

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้บทเรียนแบบโปรแกรม ซึ่งนำเสนอลักษณะของการศึกษาออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

- ตอนที่ 1. การสอนคณิตศาสตร์
 - 1.1 ลักษณะสำคัญของคณิตศาสตร์
 - 1.2 ความมุ่งหมายในการสอนคณิตศาสตร์
 - 1.3 โครงสร้างหลักสูตร ระดับประถมศึกษา
 - 1.4 การคิดคำนวณโดยประมาณ
 - 1.4.1 ความสำคัญของการคิดคำนวณโดยประมาณ
 - 1.4.2 ความหมายของการคิดคำนวณโดยประมาณ
 - 1.4.3 สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการคิดคำนวณโดยประมาณ
 - 1.4.4 ทักษะพื้นฐานที่จำเป็นในการคิดคำนวณโดยประมาณ
 - 1.4.5 การพัฒนาความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณ
 - 1.4.6 การสอนการคิดคำนวณโดยประมาณ
 - 1.4.7 การฝึกการคิดคำนวณโดยประมาณ
 - 1.4.8 การทดสอบความสามารถการคิดคำนวณโดยประมาณ
 - 1.4.9 ประโยชน์ของการคิดคำนวณโดยประมาณ
 - 1.4.10 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการคิดคำนวณโดยประมาณ
 - 1.5 หลักการสอนคณิตศาสตร์
 - 1.6 ความแตกต่างระหว่างบุคคล

ตอนที่ 2. บทเรียนแบบโปรแกรม

- 2.1 ความหมายของบทเรียนแบบโปรแกรม
- 2.2 ลักษณะของบทเรียนแบบโปรแกรม
- 2.3 แนวคิดและหลักการในการสร้างบทเรียนแบบโปรแกรม
- 2.4 หลักที่ควรพิจารณาในการสร้างบทเรียนแบบโปรแกรม
- 2.5 หลักจิตวิทยาที่นำมาใช้ในบทเรียนแบบโปรแกรม
- 2.6 ชนิดของบทเรียนแบบโปรแกรม
- 2.7 หลักในการสร้างบทเรียนแบบโปรแกรม
- 2.8 ประโยชน์และข้อจำกัดของบทเรียนแบบโปรแกรม
- 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวกับบทเรียนแบบโปรแกรม

การสอนคณิตศาสตร์

ลักษณะสำคัญของคณิตศาสตร์

คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีความสำคัญวิชาหนึ่ง ซึ่งไม่ได้หมายความว่าเพียงตัวเลข และสัญลักษณ์เท่านั้น แต่มีความหมายกว้างขวางมาก พอสรุปได้ดังนี้

1. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับความคิด เป็นเครื่องมือพิสูจน์ว่าสิ่งที่เราคิดขึ้นนั้น เป็นจริงหรือไม่อย่างมีเหตุผล ด้วยเหตุนี้จึงนำคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และอุตสาหกรรมต่าง ๆ และยังช่วยให้คนมีเหตุผลใฝ่รู้ ตลอดจนคิดค้นสิ่งแปลกใหม่ ดังนั้นคณิตศาสตร์จึงเป็นรากฐานความเจริญในด้านต่าง ๆ

2. คณิตศาสตร์เป็นภาษาอย่างหนึ่ง คณิตศาสตร์เป็นภาษาที่กำหนดขึ้น ตามด้วยสัญลักษณ์ที่รัดกุมและสื่อความหมายได้ถูกต้อง ใช้ตัวอักษร ตัวเลข และสัญลักษณ์แทนความคิด ซึ่งสื่อความหมายให้เข้าใจได้ตรงกัน

3. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีโครงสร้าง จะเห็นว่าคณิตศาสตร์เริ่มต้นด้วยเรื่องง่าย ๆ เป็นพื้นฐานนำไปสู่ เรื่องอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่อง

4. คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีแบบแผน การคิดในทางคณิตศาสตร์นั้นจะต้องคิดในแบบแผนมีรูปแบบไม่ว่าจะคิดในเรื่องใดก็ตามทุกขั้นตอนจะต้องตอบได้และจำแนกออกมาให้เห็นจริงได้

5. คณิตศาสตร์เป็นศิลปะอย่างหนึ่ง ความงามทางคณิตศาสตร์ คือ ความมีระเบียบและความกลมกลืน นักคณิตศาสตร์ได้พยายามแสดงความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ ความคิดริเริ่มที่แสดงสิ่งใหม่ ๆ โครงสร้างใหม่ ๆ ทางคณิตศาสตร์ออกมา (บุญทัน อยู่ชมบุญ, 2529)

ความมุ่งหมายในการสอนคณิตศาสตร์

หลักสูตรคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุงพ.ศ. 2533) มีจุดประสงค์เพื่อทำให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการคิด การคำนวณ สามารถนำคณิตศาสตร์ไปใช้ เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และในการดำรงชีวิตให้มีคุณภาพ จึงต้องปลูกฝังให้ผู้เรียนมีคุณลักษณะดังนี้

1. มีความรู้ความเข้าใจในคณิตศาสตร์พื้นฐานและมีทักษะในการคิดคำนวณ
2. รู้จักคิดอย่างมีเหตุผลและแสดงความคิดออกมาอย่างมีระเบียบ ชัดเจนและรัดกุม
3. รู้คุณค่าของคณิตศาสตร์และมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์
4. สามารถนำประสบการณ์ทางด้านความรู้ ความคิด และทักษะที่ได้จากการเรียน

คณิตศาสตร์ไปใช้ในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ และในชีวิตประจำวัน

จะเห็นว่าการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษามุ่งหวังให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ให้เป็นประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ดังนั้นเนื้อหาที่หลักสูตรกำหนดให้ผู้เรียน จึงเป็นเรื่องเกี่ยวกับชีวิตประจำวัน เนื้อหาที่จัดให้ผู้เรียนประกอบด้วย พื้นฐานทางพีชคณิต พื้นฐานทางการวัด พื้นฐานทางเรขาคณิต และพื้นฐานทางสถิติ โดยมีโครงสร้างดังนี้

โครงสร้างหลักสูตรคณิตศาสตร์ ระดับประถมศึกษา

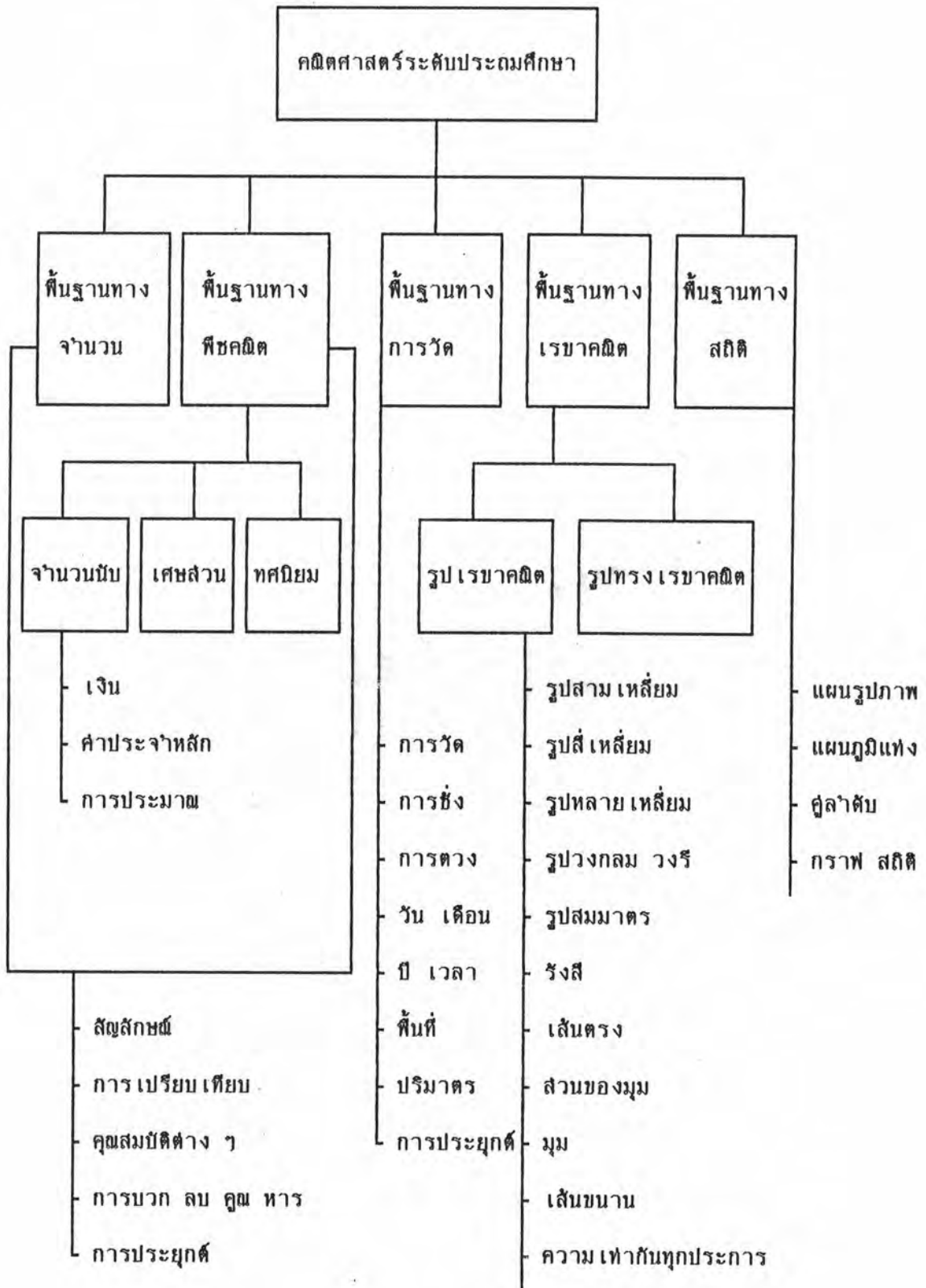
เนื้อหาของหลักสูตรคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา มีโครงสร้างอันประกอบด้วยพื้นฐานในด้านต่าง ๆ 5 พื้นฐาน คือ



1. พื้นฐานทางจำนวน เป็นพื้นฐานที่มีขอบข่ายเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ เรื่อง จำนวน เศษส่วน ทศนิยม เป็นต้น
2. พื้นฐานทางพีชคณิต เป็นพื้นฐานที่มีขอบข่ายเนื้อหาเกี่ยวข้องกับพื้นฐานทางจำนวน เช่น สมการ
3. พื้นฐานทางการวัด เป็นพื้นฐานที่มีขอบข่ายเนื้อหาเกี่ยวข้องกับเรื่องการวัด การชั่ง การตวง การหาพื้นที่ การหาปริมาตร ทิศ แขนง ผัง เวลา เดือน ปี และเงิน เป็นต้น
4. พื้นฐานทางเรขาคณิต เป็นพื้นฐานที่มีขอบข่ายเนื้อหาเกี่ยวข้องกับเรื่องรูปเรขาคณิต และรูปทรงเรขาคณิต

เพื่อให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างซึ่งประกอบด้วยพื้นฐาน 5 พื้นฐานและขอบข่ายเนื้อหาในแต่ละพื้นฐาน จึงแสดงเป็นแผนผัง ดังแผนภูมิที่ 1

แผนภูมิที่ 1 โครงสร้างคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา



จากแผนภูมิจะเห็นได้ว่า การจัดโครงสร้างคณิตศาสตร์ในแต่ละพื้นฐานจะจัดให้สัมพันธ์กัน และ เนื้อหาที่กำหนดไว้ในแต่ละพื้นฐาน เป็น เรื่องที่จะต้องใช้ เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เช่น เรื่อง เงิน เวลา วัดความยาว ชั่ง ตวง บวก ลบ คูณ หาร ฯลฯ การจัดเนื้อหาในแต่ละระดับชั้น ได้จัดให้สอดคล้องเหมาะสมกับวัย และวุฒิภาวะของผู้เรียน เนื้อหาแต่ละ เรื่องที่จัดไว้ในชั้นต่าง ๆ จะมีลักษณะบททวนของเดิมที่เคยเรียนมาแล้วในชั้นก่อน ดังนั้นการเรียนการสอนแต่ละเรื่องจึงมิได้เรียน เพียงครั้งเดียวแล้วยุติ แต่จะซ้ำ และทบทวนแล้วจึงเพิ่มรายละเอียดของเนื้อหา นั้น ๆ ให้เหมาะสมกับวัยและชั้นเรียนที่สูงขึ้น (กระทรวงศึกษาธิการ, 2533)

ความสำคัญของการคิดคำนวณโดยประมาณ

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าการสอนคณิตศาสตร์ในระดับประถมศึกษา มุ่งหวังให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ให้เป็นประโยชน์ในดำรงชีวิตประจำวัน ดังนั้น เนื้อหาที่หลักสูตรกำหนดให้ผู้เรียนจึงเป็นเรื่องเกี่ยวกับชีวิตประจำวัน และจากงานวิจัยของจิววรรณ แสงสว่าง (2533) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการประกอบอาชีพของผู้สำเร็จการศึกษา ในระดับประถมศึกษาที่ไม่ได้ศึกษาต่อในจังหวัดชลบุรี พบว่า ความสามารถทางคณิตศาสตร์ที่ใช้มากคือความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณ ซึ่งเนื้อหาเหล่านี้จัดอยู่ในพื้นฐานทางจำนวน

นอกจากนี้ National Council of Teachers of Mathematics (Riedesel, 1990) ได้กำหนดพื้นฐานของการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษาว่าควรเน้นให้เด็กมีความสามารถด้านต่าง ๆ 10 ประการ คือ

1. ความสามารถในการแก้ปัญหา
2. ความสามารถในการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน
3. ความสามารถในการพิจารณาผลลัพธ์ที่สม เหตุสมผล
4. ความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณ
5. ความสามารถในการคิดคำนวณ
6. ความสามารถทางเรขาคณิต
7. ความสามารถในการวัด

8. ความสามารถในการอ่าน และการตีความ
9. ความสามารถในการใช้คณิตศาสตร์ในการทำงาน
10. ความสามารถทางคอมพิวเตอร์

จะเห็นได้ว่า 1 ใน 10 ของความสามารถที่นักเรียนในปัจจุบันควรมีคือความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณ

ความหมายของการคิดคำนวณโดยประมาณ

ความหมายของการคิดคำนวณโดยประมาณ มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมาย ดังนี้

Thompson (1979) ได้กล่าวถึงความหมายของการคิดคำนวณโดยประมาณ คือ การเดาอย่างมีความรู้

