

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

#### 1. การทดลองชั้นหนึ่งค่อหนึ่ง

การทดลองชั้นนี้ปรากฏผลดังนี้

##### 1.1 การทดลองชั้น 1 คนครั้งหนึ่ง

นักเรียนทำแบบสอบก่อนเรียนบทเรียนได้ร้อยละ 11.43

นักเรียนทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนได้ร้อยละ 68.57

นักเรียนทำบทเรียนแบบโปรแกรมได้ถูกต้องร้อยละ 89.67

##### 1.2 การทดลองชั้น 1 คนครั้งที่สอง

นักเรียนทำแบบสอบก่อนเรียนบทเรียนได้ร้อยละ 11.43

นักเรียนทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนได้ร้อยละ 88.57

นักเรียนทำบทเรียนแบบโปรแกรมได้ถูกต้องร้อยละ 96.97

หลังจากการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขบทเรียนเกี่ยวกับการใช้ภาษา และเปลี่ยนแปลงคำถามในบางกรอบ รวมทั้งแก้ไขความถูกต้องทางค่านเนื้อหา

ตัวอย่างกรอบที่แก้ไข

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



กรอบที่ 58

กรอบเดิม

58. ดังนั้น ความเร็วในขณะ  $t = 2$  วินาที

$$= \frac{f(2 + h) - f(2)}{h}, \text{ เมื่อ } h \rightarrow 0$$

$$= \underline{\hspace{2cm}} \text{ เมื่อ } h \rightarrow 0$$

$$= \underline{\hspace{2cm}} \text{ เมตร/วินาที}$$

กรอบที่แก้ไขแล้ว

58. ดังนั้น ความเร็วในขณะ  $t = 2$  วินาที

$$= \frac{f(2 + h) - f(2)}{h}, \text{ เมื่อ } h \rightarrow 0$$

$$= 12 + 3h \text{ เมื่อ } h \rightarrow 0$$

$$= 12 \text{ เมตร/วินาที}$$

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อให้นักเรียนตอบคำถามในกรอบต่อไปได้ถูกต้อง

กรอบที่ 79

กรอบเดิม

79. ค่าของอัตราการเปลี่ยนแปลงของสารเทียบกับเวลา เป็นจำนวน \_\_\_\_\_ แสดงว่าเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ปริมาณของสารในน้ำยาจะ (บวก, ลบ)

\_\_\_\_\_ (เพิ่มขึ้น, ลดลง)

นั่นคือ เมื่อ  $t$  เพิ่มขึ้น  $f(t)$  จะ \_\_\_\_\_ (เพิ่มขึ้น, ลดลง)

กรอบที่แก้ไขแล้ว

79.

ผลจากในกรอบที่ 78 จะเห็นว่า

ค่าของอัตราการเปลี่ยนแปลงของสาร เทียบกับเวลาเป็น

จำนวน \_\_\_\_\_ แสดงว่าเมื่อเวลา เพิ่มขึ้น ปริมาณของสาร (บวก, ลบ)

ในน้ำยาจะ \_\_\_\_\_ นั่นคือ เมื่อ  $t$  เพิ่มขึ้น (เพิ่มขึ้น, ลดลง)

$f(t)$  จะ \_\_\_\_\_ (เพิ่มขึ้น, ลดลง)

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้เรียนตอบคำถามได้ถูกต้องและรวดเร็วขึ้น

## กรอบที่ 103

กรอบเดิม

103. ถ้า  $y = x^3$  จงหา  $\frac{dy}{dx}$  โดยใช้นิยาม

วิธีทำ ให้  $y = f(x) = x^3$

$$f(x+h) = (x+h)^3$$

$$= \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\text{จากนิยาม } \frac{dy}{dx} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

$$= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{\hspace{2cm}}{h}$$

$$= \lim_{h \rightarrow 0} \underline{\hspace{2cm}}$$

ดังนั้น  $\frac{dy}{dx} = \underline{\hspace{2cm}}$

กรอบที่แก้ไขแล้ว

103. ถ้า  $y = x^3$  จงหา  $\frac{dy}{dx}$  โดยใช้นิยาม

วิธีทำ ให้  $y = f(x) = x^3$

$$f(x+h) = (x+h)^3$$

$$= x^3 + \underline{\hspace{1cm}} + \underline{\hspace{1cm}} + \underline{\hspace{1cm}}$$

$$\text{จากนิยาม } \frac{dy}{dx} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

$$= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{\hspace{2cm}}{h}$$

$$= \lim_{h \rightarrow 0} \underline{\hspace{2cm}}$$

ดังนั้น  $\frac{dy}{dx} = \underline{\hspace{2cm}}$

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อให้ให้นักเรียนตอบคำถามได้ถูกต้องตรงตามที่ต้องการ

