิดแอนะล็อก

2.1.2. เครื่องวัดชนิดดิจิทัล (Digital Meter)

เครื่องวัดที่แสดงผลเชิงเลข นิยมระบุความไม่แน่นอนเป็น ร้อยละของค่าที่อ่านได้ รวมกับความไม่แน่นอนอื่น ๆ เช่น ดิจิทัลมัลติมิเตอร์ มีความไม่แน่นอนด้านกระแสตรง $\pm 0.5\%$ Rdg หมายถึง ถ้าวัดกระแสตรง หรือความต่างศักย์กระแสตรงได้เท่าไร จะมีความไม่แน่นอน $\pm 0.5\%$ ของค่าที่อ่านได้ เช่น ดิจิทัลมัลติมิเตอร์ ชนิด 3.5 หลัก ($3\frac{1}{2}$ digits) วัดความต่างศักย์ได้ 1.246 V จะมีความไม่แน่นอน 0.006 V ดังนั้น จะต้องบันทึกผลการวัดเป็น 1.246 ± 0.006 V



รูปที่ 2 แสดงลักษณะเครื่องวัดชนิดดิจิทัล

นอกจากนี้ ยังมีความไม่แน่นอนหรือปริมาณที่มีผลต่อความไม่แน่นอนในลักษณะอื่นอีกหลายแบบ เช่น ความเที่ยง, ครีฟ (Drift) และอื่น ๆ ขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของเครื่องวัด แต่สำหรับในขั้นตอนนี้ เพื่อความสะดวกในการคำนวณจะถือว่า เครื่องวัดมีความสามารถทำซ้ำได้สูง เมื่อเทียบกับความคลาดเคลื่อนจากสาเหตุอื่น จนถึงว่ามีความคลาดเคลื่อนใกล้ศูนย์ไม่ต้องนำมาคำนวณ

ในการทดลองที่ต้องการความแม่นยำระดับสูง ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มจะมีผลต่อการทดลองมากขึ้น เช่น การวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ต้องอ่านค่าทุกครึ่งชั่วโมง ตลอดการทดลอง ถึงแม้ว่าเครื่องวัดจะผ่านการสอบเทียบอย่างถูกต้องและอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมอย่างดี ก็ยังพบว่า ค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้จะแตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งไม่อาจแก้ไขได้โดยการสอบเทียบเครื่องวัด หรือ วิธีการควบคุมด้วยความรู้ และเทคโนโลยีปัจจุบัน วิธีเดียวที่จะลดความคลาดเคลื่อนนี้คือ ต้องอ่านข้อมูลถี่ขึ้น เพื่อเพิ่มจำนวนข้อมูลแล้วใช้วิธีทางสถิติ เพื่อให้ได้ค่าประมาณที่ดีที่สุด และใกล้เคียงค่าจริงที่สุด

2.1.3. การแสดงความไม่แน่นอนเป็นร้อยละความคลาดเคลื่อนและร้อยละความแตกต่าง

การแสดงความไม่แน่นอนของการทดลอง ในกรณีที่ ข้อมูล หรือผลการทดลองมีจำนวนน้อย แต่ผลการทดลองนั้น มีค่าที่ยอมรับกันแล้ว เช่น ความเร็วของแสง ค่ายังก์มอดุลัสของโลหะบางชนิด ความหนาแน่นของสารบริสุทธิ์บางชนิด สภาพต้านทานไฟฟ้าของสารบริสุทธิ์ บางชนิด เป็นต้น ถือว่าค่าที่ยอมรับกันแล้ว นี้เป็น ค่าจริง หรือ ค่ามาตรฐาน สามารถแสดงความไม่แน่นอนของการทดลองได้โดยใช้เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = \frac{(\text{ค่าจากการทดลอง} - \text{ค่าจริง}) \times 100\%}{\text{ค่าจริง}} \quad (1)$$