Reys และ Bestgen (1981) ได้กล่าวถึงความหมายของการคิดคำนวณโดยประมาณ คือ เป็นกระบวนการคิดในใจ ซึ่งเป็นการกระทำอย่างรวดเร็วโดยปราศจากเครื่องมือในการบันทึก และผลของคำตอบจะต้องสมเหตุสมผลใกล้เคียงกับผลของคำตอบจริงที่ได้จากการคำนวณ

Hall (1984) ได้กล่าวถึงความหมายของการคิดคำนวณโดยประมาณ คือ เป็นทักษะการคิดในใจ เพื่อการเดาอย่างมีความรู้

Reys (1988) ได้กล่าวถึงความหมายของการคิดคำนวณโดยประมาณ คือ การหาผลลัพธ์ โดยมิได้อาศัยการเขียนทดแบบเดิม ซึ่งต้องการคำตอบที่ถูกต้อง

ธาริณี วีระสกุลรัตน์ (2531) ได้กล่าวถึงความหมายของการคิดคำนวณโดยประมาณ คือ การบอกขนาดหรือจำนวนสิ่งของที่ไม่ต้องการความละเอียดถี่ถ้วน บอกโดยการคาดคะเนด้วยสายตา ไม่ต้องนับหรือไม่ต้องใช้เครื่องมือวัด

กล่าวโดยสรุป ความหมายของการคิดคำนวณโดยประมาณคือ กระบวนการคิดที่ต้องการผลลัพธ์ใกล้เคียงกับผลลัพธ์จริงมากที่สุด

สิ่งที่ควรคำนึงในการคิดคำนวณโดยประมาณ

Reys (1986) ได้กล่าวถึง สิ่งที่มีประมาณที่ควรคำนึงถึง คือ

1. การคิดคำนวณโดยประมาณที่ดีนั้นจะต้องปราศจากกระดาษและดินสอ หรือ เครื่องคิดเลข ควรใช้การคิดในใจ
2. คำตอบที่ได้จากการคิดคำนวณโดยประมาณ ควรเป็นคำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบจริง และคำตอบที่ได้จากการคิดคำนวณโดยประมาณควรเป็นคำตอบที่สามารถนำไปใช้ได้
3. คำตอบที่ได้จากการคิดคำนวณโดยประมาณ ต้องยอมรับว่าจะต้องมีความคลาดเคลื่อนจากคำตอบจริง แต่ความคลาดเคลื่อนนั้นไม่ควรมากนัก
4. มีวิธีคิดคำนวณโดยประมาณหลายวิธี และสามารถเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมในการคิดคำนวณ

ทักษะพื้นฐานที่จำเป็นในการคิดคำนวณโดยประมาณ

Poulter และ Haylock (1988) ได้สรุปทักษะทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับการเป็นนักประมาณที่ดี คือ

1. ใช้เทคนิคการปัดเศษ
2. รู้ค่าประจำหลักทั้งจำนวนเต็ม และทศนิยม
3. มีความรู้พื้นฐานที่ใช้สำหรับ การบวก ลบ คูณ และหาร และผลคูณของ 10, 100
4. รู้ความสัมพันธ์ระหว่างการบวกและการลบ การคูณและการหาร
5. มีความรู้ว่าจะเมื่อใดควรใช้การแจกแจง การรวม การเปลี่ยน และ เมื่อใดไม่ควรใช้ อย่างมีเหตุผล
6. มีความสามารถในการเทียบการปรับค่าของการคำนวณ
7. มีความรู้ระบบตัวเลขง่าย ๆ
8. มีความรู้เรื่องความเท่ากันระหว่าง ทศนิยม เศษส่วน และร้อยละ

การพัฒนาความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณ

การพัฒนาความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณ ต้องประกอบด้วยสิ่งต่าง ๆ 3
สิ่ง ดังนี้คือ (Reys, 1986)

1. การสอน
2. การฝึก
3. การทดสอบ

การสอนการคิดคำนวณโดยประมาณ

หากปราศจากการสอนนักเรียนส่วนใหญ่ก็จะไม่เคยเรียน หรือไม่เคยใช้กลวิธีการคิดคำนวณโดยประมาณเลย ความเข้าใจและความซาบซึ้ง จะเกิดขึ้นได้เมื่อมีความสัมพันธ์กับสถานการณ์จริง การฝึกนับเป็นสิ่งที่สำคัญ แต่การสอนกลวิธีการคิดคำนวณโดยประมาณเหล่านั้นจะเป็นการสนับสนุนส่งเสริมการฝึกที่มีความหมายมากขึ้น

การสอนให้เด็กมีความสามารถคิดคำนวณโดยประมาณควรมีขั้นตอนดังนี้ (Reys, 1986)

1. พัฒนาความคิดของนักเรียนให้เห็นคุณค่าของการคิดคำนวณโดยประมาณ
2. พัฒนาการคิดคำนวณเรื่อง การบวก การลบ การคูณ และการหาร
3. พัฒนาความคิดรวบยอดของระบบจำนวน เรื่องการหาค่าประมาณใกล้จำนวนเต็ม

ในหลักต่าง ๆ

4. พัฒนากลวิธีการคิดคำนวณโดยประมาณ

งานวิจัยของ Reys (1982) ได้กล่าวถึงกลวิธีต่าง ๆ ที่ใช้ในการพัฒนาความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณ ดังนี้ คือ

1. การปัดเศษ (rounding)

โดยการปัดเศษของจำนวนให้ใกล้เคียงกำลัง 10 ของหลักที่มากที่สุด

ตัวอย่าง จงประมาณค่าของ $385 + 146$

	ค่าแน่นอน		ค่าประมาณ
	385	ปัด เป็น	400
	<u>146</u>	ปัด เป็น	<u>100</u>
	<u>531</u>		<u>500</u>
ดังนั้น	385 + 146	=	531
ค่าประมาณ	400 + 100	=	500

2. การประมาณด้วยวิธีจัดกระทำตัวเลข (compatible number)

เป็นการใช้จำนวนที่ใกล้เคียงกับจำนวนที่กำหนดมาให้ เพื่อสะดวกในการคิดคำนวณ วิธีนี้ใช้กับกลุ่มตัวเลขที่เข้ากันได้ โดยผู้ใช้ต้องมองตัวเลขที่เกี่ยวข้องอย่างกว้าง ๆ แล้วปรับตัวเลขเพื่อให้เข้ากันได้

ตัวอย่างที่ 1 จงประมาณค่า $3388 \div 7$

ค่าแน่นอน	ค่าประมาณ
$7 \overline{) 3388}$	$7 \overline{) 3500}$

ตัวอย่างที่ 2 จงประมาณค่า $27 + 49 + 38 + 65 + 58 + 81$

ค่าแน่นอน	ค่าประมาณ
27	27
49	49
38	38
65	65
58	58
<u>81</u>	<u>81</u>
<u>318</u>	<u>300</u>

3. การประมาณด้วยวิธีคิดคำนวณจากตัวหน้าไปตัวหลัง (front end)

มีวิธีคิด 3 ขั้นตอนคือ

3.1 คิดคำนวณเลขโดดในหลักหน้าสุด

3.2 คิดคำนวณโดยประมาณในหลักที่เหลือ

3.3 นำค่าที่ได้ในข้อ 1 และข้อ 2 มารวมกัน

ตัวอย่าง จงหาผลบวกโดยประมาณของ $426 + 275 + 126$

วิธีคิด

ขั้นที่ 1. หาผลบวกของเลขโดดในหลักหน้าสุด ซึ่งเป็นหลักที่มีค่ามากที่สุด

426 เลขโดดในหลักหน้าสุด (หลักร้อย) คือ 4

275 เลขโดดในหลักหน้าสุด (หลักร้อย) คือ 2

126 เลขโดดในหลักหน้าสุด (หลักร้อย) คือ 1

ดังนั้น ผลบวกของเลขโดดในหลักหน้าสุด (หลักร้อย) คือ $4 + 2 + 1 = 7$

มีค่าเท่ากับ 700

ขั้นที่ 2. หาผลบวกโดยประมาณในหลักที่เหลือ

426 ค่าประมาณของ 26 คือ 30

275 ค่าประมาณของ 75 คือ 80

126 ค่าประมาณของ 26 คือ 30

ผลบวกโดยประมาณในหลักที่เหลือคือ $30 + 80 + 30 = 140$

ขั้นที่ 3. นำค่าที่ได้ในข้อ 1 และ ข้อ 2 มารวมกัน

$$700 + 140 = 840$$

ดังนั้น ผลบวกโดยประมาณของ $426 + 275 + 126$ คือ 840

4. การประมาณผลลัพธ์โดยการแปลงค่า (translation or clustering)

เป็นการเปลี่ยนโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ให้เป็นรูปที่จัดการได้ง่ายขึ้น

โดย เปลี่ยนทั้งค่าของจำนวนและวิธีการปฏิบัติ

ตัวอย่าง จงประมาณค่าของ $87,419+92,765+90,045+81,974+98,102$

วิธีคิด

จากจำนวนทั้งหมดสามารถปรับเป็น 90,000

โครงสร้างการปฏิบัติปรับจาก การบวกเป็นการคูณ

ฉะนั้น จะได้คำตอบ คือ $90,000 \times 5 = 450,000$

การฝึกการคิดคำนวณโดยประมาณ

การฝึก เป็นขั้นตอนหนึ่งในการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ เมื่อผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่สอนใหม่ แล้วควรจัดให้มีการฝึก เพราะการฝึกก่อให้เกิดประโยชน์หลายประการ ดังนี้ (ดวงเดือน สอนน่วม, 2535)

1. การฝึกช่วยให้จำได้แม่นยำเพราะโดยปกติการอ่าน ฟัง มองดู หรือทำเพียงครั้งเดียวย่อมยากแก่การที่จะจดจำได้ทั้งหมด
2. การฝึก เป็นทางนำไปสู่ความถูกต้อง
3. การฝึก เป็นรากฐานในการพัฒนาประสิทธิภาพในการคิดคำนวณ การฝึกจะช่วยให้มองเห็นวิธีลัด อันจะทำให้คิดได้รวดเร็วขึ้น
4. การฝึก เป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยสร้างความเชื่อมั่นในการคิดคำนวณ เมื่อผู้เรียนประสบความสำเร็จในการคำนวณ หรือคิดคำนวณได้ถูกต้องและรวดเร็ว

หลักการฝึกการคิดคำนวณ

Jarolimek และ Foster (1989); Johnson และ Rising (อ้างถึงในมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2526) ; กมลรัตน์ หล้าสูงษ์ (2528) ; ยุคิน พิพิธกุล (2530); อุทัย เพชรช่วย (2532); ดวงเดือน สอนน่วม (2535) กล่าวถึงหลักการฝึกการคิดคำนวณที่ดีและมีประสิทธิภาพ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผู้ฝึกต้องมีความต้องการในการปรับปรุงพัฒนาตนเองให้มีความชำนาญ
2. ผู้ฝึกต้องตระหนักถึงความสำคัญของการฝึก

3. ผู้ฝึกควรหลีกเลี่ยงในลักษณะการกระทำซ้ำ ๆ การฝึกควรเป็นในลักษณะให้ผู้ฝึกได้ใช้กระบวนการคิดพิจารณาควบคู่ไปพร้อม ๆ กัน
4. ผู้ฝึกควรจัดเนื้อหาในการฝึกให้เป็นระบบ มีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน ควรฝึกจากเนื้อหาที่ง่ายไปสู่เนื้อหาที่ยาก
5. การฝึกควรใช้หลาย ๆ วิธี
6. ผู้ฝึกควรได้รับการสนองตอบว่าถูกหรือผิด เพื่อจะได้กำจัดความคิดที่ผิดออกไป และส่งเสริมกำลังใจความเชื่อมั่นในสิ่งที่ถูก
7. การฝึกควรฝึกเป็นรายบุคคลตามความจำเป็น และตามความสามารถของผู้เรียน โดยที่นักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกัน ควรให้เริ่มฝึกในลำดับความยากง่าย ในการเริ่มฝึกที่แตกต่างกันตามความเหมาะสม
8. โจทย์ปัญหาที่ใช้ในการฝึกควรมีความหมาย สามารถพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดและนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
9. ผู้ฝึกไม่ควรใช้การฝึกเป็นการทำโทษ ควรใช้การฝึกเพื่อกระตุ้นความสนใจและความกระตือรือร้น
10. การฝึกควรมีอายุทั่ว ๆ ไป มากกว่าการใช้กลเม็ดต่าง ๆ

การทดสอบความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณ

การทดสอบ ควรทดสอบเป็นระยะ ๆ จะเป็นการรู้งใจ ในการพัฒนาความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณ

Reys (1986) ได้กล่าวถึง แนวทางการทดสอบความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณ ดังนี้

1. เวลา

เวลาที่ใช้ในการทดสอบการคิดคำนวณโดยประมาณควรมีการควบคุม เพราะหากใช้เวลามากก็จะเป็นการวัดการคำนวณด้วยกระดาษและดินสอเท่านั้น หากให้เวลาน้อยไปก็เป็นการเดาสุ่ม โดยจำนวนเวลาที่กำหนดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการ คือ

1.1 รูปแบบการคิดคำนวณ เช่น การหารจะใช้เวลามากกว่าการบวก

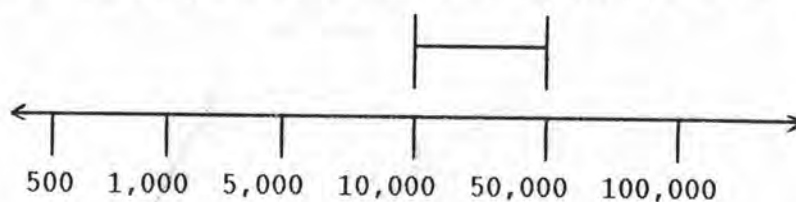
1.2 ความซับซ้อนของตัวเลข เช่น 216×859 จะใช้เวลามากกว่า 20×25

1.3 รูปแบบของโจทย์ เช่น จงหาค่าประมาณของ $12 \div 85$ จะใช้เวลาการคิดคำนวณโดยประมาณน้อยกว่า จงหาค่าประมาณของ 85 หารด้วย 12

2. รูปแบบของข้อสอบ

2.1 ปลายเปิด (open-ended) เช่น ถ้าต้องส่งหนังสือพิมพ์ 95 ฉบับต่อวัน จะส่งหนังสือพิมพ์จำนวนกี่ฉบับใน 1 ปี