## 2. การทดลองชั้นกลุ่ม เล็ก

การทดลองชั้นนี้ปรากฏผลดังนี้

นักเรียนทำแบบสอบก่อน เรียนบทเรียนได้ร้อยละ 13.43

นักเรียนทำแบบสอบหลัง เรียนบทเรียนได้ร้อยละ 80.03

นักเรียนทำบทเรียนแบบโปรแกรมได้ถูกต้องร้อยละ 94.90

เวลาที่ใช้ในการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมเฉลี่ย 10 ชั่วโมง 52 นาที

(ดูรายละเอียดจากตารางที่ 3 ในภาคผนวก ข. หน้า 213)

บทเรียนที่ใช้ทดลองในชั้นนี้มีจำนวน 232 กรอบ มีคำตอบ 726 คำตอบ หลังจากการทดลองแล้ว ผู้วิจัยทำการแก้ไขปรับปรุงอีกครั้งหนึ่งในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. แก้ไขภาษาและสัญลักษณ์ที่ใช้เสียใหม่เพื่อไม่ให้มียากเกินไปจนสับสน
2. แก้ไขข้อความในบางกรอบที่นักเรียนทำผิด
3. เพิ่มเติมกรอบบางกรอบเพื่อให้นักเรียนเข้าใจได้ชัดเจนขึ้น
4. สลับลำดับของกรอบบางกรอบ เพื่อให้เป็นไปตามลำดับการเรียนรู้
5. วางรูปแบบคำถามและคำตอบเสียใหม่ เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายกว่าเดิมไม่สับสน

บทเรียนที่ได้แก้ไขในครั้งนี้เมื่อเรียนร้อยแล้ว ปรากฏว่ามีจำนวนกรอบเพิ่มขึ้นเป็น 243 กรอบและมีคำตอบทั้งหมด 760 คำตอบ

ตัวอย่างกรอบที่ได้แก้ไข

กรอบที่ 83

กรอบเดิม

83.

ถ้า  $f = \{(x, y) | y = f(x)\}$  เป็นฟังก์ชันใด ๆ หรือเขียน

สั้น ๆ  $y = f(x)$  จะสร้างฟังก์ชันใหม่จากฟังก์ชัน  $f$

ฟังก์ชันใหม่นี้ให้ชื่อว่า  $f'$  (อ่านว่า เอฟไพร์ม) โดย

$$f' = \{(x, y) | y = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}\}$$

ซึ่งกล่าวได้ว่า  $y$  เป็นค่าของฟังก์ชัน  $f'$  ที่ \_\_\_\_\_ หรือเขียน

สั้น ๆ ว่า  $y = \text{_____} = \lim_{h \rightarrow 0} \text{_____}$

กรอบที่แก้ไขแล้ว

83.

ถ้า  $f = \{(x, y) | y = f(x)\}$  เป็นฟังก์ชันใด ๆ หรือเขียน

สั้น ๆ  $y = f(x)$  จะสร้างฟังก์ชันใหม่จากฟังก์ชัน  $f$

ฟังก์ชันใหม่นี้ให้ชื่อว่า  $f'$  (อ่านว่า เอฟไพร์ม) โดย

$$f' = \{(x, y) | y = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}\}$$

ซึ่งกล่าวได้ว่า  $y$  เป็นค่าของฟังก์ชัน  $f'$  ที่.....หรือเขียน

สั้น ๆ ว่า  $y = \text{.....} = \lim_{h \rightarrow 0} \text{.....}$

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อให้นักเรียนตอบเป็นเศษส่วนโดยขีดเส้นเศษส่วนด้วย จึงเปลี่ยน

ช่องว่างสำหรับเติมคำตอบในทุกกรอบจากขีดยาวมาเป็นจุดไข่ปลา

กรอบที่ 84

กรอบเดิม

84.

