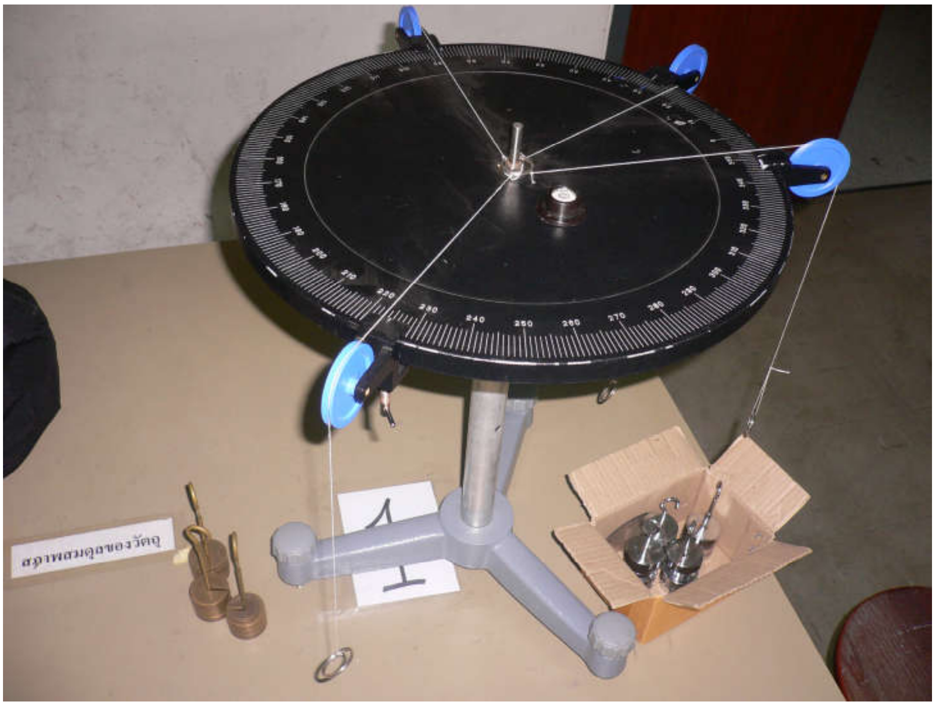
บทปฏิบัติการที่ 2

สภาพสมดุลของมวล

(Equilibrium of Mass)



บทปฏิบัติการที่ 3

สภาพสมดุลของมวล (Equilibrium of Mass)

3.1 บทนำ

แรงเป็นสาเหตุสำคัญที่ส่งผลให้วัตถุเกิดการเคลื่อนที่ เช่น เมื่อออกแรงผลักแท่งไม้บนพื้นราบจะทำให้ไม้เคลื่อนที่ไปจากเดิม เมื่อหยุดออกแรงกระทำการเคลื่อนที่ของไม้ก็จะหยุด นั่นคือเป็นที่เข้าใจว่าวัตถุจะมีสภาวะปกติอยู่ที่การหยุดนิ่ง แรงกระทำจะทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งจากจุดหยุดนิ่งและเมื่อหยุดออกแรงกระทำวัตถุก็จะหยุดนิ่งอีก กาลิเลโอไม่เห็นด้วยกับความเชื่อดังกล่าวเพราะเมื่อออกแรงผลักวัตถุบนพื้นราบลื่น พบว่า แม้หยุดออกแรงวัตถุจะยังคงเคลื่อนที่ต่อไปอีกทำให้คิดว่าถ้าหากพื้นลื่นพอจนไม่มีความเสียดทานเลยวัตถุน่าจะเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความเร็วเท่าเดิมตลอดโดยไม่หยุด และต่อมานิวตันได้นำแนวคิดของกาลิเลโอมาปรับปรุง และตั้งเป็นกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตันขึ้นมา

3.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะการสมดุลของวัตถุ
2. เพื่อทดลองสภาพสมดุลของมวล
3. เพื่อหาเวกเตอร์ของแรงลัพธ์โดยวิธีการวาดรูปและการคำนวณ