2.2 กำหนดช่วง (intervals) มีการสมมติเส้นจำนวนขึ้น และมีการให้ค่าตัวเลขที่ได้คำนวณไว้ล่วงหน้าแล้วลงไปตามเส้นจำนวน เช่น หากใช้คำถามจาก ข้อ 2.1 คำตอบที่ได้คือ ประมาณปีละ 36,500 ฉบับ ก็จะแสดงตัวเลขไว้ตามเส้นจำนวน ดังนี้



2.3 แบบเลือกตอบ (multiple choice) จะต้องเลือกคำตอบที่กำหนดค่าให้ ตัวเลือกจะต้องสร้างขึ้น เพื่อให้มีการเลือกที่สะท้อนให้เห็นข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นบ่อย ๆ

2.4 ลำดับของขนาด (order of magnitude) ต้องเลือกคำตอบที่ประมาณจากลำดับขนาด นับเป็นการประยุกต์แบบกำหนดช่วงและแบบเลือกตอบมาไว้ด้วยกัน จากตัวอย่าง ข้อ 2.1 สามารถสร้างตัวเลือกได้ดังนี้

ก. 360 ฉบับ

ข. 3,600 ฉบับ

ค. 36,000 ฉบับ

ง. ไม่มีคำตอบถูก

2.5 ตัวเลขที่อ้างอิง (reference number) ต้องตัดสินใจว่าคำตอบที่ถูกต้องนั้นอยู่สูงหรือต่ำกว่าตัวเลขที่อ้างอิง

3. ตัวเลขในข้อสอบการคิดคำนวณโดยประมาณ โดยเลขที่ใช้ในคำถามจะมีความ

ชั้นซ้อน เพียงพอในการกระตุ้นการคิดคำนวณเพียงใด

จากที่กล่าวมาแล้วสรุปได้ว่า แนวทางการทดสอบความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณที่ควรพิจารณา คือ เวลา รูปแบบของข้อสอบ และตัวเลขในข้อสอบ

ประโยชน์ของการคิดคำนวณโดยประมาณ

ความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณ เป็นความสามารถอย่างหนึ่งที่สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้หลายประการ เช่น

Buchanan (1978) ได้กล่าวถึง ผลดีที่พบในการเรียนการสอนการคิดคำนวณโดยประมาณ คือ

1. ช่วยสร้างความรู้สึกรู้สึกของควมมีเหตุผล เกี่ยวกับการคำนวณ
2. ทำให้เด็ก เรียนมีความเข้าใจดีขึ้นในเรื่อง ขนาดของจำนวน และโครงสร้างของระบบจำนวน
3. เป็นการตรวจสอบการทด เครื่องคิด เลข ซึ่งการคิดคำนวณโดยประมาณอาจจะเสริมการใช้ เครื่องคิด เลขได้
4. ช่วยให้การเรียนทักษะการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เป็นไปได้อย่างสะดวกมากขึ้น

นอกจากนี้ความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณยังสามารถนำไปใช้ในการดำรงชีวิตประจำวันได้หลายประการ คือ

1. ใช้ในการบันทึกตัวเลขทางวิทยาศาสตร์
2. ใช้ในการประมาณปริมาณ ขนาดของสิ่งต่าง ๆ และระยะทาง
3. ใช้เพื่อความสะดวกในการคิดคำนวณ
4. ใช้ในการคาดการณ์ของการตลาด
5. ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น การประมาณค่าใช้จ่าย
6. ใช้ในการประมาณวัตถุดิบในการผลิต
7. ใช้ในการประมาณผลผลิตต่าง ๆ

8. ใช้ในการประมาณการด้านเศรษฐกิจ เช่น งบประมาณ
9. ใช้ในการตรวจสอบค่าที่ได้จากการใช้ เครื่องคิดเลข
10. ใช้ในการตรวจคำตอบ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ปรากฏว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศน้อยมาก ส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยต่างประเทศ สำหรับงานวิจัยในประเทศมีดังนี้

สมจิต ชิวปรีชา (2514) ได้วิจัยเรื่อง สหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการกะระยะ และการกะจำนวนกับสัมฤทธิ์ผลในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการกะระยะและการกะจำนวน กับสัมฤทธิ์ผลในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

ผลการวิจัยพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์แห่งสหสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการกะระยะ และการกะจำนวน กับสัมฤทธิ์ผลในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 อยู่ในระดับปานกลาง หมายความว่านักเรียนที่มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์สูงก็อาจจะได้คะแนนความสามารถในการกะระยะ และการกะจำนวนสูงด้วย แต่มีบางส่วนหรือคะแนนบางคนไม่ เป็นไปตามนี้ นักเรียนหญิงและนักเรียนชายมีความสามารถในการกะระยะ และการกะจำนวน ไม่แตกต่างกันที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05

นิธิวดี อตุลยพันธ์ (2535) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาความสามารถในการประมาณค่าของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในกรุงเทพมหานคร วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาความสามารถในการประมาณค่าของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการประมาณค่าของนักเรียนในข้อสอบประมาณค่าที่มีรูปแบบแตกต่างกัน

ผลการวิจัยพบว่า ตัวอย่างประชากรมีความสามารถในการประมาณค่าร้อยละ 60.89 และนักเรียนมีความสามารถสูงสุดในการประมาณค่าของข้อสอบแบบลำดับของขนาด หรือแบบกระทำของตัวคำถาม รองลงมาได้แก่ ข้อสอบแบบเลือกตอบมาตรฐาน ข้อสอบแบบการกระทำของตัวเลือก ข้อสอบแบบการให้เหตุผล และข้อสอบแบบช่วงของตัวเลือก ตามลำดับ

งานวิจัยต่างประเทศนั้น สามารถสรุปได้หลายด้าน คือ

1. ความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณกับความสัมพันธ์ด้านต่าง ๆ

1.1 Corle (1963) ได้ศึกษาความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณของผู้ใหญ่ ตัวอย่างประชากรเป็นครูสอนชั้นประถมศึกษาจำนวน 368 คน และนักศึกษาวิชาเอกการประถมศึกษาจำนวน 96 คน พบว่าครูสอนชั้นประถมศึกษา และนักศึกษาเอกการประถมศึกษา มีความสามารถประมาณได้ดีกว่านักเรียนระดับห้า และระดับหก มีความผิดพลาดประมาณร้อยละ 60 โดยครูมีความถูกต้องมากกว่านักศึกษา

1.2 Paull (1972) ได้ทำการวิจัยเรื่องความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณในวิชาคณิตศาสตร์ วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณ ความยาวพื้นที่ และคำตอบทางการคำนวณเชิงตัวเลข ความสามารถในการใช้การลองผิดลองถูก เพื่อแก้ไขปัญหาทางคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า

1.2.1 ความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณคำตอบของปัญหาทางคณิตศาสตร์ ระหว่างความสัมพันธ์เชิงบวก กับความสามารถทางคณิตศาสตร์

1.2.2 ความสัมพันธ์เชิงบวก ระหว่างความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณคำตอบทางการคำนวณเชิงตัวเลข และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ โดยการลองผิดลองถูก

1.2.3 ความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณคำตอบทางการคำนวณเชิงตัวเลข เป็นตัวทำนายที่สำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหา โดยการลองผิดลองถูก

1.3 Hall (1977) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดคำนวณโดยประมาณ และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับห้า วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาผลของการสอนการคิดคำนวณโดยประมาณ กับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ และความสามารถในการคิดคำนวณประมาณ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่มีความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณสูง จะมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์มากกว่านักเรียนที่มีความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณต่ำ

2. การสอนการคิดคำนวณโดยประมาณกับผลสัมฤทธิ์

2.1 Nelson (1967) ได้ทำการวิจัยเรื่องผลของการสอนการคิดคำนวณโดยประมาณ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับสี่และระดับหก ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนระดับสี่และระดับหก กลุ่มทดลองทำแบบทดสอบการประมาณได้ดีกว่านักเรียนระดับสี่และระดับหก ในกลุ่มควบคุมนักเรียนระดับหกกลุ่มทดลองทำแบบทดสอบความรู้เรื่องมโนทัศน์และการประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ได้ดีกว่านักเรียนระดับหกในกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตาม นักเรียนระดับสี่กลุ่มควบคุมมีคะแนนในการทดสอบการประมาณดีกว่านักเรียนระดับสี่ในกลุ่มทดลอง และนักเรียนในกลุ่มทดลองที่มีไอคิวสูงสุด มีคะแนนสูงสุดในการทดสอบการประมาณ

2.2 Bestgen และคนอื่น ๆ (1980) ได้ทำการวิจัยเรื่องผลของวิธีสอนทักษะการคิดคำนวณโดยประมาณและทัศนคติของครูฝึกสอนระดับประถมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองมีการประมาณดีกว่ากลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับการฝึกพิเศษและได้รับการสอนกลวิธีมีทัศนคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์มากขึ้น และทัศนคติดีกว่าอีกกลุ่มด้วย และไม่มี ความแตกต่างในการประมาณระหว่างกลุ่มทั้งสองกลุ่ม

2.3 Schoen และคณะ (1981) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การสอนการประมาณ เพื่อแก้ปัญหาการคำนวณตัวเลขที่เป็นจำนวนเต็ม ตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับสี่ ห้า และหก ซึ่งถูกสอนให้ใช้วิธีการประมาณ โดยการคิดคำนวณจากตัวหน้าไปตัวหลัง (front end) และการปัดเศษ (rounding) เกี่ยวกับการบวกและการคูณ ผลการวิจัยพบว่าวิธีการประมาณค่าตอบสามารถสอนในระยะเวลาสั้นๆ เพียงแต่นักเรียนจะเป็นนักประมาณที่ดี ยังนำวิธีการประมาณมาใช้ได้สมเหตุสมผล แนะนำให้ใช้เป็นการฝึกหัดคิดคำนวณ ซึ่งในการประมาณไม่มีผลตรงข้ามกับทักษะการคิดคำนวณ นักประมาณที่ดีสามารถตัดสินขนาดและจำนวนของการประมาณ เพื่อให้มีความสัมพันธ์กับคำตอบจริง โดยอาจมีการปัดเศษที่สูงหรือต่ำกว่าจำนวนนั้น

3. กลวิธีของการคิดคำนวณโดยประมาณ

3.1 Hildreth (1981) ได้ทำการวิจัยเรื่อง กลวิธีการคิดคำนวณโดยประมาณที่ใช้ในการวัดความยาวและพื้นที่โดยนักเรียนระดับห้า และระดับเจ็ด วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อบอกกลวิธีที่เด็กและผู้ใหญ่ใช้ในการคิดคำนวณโดยประมาณความยาวและพื้นที่ ศึกษา

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (กลวิธีที่ใช้และในการคิดคำนวณโดยประมาณ) และตัวแปรอิสระ (ความสามารถในการรับรู้ ความสามารถทางคณิตศาสตร์ ระดับชั้นและเพศ) และเปรียบเทียบวิธีการสอนการคิดคำนวณโดยประมาณสองวิธี ในเรื่องเนื้อหาเกี่ยวกับความยาว และการวัดพื้นที่มาตราเมตริก ผลการวิจัยพบว่า

3.1.1 กลุ่มตัวอย่างในระดับห้าและ เจ็ด แสดงกลวิธีการคิดคำนวณโดยประมาณหลายอย่างซึ่งไม่แตกต่างจากผู้ใหญ่

3.1.2 ความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณ และกลวิธีที่ใช้มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการรับรู้

3.1.3 สำหรับผู้ใหญ่ ความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณ และกลวิธีที่ใช้มีความสัมพันธ์กับความสามารถทางคณิตศาสตร์ และสำหรับนักเรียนระดับห้าและระดับเจ็ด ไม่มีความสัมพันธ์กับความสามารถทางคณิตศาสตร์

3.1.4 ความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณ มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับกลวิธีที่ใช้

3.1.5 ความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณหรือกลวิธีที่ใช้ไม่พบว่ามีระดับชั้นหรือ เพศมีความแตกต่างกัน

3.2 Reys และคณะ (1982) ได้ทำการวิจัยเรื่อง กระบวนการที่ใช้โดยนักประมาณทางการคำนวณที่ดี วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่ออธิบายกระบวนการในการคิดคำนวณโดยประมาณที่ใช้กลวิธีที่คิด และ เทคนิคของนักประมาณที่ดี ผลการวิจัยพบว่า ทุกคนที่การระลึกได้อย่างรวดเร็ว และถูกต้องในเรื่องความจริงพื้นฐาน และความเข้าใจตำแหน่งค่า เพื่อวินิจฉัยผลที่ถูกต้อง สิ่งที่ใช้ในการคิดในใจประกอบด้วย การปิดเศษ ทักษะการปิดเศษจากการคูณด้วย 10 และความอดทนต่อความผิดพลาดในกระบวนการประมาณ นอกจากนี้ส่วนใหญ่เข้าใจและสามารถใช้ลักษณะตัวเลขพื้นฐาน และใช้กลวิธีหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งในเรื่องนี้ ได้แก่ การปรับไหม เป็นการเปลี่ยนข้อมูลตัวเลขที่อยู่ในรูปแบบที่จัดการได้โดยคิดในใจ และตั้งโครงสร้างไว้ การแปลงค่า กระบวนการนี้นักประมาณได้ เปลี่ยนโครงสร้างหรือสมการให้เป็นรูปที่จัดการง่ายขึ้น และการทดแทนเป็นการปรับเพื่อทดแทนความไม่ถูกต้อง ที่เกิดจากการแปลงค่าและการปรับไหม

3.3 Brame (1987) ได้ทำการวิจัยเรื่อง กลวิธีที่ใช้ในการคิดคำนวณโดย

ประมาณของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถในการคิดคำนวณโดยประมาณต่ำ ผลการวิจัยพบว่า

3.3.1 การลดความกดดันเรื่องเวลา ทำให้การปฏิบัติได้ผลดีขึ้น

3.3.2 นักเรียนใช้กลวิธีการคิดคำนวณโดยประมาณหลายแบบ แต่บางที่ก็ไม่ใช้กลวิธีในการคิดคำนวณโดยประมาณและพยายามใช้การคำนวณหาค่าตอบที่ถูกต้อง

3.3.3 นักเรียนทุกคนยกเว้นหนึ่งคน ใช้วิธีคิดคำนวณจากตัวหน้าไปตัวหลัง โดยการปิดเศษ นักประมาณที่ดีใช้วิธีปิดเศษ และการทดแทน

3.4 Gossard (1986) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การคิดคำนวณโดยประมาณในการประยุกต์ใช้กับปัญหาในชีวิตประจำวัน วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของการประมาณโดยการคำนวณที่ได้สอนให้นักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย แล้วเปรียบเทียบสิ่งที่ได้รับการสอน สิ่งที่นักเรียนเรียนรู้จริงกับการนำไปใช้จริงในการแก้ไขปัญหาคณิตศาสตร์ในชีวิตประจำวัน มีการพิจารณาการประมาณสามประเภท คือการปรับให้กลม การแปลงค่า และการทดแทน ซึ่งการประมาณทั้งสามประเภทนี้ ได้รับการพิจารณาเกี่ยวเนื่องกับเนื้อหาวิชาคณิตศาสตร์ การใช้เครื่องคิดเลขและความอดทนต่อความผิดพลาดของนักเรียน เมื่อทำการคิดคำนวณโดยประมาณ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนทุกคนเรียนรู้ การปรับ การปิดเศษ เลขจำนวนเต็ม และทศนิยม ตามที่กำหนดด้วยความเข้าใจดีขึ้น ในการปิดเศษ เลขจำนวนเต็ม การแปลงค่า ไม่มีการสอนเลย และการทดแทนค่าจะได้รับการสอนเพียงในการหาร เลขจำนวนเต็ม มีเพียงการคิดคำนวณโดยประมาณด้วยวิธีการปิดเศษเพียงเล็กน้อยในบทเรียนการแก้ไขปัญหาคณิตศาสตร์ ไม่มีการแปลงค่าหรือการทดแทนในการสอนการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์เลย

3.5 Reys และคณะ (1991) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การแสดงการคิดคำนวณโดยประมาณ และกลวิธีที่ใช้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาและระดับมัธยมศึกษา วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาข้อมูลที่ได้รับจากทักษะการคิดคำนวณโดยประมาณ ศึกษาเทคนิคการคิดคำนวณโดยประมาณ และกระบวนการที่ใช้ในการหาผลลัพธ์ จากการประมาณของนักประมาณที่ดี ผลการวิจัยพบว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาใช้กระบวนการคิด 3 แบบ ซึ่งเป็นไปตามตัวอย่างทฤษฎี จากการสัมภาษณ์นักเรียนอเมริกัน ได้แก่ การปรับให้กลม การแปลงค่า การทดแทน นักเรียนยังใช้กลวิธีเหมือนกับที่นักเรียนอเมริกันใช้หลายอย่าง เช่น การคิดคำนวณจากตัวหน้าไปตัวหลัง การใช้ตัวเลขที่มี

ค่าเท่าเทียมกัน การปิดเศษมีนักเรียนน้อยคนที่สามารถจำได้ว่า เคยได้รับการสอนการคิดคำนวณโดยประมาณในโรงเรียน นักเรียนญี่ปุ่นแสดงความสามารถการคิดในใจในระดับสูงกว่านักเรียนอเมริกัน และการที่นักเรียนใช้การคิดในใจแบบการทดเลข จะเป็นอุปสรรคต่อกระบวนการในการคิดคำนวณของนักเรียน

3.6 Dowker (1992) ได้ทำการวิจัยเรื่อง กลวิธีการคิดคำนวณโดยประมาณของนักคณิตศาสตร์อาชีพ ผลการวิจัยพบว่านักคณิตศาสตร์เป็นนักประมาณที่มีความสามารถในการใช้กลวิธีการคิดคำนวณโดยประมาณหลายอย่าง

หลักการสอนคณิตศาสตร์

ธรรมชาติของคณิตศาสตร์ เป็นวิชาที่เกี่ยวกับความคิดรวบยอดมีโครงสร้างแสดงความ เป็นเหตุเป็นผลกัน และเป็นวิชาที่สื่อความโดยใช้สัญลักษณ์ นอกจากนี้ยังเป็นวิชาที่มีลักษณะเป็นนามธรรมกัน ซึ่งมีความยากลำบากต่อการเรียนรู้และการทำความเข้าใจสำหรับเด็ก และเป็นปัญหาสำหรับครูผู้สอนที่จะต้องคิดค้นหาวิธีที่จะให้เด็กเกิดการเรียนรู้ และมีความเข้าใจในเนื้อหา คณิตศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ

บุญทัน อยู่ชมบุญ (2529) ได้กล่าวถึงหลักการสอนคณิตศาสตร์ไว้หลายประการดังนี้

1. การสอนโดยคำนึงถึงความพร้อมของนักเรียน คือ ความพร้อมในด้านร่างกาย อารมณ์ สังคม และความพร้อมในแง่ความรู้พื้นฐานที่จะมาต่อเนืองกับความรู้ใหม่ โดยครูต้อง การมีการทบทวนความรู้เดิมก่อน เพื่อให้ประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ต่อเนืองกันจะช่วยให้ นักเรียนเกิดความเข้าใจ และมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งที่เรียนได้ดี
2. การจัดกิจกรรมการสอนต้องให้เหมาะสมกับวัย ความต้องการ ความสนใจ และ ความสามารถของนักเรียน เพื่อมิให้เกิดปัญหาตามมาภายหลัง
3. การคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยเฉพาะวิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ ครูจำเป็นต้องคำนึงถึงให้มากกว่าวิชาอื่น ๆ ในแง่ความสามารถทางสติปัญญา
4. การเตรียมความพร้อมทางคณิตศาสตร์ให้แก่ นักเรียนเป็นรายบุคคล หรือรายกลุ่ม ก่อน เพื่อเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้จะช่วยให้ นักเรียนมีความพร้อมตามวัย และความสามารถ

ของแต่ละคน

5. วิชาคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีระบบที่จะต้องเรียนไปตามลำดับขั้นการสอน เพื่อสร้างความคิดความเข้าใจ

Bloom (อ้างถึงในชาอุชัย เชื้อสาธุชน, 2533) กล่าวว่า นักเรียนทุกคนหรือเกือบทุกคนมีความสามารถในการเรียนวิชาต่าง ๆ ที่โรงเรียนจัดสอน จนถึงขั้นรู้วิชานั้นอย่างชัดเจนได้ หากว่า

1. สามารถจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับแต่ละคนได้
2. ให้เวลานักเรียนมากพอในการเรียนวิชานั้น ๆ พอเหมาะกับความสามารถ
3. ช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องในการเรียนระหว่างเรียน ตลอดจนข้อติดขัดต่าง ๆ

อย่างทันทางที่

ในปี พ.ศ. 2528 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ศึกษาวิจัยพบว่า พฤติกรรมการสอนของครูที่มีผลต่อ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ คือ วิธีสอนที่คำนึงถึงความสามารถของนักเรียน ซึ่งวิธีการสอนโดยคำนึงถึงความสามารถหรือความแตกต่างระหว่างบุคคล เป็นวิธีสอนที่ดีมากวิธีหนึ่งและนิยมใช้กันโดยทั่วไปในหลักการครุศาสตร์

ความแตกต่างระหว่างบุคคล

ชูชาติ เขิงฉลาด (2521) ได้กล่าวถึงสิ่งต้องคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลที่สำคัญ มีดังนี้

1. ความแตกต่างทางร่างกาย
2. ความแตกต่างทางสติปัญญา
3. ความแตกต่างทางสังคม และสภาพแวดล้อม

ความแตกต่างทางสติปัญญา เป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดของนักเรียน เพราะ เป็นสิ่งที่มีอิทธิพลต่อการเรียนรู้และการศึกษาเล่าเรียนของเด็ก (จิตรรา วสุวานิช, 2516) ดังนั้นการเลือกวิธีการเสนอเนื้อหาในบทเรียนควรรู้ให้เหมาะสมแก่ผู้เรียนแต่ละคน และเสริมให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทาง

การเรียนรู้สูงขึ้นไป การจัดการเรียนการสอนควรสนองต่อความแตกต่างระหว่างบุคคล การสอนโดยเน้นกิจกรรมของผู้เรียนเป็นรายบุคคล (ยุพิน พิศิษฐกุล, 2527) ซึ่งสามารถแบ่งได้ 3 ประเภท คือ

1. วิธีสอนโดยใช้บทเรียนแบบโปรแกรม
2. วิธีสอนโดยใช้ชุดการสอนรายบุคคล
3. วิธีสอนโดยใช้เอกสารแนะแนวทาง

วิธีสอนโดยใช้บทเรียนแบบโปรแกรมจัดได้ว่า เป็นวิธีการเรียนการสอนที่สามารถสนองตอบความแตกต่างระหว่างบุคคลได้ (ยุพิน พิศิษฐกุล, 2536; สุพันธ์ บัณฑิต, 2530) เพราะบทเรียนแบบโปรแกรม เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้เร็ว หรือช้าขึ้นอยู่กับความสามารถของแต่ละบุคคล ผู้เรียนมีโอกาสศึกษาไปตามลำดับขั้น จากง่ายไปยาก ทั้งยังเป็นกระบวนการถ่ายทอดความรู้ที่มีการเตรียมไว้ล่วงหน้า ให้ผู้เรียนได้รู้เนื้อหาและได้พัฒนาไปตามความสามารถของแต่ละคน

บทเรียนแบบโปรแกรม

ความหมายของบทเรียนแบบโปรแกรม

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2525) ได้ให้ความหมายของบทเรียนแบบโปรแกรม คือบทเรียนที่สร้างขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนด้วยตนเอง และก้าวหน้าไปตามความสามารถของตนเอง โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นส่วนย่อย ๆ และเป็นขั้น ๆ จากเนื้อหาวิชาที่ง่ายไปสู่ยาก ในแต่ละขั้นจะบรรจุเนื้อหาแล้วให้นักเรียนตอบคำถาม เมื่อนักเรียนตอบคำถามเสร็จ นักเรียนก็จะสามารถตรวจดูคำตอบว่าตัวเองตอบผิดหรือตอบถูกได้ทันที เมื่อนักเรียนเรียนจบ นักเรียนจะได้รับความรู้ตรงจุดมุ่งหมายที่ผู้สร้างได้กำหนดไว้

ชม ภูมิภาค (2524) ได้ให้ความหมายของบทเรียนแบบโปรแกรม คือบทเรียนที่มีเนื้อหาต่อเนื่องกันไปตามลำดับ เนื้อหาที่เรียนแบ่งเป็นตอนย่อย ๆ แต่ละตอนเรียกว่า กรอบ (frame) ซึ่งผู้เรียนจะต้องอ่าน และตอบสนองทุกกรอบ เป็นลำดับต่อเนื่องกันไปจนจบบทเรียน เมื่อมีการตอบสนองแต่ละกรอบผู้เรียนจะทราบผลทันทีว่าตอบถูกหรือผิด เพราะว่าแต่ละกรอบจะ

มีคำตอบที่ถูกต้อง เฉลยไว้ให้

บันลือ พฤกษ์วัน (2522) ได้กล่าวถึงบทเรียนแบบโปรแกรมว่าเป็นบทเรียนที่จัดทำสำเร็จวางไว้เป็นขั้น ๆ สำหรับผู้เรียนปฏิบัติตามคำสั่ง ที่กำหนดไว้วันแต่ละตอน จัดเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนได้ด้วยตนเอง ผู้เรียนสามารถจะเรียนไปตามความสามารถของตนเอง การจัดทำจะต้องสร้างความละเอียดรอบคอบ โดยอาศัยพื้นฐานค้นคว้าวิจัยในด้านสรีรวิทยา จิตวิทยา สังคมวิทยา และสภาพแวดล้อมของกลุ่มเด็กที่จะเรียน บทเรียนจะต้องจัดตามลำดับขั้น ส่วนที่เรียนก่อนจะเป็นพื้นฐานในการเรียนขั้นต่อไป และเป็นไปตามหลักการเรียนรู้ที่ถูกต้อง

กรองกาญจน์ อรุณรัตน์ (2535) กล่าวถึงบทเรียนแบบโปรแกรมว่าเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนด้วยตนเอง โดยแบ่งเนื้อหาบทเรียนออกเป็นส่วนย่อย ๆ สั้น ๆ ซึ่งเรียกว่ากรอบ (frame) แต่ละกรอบบรรจุคำอธิบายและคำถามต่อเนื่องกันไป เริ่มจากระดับง่ายแล้วยากขึ้นตามลำดับ โดยที่คำถามอาจจะ เป็นลักษณะให้เติมคำ ถูกผิด หรือเลือกตอบก็ได้ และเมื่อผู้เรียนหาคำตอบของตนเองได้แล้ว ก็จะทราบคำตอบที่ถูกต้องทันที

ยุศิน พิพิธกุล (2536) กล่าวถึงบทเรียนแบบโปรแกรมว่าเป็นบทเรียนที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง และก้าวขึ้นไปตามความสามารถของตน เนื้อหาจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ และเป็นขั้นจากง่ายไปสู่ยาก กรอบที่เขียนต่อเนื่องกันนั้นจะต้องคำนึงถึงวิธีสอนที่จะให้นักเรียนได้ค้นพบด้วยตนเอง แต่ละกรอบจะมีคำถามและเฉลยไว้ เมื่อจบบทเรียนแล้วนักเรียนจะได้รับความรู้ตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

Fry (1963) กล่าวถึงบทเรียนแบบโปรแกรม คือ โปรแกรมการสอนแบบต่าง ๆ ที่พิมพ์เป็นหนังสือ การสอนด้วยบทเรียนแบบโปรแกรม เป็นการสอนโดยการตั้งคำถามให้ผู้เรียนตอบ ในตอนต้นจะเป็นคำถามง่าย ๆ และต่อไปจะเพิ่มความยากขึ้นเรื่อย ๆ แต่ไม่ก้าวยาวเกินไปนักจนผู้เรียนตามไม่ทัน ผู้เรียนจะเรียนได้เร็วเท่าที่สติปัญญาของเขาจะอ่านเข้าใจ

Alcorn (1976) ให้ความหมายว่า บทเรียนแบบโปรแกรมเป็นการชี้ให้เห็นถึงการวางแผนการเรียนรู้ และเสนอให้ผู้เรียนเรียนตามลำดับที่ละเอียดละน้อย เพื่อว่าผู้เรียนจะได้เข้าใจเรื่องที่เรียนก่อนที่จะเรียนเรื่องอื่น ๆ ต่อไป โดยปกติผู้เรียนจะมีความรู้มากขึ้นเรื่อย ๆ ตามลำดับความรู้ที่จัดไว้ให้เข้าใจได้ง่าย โดยผู้เรียนจะกระทำผิดพลาดได้น้อยที่สุด เพราะได้



มีการย้ำแต่ละขั้น และฝึกหัด เป็นอย่างดี เพื่อว่าผู้เรียนจะ เข้าใจโดยตลอดก่อนที่จะ เรียน เรื่องต่อไป ผู้เรียนสามารถรู้ได้ทันทีว่าตอบถูกหรือผิด เมื่อตอบคำถามไปแล้ว