นิยาม ให้  $f$  เป็นฟังก์ชันใด ๆ แทนด้วยสัญลักษณ์  $y = f(x)$

ให้  $f'$  (อ่านว่า เอฟ ไพรม์) เป็นฟังก์ชันใหม่ ซึ่ง

$$f' = \{(x, y) | y = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}\}$$

$$\text{หรือเขียนสั้น ๆ ว่า } f'(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

เราเรียกว่า  $f'$  ว่า อนุพันธ์ของ  $f$  และ  $f'(x)$  อ่านว่า "เฟไพรม์ของเอกซ์" ซึ่งหมายถึงอนุพันธ์ของฟังก์ชัน  $f$  ที่  $x$

บางครั้งเราใช้สัญลักษณ์  $\frac{dy}{dx}$  (อ่านว่าดีวายบายดีเอกซ์)

หรือ  $y'$  หรือ  $\frac{df(x)}{dx}$  (อ่านว่าดีของเอฟบายดีเอกซ์) แทน

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น } f'(x) &= \frac{dy}{dx} = \frac{df(x)}{dx} \\ &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h} \end{aligned}$$

ศูนย์วิทยศาสตร์พยาบาล  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่แก้ไขแล้ว

84.

นิยาม ให้  $f$  เป็นฟังก์ชันใด ๆ แทนด้วยสัญลักษณ์  $y = f(x)$

ให้  $f'$  (อ่านว่า เอฟ ไพรม์) เป็นฟังก์ชันใหม่ ซึ่ง

$$f' = \left\{ (x, y) \mid y = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h} \right\}$$

หรือเขียนสั้น ๆ ว่า  $f'(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$

เราเรียก  $f'$  ว่า อนุพันธ์ของ  $f$  และ  $f'(x)$  อ่านว่า "เอฟไพรม์ของเอกซ์" ซึ่งหมายถึงอนุพันธ์ของฟังก์ชัน  $f$  ที่  $x$

บางครั้งเราใช้สัญลักษณ์  $\frac{dy}{dx}$  (อ่านว่าดีวายบายดีเอกซ์)

หรือ  $\frac{df(x)}{dx}$  (อ่านว่าดีเอฟของเอกซ์บายดีเอกซ์) แทน

$$\text{ดังนั้น } f'(x) = \frac{dy}{dx} = \frac{df(x)}{dx}$$

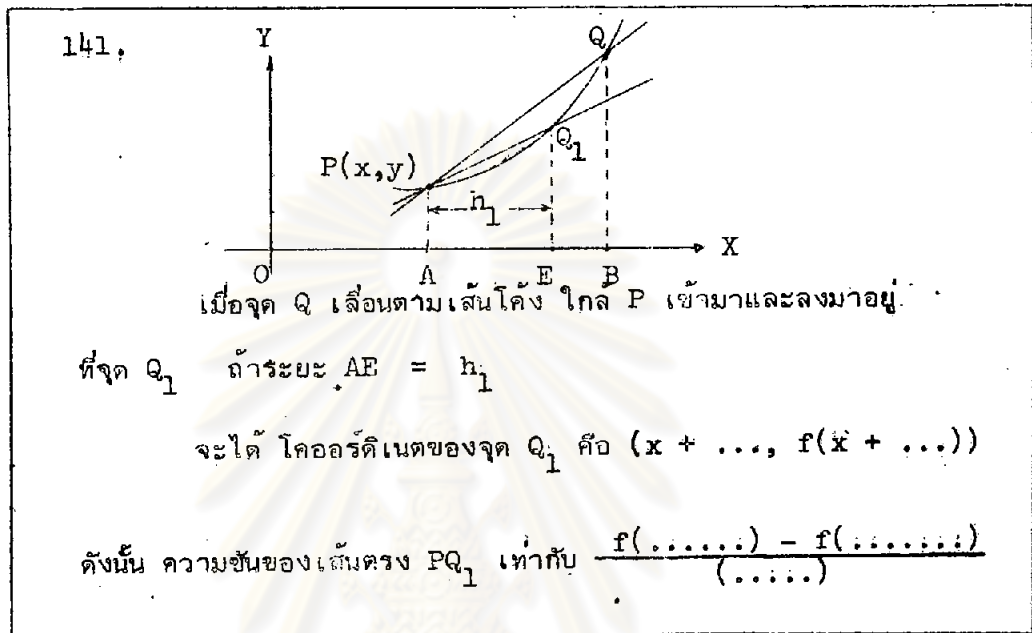
$$= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อลดสัญลักษณ์ที่นักเรียนจะต้องจดจำให้น้อยลง การแก้ไข  
สัญลักษณ์นี้ ได้แก้ไขในกรอบอื่น ๆ ที่มีสัญลักษณ์  $y'$  ด้วย