3.3 ทฤษฎี

1. กฎที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 1 ของนิวตัน (Newton's first law of motion) มีใจความสำคัญว่า **"วัตถุใดๆจะยังรักษาสภาพหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงด้วยความเร็วคงที่ตลอดไป หากไม่มีแรงภายนอกมากระทำ"** คำว่า ยังคงรักษาสภาพหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ในแนวตรงด้วยความเร็วคงที่นั้น หมายถึง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วเมื่อวัตถุหยุดนิ่งเสมอ ก็คือความเร็วจะเป็นศูนย์เสมอ และเมื่อกล่าวว่าเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่หมายถึงการเคลื่อนที่ที่ทั้งขนาดและทิศทางของความเร็วคงที่ เพราะความเร็วเป็นปริมาณเวกเตอร์ ทิศทางที่คงที่ก็คือทิศทางที่เป็นเส้นตรงนั่นเองส่วนคำว่า ไม่มีแรงภายนอกมากระทำกับวัตถุ หมายถึง ไม่มีแรงภายนอกมากระทำเลยหรือผลลัพธ์ของแรงภายนอกทุกแรงเป็นศูนย์

กฎข้อที่ 1 ของนิวตัน จึงกล่าวได้อีกรูปแบบหนึ่งว่า “ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์แล้ว วัตถุนั้นจะรักษาสภาพการเคลื่อนที่ไว้เสมอ” ถ้าให้แรงภายนอกทั้งหมดที่กระทำต่อวัตถุ คือ F_1, F_2, F_3,..., F_n และ F คือแรงลัพธ์ของแรงเหล่านั้นจะสามารถเขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$\vec{\mathbf{F}} = \vec{\mathbf{F}}_1 + \vec{\mathbf{F}}_2 + \vec{\mathbf{F}}_3 + \ldots + \vec{\mathbf{F}}_n \qquad (3.1)$$

ซึ่งตามกฎข้อที่ 1 ของนิวตันแล้วจะได้

$$\vec{\mathbf{F}}_1 + \vec{\mathbf{F}}_2 + \vec{\mathbf{F}}_3 + \ldots + \vec{\mathbf{F}}_n = \mathbf{0} \qquad (3.2)$$

หรือ

$$\sum \vec{\mathbf{F}} = \mathbf{0} \qquad (3.3)$$

และอาจเขียนได้อีกรูปแบบหนึ่ง ดังนี้

$$\vec{\mathbf{F}}_1 + \vec{\mathbf{F}}_2 + \vec{\mathbf{F}}_3 + \ldots + \vec{\mathbf{F}}_{n-1} = -\vec{\mathbf{F}}_n \qquad (3.4)$$

สมการที่ (3.4) หมายถึง ผลรวมทางเวกเตอร์ของแรงย่อยใดๆ มีขนาดเท่ากับแรงที่เหลือแต่มีทิศตรงข้ามกันเสมอ ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ด้วยการทดลองนี้

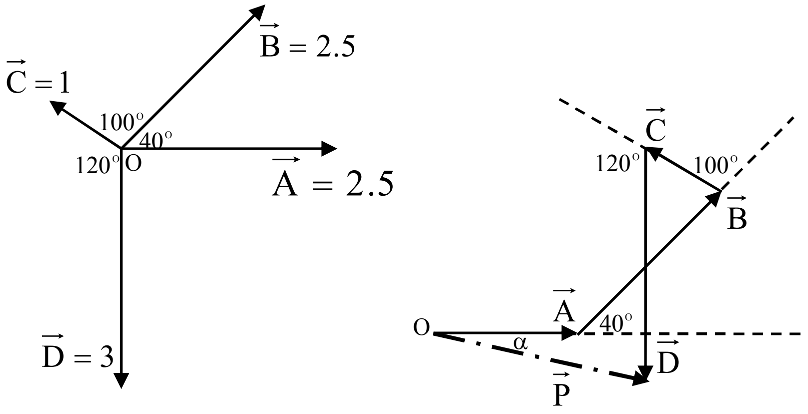
2. การรวมเวกเตอร์ (Vector Addition)