Wittich และ Schuller (1986) กล่าวถึงบทเรียนแบบโปรแกรม คือ ความรู้ที่จัดให้นักเรียน โดยความรู้ที่นั้นถูกแบ่งเป็นส่วนย่อย ๆ เรียงลำดับจากง่ายไปหายาก ประกอบด้วย เนื้อหา และคำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนตอบ และมีค่าเฉลยของคำถาม เพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบคำตอบจากค่าเฉลยนั้น

กล่าวโดยสรุป บทเรียนแบบโปรแกรม หมายถึง สิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนด้วยตนเอง โดยแบ่งเนื้อหาบทเรียนออกเป็นส่วนย่อย ๆ สั้น ๆ ซึ่งเรียกว่ากรอบ (frame) แต่ละกรอบบรรจุคำอธิบายและคำถามต่อเนื่องกันไป เริ่มจากระดับที่ง่ายมากแล้วยากขึ้นตามลำดับ โดยที่คำถามอาจเป็นลักษณะให้เติมคำ ถูกผิดหรือเลือกตอบก็ได้ และเมื่อผู้เรียนหาคำตอบของตัวเองได้แล้ว ก็จะทราบคำตอบที่ถูกต้องทันที

ลักษณะของบทเรียนแบบโปรแกรม

Fry (1963) ได้กล่าวถึงลักษณะของบทเรียนโปรแกรมไว้ดังนี้

1. เนื้อหาวิชาถูกจำแนกออกเป็นหน่วยเล็ก ๆ เรียกว่ากรอบปัญหา ในแต่ละกรอบปัญหาจะบรรจุไปด้วยข้อความที่ยาวสั้นต่างกัน บางกรอบอาจใช้ข้อความเพียงประโยคเดียว ในขณะที่บางกรอบใช้ข้อความเป็นบทสั้น ๆ
2. แต่ละกรอบปัญหาต้องให้ผู้เรียนได้ตอบสนอง เช่น ตอบคำถาม หรือทำกิจกรรมที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหา
3. ผู้เรียนได้รับการ เสริมแรงแบบตอบกลับทันที คือ มีคำตอบที่ถูกต้องให้ผู้เรียนตรวจสอบกับคำตอบของเขา
4. กรอบปัญหาจะต้องถูกจำกัด เรียงลำดับแบบต่อเนื่อง โดยยึดเอาขั้นของการเรียนรู้ในเนื้อหาเป็นสำคัญ
5. โปรแกรมการสอนจะยึดเอาผู้เรียน เป็นศูนย์กลางโดยโปรแกรมที่จะนำมาใช้ต้องผ่านการทดลองสอนกับผู้เรียนจำนวนหนึ่ง เพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง จนเชื่อแน่ว่าจะสามารถใช้สอน

ให้เกิดผลตามจุดมุ่งหมายของ เนื้อหาขึ้นแล้ว

6. ผู้เรียนแต่ละคนมีอิสระที่จะ เรียนไปตามขีดความสามารถของเขา คือไม่มีการ จำกัด เวลาในการทำโปรแกรมของผู้เรียน

บุญเกื้อ ควรทาเวช (2521) ได้กล่าวถึง ลักษณะสำคัญของบทเรียนโปรแกรมไว้ตรงกัน ดังนี้

1. ผู้เรียนเรียนอย่างกระตือรือร้น เพราะ การเรียนจากบทเรียนแบบโปรแกรม ผู้เรียนต้องตอบคำถามแต่ละกรอบ และคำตอบของผู้เรียนแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนเข้าใจสิ่งที่เรียน ได้ดีเพียงไร ต่างกับการอ่านหนังสือที่ผู้เรียนได้อ่านเพียงอย่างเดียว และเมื่ออ่านแล้วก็ไม่แน่ใจว่า เข้าใจ เรื่องที่อ่านจริงหรือไม่

2. การมีข้อมูลย้อนกลับ ใ้ให้ผู้เรียนตรวจสอบคำตอบของตนได้ทันที ว่าถูกหรือผิด ซึ่ง อาจจัดในลักษณะของคำเฉลย พร้อมทั้งอธิบายเพิ่มเติม

3. ประสบการณ์แห่งความสำเร็จ เมื่อผู้เรียนทราบผลที่ตนตอบว่าถูกต้อง จะ เกิด ความภูมิใจ และมีแรงกระตุ้นที่จะ เรียนให้ดีขึ้น

4. การประมาณทีละน้อย เป็นการจัดแบ่งเนื้อหาออกเป็นตอน ๆ สั้น ๆ ตามลำดับชั้นจากง่ายไปยาก แต่ละขั้นมีความต่อเนื่องกันเป็นอย่างดี โดยให้นักเรียนเรียนจากสิ่งที่ย่างไปหาสิ่งที่ซับซ้อน ซึ่งเป็นวิธีช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจว่า เขากำลังเรียนสิ่งใดอยู่

5. นักเรียนจะ เรียนได้ตามระดับความสามารถ การเรียนจากกรอบของบทเรียนแบบโปรแกรมนี้ นักเรียนเรียนได้อย่างรวดเร็วถ้าพบว่าเป็นกรอบที่ง่าย และใช้เวลานานสำหรับ กรอบที่พบว่ายาก

วาสนา ชาวหา (2525) ได้กล่าวถึง ลักษณะของบทเรียนแบบโปรแกรมคือการเรียน การสอนแบบโปรแกรม เป็นการสนองแนวคิดในเรื่อง ความแตกต่างระหว่างบุคคล เพื่อให้ผู้เรียน ได้เรียนไปตามขีดความสามารถของตนที่มีอยู่ในอัตราการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน การเรียนการสอน ที่จัดว่าเป็นแบบโปรแกรมนั้น ต้องอยู่ในลักษณะหรือสภาพการ 4 ประการดังนี้

1. การแบ่งขั้นการเรียนรู้เป็นหน่วยย่อย ๆ (gradual approximation) คือ

การจัดความรู้หรือเนื้อหาวิชาให้ผู้เรียนได้เรียนไปทีละขั้นทีละตอน และแต่ละขั้นย่อย ๆ นั้น ได้มีการลำดับจากสิ่งที่ยากไปหาสิ่งที่ยากขึ้นทีละน้อยอย่างต่อเนื่องกัน ไม่สับสน และไม่เป็นการยึดเยียดความรู้ให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจได้ง่าย

2. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม ในการเรียนอย่างกระฉับกระเฉง (active participation) โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยการกระทำด้วยตนเอง อาจจะจัดในรูปการซักถาม เพื่อให้ผู้เรียนได้ตอบคำถาม การทดสอบ การอภิปราย หรือวิธีการใดก็ตามที่อาศัยหลักการทางจิตวิทยาในเรื่องการเสนอสิ่งเร้า เพื่อให้ผู้เรียนมีการตอบสนอง (S-R theory) การเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมและเป็นไปอย่างทั่วถึง ทุกคนมีชีว่าตอบสนองเพียงบางคน การเรียนการสอนในลักษณะนี้ทำให้ผู้เรียนอยากจะเรียนรู้ ไม่เบื่อหน่ายต่อบทเรียน

3. ให้ผู้เรียนได้ทราบผลการเรียนของตนอย่างทันทีทันใด(immediate feed-back) ภายหลังจากที่นักเรียนได้ตอบสนองสิ่งเร้าแล้ว ควรแจ้งหรือเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้ผู้เรียนได้ทราบ ผลทันทีทันใดไม่ล่าช้า ยกตัวอย่างเช่น การตรวจแบบฝึกหัดนักเรียน ครูควรจะได้รับตรวจ และส่งคืนให้นักเรียนเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ นักเรียนจะได้ทราบผลการทำแบบฝึกหัดของตน เพื่อประโยชน์ในการแก้ความเข้าใจผิดได้ทันทางที่ และทำให้การเรียนรู้นักเรียนเป็นไปอย่างต่อเนื่องกันไม่ขาดตอน การแจ้งเกรดหรือบอกคะแนน การเฉลยข้อสอบ ฯลฯ สิ่งเหล่านี้จัดว่าเป็นการแจ้งผลให้ผู้เรียนได้ทราบ ซึ่งเน้นในเรื่องความฉับพลัน มิฉะนั้นแล้วผู้เรียนจะเกิดความเบื่อหน่ายและทำให้การเรียนรู้อันต่อเนื่องกัน

4. ให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จในการเรียนเป็นระยะ ๆ (successful experience) เนื่องจากการแบ่งขั้นการเรียนออกเป็นหน่วยย่อย ๆ เพื่ออำนวยความสะดวกในการเข้าใจ และยังแจ้งผลการตอบสนองของผู้เรียนอย่างฉับพลัน ทำให้ผู้เรียนได้รับความพอใจในความสำเร็จของตน เสมือนเป็นการให้รางวัลซึ่งจัดว่าเป็นการเสริมแรงอย่างหนึ่ง (reinforcement) ทำให้ผู้เรียนอยากจะเรียนรู้ต่อไป

แนวคิดและหลักการในการสร้างบทเรียนแบบโปรแกรม

สุรินทร์ ปีทมาคม (2530) ได้รวบรวมแนวคิดเกี่ยวกับบทเรียนแบบโปรแกรมไว้ว่า

น่าสนใจดังนี้ คือ

1. แนวคิดของ Socrates ในสมัยกรีกโบราณ Socrates เริ่มเขียนบทเรียนสอน ทฤษฎีเรขาคณิต โดยสร้างเป็นลักษณะโคอะแกรมเริ่มจากง่ายไปหายาก มีการแบ่งเนื้อหาออกเป็นขั้นตอน โดยทำให้เข้าใจแต่ละตอนก่อนแล้วยากขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งแนวคิดของ Socrates เป็นแบบหนึ่งของบทเรียนแบบเส้นตรง และแนวคิดนี้ได้พัฒนาเป็นบทเรียนแบบเส้นตรงของ Skinner
2. แนวคิดของ Pressey ได้คิดประดิษฐ์เครื่องสอนขึ้นเป็นคนแรก วิธีการของ Pressey ไม่ได้เรียงลำดับเนื้อหา แต่เน้นให้ผู้เรียนเรียนด้วยตนเอง โดยสร้างเนื้อหาขึ้นแล้ว มีคำถามและคำตอบแบบเลือกตอบให้ผู้เรียนกดปุ่ม ถ้าตอบถูกจะมีคำถามใหม่ และเครื่องสอนจะมีการบันทึกคะแนนให้ผู้เรียนดูด้วย ถ้าทำถูกต้องระดับที่กำหนดก็จะมีขนมเป็นรางวัล แนวความคิดนี้ตอนหลังได้รับการยกย่องว่า เป็นผู้สร้างคำถามและคำตอบในบทเรียนแบบโปรแกรมได้ศึกษาผู้อื่น
3. แนวคิดของ Skinner Skinner ได้เผยแพร่แนวคิด และได้สร้างบทเรียนแบบโปรแกรมขึ้นใช้กับเครื่องสอน โดยยึดหลักเงื่อนไขในการตอบสนอง และใช้การเสริมแรง โดยจัดลำดับเนื้อหาออกเป็นหน่วยย่อย ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสตอบถูกมากที่สุด บทเรียนตามแนวคิดของ Skinner ต่อมาเรียกกันว่าบทเรียนแบบเส้นตรง
4. แนวคิดของ Huges ผู้สนับสนุนแนวคิดของ Skinner และได้พัฒนาการสร้างบทเรียนแบบเส้นตรง โดยเขามีความเชื่อว่าควรเรียงลำดับเนื้อหาจากง่ายไปหายากตามลำดับเนื้อหาแบ่งออกเป็นกรอบ แต่ละกรอบสอนไปที่ละขั้น ผู้เรียนต้องเติมคำตอบลงไปเองในกรอบ หลังจากตอบแล้วต้องมีค่าเฉลยให้เห็นทันที เพื่อให้ผู้เรียนทราบคำตอบของเขา ซึ่งจะต้องถูกเป็นส่วนใหญ่เพื่อให้เกิดกำลังใจ ในการเรียนขั้นต่อ ๆ ไป
5. แนวคิดของ Taber และ Glaser ซึ่งเป็นกลุ่มผู้สนับสนุนแนวคิดในการสร้างบทเรียนแบบเส้นตรงโดยให้ข้อคิดว่าบทเรียนแบบนี้มีข้อบกพร่องที่ไมเหมาะกับผู้เรียนที่เก่ง เพราะง่ายเกินไปทำให้ผู้เรียนเบื่อจำเป็นต้องแก้ไข และเสนอว่าผู้สอนควรเป็นผู้เลือกบทเรียน ให้ผู้เรียนได้ศึกษา
6. แนวคิดของ Barlow ผู้สนับสนุนแนวคิดของ Skinner ได้กำหนดแนวคิดเกี่ยวกับบทเรียนแบบโปรแกรมไว้คือ เป็นลักษณะการสอนขั้นย่อย ๆ แต่ละขั้นมีความสัมพันธ์กัน มีรางวัล

ไว้ หรือมีแรงจูงใจทันทีที่ผู้เรียนตอบถูก ควรเน้นบทบาทของผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนตอบสนองสิ่งเร้า โดยแสดงออกในรูปของพฤติกรรมที่สังเกตได้

7. แนวคิดของ Fry ผู้สนับสนุนแนวคิดของ Skinner ดังนี้

7.1 วิชาที่ผู้เรียนตอบสนองทุกครั้ง

7.2 ควรให้ผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรมการตอบสนองที่เห็นได้ชัด

7.3 ควรให้ผู้เรียนตอบถูกมากที่สุด เพราะถ้าตอบผิดผู้เรียนจะ เบื่อ และขาดความเชื่อมั่นในตนเอง

7.4 จัดเนื้อหาวิชาแบ่งออกเป็นหน่วยย่อย ๆ เรียงลำดับไปทีละขั้น

7.5 พยายามขจัดคำที่ผู้เรียนเคยได้ออกไปทั้งหมด

7.6 ควบคุมตัวแปรต่าง ๆ วิชาที่ เว้นตัวแปรที่จะทำให้เป็นสิ่งเร้าให้ผู้เรียนตอบสนองเท่านั้น

7.7 พยายามให้ผู้เรียนเห็นความแตกต่างของเนื้อหาอย่างชัดเจน

7.8 วิชาที่ผู้เรียนเขียนคำตอบลงในบทเรียนแบบโปรแกรม

8. แนวคิดของ Leith ซึ่งให้แนวคิดโดยส่วนรวมของบทเรียนแบบโปรแกรมว่าเป็นวิธีการสอนที่ถูกนำมาใช้อย่างเป็นระบบวิธีหนึ่ง การเรียนจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประสบผลสำเร็จในการเรียนมากที่สุด บทเรียนถูกเตรียมมาแล้วเป็นอย่างดี โดยการจัดลำดับของเนื้อหาให้เหมาะสมกับสภาพความแตกต่างของผู้เรียน ผู้เรียนทราบผลการเรียนของตนทันที และการจัดการเรียนการสอนจะเสร็จสิ้นสมบูรณ์ด้วยตัวของบทเรียนเอง

9. แนวคิดของ Crowder ซึ่งได้พัฒนาแนวคิดของ Pressey โดยให้เหตุผลว่าโปรแกรมของ Skinner ใช้ไม่ได้ผลดีกับผู้เรียนทุกคน Crowder ได้เน้นบทบาทของผู้เรียนทุกคน โดยคำนึงถึงคำตอบของผู้เรียน เป็นสำคัญ เพราะจะทำให้ทราบว่าผู้เรียนมีความรู้หรือไม่ การเรียนในขั้นต่อไปจะขึ้นอยู่กับคำตอบของผู้เรียน ถ้าผู้เรียนตอบถูกจะได้เรียนเนื้อหาต่อไป ถ้าตอบผิดต้องได้รับการแก้ไข และซ่อมเสริมโดยการศึกษาเนื้อหาเพิ่มเติมแล้ว เลือกคำตอบใหม่ แนวคิดนี้ถือเป็นต้นกำเนิดของบทเรียนแบบโปรแกรมแบบสาขา

หลักที่ควรพิจารณาในการสร้างบทเรียนแบบโปรแกรม

หลักที่ควรพิจารณาในการสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมนี้นี้ (ผกา สัตยธรรม, 2524)

1. ก่อนสร้างบทเรียนแบบโปรแกรม ควรมีการร่วมมือปรึกษาหารือกันระหว่างอาจารย์เพื่อพิจารณาว่า การผลิตบทเรียนขึ้นใช้ในโรงเรียนมีความคุ้มค่าเพียงใด สามารถใช้ในการสอนทุกระดับได้หรือไม่ ถ้าใช้ได้ก็อาจจะคุ้มค่าที่จะจัดทำ แต่ถ้าใช้ประกอบการสอนอาจไม่คุ้มค่า

2. การเตรียมตัวในการจัดทำบทเรียนแบบโปรแกรม จะแบ่งออกเป็น

2.1 การเลือกเรื่อง เช่น เรื่องเกาะ หัวข้อไม่ควรกว้างเกินไป

2.2 การเตรียมเนื้อหาพิจารณาให้เหมาะสมตามโครงการสอนตามความสนใจและวัยของเด็ก

2.3 การตั้งจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ทำให้ผู้เรียนได้แสดงออกให้เห็นจริง การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมจะทำให้ได้ผลดีต้องอาศัยครูอาจารย์ผู้รอบรู้ในการสอน เพื่อจะได้จัดลำดับในบทเรียนได้อย่างเหมาะสมจากง่ายไปหายาก มีลำดับและเป็นไปตามขอบเขตของบทเรียนที่กำหนดไว้

การเขียนบทเรียนควรใช้ภาษาที่ง่ายแก่ความเข้าใจได้ใจความชัดเจน ตรงกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ว่า ต้องการจะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อะไร

ในด้านของผู้เรียนการสร้างบทเรียน ผู้สร้างควรคำนึงถึงผู้เรียนเป็นหลักการสร้างเนื้อหา รูปแบบของบทเรียนควรให้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียนว่ามีประสบการณ์เดิมแค่ไหน อยู่ในชั้นใด อายุเท่าไร ความสามารถ และความต้องการของผู้เรียน ตลอดจนช่วงความสามารถในด้านความสนใจในการอ่านของผู้เรียนมีแค่ไหน การสร้างบทเรียนให้สอดคล้องกับพื้นฐานทางวัฒนธรรม ตลอดจนสภาพประกอบที่นำสนใจ จะทำให้บทเรียน เป็นที่ดึงดูดใจและใช้ได้ผลดีและคุ้มค่า

2.4 การสร้างแบบทดสอบก่อนและหลังเรียนด้วยบทเรียนแบบโปรแกรม เพื่อทดสอบว่า ก่อนเรียนนั้นนักเรียนมีความรู้เพียงใด เมื่อเรียนแล้วมีผลดีขึ้นหรือเลวลง ถ้าไม่ได้ผลดีขึ้นจะมีวิธีการสอนวิธีใดที่ดีกว่าที่เป็นอยู่

2.5 วิธีการสอนการใช้บทเรียนแบบโปรแกรม เป็นเพียงแบบหนึ่งของการสอนเท่านั้น อาจารย์ผู้นำไปสอนควรเข้าใจในการดำเนินการวิธีการ เช่น จะมีวิธีการใดที่จะทำให้นักเรียนมีความสนใจที่จะเรียนโดยใช้การอ่าน ควรให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ และมีความเชื่อมั่นในตนเอง มีความซื่อสัตย์ในการทำงาน โดยไม่แอบดูคำตอบก่อนจะลงมือตอบให้เสร็จเสียก่อน เพื่อจะได้ทราบว่า นักเรียนมีความรู้จริง ๆ เพียงใด

3. สิ่งที่ควรคำนึง คือ ผู้เรียนมีความสามารถแตกต่างกันไป แบบการสอนชนิดนี้จะทำให้ผู้เรียนมีความสามารถใกล้เคียงกัน หลังจากใช้บทเรียนแล้วหรือไม่

ธีระชัย ปุรณโชติ (2532) ได้กล่าวถึงหลักการสร้างบทเรียนแบบโปรแกรม ดังนี้

1. คำนึงถึงตัวผู้เรียน ได้แก่ อายุ พื้นฐานความรู้ หรือประสบการณ์เดิม ทักษะ ความสามารถในการเรียน และความต้องการของผู้เรียน
2. คำนึงถึงผลที่ต้องการ หรือวัตถุประสงค์ของบทเรียนว่า ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อะไร
3. คำนึงถึงแบบของบทเรียนว่าควรจะเสนอในรูปแบบใดคือ แบบเส้นตรง หรือแบบสาขา หรือแบบไม่แยกกรอบ เพื่อให้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชา ผู้เรียน และวัตถุประสงค์ เช่น เนื้อหาเป็นประเภทความรู้ ความจำ หรือความคิดเห็น ผู้เรียนเป็นนักเรียนเก่งหรืออ่อน ฯลฯ
4. ไม่มีการจำกัดเวลาของผู้เรียน การเรียนจะดำเนินไปตามอัตราความสามารถของแต่ละบุคคล โดยไม่ต้องคำนึงถึงการทำให้เสร็จก่อนหรือเสร็จหลัง
5. จัดเนื้อหาวิชาจะต้องแบ่งเป็นหัวข้อใหญ่ ๆ ก่อน แล้วแบ่งเป็นหัวเรื่องย่อย ๆ เขียนเนื้อหาเป็นหน่วยย่อยเล็ก ๆ แต่ละหน่วยย่อยจะต้องทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจในหน่วยย่อยถัดไป เพื่อให้การเรียนรู้ดำเนินไปทีละน้อย ๆ ทีละขั้น พยายามอย่าให้มีการกระโดดข้ามลำดับของเนื้อเรื่อง จัดลำดับเรียงจากเนื้อหาง่าย ๆ ไปหาเนื้อหาที่ยากขึ้นตามลำดับ
6. ให้มีเนื้อหาและคำอธิบายที่ดึงดูดความสนใจของผู้เรียน
7. เขียนเนื้อหาของแต่ละกรอบด้วยภาษาที่ชัดเจนถูกต้อง ตามหลักภาษาและควรเหมาะสมกับเนื้อหาความรู้และอายุของผู้เรียน เนื้อเรื่องถูกต้องตามหลักวิชา และมีความต่อเนื่องกันในแต่ละกรอบ

8. แต่ละกรอบจะต้องนำเสนอเนื้อหาเฉพาะ เรื่องอย่างชัดเจน และมีคำถามหรือคำสั่ง ใ้ผู้เรียนตอบสนองต่อ เรื่องนั้นโดยตรง และไม่ควรมีความรู้ใหม่เกินกว่า 1 อย่าง
9. ใ้ให้มีการย้ำทบทวนและทดสอบตนเอง
10. จะต้องใ้ผู้เรียนรู้ผลของคำตอบว่าถูกหรือผิดทันที เพื่อช่วยการเรียนรู้ใ้ดียิ่งขึ้น และ เป็นการใ้การเสริมแรงในทันทีด้วย
11. มีการชี้แนะคู่กันไปกับการตอบสนอง
12. ลดการชี้แนะและการนำทางออกไปทีละน้อย จนกว่าจะหมดโดยสิ้นเชิง เพื่อช่วยใ้ผู้เรียนสามารถตอบสนองด้วยตนเองใ้ได้อย่างถูกต้องในที่สุด

หลักจิตวิทยาที่นำมาใ้กับบทเรียนแบบโปรแกรม

หลักการเบื้องต้นทางจิตวิทยา ที่นำมาเป็นพื้นฐานของการเรียนการสอน กับบทเรียนแบบโปรแกรม

เป็รื่อง กุมุท (2519) กล่าวว่านักจิตวิทยาที่มีบทบาทสำคัญต่อการสอนโดยใ้กับบทเรียนแบบโปรแกรมตามแนว Skinner โดยนำเอากฎแห่งผลของ ธอร์นไคค์ มาเป็นหลักสำคัญขั้นต้นในการค้นคว่ำ ส่วนหลักการของ Skinner มีอยู่หลายประการดังนี้คือ

1. เงื่อนไขการตอบสนอง (operant conditioning) พฤติกรรมส่วนมากของมนุษย์ประกอบด้วยการตอบสนองที่แสดงออกมา พฤติกรรมเหล่านี้จะเกิดขึ้นบ่อยเพียงไรด้วยความถี่ที่เรียกว่าอัตราการตอบสนองหรืออัตราการแสดงออกของพฤติกรรม การเรียนรู้จำเป็นต่อการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการตอบสนอง และการเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นได้เพราะมีการเสริมกำลัง
2. การเสริมแรง (reinforcement) เมื่อสิ่งมีชีวิตมีการเปลี่ยนแปลงผู้ฝึกสามารถใ้สิ่งเร้าใหม่ ซึ่งอาจจะทำใ้ อัตราการตอบสนองเปลี่ยนแปลงหรือไม่เปลี่ยนแปลง ถ้าสิ่งเร้านั้นสามารถทำใ้ อัตราการเปลี่ยนแปลง เราเรียกสิ่งนั้นว่่าตัวเสริมแรง
3. การเสริมแรงทันทีทันใจ (immediate of reinforcement) สิ่งเร้าที่ดี ตัว

เสริมแรงจะต้องเกิดขึ้นทันทีหลังจากที่มีการตอบสนองหรือไม่ได้คำตอบ

4. การยุติการตอบสนอง (extinction) ถ้าการตอบสนองนั้นมีการเสริมแรงแล้ว และมีการตอบสนองในอัตราที่สูง เราอาจลดอัตราการตอบสนองลงมาอยู่ในระดับเดิมของมันได้ โดยไม่มีการเสริมแรงของการตอบสนองนั้น

5. การคัดรูปแบบพฤติกรรม (shaping) พฤติกรรมการเรียนรู้บางอย่างที่ซับซ้อนมากจะประกอบด้วยขั้นต่าง ๆ ต่อเนื่องกันไป ซึ่งการเรียนรู้จะบรรลุผลได้ดีก็เพราะการทำมาเป็นขั้น ๆ นั้นเอง

วาสนา ชาวหา (2525) ได้กล่าวไว้ว่า

1. พฤติกรรมการเรียนรู้ (learning behavior) การเรียนรู้ คือการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ซึ่งพฤติกรรมที่เกิดจากการเรียนรู้นี้ Bloom ได้จำแนกออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1.1 พฤติกรรมทางสมอง (cognitive domain) คือกิจกรรมทางด้านความคิด ซึ่งเป็นกระบวนการทางสมองเพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง หลักเกณฑ์ ความคิดรวบยอด (concept) ซึ่งแบ่งออกเป็น ความรู้ (knowledge), ความเข้าใจ (comprehension), การนำไปใช้ (application), การวิเคราะห์ (analysis), การสังเคราะห์ (synthesis) และการประเมินผล (evaluation)

1.2 พฤติกรรมทางกล้ามเนื้อ (psychomotor domain) เป็นการใช้กล้ามเนื้อในการทำกิจกรรม เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งต้องอาศัยกิจกรรมทางความคิดอยู่บ้างแต่น้อยมาก พฤติกรรมในด้านนี้มุ่งพัฒนาไปสู่ความเป็นทักษะ (skill) หรือความชำนาญคล่องแคล่วในการเคลื่อนไหวและใช้กล้ามเนื้อให้เกิดประสิทธิภาพ

1.3 พฤติกรรมทางด้านความรู้สึก (affective domain) ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่ทำให้เกิดขึ้น หรือเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ต้องการได้ไม่ยากนัก และเป็นพฤติกรรมที่วัดหรือสังเกตได้ยาก พฤติกรรมในส่วนนี้เมื่อได้รับการสั่งสมไปนาน ๆ ก็จะกลายเป็นทัศนคติ และค่านิยม

2. ทฤษฎีการเรียนรู้ที่ใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนการสอนแบบโปรแกรม

ทฤษฎีการวางเงื่อนไข (conditioning theory) ซึ่งถือความสัมพันธ์ระหว่าง

สิ่งเร้า (stimulus) กับการตอบสนอง (response) เป็นสำคัญดังนั้น การเรียนการสอนใดก็ตาม ครูย่อมมีหน้าที่เสนอสิ่งเร้าให้ผู้เรียนได้แสดงการตอบสนองสิ่งเร้าที่กำหนดให้ ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งอาศัยขั้นตอนดังนี้

2.1 ครูเป็นผู้เสนอหรือจัดสิ่งเร้าที่ทำท้าทายให้แก่ผู้เรียน

2.2 ครูช่วยผู้เรียนได้ตอบสนองอย่างเหมาะสมโดยการชี้แนะ หรือบอกแนวทางให้

2.3 เมื่อผู้เรียนตอบสนองตามที่ครูปรารถนาแล้วจะต้องให้การเสริมแรงอย่างทันทีทันใด

3. การเสริมแรง (reinforcement) มี 2 ประเภท คือ

3.1 การเสริมแรงทางบวก (positive reinforcement) หมายถึงการเพิ่มสิ่งเร้าที่เข้าไปในสถานการณ์แล้วสามารถทำให้เกิดการตอบสนองเพิ่มขึ้น เช่น คำชมเชย การให้สิ่งของ เป็นต้น