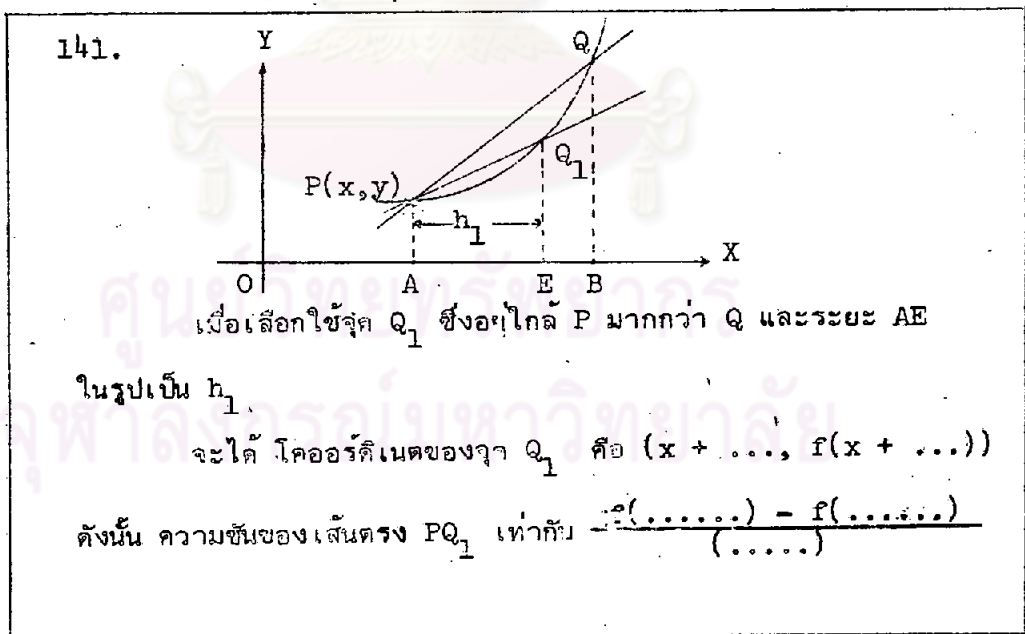


## กรอบที่ 141

กรอบเดิม



กรอบที่แก้ไขแล้ว



สาเหตุที่แก้ไข เพื่อแก้ไขความสับสนที่นักเรียนอาจคิดว่าจุดมีการเคลื่อนที่ได้

กรอบที่ 144

กรอบเดิม

144.

ความชันของเส้นสัมผัสเส้นโค้ง  $y = x - 3x^2$  ที่จุด  $(1, -2)$  เป็นเท่าใด

วิธีทำ ให้  $y = f(x) = x - 3x^2$

$$f(x+h) = x+h - 3x^2 - 6xh - 3h^2$$

$$\frac{f(x+h) - f(x)}{h} = \frac{\dots\dots\dots}{h}$$

$$= \dots\dots\dots$$

ความชันของเส้นสัมผัสเส้นโค้ง  $y = x - 3x^2$  ที่จุด  $P(x, y)$

ใด ๆ เท่ากับ  $\lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$

$$= \lim_{h \rightarrow 0} \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

เส้นสัมผัสเส้นโค้งผ่านจุด  $(1, -2)$  นั่นคือ  $x = \dots\dots\dots$

ดังนั้น ความชันของเส้นสัมผัสเส้นโค้งซึ่งผ่านจุด  $(1, -2)$

เท่ากับ  $\dots\dots\dots$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรอบที่แก้ไขแล้ว

144.