2.1 วิธีวาดรูป (Graphically Method)

การรวมเวกเตอร์วิธีนี้ สามารถทำได้โดยการเขียนรูปหลายเหลี่ยมแทนเวกเตอร์ คือ การนำเอาเวกเตอร์ทั้งหมดมาต่อเรียงกันตามสัดส่วนและทิศทางเดิมของมัน โดยเริ่มจากการเขียนเวกเตอร์แรกลงไปที่จุดตั้งต้นใดๆ ก่อน แล้วนำหางของเวกเตอร์ที่ 2 มาต่อเข้ากับหัวของเวกเตอร์แรก หางของเวกเตอร์ที่ 3 ต่อกับหัวของเวกเตอร์ที่สอง ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนครบทุกเวกเตอร์ จะได้เวกเตอร์ผลลัพธ์ซึ่งจะแทนได้ด้วยเส้นที่ลากจากจุดตั้งต้นไปยังหัวเวกเตอร์สุดท้าย โดยจะได้ครบทั้งขนาดและทิศทางดังเช่นตัวอย่าง ต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 3.1

เวกเตอร์ 4 เวกเตอร์ คือ $\vec{A}$, $\vec{B}$, $\vec{C}$ และ $\vec{D}$ ขนาด 2.5, 2.5, 1 และ 3 หน่วย ตามลำดับ กระทำร่วมกันที่จุด O ดังรูปที่ 3.1(ก) จงหาขนาดและทิศทางของเวกเตอร์โดยวิธีการเขียนรูปหลายเหลี่ยม



(ก) (ข)

รูปที่ 3.1 แสดงการรวมเวกเตอร์ 4 เวกเตอร์ โดยวิธีการเขียนรูปหลายเหลี่ยม

วิธีทำ

ขั้นตอนที่ 1 เขียนรูปลูกศรแทนเวกเตอร์ $\vec{A}$, $\vec{B}$, $\vec{C}$ และ $\vec{D}$ โดยเริ่มจากเวกเตอร์ $\vec{A}$ จากนั้นนำหางของเวกเตอร์ $\vec{B}$ ต่อหัวของเวกเตอร์ $\vec{A}$ นำหางของเวกเตอร์ $\vec{C}$ ต่อหัวของเวกเตอร์ $\vec{B}$ และนำหางของเวกเตอร์ $\vec{D}$ ต่อหัวของเวกเตอร์ $\vec{C}$ ดังรูปที่ 3.1 (ข)

ขั้นตอนที่ 2 ลากเส้น $\overrightarrow{OD}$ เป็นขนาดและทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์ $\vec{P}$

ขั้นตอนที่ 3 วัดความยาวของ $\vec{P}$ จะได้ขนาดของเวกเตอร์ลัพธ์ประมาณ 3 หน่วย

ขั้นตอนที่ 4 วัดมุมของ $\vec{P}$ เทียบกับเวกเตอร์ $\vec{A}$ เป็นขนาดของมุมของเวกเตอร์ลัพธ์ประมาณ 14 องศา

2.2 วิธีการคำนวณ (Analytically Method)

การรวมเวกเตอร์วิธีนี้ สามารถทำได้โดยการแยกเวกเตอร์ไปอยู่ในสองแนวที่ตั้งฉากกัน ได้แก่ แกน X และแกน Y ซึ่งตั้งฉากกันที่จุด Oเมื่อทำการแตกเวกเตอร์ต่างๆ ที่ไม่ได้อยู่ในแกนให้เข้ามาอยู่ในแกนแล้วจะสามารถหาเวกเตอร์ลัพธ์ในแกน X และ Y ได้ถ้าสมมติให้เวกเตอร์ลัพธ์ในแนวแกน X และแกน Y เป็น $\vec{R}_x$ และ $\vec{R}_y$ ตามลำดับ จะได้เวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ที่ตั้งฉาก ซึ่งจะคำนวณหาเวกเตอร์ผลลัพธ์สุดท้าย คือ $\vec{R}$ ได้จากสมการ ดังนี้