3.2 การเสริมแรงทางลบ (negative reinforcement) หมายถึงการดึงสิ่งเร้าที่ออกจากสถานการณ์แล้ว ทำให้เกิดการตอบสนองเพิ่มขึ้น เช่น คำตำหนิตติเตียน เสียงรบกวน เป็นต้น

ในการเรียนการสอนแบบโปรแกรมได้เน้นเอาการเสริมแรงทางบวกมาใช้มากกว่าการเสริมแรงทางลบ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความพอใจในความสำเร็จของตนเอง และเป็นกำลังใจที่จะเรียนรู้ขั้นตอนต่อไป ส่วนการเสริมแรงทางลบนั้นมีข้ออยู่บ้างเหมือนกันแต่ไม่มากนัก เพราะการเสริมแรงทางบวกให้ผลทางด้านการเรียนรู้มากกว่า นอกจากจะนำเรื่องการเสริมแรงเข้ามาใช้ในการเรียนการสอนแบบโปรแกรม การลดภาวะหรือการยุติการตอบสนอง ซึ่งจะเกิดขึ้นได้โดยการงดการเสริมแรงทางบวกหรือโดยการให้เสริมแรงทางลบ แต่ทุกครั้งที่มีการตอบสนองไม่ได้รับการเสริมแรงทางบวกหรือได้รับการเสริมแรงทางลบ ย่อมทำให้ผู้เรียนลดการตอบสนองลงไปตอบสนองอีก

กมลรัตน์ หล้าสว่างษ์ (2528) กล่าวถึง กฎการเรียนรู้ที่ได้จากการทดลองของธอร์นไดค์ ซึ่งนำมาใช้ในบทเรียนโปรแกรมไว้เหมือนกันคือ

1. กฎแห่งผล (law of effect) ซึ่งกล่าวว่า สิ่งมีชีวิตจะเรียนรู้ในสิ่งที่ก่อให้เกิดผลตอบสนองที่ตนมีความพอใจได้เร็ว และจะเรียนรู้ในสิ่งที่ก่อให้เกิดผลตอบสนองที่ตนไม่พอใจได้ช้ากว่า ความต่อเนื่องระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนองหรือพฤติกรรมที่แสดงออกนั้น ผู้เรียนมักสนใจที่จะเรียนและฝึกฝนในสิ่งที่ตนเองพอใจ และคิดว่าทำได้สำเร็จ

2. กฎแห่งการฝึกหัด (law of exercise) กล่าวว่า พฤติกรรมที่ทําอยู่เสมอย่อมเกิดความคล่องแคล่ว กฎข้อนี้เน้นการกระทำซ้ำบ่อย ๆ เพื่อให้เกิดความแน่ใจ เรียนรู้ได้นาน และคงทนถาวร

3. กฎแห่งความพร้อม (law of readiness) กล่าวว่า เมื่อผู้เรียนมีความพร้อมที่จะเรียน ถ้าได้เรียนสมความปรารถนาจะทำให้เกิดความพอใจ ถ้าไม่ได้เรียนจะทำให้เกิดความรำคาญใจ และเมื่อผู้เรียนยังไม่พร้อมที่จะเรียนถ้าถูกบังคับให้เรียนย่อมเกิดความไม่พอใจ

จากจิตวิทยาการเรียนรู้ดังกล่าวข้างต้น ถ้าหากจะนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน จะทำให้การเรียนการสอน ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ และบรรลุตามเป้าหมายที่วางไว้แล้ว ควรจะตั้งอยู่บนหลักการพื้นฐานดังต่อไปนี้ (กรองกาญจน์ อรุณรัตน์, 2535)

1. หลักของการเรียนไปทีละขั้นตามลำดับ

การเรียนจะมีประสิทธิภาพหรือไม่ขึ้นขึ้นอยู่กับว่าในการเรียนการสอนนั้นเราได้มีการให้การเสริมแรงมากน้อยขนาดไหน ในการเรียนเนื้อหาวิชาผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้เมื่อได้ฝึกปฏิบัติ ดังนั้น จึงทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องแบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วยย่อย ๆ โดยในแต่ละหน่วยจะมีกิจกรรมให้ผู้เรียนกระทำพร้อมกันตัวเสริมแรงให้ด้วย การแบ่งเนื้อหาที่จะสอนออกเป็นหน่วยย่อยเล็ก ๆ นี้ ก็เพื่อที่จะให้แน่ใจว่าการเรียนการสอนจะเป็นไปได้ดีมีประสิทธิภาพพร้อมกับมีการให้ตัวเสริมแรง ด้วยเหตุนี้ขั้นตอนของกระบวนการเรียนรู้แต่ละขั้นตอนนั้น จึงต้องประกอบด้วยขั้นตอนเล็ก ๆ ซึ่งหลักการนี้เป็นหลักการแรกที่ถูกนำไปใช้ในการเรียนการสอนแบบโปรแกรม

2. การมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้น

หลักประการที่สองก็คือ ผู้เรียนจะต้องแสดงพฤติกรรมสำหรับแต่ละหน่วยเนื้อหา ด้วยการทําแบบฝึกหัดที่เตรียมไว้ ทั้งนี้เพื่อที่จะทําความเข้าใจเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น

3. ความสำเร็จ

ในการเรียนการสอนนั้นผู้เรียนจะสามารถเรียนได้อย่างรวดเร็ว ถ้าหากผู้เรียนประสบผลสำเร็จในการเรียนบ่อยครั้ง จนผู้เรียนเกิดความมั่นใจ การทำให้ผู้เรียนกระทำกิจกรรมนั้นก็เพื่อที่จะให้ผู้เรียน ได้เข้าใจเนื้อหาอันที่จะนำผู้เรียนไปสู่ความสำเร็จโดยที่ต้องพยายามหลีกเลี่ยงข้อผิดพลาดและความล้มเหลวที่อาจจะเกิดขึ้น ทั้งนี้เพราะสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะ เป็นอุปสรรคต่อการเรียนของผู้เรียน

4. การทราบผลทันที

การที่ผู้เรียนได้ทราบความพึงพอใจ และความสำเร็งนั้นจะทำให้ผู้เรียนทราบได้อย่างแน่นอนว่าการกระทำของเขานั้นถูกต้องหรือไม่ โดยผู้เรียนสามารถ เปรียบเทียบคำตอบของเขา กับคำตอบที่ถูกต้อง (ค่าเฉลย) ก่อนที่เขาจะผ่านไปเรียนในขั้นต่อไป อันยังผลให้ผู้เรียนอยากที่จะ เรียนต่อไปอีกด้วย

5. การเรียนก้าวหน้าไป เป็นลำดับขั้น

ในกระบวนการเรียนนั้น กิจกรรมการเรียนที่ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญที่ควรที่จะ เพิ่ม เข้าไปด้วยก็คือ การจัดกระบวนการเรียนควรจะเป็นไปตามลำดับขั้น ขั้นละ เส็กละน้อย ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จในการเรียน

6. หลักของความก้าวหน้าตาม เอกัตบุคคล

ผู้เรียนแต่ละคนจะถูกปล่อยให้ดำเนินกิจกรรมการเรียนไปตามระดับความสามารถ ของผู้เรียนแต่ละคน

ชนิดของบทเรียนแบบโปรแกรม

ชนิดของบทเรียนแบบโปรแกรมอาจจำแนกได้หลายวิธี ดังนี้

(สันหัด ภิวาสสุข และ พิมพ์ใจ ภิวาสสุข, 2524)

1. แบ่งตามวิธีการที่จะ เสนอผู้เรียน อาจแบ่งได้ เป็น 2 ชนิด คือ
 - 1.1 บทเรียนแบบโปรแกรมที่ใช้กับ เครื่องช่วยสอน
 - 1.2 บทเรียนแบบโปรแกรมที่อยู่บนรูปของหนังสือ

2. แบ่งตามประเภทของการตอบสนอง อาจแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

2.1 แบบที่ผู้เรียนสร้างคำตอบเอง

2.2 แบบที่มีคำตอบให้เลือก

3. แบ่งตามเทคนิคการเขียนบทเรียน และลักษณะของการตอบสนองของผู้เรียนอาจแบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

3.1 บทเรียนแบบโปรแกรมชนิดเส้นตรง

3.2 บทเรียนแบบโปรแกรมชนิดแตกสาขาหรือแตกกิ่ง

งานที่จะกล่าวถึงเฉพาะประเภทที่ 3 เท่านั้น

บทเรียนแบบโปรแกรมที่ใช้กันแพร่หลายที่สุดมีอยู่ 2 แบบคือ(วาสนา ชาวหา, 2525 ; สุรินทร์ ปัทมาคม, 2530)

3.1 แบบเส้นตรง(linear programming) วิธีนี้เป็นการจัดเรียงลำดับขั้น และหน่วยย่อยของบทเรียนตั้งแต่ง่ายไปหายาก หน่วยย่อย ๆ นั้นเรียกว่า กรอบ (frame) ผู้เรียนต้องเรียนจากหน่วยแรก หรือกรอบแรกไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงกรอบสุดท้ายของบทเรียน จะข้ามหน่วยหนึ่งหน่วยใดไม่ได้ ความรู้จากกรอบแรกจะเป็นพื้นฐานสำหรับกรอบถัดไป คำถามในบทเรียนแบบโปรแกรมแบบเส้นตรงนี้ ส่วนมากใช้วิธีเลือกคำตอบจากตัวเลือกที่ให้ไว้ คำถามประเภทถูกผิด หรือเติมลงในช่องว่าง เมื่อผู้เรียนตอบคำถามแล้ว สามารถตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบในหน่วยที่ถัดไปได้ทันที

บทเรียนแบบโปรแกรมชนิดนี้ เป็นชนิดที่จำกัดให้นักเรียนทุกคนได้อ่านข้อความเดียวกันตามลำดับ และตอบคำถามเหมือนกัน อาจมีข้อยกเว้นว่าถ้านักเรียนคนใดตอบคำถามผิดบ่อย ๆ จะต้องใช้เวลานานในการเรียนไม่เท่ากัน บทเรียนโปรแกรมชนิดนี้ให้เลือกคำตอบของ Pressey ถ้านักเรียนเลือกข้อผิดก็ต้องทำความเข้าใจในหน่วยนั้น แล้วจึงจะเลือกคำตอบใหม่อีกจนกว่าจะถูกต้อง

3.2 แบบสาขาหรือแตกกิ่ง (branching programming) บ้างก็เรียกว่าแบบการสับลำดับ วิธีนี้อาศัยคำตอบของผู้เรียน เป็นเกณฑ์ในการจัดลำดับขั้นหรือหน่วยย่อย โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลทางด้านสติปัญญา และการตอบสนอง การเรียงลำดับขั้นหรือกรอบ (frame) ไม่เป็นไปตามลำดับ ถ้าผู้เรียนตอบคำถามของกรอบในบทเรียนนั้นได้ถูก

ต้อง ก็อาจจะต้องข้ามกรอบบางกรอบไป เรียนในกรอบที่บทเรียนกำหนดแต่ถ้าผู้เรียนตอบคำถามไม่ถูกต้องจะได้รับการอธิบายเหตุผลหรือสาเหตุที่ผิด และอาจจะให้เรียนเพิ่มเติมจากหน่วยย่อยที่บทเรียนเตรียมไว้ ดังนั้นผู้เรียนต้องพยายามทำตามคำแนะนำในแต่ละกรอบของบทเรียนอย่างเคร่งครัด การเรียนจะย้อนมาในกรอบต่าง ๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคำตอบของผู้เรียน เพราะฉะนั้นคำถามของบทเรียนแบบโปรแกรมแบบสาขานี้จะต้อง เป็นแบบ เลือกคำตอบหน่วยย่อย หรือกรอบในบทเรียนชนิดนี้มี 2 ชนิด คือ

3.2.1 กรอบยืม เป็นกรอบที่อธิบายเนื้อหาวิชา และมีคำถามแบบเลือกตอบหลายคำตอบให้นักเรียนเลือก

3.2.2 กรอบสาขา เป็นกรอบที่ช่วยแก้ไขความเข้าใจผิดของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนตอบคำถามในกรอบนั้นได้ถูกต้อง

หลักการสร้างบทเรียนแบบโปรแกรม

บทเรียนแบบโปรแกรมมีหลักการสร้างดังต่อไปนี้ (ลูบีนท์ ปีทมาคม, 2530)

1. การตั้งวัตถุประสงค์ของบทเรียนต้องตั้งอยู่ในหลักการต่อไปนี้

1.1 ตั้งวัตถุประสงค์แต่ละตอนอย่างเด่นชัด ว่าต้องการให้ผู้เรียนเกิดความรู้ด้านพุทธิพิสัย เจตพิสัย หรือ ทักษะพิสัย

1.2 วัตถุประสงค์ของบทเรียนต้องเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งสามารถแสดงออกและวัดได้อย่างแน่นอน

1.3 การตั้งวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ต้องเน้นการเรียนรู้จากง่ายไปหายาก สิ่งที่อยู่ใกล้ตัวไปหาสิ่งที่อยู่ไกลตัว

2. เนื้อหาในบทเรียนแบบโปรแกรมมีหลักการสร้างดังต่อไปนี้

2.1 ในแต่ละส่วนของบทเรียนต้องแตกออกไปจนถึงขั้นหรือส่วนที่ย่อยที่สุด และต้องกล่าวถึงสิ่งที่มีตัวตนก่อนไปถึงสิ่งที่ไม่มิตัวตน

2.2 เนื้อหาย่อยในแต่ละส่วนต้องเป็นเรื่องสั้น ๆ มีคำอธิบายให้เข้าใจอย่างแจ่มแจ้งแท้จริง

2.3 เนื้อหาในแต่ละตอนควรเกี่ยวโยง เป็นลูกโซ่ แต่ต้องเหมาะสมกับเนื้อหา
ในบทเรียนทั้งหมดด้วย

2.4 การสร้างความเชื่อมโยงของเนื้อหา ควรจะสร้างสิ่งเสริมแรง เช่น คำ
ชม เชยรางวัล เพื่อเร้าให้ผู้เรียนอยากติดตามทุกกระยะของบทเรียน

2.5 เนื้อหาส่วนที่เกี่ยวข้องกันต้อง เจลย หรือ เสนอแนะแนวคิดเชื่อมโยง

3. การนำบทเรียนไปใช้จะต้องอยู่ในสถานการณ์ดังต่อไปนี้

3.1 ครูมีความสามารถในการเลือกบทเรียนไปใช้ได้อย่างเหมาะสม

3.2 วิธีสอนของครูต้องมีส่วนเร้าให้ผู้เรียนอยากติดตาม

3.3 บทเรียนแต่ละตอนเหมาะสมกับวุฒิภาวะของผู้เรียนส่วนใหญ่ และไม่ควรถอดคำถามผิดเกินร้อยละ 10 ของคำถามทั้งหมด

3.4 การใช้สื่อประกอบการเรียน ต้องเลือกใช้สื่อให้เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่น
ถิ่นความเป็นอยู่ของชุมชน และความพร้อมของสถานศึกษา

3.5 ผู้สอนต้องใช้ทฤษฎีทางการศึกษา ทฤษฎีทางจิตวิทยาการศึกษา เข้าช่วยใน
การเรียนการสอน

4. การประเมินผลบทเรียนแบบโปรแกรมควรรำพึงถึงเรื่องต่อไปนี้

4.1 เกณฑ์การประเมินกำหนดไว้อย่างรัดกุมและประเมินตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

4.2 การประเมินผลต้องทำอย่างน้อย 3 ครั้ง คือการประเมินผลก่อน การ
ใช้บทเรียน การประเมินผลระหว่างการใช้บทเรียน และการประเมินผลหลังการใช้บทเรียน
แล้วนำผลการประเมินแต่ละครั้งของผู้เรียนแต่ละคนมาเปรียบเทียบ เป็นรายบุคคล

4.3 การประเมินผลวิธีการสอนวิธีการเรียนและการใช้สื่อการเรียน

4.4 การประเมินผลควรทำเป็นระบบ คือ ประเมินผลสิ่งแวดล้อมในการใช้
บทเรียน ตัวผู้ใช้บทเรียน กระบวนการใช้บทเรียน และสัมฤทธิ์ผลในการใช้บทเรียน

4.5 ผู้ที่มีบทบาทในการประเมินคือตัวผู้เรียนจะประเมินเพียงกลุ่มเดียวไม่ได้

ประโยชน์และข้อจำกัดของบทเรียนแบบโปรแกรมต่อการเรียนการสอน

บทเรียนแบบโปรแกรม เป็นสื่อการเรียนการสอนชนิดหนึ่ง ซึ่งผู้เรียนสามารถเรียนได้ด้วยตนเอง แต่ผู้เรียนต้องปฏิบัติตามคำแนะนำจากบทเรียนนั้นอย่างเคร่งครัด และด้วยความซื่อสัตย์ จากผลการวิจัยและการทดลองในยุคปัจจุบันพบว่า บทเรียนแบบโปรแกรมที่สร้างอย่างถูกต้องเหมาะสม มีประโยชน์หลายประการ ดังนี้ (ผกา สัตยธรรม, 2524; วาสนา ชาวนา, 2525; สันทัต ภิบาลสุข และ พิมพ์ใจ ภิบาลสุข; 2524)

ประโยชน์ต่อผู้เรียน

1. ผู้เรียนสามารถเรียนได้ด้วยตนเอง ตามความสามารถของตนคล้ายกับการเรียนกับครูแบบตัวต่อตัว
2. ผู้เรียนมีความรับผิดชอบในการเรียนของตนมากขึ้น เพราะทราบความก้าวหน้าตลอดเวลา
3. ผู้ที่ขาดเรียนมีโอกาสช่วยตนเองให้ตามผู้ทันทัน
4. ผู้เรียนอาจใช้บทเรียนแบบโปรแกรมทบทวนความรู้ หรืออาจใช้เป็นเครื่องมือช่วยสรุปการสอนแทนครู
5. ผู้ที่ไม่มีโอกาสเรียนในโรงเรียน สามารถศึกษาหาความรู้ได้
6. การกระตุ้นความสนใจในการเรียน อีกทั้งยังช่วยฝึกนิสัยให้ผู้เรียนมีความซื่อสัตย์เชื่อมั่นในตนเอง

ประโยชน์ต่อผู้สอน

1. ช่วยแบ่งเบาภาระของครูในการสอนข้อเท็จจริง หรือวิชาพื้นฐานทำให้ครูมีเวลาสร้างสรรค์งานสอน หรือปรับปรุงการสอนได้มากขึ้น และมีเวลาที่จะช่วยส่งเสริมสนับสนุน ให้ความสนใจ หรืออภิปรายปัญหากับผู้เรียนเป็นรายบุคคล หรือเป็นกลุ่มย่อยได้
2. ใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนสำหรับการสอนวิธีอื่น ๆ ได้ อาทิ การสอนเป็นคณะกรรมการสอนเป็นกลุ่มเล็ก หรือกลุ่มใหญ่ที่มีผู้เรียนมีความสามารถแตกต่างกันมาก ๆ หรืออาจใช้สอน

ข้อเสริมผู้ที่เรียนอ่อน

3. ทำให้ผู้สอนไม่ต้องกังวลถึงความเป็นระเบียบของห้องเรียน เพราะทุกคนตั้งใจเรียน

ประโยชน์ต่อผู้บริหารการศึกษา

1. ช่วยแก้ปัญหาและวิกฤตการณ์ทางการศึกษาปัจจุบัน อาทิ ปัญหาการขาดแคลนครูผู้ชำนาญในวิชาใดวิชาหนึ่ง ปัญหาผู้เรียนล้นชั้น

2. ช่วยแก้ปัญหาโรงเรียนเล็ก ๆ ในชนบท ที่มีจำนวนผู้เรียนน้อยจนไม่สามารถจะจัดครูสอนได้ หรือสนองความต้องการของผู้เรียน ในกรณีที่มีผู้เรียนเลือกเรียนบางวิชาจำนวนน้อยเกินไป

3. ทำให้สามารถเพิ่มจำนวนรายวิชาให้ผู้เรียนเลือกเรียนได้มากวิชาโดยให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเองจากบทเรียนแบบโปรแกรม

ข้อจำกัดของบทเรียนแบบโปรแกรม

แม้ว่าบทเรียนแบบโปรแกรมจะมีประโยชน์ และเป็นผลดีต่อการศึกษามากมายหลายประการก็ตาม แต่ก็มีข้อจำกัดบางประการเกี่ยวกับสื่อชนิดนี้ เช่น (วิจิตร ศรีสะอ้าน, 2512; ประทีป สยามชัย, 2519; ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2526; ฉลองชัย สุรวฒนบุรุษ, 2528)

1. บทเรียนแบบโปรแกรมเหมาะสมกับเนื้อหาบางวิชา ที่เป็นข้อเท็จจริงหรือความรู้พื้นฐานมากกว่าเนื้อหาวิชาที่ต้องการแสดงความคิดเห็น หรือความคิดสร้างสรรค์

2. บทเรียนแบบโปรแกรมไม่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ทั้งนี้เพราะผู้เรียนทำตามเนื้อหาที่กำหนดมาให้เท่านั้น

3. ผู้ที่เรียนเก่งอาจบังเกิดความเบื่อหน่าย

4. ผู้เรียนขาดการติดต่อซึ่งกันและกัน เพราะต้องทำงานด้วยตนเองขาดการปรึกษาและอภิปรายร่วมกัน

5. บทเรียนแบบโปรแกรมไม่อาจใช้แทนครูได้อย่างสิ้นเชิง เพราะผู้เรียนยังต้องการ



คำชี้แจงแนะนำจากครูอยู่ จึง เป็นไปเพียงผู้ช่วยครู เท่านั้น

6. ผู้เรียนขาดทักษะในการ เขียนหนังสือ เพราะ เขียนแต่คำตอบ เฉพาะบางคำ เท่านั้น

7. การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมต้องใช้ผู้ที่มีความสามารถ และต้องการเวลาในการสร้างและการทดลองภาคสนาม บางแห่งอาจทำไม่ได้เพราะขาดบุคลากรและ เวลาไม่อำนวย

Shimabakuro (1964) ได้กล่าวสรุปอย่างย่อ ๆ เกี่ยวกับการที่จะทำให้การสอนแบบโปรแกรมมีประสิทธิภาพ และเพื่อจัดข้อจำกัด เนื่องมาจากการใช้บทเรียนแบบโปรแกรมให้ลดน้อยไปนั้น ควรยึดหลักสำคัญดังต่อไปนี้

1. ต้องจัดกระทำโปรแกรมอย่างละเอียดรอบคอบ มีเทคนิคหรือวิธีการ เพื่อใช้กับโปรแกรมนั้น ๆ สิ่งสำคัญที่จะต้องตระหนักถึงก็คือ จะต้องคำนึงถึงพื้นฐานประสบการณ์เดิมของผู้เรียน เป็นสำคัญ ในการนำเอาบทเรียนแบบโปรแกรมมาใช้

2. ควรใช้ภาพประกอบ เพื่อจะทำให้บทเรียนแบบโปรแกรม บังเกิดความน่าสนใจ เช่น ภาพลายเส้นอย่างง่ายหรือภาพไดอะแกรมประกอบโดย เฉพาะโปรแกรมแบบเส้นตรง ทั้งนี้ เพื่อเป็นการช่วยอธิบายความหมายของข้อความในโปรแกรมนั้น ๆ

3. มีการวางแผนและจัดกระทำอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ เพื่อ เสริมการสอนแบบโปรแกรม ทั้งยัง เป็นการช่วยแก้ปัญหาที่อาจ เกิดขึ้นกับการใช้โปรแกรมในการสอน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนแบบโปรแกรม

งานวิจัยต่างประเทศ

ผลงานวิจัยเกี่ยวกับ การใช้บทเรียนแบบโปรแกรมในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในต่างประเทศ ได้แก่

Fincher และ Fillmer (1965) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพของบทเรียนแบบโปรแกรมกับนักเรียนระดับ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนจากบทเรียนแบบโปรแกรม มีความเข้าใจวิธีการบวกลบจำนวนได้ดีกว่านักเรียนที่เรียนจากการสอนแบบบรรยาย และการอภิปรายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

White (1970) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนวิชาคณิตศาสตร์ กับนักเรียนระดับวิทยาลัยที่มีพื้นฐานวิชาคณิตศาสตร์ต่ำ โดยใช้บทเรียนแบบโปรแกรมกับการสอนปกติของครู ผลปรากฏว่า นักเรียนที่เรียนจากบทเรียนแบบโปรแกรมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่า กลุ่มที่เรียนจากการสอนปกติของครูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

งานวิจัยในประเทศไทย

งานวิจัยเกี่ยวกับ การใช้บทเรียนโปรแกรมในการสอนวิชาคณิตศาสตร์ในประเทศไทย ได้แก่

เทอดศักดิ์ จันทร์อรุณ (2519) ได้ศึกษาเปรียบเทียบวิธีสอนคณิตศาสตร์โดยใช้บทเรียนแบบโปรแกรมกับวิธีสอนที่ครูสอนตามปกติสอนเรื่อง เรขาคณิตวิเคราะห์กับนักเรียนระดับ ป.ศ. สูง กลุ่มทดลองศึกษาจากบทเรียนโปรแกรม กลุ่มควบคุมมีครูสอนตามปกติ ผลการทดลองปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้และการนำไปใช้ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ปรีชา เน่าวีย์ผล (2520) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่องระบบจำนวนเชิงซ้อนของนักเรียนชั้น ป.ศ. สูง โดยใช้บทเรียนโปรแกรมกับการสอนปกติ ผลการวิจัยปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนักเรียนที่เรียนจากวิธีสอนทั้งสองแบบไม่แตกต่างกัน

วิรัช พุทธิกุล (2527) ได้ทำการวิจัย เรื่องการทดลองสอนซ่อม เสริมโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปในวิชาคณิตศาสตร์กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนซ่อม เสริมโดยครูตามกิจกรรมในคู่มือการสอน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและนักเรียนที่ได้รับการสอนซ่อม เสริมโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูป มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

วารุณี เกลี้ยงสะอาด (2528) ได้ทำการวิจัย เรื่องการสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมประกอบการสอนอย่างง่ายในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์เรื่องทศนิยม สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

บุพพร จารยพานิช (2528) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

วิชาคณิตศาสตร์ 4 ของนักเรียนศึกษาผู้ใหญ่แบบเปิดเสรีระดับ 4 ที่เรียนโดยใช้บทเรียนแบบโปรแกรมกับการสอนปกติ ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน

ฉันทนา ยัญลักษณ์ (2530) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการสอนโดยใช้บทเรียนแบบโปรแกรมเรียนเป็นคณะ กับบทเรียนแบบโปรแกรมเรียนเป็นรายบุคคล ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ไพจิตร โชตินิสากรณ์ (2530) ได้ทำการวิจัย การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนซ่อมเสริมโดยครูกับการสอนซ่อมเสริมโดยใช้บทเรียนแบบโปรแกรม ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังการสอนซ่อมเสริมโดยใช้บทเรียนแบบโปรแกรมสูงกว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการสอนซ่อมเสริมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

เจือจันทร์ กัลยา (2533) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความสนใจในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปประกอบภาพการ์ตูน โดยกลุ่มทดลองสอนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปประกอบภาพการ์ตูน และกลุ่มควบคุมสอนตามคู่มือครูของ สสวท. ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พรรณศรี เต็มสันเทียะ (2534) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคงทนในการเรียนรู้ และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนจากการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมเรียนเป็นคณะและการสอนตามคู่มือครูของ สสวท. ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่เรียนจากการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมเป็นคณะ และการสอนตามคู่มือครูของ สสวท. มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่างกัน

ศิริพร ดาระสุวรรณ (2535) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการใช้บทเรียนสำเร็จรูปประกอบการเรียนวิชาคณิตศาสตร์กับนักเรียนโรงเรียนศึกษาสงเคราะห์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการสอนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปประกอบภาพการ์ตูน กับการสอน

ตามคู่มือ สสวท. มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

จากผลการทดลองสอนคณิตศาสตร์โดยใช้บทเรียนโปรแกรมของนักวิจัยหลายท่าน ซึ่งได้ยกมาเป็นลำดับนั้น แสดงให้เห็นว่าบทเรียนแบบโปรแกรม เป็น เครื่องมือชนิดหนึ่งที่น่าจะช่วยให้ นักเรียนส่วนใหญ่บรรลุจุดประสงค์ของการเรียนการสอน อันจะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียน และช่วยลดภาวะการทำงานของครูลงได้ จึงนับว่าเป็นวิธีที่เหมาะสมกับสภาพปัญหาและระบบการจัดการเรียนการสอนในปีปัจจุบัน