ความชันของเส้นสัมผัสเส้นโค้ง  $y = x - 3x^2$  ที่จุด  $(1, -2)$

เป็นเท่าใด

วิธีทำ ให้  $y = f(x) = x - 3x^2$

$$f(x + h) = x + h - 3x^2 - 6xh - 3h^2$$

$$\frac{f(x + h) - f(x)}{h} = \frac{\dots\dots\dots}{h}$$

$$= \dots\dots\dots$$

ความชันของเส้นสัมผัสเส้นโค้ง  $y = x - 3x^2$  ที่จุด  $P(x, y)$

ใด ๆ เท่ากับ  $\lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x + h) - f(x)}{h}$

$$= \lim_{h \rightarrow 0} \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots \text{---} \textcircled{A}$$

ต้องการหาความชันของเส้นสัมผัสเส้นโค้งที่จุด  $(1, -2)$

จะต้องแทนค่า  $x$  ใน  $\textcircled{A}$  ด้วย  $\dots\dots\dots$

ดังนั้น ความชันของเส้นสัมผัสเส้นโค้งซึ่งผ่านจุด  $(1, -2)$

เท่ากับ  $\dots\dots\dots$

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อเสริมความเข้าใจในการหาความชันของเส้นสัมผัส ณ จุดที่

กำหนดให้ นักเรียนจะได้ตอบคำถามในกรอบต่อ ๆ ไปได้ถูกต้อง

กรอบที่ 158

กรอบเดิม

158.

เส้นตรงซึ่งสัมผัสเส้นโค้ง  $y = x^3 - 2x$  ที่จุด  $(1, -1)$   
และมีความชันเท่ากับ 1 จะมีสมการเป็น.....

กรอบที่แก้ไขแล้ว

158.

เส้นตรงซึ่งสัมผัสเส้นโค้ง  $y = x^3 - 2x$  ที่จุด  $(1, -1)$   
จะมีความชันเท่ากับ.....  
และมีสมการเป็น.....

สาเหตุที่แก้ไข เพราะให้ข้อกำหนดมากเกินไป นักเรียนไม่ได้ใช้ความรู้  
เรื่องอนุพันธ์คิดทำให้กรอบนี้กลายเป็นกรอบทบทวนความรู้พื้นฐานเท่านั้น

กรอบที่ 163

กรอบเดิม

163.

เพราะว่า  $-x^2 \leq 0$  ดังนั้น  $-x^2 + 5 \leq \dots\dots\dots$

เนื่องจาก  $y = -x^2 + 5$

จะได้  $y \leq \dots\dots\dots$

ดังนั้น ค่าสูงสุดของ  $y$  คือ  $\dots\dots\dots$

กรอบที่แก้ไขแล้ว

164.

เพราะว่า  $-x^2 \leq 0$  ดังนั้น  $-x^2 + 5 \dots\dots\dots 5$   
( $\leq$ ,  $\geq$ )

เนื่องจาก  $y = -x^2 + 5$

จะได้  $y \dots\dots\dots 5$   
( $\leq$ ,  $\geq$ )

ดังนั้น ค่าสูงสุดของ  $y$  คือ  $\dots\dots\dots$

สาเหตุที่แก้ไข ประโยคคำตอบเดิม เป็นประโยคเปิดคำตอบที่ได้ไม่เป็นคำตอบเดียว

ต้องการคำตอบที่รัดกุม

กรอบที่ 179 แบ่งออกเป็น 2 กรอบ

กรอบเดิม

179.

โยนวัตถุชนิดหนึ่งขึ้นไปในแนวตั้ง ระยะที่วัตถุอยู่ห่างจากพื้นดิน  
 $s$  เมตร เมื่อเวลาผ่านไป  $t$  วินาที เป็นไปตามสมการ  $s = 32t - t^2$   
 จงหา

ก. ความเร็วในขณะเวลา  $t$

ข. วัตถุจะขึ้นไปสูงสุดเท่าใด

วิธีทำ เนื่องจาก  $s = 32t - t^2$

ความเร็วในขณะเวลา  $t$  คือ  $\frac{ds}{dt} = v = 32 - 2t$

เมื่อวัตถุขึ้นไปสูงสุด ความเร็ว ณ จุดสูงสุดจะเท่ากับศูนย์

$$\text{นั่นคือ } v = \frac{ds}{dt} = 0$$

$$32 - 2t = 0$$

$$t = \dots\dots\dots$$

วัตถุจะขึ้นไปได้สูงสุดเมื่อเวลาผ่านไป.....วินาที

เมื่อ  $t = \dots\dots\dots$  จะได้  $s = \dots\dots\dots$

ดังนั้น วัตถุจะขึ้นไปได้สูงสุด ..... เมตร

กรอบที่แก้ไขแล้ว

179.