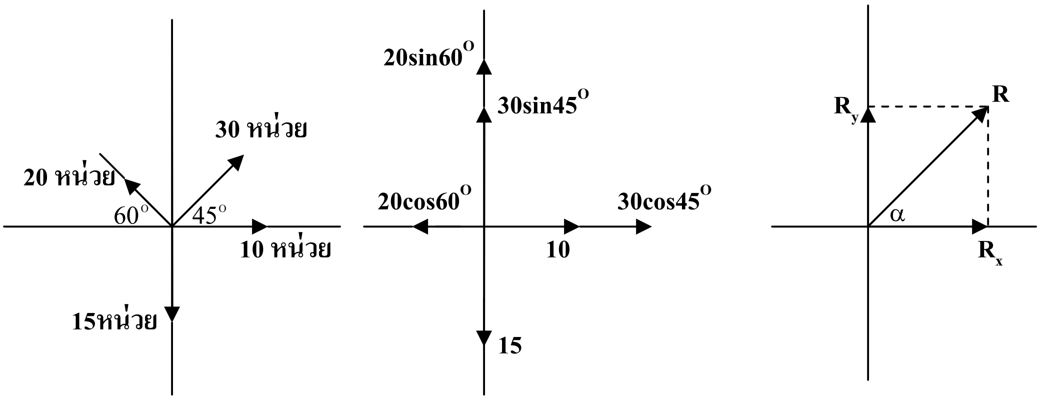
$$R = \sqrt{R_X^2 + R_Y^2} \qquad (3.5)$$

และสามารถหาทิศทางของ $\vec{R}$ ได้จากสมการ ดังนี้

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{R_Y}{R_X}\right) \qquad (3.6)$$

ตัวอย่างที่ 3.2

เวกเตอร์ 4 เวกเตอร์ มีขนาด 10, 20, 30 และ 15 หน่วย ตามลำดับ กระทำต่อวัตถุตามทิศทางที่กำหนดไว้ดังรูปที่ 3.2 จงหาขนาดและทิศทางของเวกเตอร์ลัพธ์



รูปที่ 3.2 เวกเตอร์ 4 เวกเตอร์ กระทำร่วมกันที่จุด O

วิธีทำ

ขั้นตอนที่ 1 หาเวกเตอร์ลัพธ์ตามแนวแกน X จาก

R_x = ผลรวมของเวกเตอร์ย่อยในแนวแกน X

จะได้ $R_x = (10+30\cos 45^0)-20\cos 60^0$

$= 21.22$ หน่วย (ไปทางบวก +X)

ขั้นตอนที่ 2 หาเวกเตอร์ลัพธ์ตามแนวแกน Y จาก

R_y = ผลรวมของเวกเตอร์ย่อยในแนวแกน Y

จะได้ $R_y = (30\sin 45^0 + 20\sin 60^0) - 15$

$= 23.54$ หน่วย (ไปทาง +Y)

ขั้นตอนที่ 3 หาขนาดเวกเตอร์ลัพธ์ จาก

$R = \sqrt{R_x^{\,2} + R_y^{\,2}}$

จะได้ $R = \sqrt{(21.22)^2 + (23.54)^2}$

$= \sqrt{450.29 + 554.13}$

$= \sqrt{1004.42}$

นั่นคือ $R = \sqrt{1004.42}$

$= 31.69$ หน่วย

ขั้นตอนที่ 4 หาทิศของเวกเตอร์ลัพธ์ จาก

$\alpha = \tan^{-1}(\frac{R_Y}{R_x})$

จะได้ $= \tan^{-1}(\frac{23.54}{21.22})$

$= \tan^{-1}(1.11)$

$= 47.98^0$

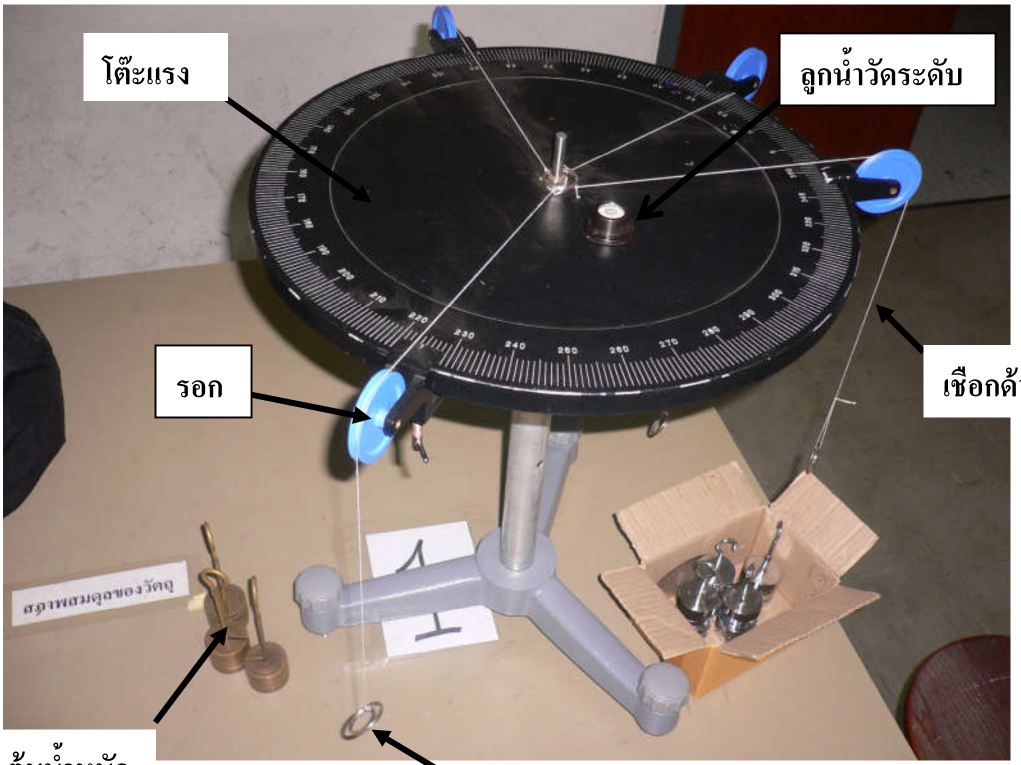
ดังนั้น แรงลัพธ์มีขนาด 31.69 หน่วย และมีทิศทางทำมุม 47.98 องศา กับแกน +X **ตอบ**

3.4 กิจกรรมนักศึกษา

1. ทำความเข้าใจในทฤษฎีและวิธีการปฏิบัติการทดลอง
2. ทำการทดลองและบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกที่กำหนดให้
3. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง
4. เขียนรายงานการทดลอง
5. ทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน

3.5 อุปกรณ์การทดลอง

1. โต๊ะแรงพร้อมรอก 4 ตัว	จำนวน	1	ชุด
2. ตะขอแขวนน้ำหนัก	จำนวน	4	อัน
3. แผ่นครึ่งวงกลมสำหรับวัดมุม	จำนวน	1	แผ่น
4. ไม้บรรทัด	จำนวน	1	อัน
5. แหวนโลหะ	จำนวน	1	วง
6. ตุ้มน้ำหนัก	จำนวน	1	ชุด
7. เชือกด้าย	จำนวน	1	ม้วน
8. อุปกรณ์ตั้งระดับ(ลูกน้ำ)	จำนวน	1	อัน



รูปที่ 3.3 การจัดอุปกรณ์เพื่อทดลองสภาพสมดุลของมวล

3.6 วิธีการทดลอง

1. วางโต๊ะแรงในแนวระดับ ดังรูปที่ 3.3 และรูปที่ 3.4 แล้วตรวจสอบว่าได้ระดับหรือไม่ด้วยอุปกรณ์วัดระดับ (ลูกน้ำ) ถ้ายังไม่ได้ระดับอีกให้ปรับสกรูที่ฐานโต๊ะแรงจนกระทั่งได้ระดับ
2. ผูกปลายเชือกทั้ง 3 เส้นเข้ากับแหวนโลหะ ส่วนอีกปลายหนึ่งผูกเข้ากับตะขอเกี่ยวน้ำหนักแล้วคล้องเชือกผ่านรอกทั้งสามตัวที่ปรับทิศทางได้ข้างละ 45 องศา (ก่อนปรับรอกต้องคลายสกรูยึดรอกออกก่อน) ดังรูปที่ 3.3 และ 3.4

รูปที่ 3.4 แสดงชุดรอกพร้อมสกรูยึดแขนรอกของโต๊ะแรง

3. แขวนตุ้มน้ำหนัก 200 กรัม ซึ่งกำหนดให้เป็น F_1 เข้ากับตะขอแขวนน้ำหนัก แล้วคล้องเชือกผ่านรอกที่ 1 (ให้ผู้ทดลองกำหนดรอกที่ 1, 2 และ 3 เอง โดยเริ่มจากแกน +X) ทำมุม 20 องศา และแขวนตุ้มน้ำหนักอีก 200กรัม ซึ่งกำหนดให้เป็น F_2เข้ากับตะขอแขวนน้ำหนักแล้วคล้องผ่านรอกที่ 2 ทำมุม 120 องศา แล้วเติมตุ้มน้ำหนักที่ตะขอที่เหลือ ซึ่งกำหนดให้เป็น F_3 และปรับทิศทางจนกระทั่งแหวนโลหะอยู่นิ่งตรงกลางโต๊ะแรง ดังรูปที่ 3.4 บันทึกขนาดของน้ำหนักและมุมที่คล้องผ่านรอกที่ 3ในตาราง1
4. รวมเวกเตอร์ F_1และF_2 เป็นเวกเตอร์ลัพธ์ R โดยวิธีวาดรูป (Graphically) และวิธีคำนวณ (Analytically) แล้วนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าที่ทดลองได้จากรอกที่ 3 (F_3) โดยค่ามุมของ R ที่ได้จากการวาดรูปและจากการคำนวณต้องมีทิศตรงข้ามกับเวกเตอร์R เสมอ แต่ขนาดยังคงเท่ากับ R เหมือนเดิม

5. จากข้อ (4) ให้คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของเวกเตอร์ลัพธ์ระหว่างวิธีทดลองกับวิธีวาดรูปและวิธีทดลองกับวิธีคำนวณ ตามลำดับ
6. ทดลองเหมือนข้อ (3) และ (4) แต่เปลี่ยนตุ้มน้ำหนักที่รอกที่ 1 เป็น 200 กรัม ทำมุม 0 องศาและตุ้มน้ำหนักที่รอกที่ 2 เป็น 150 กรัม ทำมุม 90 องศา บันทึกผลในตาราง1 แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเช่นเดียวกับข้อ (5)
7. เปลี่ยนตุ้มน้ำหนักที่รอกที่ 1 เป็น 100 กรัม ทำมุม 30 องศา ที่รอกที่ 2 เป็น 200 กรัม ทำมุม 90 องศาและที่รอกที่ 3 เป็น 300กรัม ทำมุม 225 องศา จากแกน +X แล้วเติมน้ำหนักที่รอกที่ 4 พร้อมทั้งปรับมุมของรอกจนกระทั่งแหวนโลหะหยุดนิ่งตรงกึ่งกลางโต๊ะแรง บันทึกขนาดของน้ำหนักและมุมลงในตาราง 1
8. จากข้อ (7) ให้รวมเวกเตอร์ F_1, F_2และ F_3 เป็นเวกเตอร์ลัพธ์ R โดยวิธีวาดรูปและวิธีคำนวณแล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ทดลองได้จากรอกที่ 4 บันทึกผลในตาราง 1 แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเช่นเดียวกับข้อ (5)

3.7 การวัดและการประเมินผล

1. สังเกตการมีส่วนร่วมและการปฏิบัติการทดลอง
2. การจัดเก็บอุปกรณ์และเครื่องมือการทดลอง
3. ตรวจรายงานการทดลองและแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน
4. สอบระหว่างภาคและปลายภาคเรียน