ในกรณีที่ผลการทดลองไม่มีค่ามาตรฐาน หรือ ค่าจริงที่จะใช้อ้างอิงได้ และผลการทดลองมีจำนวนน้อย เช่น การทดลองหาแรงสู่ศูนย์กลาง การทดลองหาความชื้นในอากาศ ความถี่ขอลิ้นนิ่งในเส้นเชือก เป็นต้น เมื่อเป็นเช่นนี้ มักต้องทดลองหลาย ๆ วิธี แต่ละวิธีทดลองซ้ำ ๆ กัน หลาย ๆ ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยจากแต่ละวิธี แล้วนำมาเปรียบเทียบกัน โดยพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างสำหรับการทดลองที่ออกแบบมาเป็นอย่างดี เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของแต่ละวิธีจะมีค่าไม่มากนัก โดยสามารถหาได้จาก

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง} = \frac{(\text{ค่าจากวิธีที่ 1} - \text{ค่าจากวิธีที่ 2}) \times 100\%}{\text{ค่าเฉลี่ยจากทุกวิธี}} \quad (2)$$

$$|\Delta R|_2 = |R| \sqrt{\sum_{i=1}^k \left(\left| \frac{\partial \ln f(x_1, x_2, \dots, x_k)}{\partial x_i} \right| |\Delta x_i| \right)^2}$$

3. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้มีประสิทธิภาพ ตอบสนองต่อระบบงานที่ซับซ้อน และ ง่ายต่อการใช้งาน จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์และออกแบบระบบอย่างรอบคอบ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.1. แบบจำลองหลักในการใช้งาน

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้สามารถทำงานได้ผ่านระบบเว็บไซต์ นับเป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่มีความยืดหยุ่นสูง เนื่องจากปัจจุบันอินเทอร์เน็ตมีจำนวนผู้ใช้ที่เพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วในการใช้งานผู้ใช้ ติดต่อกับระบบผ่านหน้าจอบริบทเว็บไซต์ ที่ได้จัดเตรียมไว้ โดยข้อมูลการใช้งานทั้งหมดจะถูกเรียกใช้ และ ประมวลผล ด้านเซิร์ฟเวอร์แล้วจัดเก็บเข้าสู่ฐานข้อมูล (ดังรูปที่ 3)

ขณะที่นิสิตทำการทดลอง โดยบันทึกผลการทดลองผ่านหน้าจอนิสิตได้เตรียมไว้แล้วล่วงหน้า Universal Lab Interface (ULI)¹ และ Sensor จะทำการบันทึกค่าไปพร้อม ๆ กับนิสิตเพื่อนำค่าที่ได้ไปตรวจสอบกับผลการทดลองที่นิสิตบันทึก ซึ่งสามารถนำค่าที่ได้นี้ มาใช้ในกระบวนการตรวจคำตอบต่าง ๆ ได้

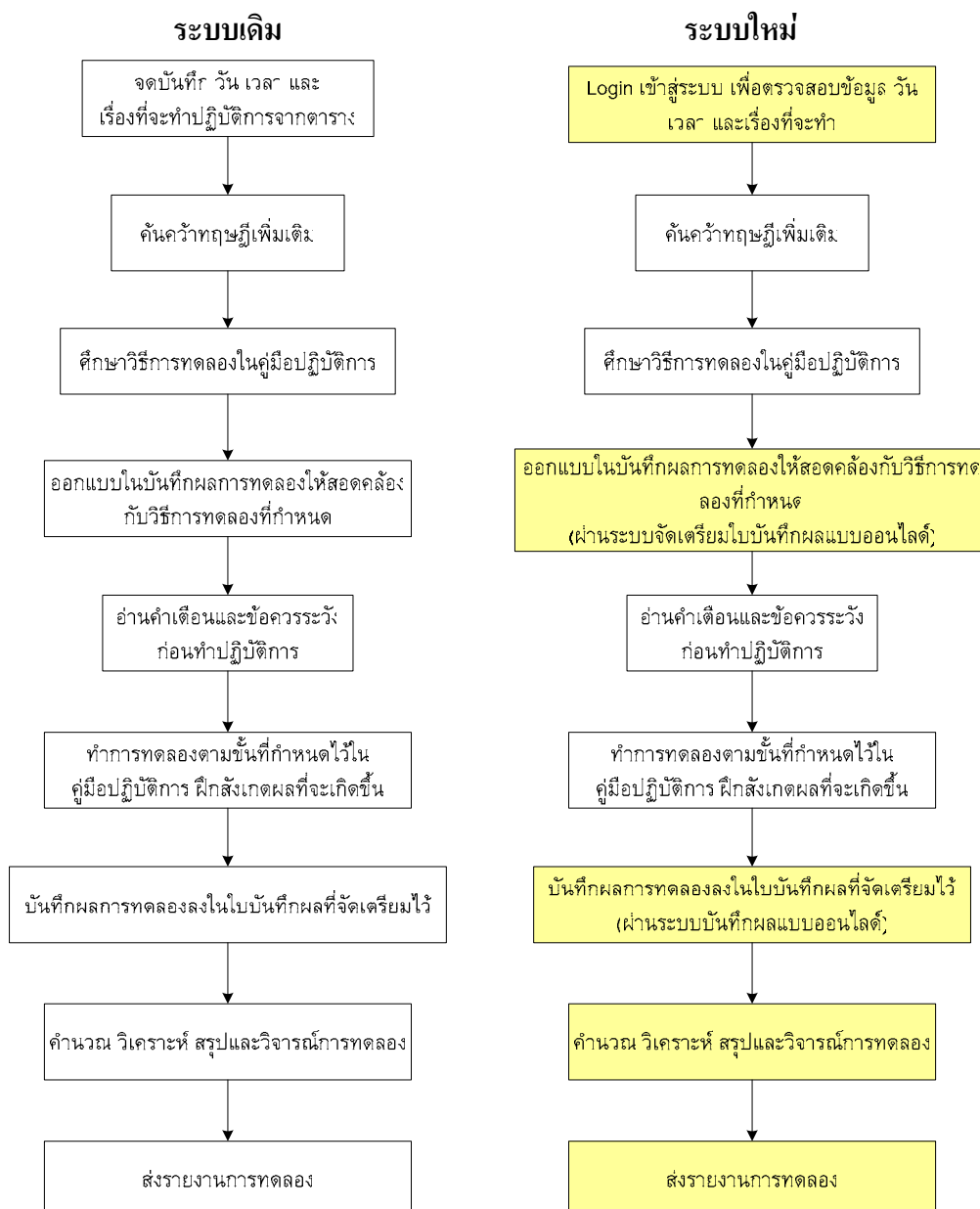


รูปที่ 3 แสดงแบบจำลองหลักในการใช้งาน

¹ เป็นอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น เพื่อใช้ควบคู่กับ Sensor ในการบันทึกค่าจากการทดลองเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ โดยอัตโนมัติ

3.2. วิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการทำการทดลอง

การปรับปรุงกระบวนการทำการทดลองตั้งอยู่บนพื้นฐานของการไม่เพิ่มภาระให้แก่ผู้ใช้ โดยพยายามรักษารูปแบบการปฏิบัติการดั้งเดิมไว้ แต่ในส่วนของการบันทึกค่าและส่วนที่เกี่ยวข้องกับเอกสารต่าง ๆ ได้มีการนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาประยุกต์ใช้ซึ่งจะทำให้มีความสะดวกมากยิ่งขึ้นในการทดลอง



รูปที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบ การปรับปรุงกระบวนการทดลอง
จากระบบเดิมไปสู่ระบบใหม่

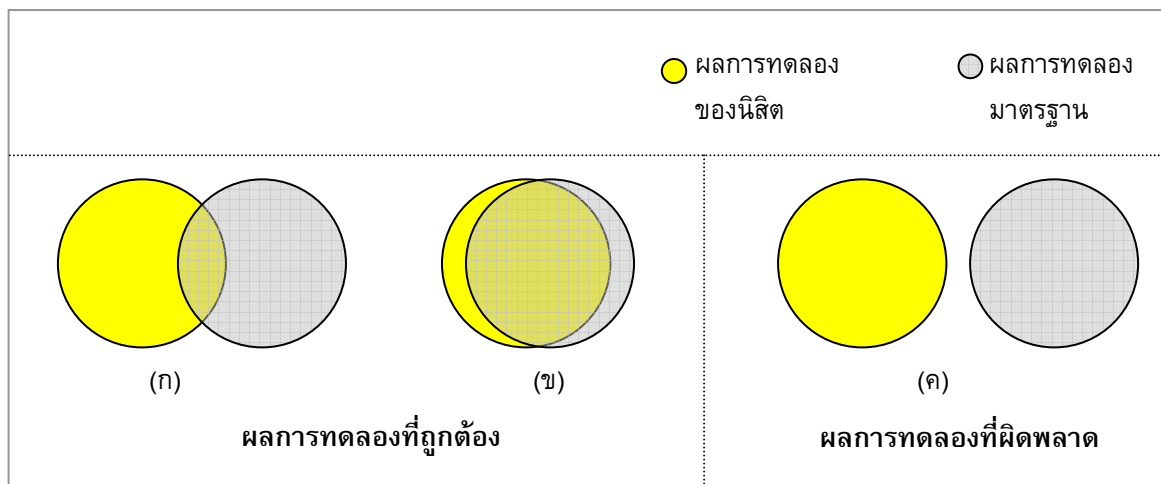
3.3. กระบวนการในการตรวจคำตอบ

3.3.1. ตรวจสอบเลขนัยสำคัญและความไม่แน่นอน

ขณะที่นิสิตทำการทดลองระบบจะทำการตรวจความถูกต้องในเบื้องต้น เช่น เลขนัยสำคัญ และความไม่แน่นอน โดยนำค่าที่นิสิตกรอก มาทำการคำนวณ และ เปรียบเทียบจากฐานข้อมูลของ อุปกรณ์ หากไม่ถูกต้อง จะเตือนให้ทำการกรอกค่าอีกครั้งให้ถูกต้อง แต่หากผิดเกินค่าจำนวนครั้งที่กำหนด จะดำเนินการหักคะแนน

3.3.2. ระบบตรวจคำตอบอัตโนมัติ

เมื่อนิสิตเสร็จสิ้นการทดลอง และกดส่งผลการทดลอง ระบบทำการตรวจคำตอบที่นิสิตบันทึกกับคำตอบมาตรฐาน และคำนวณคะแนน (ประมาณ 50%) แจ้งให้แก่นิสิตทราบ



รูปที่ 5 แสดงลักษณะของการตรวจคำตอบ

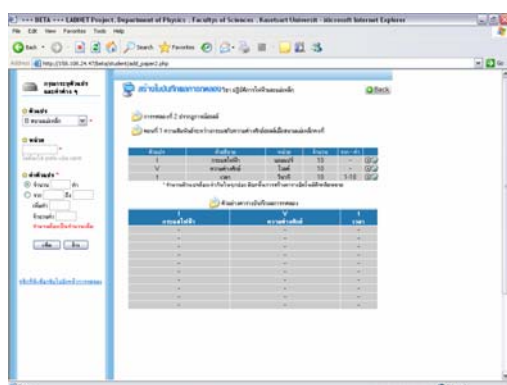
รูปที่ 5 (ก) และ 5 (ข) แสดงถึงคำตอบที่นิสิตได้จากการทดลอง (ค่าที่วัดได้ $\pm$ ความไม่แน่นอน) เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองมาตรฐาน (ค่ามาตรฐาน $\pm$ ความไม่แน่นอน) มีส่วนที่สอดคล้องกัน จึงถือว่าเป็นผลการทดลองที่ถูกต้อง

รูปที่ 5 (ค) แสดงถึงผลการทดลองที่ผิดพลาด เนื่องจากผลการทดลองที่ได้ ไม่มีส่วนที่สอดคล้องกับผลการทดลองมาตรฐาน จึงถือว่าเป็นผลการทดลองที่ผิดพลาด โดยอยู่บนสมมุติฐานว่า ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากผู้ทดลองทำการทดลองผิดพลาด และ มิได้เกิดจากเครื่องมือ (เมื่อเครื่องมือมีการตรวจสอบทุกครั้งก่อนใช้งาน)

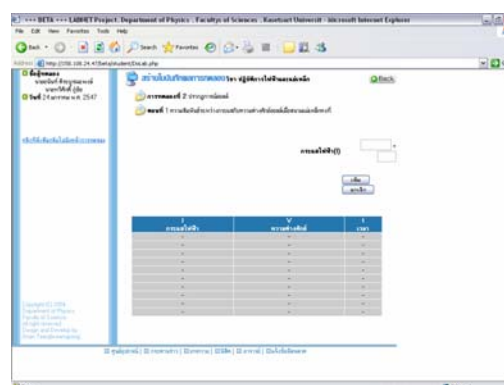
4. ขั้นตอนและการนำไปใช้

4.1. นิสิต

นิสิตจะเริ่มทำการทดลองได้ นิสิตจะต้องเตรียมการทดลองผ่านระบบเตรียมการทดลอง (ดังรูปที่ 6) โดยมีหน้าที่ต้องเตรียมใบบันทึกผลการทดลองไว้ล่วงหน้าก่อนเข้าทำการทดลอง ซึ่งสามารถจะเตรียมการทดลองที่ได้ก็ได้อีกผ่านระบบเว็บไซต์ ข้อดีของระบบนี้คือมีความยืดหยุ่นสูงในการปรับปรุงรูปแบบตารางบันทึกผล



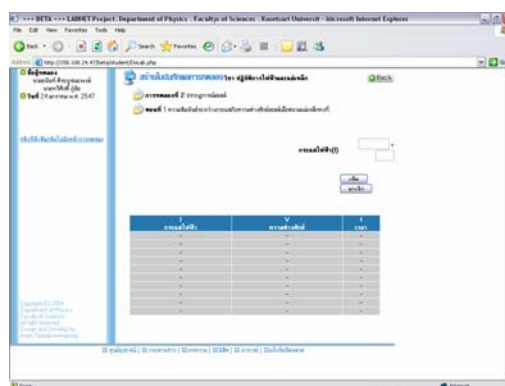
รูปที่ 6 แสดงหน้าจอการเตรียมใบบันทึกผล



รูปที่ 7 แสดงหน้าจอขณะทำการทดลอง

เมื่อเข้าห้องปฏิบัติการ (รูปที่ 7) ระบบจะทำการตรวจสอบวัน เวลา และ รหัสนิสิต และทำการปลดล็อกให้นิสิตเข้าสู่ระบบทำการทดลองได้ โดยขณะที่นิสิตบันทึกค่า ULI จะทำการบันทึกค่าไปพร้อมกับนิสิตด้วย และ ระบบตรวจสอบในเบื้องต้น จะทำหน้าที่วิเคราะห์ค่าที่นิสิตกรอก เทียบกับค่าที่สำคัญ และ ค่าความไม่แน่นอน จากฐานข้อมูลเครื่องมืออุปกรณ์ หากไม่ถูกต้องจะไม่อนุญาตให้นิสิตบันทึกค่านั้น นิสิตต้องทำการแก้ไขข้อมูลต่าง ๆ ให้ถูกต้องตามคำแนะนำที่ปรากฏขึ้น

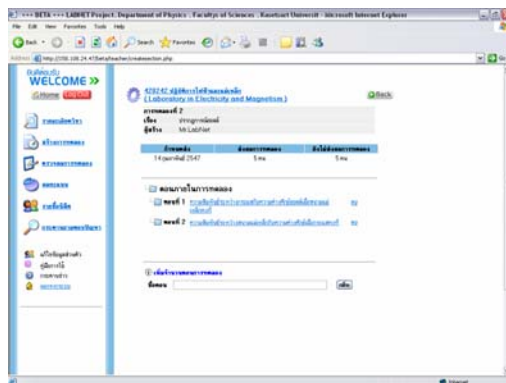
เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการทดลอง และกดที่ส่งผลการทดลอง ระบบจะทำหน้าที่ตรวจสอบถูกต้องของคำตอบ (ตาม 3.3.2 ระบบตรวจคำตอบอัตโนมัติ) รายงานผลคะแนนของนิสิต รายงานความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการทดลอง เพื่อนิสิตจะได้ทราบว่ามีความผิดพลาดที่ส่วนใด (ดังรูปที่ 8)



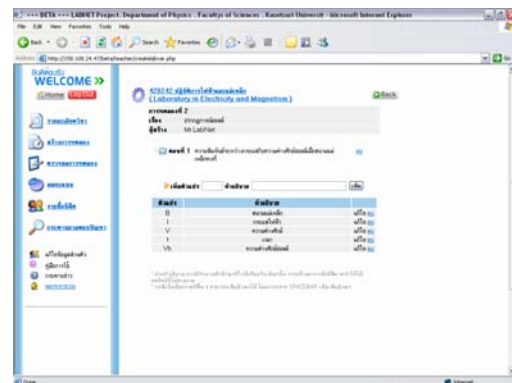
รูปที่ 8 แสดงหน้าจอผลการทดลอง

4.2. อาจารย์

อาจารย์ต้องทำการสร้างการทดลองไว้ล่วงหน้า โดยในแต่ละการทดลอง ประกอบด้วยจำนวนตอน และ ภายในแต่ละตอนของการทดลอง ก็จะประกอบด้วยตัวแปรต่าง ๆ ดังรูปที่ 9 และ 10 ซึ่งจะต้องเตรียมไว้ล่วงหน้าเพื่อที่ให้นิสิตเลือกตัวแปรต่าง ๆ ไปเพิ่มในใบบันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 9 แสดงหน้าจอการสร้างตอน



รูปที่ 10 แสดงหน้าจอการสร้างตัวแปร

ในการตรวจให้คะแนน อาจารย์มีหน้าที่ให้คะแนนในส่วนสรุป และ วิจารณ์ที่นิสิตได้ทำการทดลองมา ซึ่งไม่จำเป็นต้องตรวจผลการทดลองรายค่า เพราะระบบคอมพิวเตอร์ ตรวจสอบและให้คะแนนไปแล้วประมาณ 50%

5. บทสรุป

ระบบที่ได้สามารถช่วยให้อาจารย์สามารถเตรียมการทดลอง และปรับปรุงการทดลอง โดยสามารถเพิ่ม ลด เงื่อนไขต่าง ๆ ของการทดลองได้ตามต้องการ

นิสิตสามารถเตรียมการทดลอง และปรับปรุงผลการทดลองได้สะดวกสบายมากยิ่งขึ้น ทำให้สามารถใช้เวลาที่เหลือ สังเกตรายละเอียดเกี่ยวกับการทดลองมากขึ้น

ในระยะเริ่มต้นนิสิต และ อาจารย์อาจต้องเรียนรู้การใช้งานระบบก่อนเล็กน้อยเพื่อให้เกิดความคุ้นเคยในการสร้าง และ กรอกข้อมูล

ระบบที่ได้ยังเป็นเพียงแบบจำลองของระบบ ดังนั้นเมื่อมีการนำไปใช้งานจริง ๆ อาจเกิดความผิดพลาดได้ อีกทั้งการจัดวางองค์ประกอบต่าง ๆ ของหน้าจออาจจะต้องมีการปรับปรุงเพิ่มเติมในโอกาสต่อไป