โยนวัตถุชนิดหนึ่งขึ้นไปในแนวตั้ง ระยะที่วัตถุอยู่ห่างจากพื้นดิน  $s$  เมตร  
เมื่อเวลาผ่านไป  $t$  วินาที เป็นไปตามสมการ  $s = 32t - t^2$  จงหา

ก. ความเร็วในขณะเวลา  $t$

ข. วัตถุจะขึ้นไปสูงสุดเท่าใด

วิธีทำ เนื่องจาก  $s = 32t - t^2$

ความเร็วในขณะเวลา  $t$  คือ  $\frac{ds}{dt} = v = 32 - 2t$

เมื่อวัตถุขึ้นไปสูงสุด ความเร็ว ณ จุดสูงสุดจะเท่ากับศูนย์

นั่นคือ  $v = \frac{ds}{dt} = 0$

$$32 - 2t = 0$$

$$t = \dots\dots\dots$$

วัตถุจะขึ้นไปได้สูงสุด เมื่อเวลาผ่านไป.....วินาที

180.

จากกรอบที่ 179

เมื่อ  $t = 16$  จะได้  $s = \dots\dots\dots$

ดังนั้น วัตถุจะขึ้นไปได้สูงสุด.....เมตร

สาเหตุที่แบ่งแยกกรอบ คำถามในตอนหลังประโยคที่ให้เติมคำตอบไม่รัดกุม

จึงแก้ไขเพื่อให้คำตอบตรงกับ

## กรอบที่ 206

กรอบ เดิม

206

จงแก้สมการอนุพันธ์  $\frac{dy}{dx} = x^3$

วิธีคิด ลองให้  $y = x^4$  จะได้  $\frac{dy}{dx} = \dots\dots\dots$

ซึ่ง.....เท่ากับสิ่งที่กำหนดให้  
(ได้, ไม่ได้)

ลองให้  $y = \frac{x^4}{4}$  จะได้  $\frac{dy}{dx} = \dots\dots\dots$

ซึ่ง.....เท่ากับสิ่งที่กำหนดให้  
(ได้, ไม่ได้)

กรอบที่แก้ไข

206.

จงแก้สมการอนุพันธ์  $\frac{dy}{dx} = x^3$

วิธีคิด ลองให้  $y = x^4$  จะได้  $\frac{dy}{dx} = \dots\dots\dots$

ซึ่ง.....สิ่งที่กำหนดให้  
(เท่ากับ, ไม่เท่ากับ)

ลองให้  $y = \frac{x^4}{4}$  จะได้  $\frac{dy}{dx} = \dots\dots\dots$

ซึ่ง.....สิ่งที่กำหนดให้  
(เท่ากับ, ไม่เท่ากับ)

สาเหตุที่แก้ไข เพื่อแก้ไขความเข้าใจที่สับสน



### 3. การทดลองขึ้นภาคสนาม

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองขึ้นภาคสนามระหว่างวันที่ 20 มีนาคม ถึง 25 มีนาคม 2521 รวมเวลา 5 วัน

การทดลองครั้งนี้ปรากฏผลดังนี้

นักเรียนทำแบบสอบก่อนเรียนบทเรียนได้ร้อยละ 6.85

นักเรียนทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนได้ร้อยละ 70.04

นักเรียนทำบทเรียนแบบโปรแกรมได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 92.52

(ดูรายละเอียดจากตารางที่ 5 ในภาคผนวก ข.)

เวลาที่ใช้ในการเรียนบทเรียนเฉลี่ย 11 ชั่วโมง 41 นาที

จากผลการทดลองภาคสนาม จะได้ว่าบทเรียนแบบโปรแกรมที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพเป็น  $92.52/70.04$  เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน  $90/90$  ที่ตั้งไว้ จะเห็นได้ว่านักเรียนทำแบบเรียนแบบโปรแกรมโดยเฉลี่ยแล้วทำถูกร้อยละ 92.52 แสดงว่าบทเรียนแบบโปรแกรมนี้มีประสิทธิภาพถึงมาตรฐานร้อยละ 90 ตัวหน้า แต่ยังมีประสิทธิภาพไม่ถึงมาตรฐานร้อยละ 90 ตัวหลัง

### 4. การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบในการทดลองภาคสนาม

หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบจำนวน 40 ข้อ ที่นำมาใช้ในการทดลองภาคสนาม ปรากฏว่า แบบสอบมีค่าความเชื่อมั่น 0.75 (ดูรายละเอียดผลการทดลองจากตารางที่ 3 และผลการคำนวณจากหน้า 222 ในภาคผนวก ข.)

### 5. การหาความก้าวหน้าในการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม

จากการหาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนซึ่งพบว่าบทเรียนนี้มีประสิทธิภาพต่ำกว่า

มาตรฐานที่กำหนดไว้ แต่เพื่อจะทราบว่าบทเรียนนี้สามารถทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นจริงหรือไม่ ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์เพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนบทเรียนและหลังการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม (ดูรายละเอียดจากตารางที่ 4 ในภาคผนวก ข. หน้า 214)

#### การอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยปรากฏว่า บทเรียนแบบโปรแกรม เรื่อง คัลคูลัสเบื้องต้น ที่สร้างขึ้นนี้มีประสิทธิภาพเป็น 92.52/70.04 ซึ่งแสดงว่า นักเรียนสามารถตอบคำถามในบทเรียนได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 92.52 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 90 ตัวแรก และสามารถทำแบบสอบหลังการเรียนเฉลี่ยได้ร้อยละ 70.04 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 90 ตัวหลัง แสดงว่ามีประสิทธิภาพไม่ถึงเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจมีสาเหตุดังต่อไปนี้

1. ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองภาคสนามเป็นเวลาที่ต่อจากรวันที่นักเรียนสอบภาคปลายเสร็จ นักเรียนจึงเกิดความเบื่อหน่ายในการอ่านบทเรียนเพราะต้องคร่ำเคร่งกับการเตรียมสอบมาตลอด ทำให้ขาดความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้เนื้อหาในบทเรียนที่นำไปทดลองและขาดความตั้งใจในการทำบทเรียน
2. นักเรียนไม่คุ้นเคยกับการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมมาก่อนนักเรียนคิดว่าการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม เป็นการทำแบบฝึกหัดโดยการเติมคำตอบให้สมบูรณ์ จึงขาดความสนใจในเนื้อหา ทำให้จดจำนิยามหรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ไม่ได้ บางคนคิดว่าบทเรียนเป็นแบบสลับจึงพยายามเติมคำตอบให้ถูกต้องทั้งหมด ซึ่งบางครั้งอาจจะดูจากเฉลยก่อน
3. นักเรียนอาจเคยชินกับการเรียนโดยการฟังครูอธิบายมากกว่าการเรียนจากการอ่านและคิดตามลำพัง นักเรียนบางคนจึงขาดความคิดไตร่ตรองตามเนื้อหาวิชาไปด้วย

4. บทเรียนจำนวน 243 กรอบ อาจจะยาวเกินไปสำหรับนักเรียน เพราะประกอบด้วยบทย่อย ๆ หลายบท และแต่ละบทต้องอาศัยความรู้ต่อเนื่องกัน ในระยะเวลาจำกัดทำให้นักเรียนจดจำสิ่งที่เรียนผ่านมาแล้วได้ไม่แม่นยำนัก

5. นักเรียนที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นนักเรียนที่ได้จากการสุ่ม จึงอาจจะมีบางคนที่ไม่สมัครใจที่จะเรียนบทเรียน ซึ่งการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมนี้เหมาะสำหรับผู้ที่มีความสนใจในการอ่าน

6. พื้นฐานของนักเรียนก่อนที่จะเรียนบทเรียนเรื่อง คัลคูลัสเบื้องต้น อาจมีไม่เพียงพอ ผู้ที่จะเรียนเรื่องนี้ต้องมีพื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องฟังก์ชัน เลขยกกำลัง และลิมิตเบื้องต้นเป็นอย่างดี แต่นักเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างยังไม่เคยเรียนเรื่องเลขยกกำลังและลิมิตเบื้องต้นมาก่อน ผู้วิจัยได้แต่เพียงอธิบายคร่าว ๆ เท่านั้นก่อนทำการทดลองนักเรียนจึงไม่มีความแม่นยำพอ

ดังนั้นถ้าบทเรียนแบบโปรแกรมนี้ไปทดลองกับนักเรียนที่มีพื้นฐานดีเพียงพอในเวลาเรียนตามปกติ นักเรียนอาจจะให้ความสนใจอย่างเต็มที่และถ้าได้มีการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อีกเล็กน้อย ก็อาจจะได้บทเรียนที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 90/90 อย่างแน่นอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย