

สอน

คณิตศาสตร์

ตามแนวคิด

Brain-based Learning



สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
กระทรวงศึกษาธิการ



สอน คณิตศาสตร์ ตามแนวคิด

Brain-based Learning



สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน
กระทรวงศึกษาธิการ

สอนคณิตศาสตร์

ตามแนวคิด Brain-based Learning

พิมพ์ครั้งที่ ๑

จำนวนพิมพ์ ๓๕,๖๐๐ เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์ © ๒๕๕๒

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กระทรวงศึกษาธิการ กทม. ๑๐๓๐๐

ISBN 978-616-202-053-7

ผู้เขียน พรพิไล เลิศวิชา

ภาพปก ตรีทิพย์ เมืองมูล

ภาพประกอบ วรกันต์ ตนบุญทรัพย์

ถ่ายภาพ นนรัชย์ นามเทพ สุพชัย เมทิน

ออกแบบรูปเล่ม เดือนฉาย รุ่งจิตร์

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

สอนคณิตศาสตร์ ตามแนวคิด. -- กรุงเทพฯ : สำนักงาน, 2552

134 หน้า.

1. คณิตศาสตร์ -- การศึกษาและการสอน. I. ชื่อเรื่อง

510.7

ISBN 978-616-202-053-7

คำนำ

กระทรวงศึกษาธิการตระหนักถึงความสำคัญของวิทยาการ ความก้าวหน้าเกี่ยวกับสมองและการจัดการเรียนรู้ ซึ่งปัจจุบันองค์ความรู้ เหล่านี้เริ่มมีการเผยแพร่ และถูกนำมาใช้ในการอธิบาย การออกแบบ การจัดการเรียนการสอน สื่อและการวัดและประเมินผล เพื่อส่งเสริม กระบวนการจัดการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด สำนักงาน คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานจึงได้สนับสนุนโครงการผลิตหนังสือเพื่อให้ ความรู้เกี่ยวกับความสำคัญของสมองจำนวน ๗ เล่ม คือ **ท่องโลกสมอง สมอง วัยทีน ความลับสมองลูก ครูเก่งเด็กฉลาด สอนคณิตศาสตร์ตามแนวคิด BBL สอนภาษาไทยตามแนวคิด BBL และโรงเรียนอนุบาลตามแนวคิด BBL** ซึ่งแต่ละเล่มเป็นหนังสือที่ถูกสร้างสรรค์ขึ้นจากการศึกษาทฤษฎี ประสบการณ์ การค้นคว้าและการทำงานจริงอย่างต่อเนื่องของอาจารย์พรพิไล เลิศวิชา ที่จะให้แนวคิดพื้นฐานเรื่องพัฒนาการทางสมองตามวัย การออกแบบ การเรียนรู้ การจัดสภาพแวดล้อม ทุกเรื่องน่าสนใจ ขวนให้ติดตามอ่าน และหากนำความรู้ที่ได้รับสู่การปฏิบัติจริง จะเกิดประโยชน์ต่อนักเรียน ที่จะมีมีความสุขในการเรียนรู้ และได้รับการพัฒนาเต็มตามศักยภาพ

หนังสือเพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับความสำคัญของสมองทั้ง ๗ เล่มนี้
จะเป็นประโยชน์ต่อผู้บริหารโรงเรียน ครูผู้สอน ผู้ปกครองและบุคลากร
ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในการเปลี่ยนแนวคิด มุมมอง และเห็นทางเลือก
ใหม่ของการปรับกระบวนการเรียนการสอนตามแนวทางการปฏิรูป
การศึกษาที่คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียน การส่งเสริม
ให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้ สนุก ทำทาย กระหายใคร่รู้ ลงมือปฏิบัติจริง
และกล้าแสดงออกอย่างชัดเจน และยังเป็นประโยชน์ต่อนักเรียนที่จะเข้าใจ
กระบวนการทำงานและความสำคัญของสมองที่ทุกคนต้องระวังดูและ
รักษาเป็นอย่างดี

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานขอขอบคุณผู้จัดทำ
หนังสือเล่มนี้ คือ อาจารย์พรพิไล เลิศวิชา และที่ปรึกษาทางวิชาการคือ
นายแพทย์อัศรภูมิ จารุภากร ที่ได้สร้างสรรค์ชิ้นงานที่มีคุณค่าต่อวงการ
จัดการศึกษาของสังคมไทย



(คุณหญิงกษมา วรวรรณ ณ อยุธยา)

เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

๒๐ กรกฎาคม ๒๕๕๒

คำนำผู้เขียน

คณิตศาสตร์ เป็นวิชาที่มีนักเรียนน้อยคนที่จะชอบเรียน เวลาโรงเรียนจัดตารางสอน ต้องคิดกันหนักว่าจะเอาชั่วโมงคณิตศาสตร์ไว้เวลาไหนดี ทั้งนี้ก็เพราะว่าคณิตศาสตร์เป็นวิชาที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรมอยู่มาก ส่วนที่เป็นรูปธรรมนั้น กว่าจะนำมาเชื่อมโยงให้เข้ากับทฤษฎีได้ก็ต้องใช้เวลาสอนกันอยู่นาน ปัจจุบันมีแนวคิดในการสอนคณิตศาสตร์แบบใหม่ๆ เช่น สอนตามแนวทางคুমอง (Kumon) และจินตคณิต เป็นต้น แนวทางใหม่ๆ เหล่านี้ ส่วนมากพยายามออกแบบกระบวนการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับวิธีการเรียนรู้ของสมองมากขึ้น เพื่อแก้ปัญหาเด็กอ่อนคณิตศาสตร์

หนังสือเล่มนี้ ได้ประยุกต์ใช้แนวคิดทฤษฎีด้านประสาทวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางจิตวิทยา ประสบการณ์ของผู้เขียนจากการเลี้ยงดูลูก และประสบการณ์จากสนามวิจัย จึงหวังว่าจะมีประโยชน์ต่อคุณครูผู้สอนตามสมควร

ขอขอบคุณสถาบัน องค์กร และครอบครัวที่ได้ระบุนามไว้ท้ายเล่มนี้ เพราะความรู้และความช่วยเหลือของท่าน หนังสือเล่มนี้จึงสำเร็จลงได้

พรพิไล เลิศวิชา

กุมภาพันธ์ ๒๕๕๒

สารบัญ



..... มองเรียนรู้คณิตศาสตร์ด้วยวิธีไหน

๑

สมองของคนเราต้องมีประสบการณ์ตรง ชัดเจนก่อน
สมองจึงจะรับนิยามใหม่ได้โดยง่าย

๑

..... คณิตศาสตร์ไม่ได้มีแต่ตัวเลข

๒

ถ้าเด็กอ่อนวิชาภาษาแล้ว
ก็มีส่วนผลมาจากการเรียนคณิตศาสตร์ด้วย

๑๑

..... เรียนคณิตศาสตร์ โดยไม่ต้องจำได้ไหม?

๓

เข้าใจแล้วก็ต้องจดจำไว้ในสมอง
ที่พูดๆ กันว่า ไม่ต้องจำ เข้าใจอย่างเดียวก็นั่น เห็นจะไม่จริง

๑๗

..... สอนคณิตศาสตร์ สมองอนุบาล

๔

เด็กวัยอนุบาลสนใจที่จะจับต้อง สัมผัส
ทดลองทุกอย่างที่ขวางหน้า

๒๕

..... สอนคณิตศาสตร์ สมองประถม

๕

แม้ว่าเด็กประถมจะสามารถเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้
แต่การเรียนรู้คณิตศาสตร์ก็มีขั้นตอน และมีระเบียบวิธี

๓๕

..... สอนคณิตศาสตร์ สมองเด็กโต-วัยรุ่น

๖

สมองต้องการและสนใจสิ่งใหม่ๆ (novelty) เป็นพิเศษ

๔๓

..... มองถามว่า “จะรู้ไปทำไม?”

๗

การที่สมองค้นหาคำหมายพบ
ทำให้สมองพอใจ

๕๓

..... มองต้องสรุปความรู้เป็น

๘

เพราะฉะนั้น การสรุปของครูผู้เป็นของครู ไม่ได้หมายความว่า
นักเรียนรับรู้อย่างนั้น ตามนั้น ดังนั้น ต้องฝึกฝนให้นักเรียน
สรุปสิ่งที่ตัวเองเข้าใจออกมาเป็นคำพูด เป็นภาพเขียน หรือเป็นปฏิบัติการต่างๆ

๖๑



สารบัญ

..... มองเรียนรู้จนอยู่ตัวหรือยัง?

๙

สมองต้องการช่วงเวลาเพื่อตกผลึกความจำ (consolidation period) ในสิ่งที่เรียนรู้ไป

๖๙

..... มองจำเป็นต้องรู้จักการกะประมาณ

๑๐

การรู้จักกะประมาณ ทำให้คณิตศาสตร์เชื่อมโยงกับบริบทในชีวิตจริง

๗๗

..... ใช้สมองสองซีก

๑๑

ก่อนที่ซีกซ้ายจะนำข้อมูลไปแยกแยะจัดระบบดูนั้น ซีกขวารับรู้ภาพรวมๆ ของเรื่องนั้นเรียบร้อยแล้ว

๘๕

..... วงจรของความสนใจ

๑๒

ความสนใจ เป็นสภาวะที่สมองจะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ คือสมองตื่นตัว จับข้อมูลได้ชัดเจน และมุ่งประมวลผล จำแนกแยกแยะ และเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านั้น

๙๑

..... ต้องเขียนสิ่งที่เข้าใจออกมาได้

๑๓

ความเข้าใจของสมองไม่ใช่ว่าได้มาจากการฟัง หรือการอ่านเท่านั้น บางครั้งการฟังและการอ่าน ก็พอเพียงที่จะทำให้เกิดความเข้าใจ แต่บางครั้งก็ไม่ใช่

๑๐๑

..... จัดระบบความคิดในสมอง

๑๔

วิธีการที่ดีในการสรุป คือ ให้นักเรียนเขียนออกมา ต้องให้เวลานักเรียนจัดระบบประสบการณ์ที่กระจัดกระจายอยู่ในสมอง ออกมาเป็นแผนภาพ และ/หรือเป็นกราฟิก

๑๐๙

..... ใช้เวลาให้เป็น โดยเข้าใจสมอง

๑๕

ช่วงเวลาความสนใจของเรามีอยู่เป็นช่วงๆ ถ้ามีข้อมูลใหม่แทรกเข้ามาในช่วงที่ความสนใจตกลงไป ข้อมูลนั้นๆ จะถูกลดความสำคัญลง ทำให้จำได้ยากหรือถูกลืมไป

๑๑๙



สมอง เรียนรู้คณิตศาสตร์ ด้วยวิธีไหน?



วิธีสอนคณิตศาสตร์ที่เราคุ้นเคยกันดี มักเป็นแบบนี้ คือ ครูอธิบายว่า “เออละ... วันนี้เราจะเรียนเรื่อง “การลบ” การลบ หมายถึง การหักออกไป...”

ในทุกๆ บท คณิตศาสตร์จะมีศัพท์ใหม่ เช่น คำว่า การบวก การลบ การคูณ การหาร ทศนิยม เศษส่วน ตัวประกอบ หรม. ครน.

คำศัพท์คำเดียวของคณิตศาสตร์ แทนเหตุการณ์ หลายเหตุการณ์ เช่นคำว่า **เศษส่วน** เป็นคำนามธรรม แต่เหตุการณ์ที่จัดว่าเป็นเศษส่วนได้นั้นมีมากมาย นักเรียน 3 คน ใน 5 คน เป็นหญิง ดังนั้น นักเรียนหญิง มีจำนวนเป็นเศษสามส่วนห้าของนักเรียนทั้งหมด นี่ก็เป็น เศษส่วน

การอุปสมายถึงการหักออก หรือเอาออกไป
ดังนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการลบก็จะลดลง



ครูจะยกตัวอย่างนะ เช่นว่า เธอมีมะม่วง 10
ผล กินไปแล้ว 4 ผล เธอจะเหลือมะม่วงกี่ผล



แตงโมผลหนึ่งแบ่งออกเป็น
4 ส่วนเท่าๆ กัน แตงโม 1 ชิ้น
คิดเป็นเศษหนึ่งส่วนสี่ของแตงโม
ทั้งผล นี่ก็เป็นเศษส่วน

ดังนั้นคำว่า **เศษส่วน** ซึ่งเป็น
คำนามธรรมนั้น ถ้านักเรียนไม่รู้
ว่ารูปธรรมของมันคืออะไร ก็ยาก
ที่จะสอน **เศษส่วน** เพราะ
ก่อนหน้านี้ คำว่าเศษส่วนไม่เคยมี
ที่อยู่มาก่อนในสมองของเด็ก การเสนอคำใหม่เข้ามาในสมอง
ที่จริงแล้วไม่ใช่ทำได้ง่ายๆ นะ ลองนึกถึงคำว่า สมการ อสมการ
พหุนาม และแคลคูลัส แม้แต่ผู้ใหญ่อย่างเรา ถ้าไม่ใช่คนที่
ชอบหรือเก่งคณิตศาสตร์ ได้ยินแล้วยังอาจรู้สึกกลัว



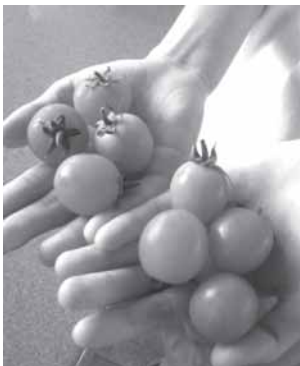
สมองของคนเราเป็นแบบนี้คือ ต้องมีประสบการณ์ตรง
ชัดเจนก่อน สมองจึงจะรับคำใหม่ นิยามใหม่ ได้โดยง่าย
การเริ่มต้นสอนคณิตศาสตร์ จาก คำ ความหมาย และ
คำนิยาม จึงเป็นการสอน ที่สร้างความยากลำบากให้แก่
สมองของเด็กอย่างยิ่ง ทำให้สมองมีแนวโน้มจะปฏิเสธ
ไม่สนใจรับรู้ตั้งแต่ต้น เพราะสมองไม่รู้ว่าจะเข้าใจความรู้ หรือ
ข้อมูลใหม่นี้โดยวิธีไหน

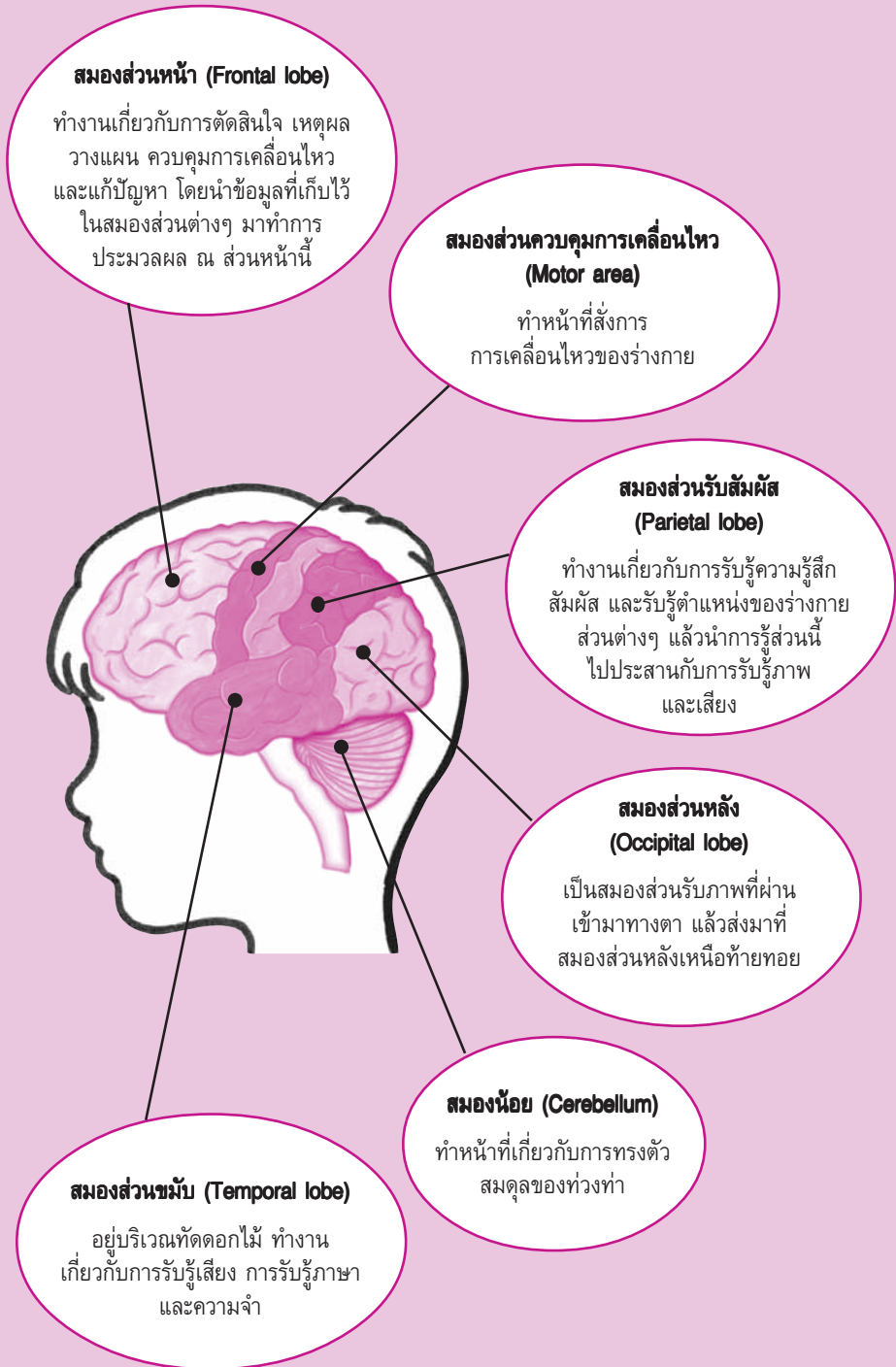
วิธีการเรียนรู้ของสมอง ไม่ได้เริ่มจากการเข้าใจคำนิยาม
แต่วิธีการที่เป็นไปตามธรรมชาติของสมองเป็นดังนี้ คือ

1. รับข้อมูลเข้าสู่สมองโดยผ่านประสาทสัมผัส
(sensory input) คือ รับผ่านการเห็น การได้ยิน
การสัมผัส เช่น มือจับมะเขือเทศ 8 ลูก ตาเห็น
มะเขือเทศ 8 ลูก หูได้ยินคำว่า มะเขือเทศ 8 ลูก

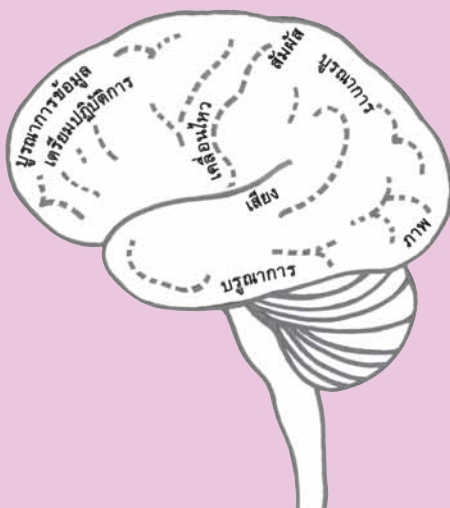
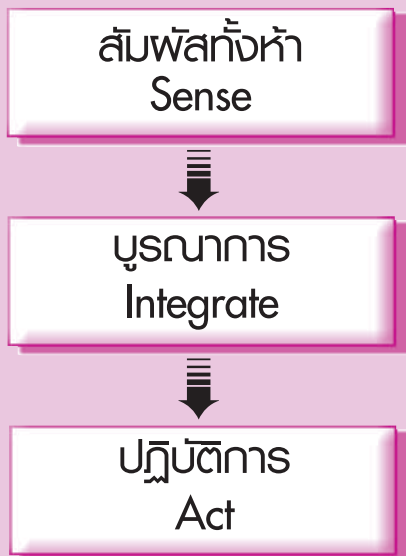
2. ประมวลผลข้อมูลที่สมองส่วนหน้า (data processing) ข้อมูลที่ผ่านการรับรู้เข้าไปนี้ จะถูกนำไปประมวลผลที่สมองส่วนหน้า (frontal lobe) ซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล คิด และแก้ปัญหา

3. ลงมือปฏิบัติการ (output) สมองส่วนหน้า
ทำการคิดเสร็จแล้ว จะส่งสัญญาณไปกระตุ้นส่วน
ที่ควบคุมการเคลื่อนไหว (motor system)
เพื่อปฏิบัติการโต้ตอบกับสิ่งแวดล้อม (response)





เขียนสรุปขั้นตอนการเรียนรู้ของสมองให้สั้นลงได้ดังนี้



ภาพข้างบนนี้ นำแนวความคิดมาจาก เจมส์ อี. ซัล (James E. Zull) ซึ่งได้อธิบายการทำงานของสมองไว้ ให้เข้าใจง่ายขึ้นว่า สมองรับข้อมูลผ่านสัมผัส เข้าทางด้านหลังของสมอง แล้วนำข้อมูลมาบูรณาการที่สมองส่วนหน้า จากนั้น สมองส่วนหน้าจึงส่งสัญญาณไปกระตุ้นการเคลื่อนไหว

สัมผัสทั้งห้า นั้น เป็นการรับรู้จากโลกภายนอก เช่น
รับรู้ว่ามีลูกหมา 10 ตัว แต่งโมครึ่งลูก เงินที่จ่ายไป 10 บาท
แล้วแม่ค้าทอนคืนมา 5 บาท

สัมผัสรับรู้นี้ต้องผ่าน ตา หู ผิวสัมผัส ลิ้น(รส) จมูก(กลิ่น)
ข้อมูลเหล่านี้ ทาย่อยเข้าสู่สมองส่วนต่างๆ เพราะสมองแต่ละ
ตำแหน่งทำหน้าที่ต่างกัน แล้วสมองส่วนไหนจึงจะนำข้อมูล
ทั้งหมดมาบูรณาการกัน เพื่อคิดตอบคำถาม เช่น

สมองส่วนหน้าทำการคิดว่า ถ้าแต่งโมจำนวน 4 ลูก
ขายไป 2 ลูก จะเหลือกี่ลูก? เมื่อคิดได้แล้วว่า เหลือ 2 ลูก
จากนั้น สมองส่วนหน้าจะไปกระตุ้นส่วนควบคุมการเคลื่อนไหว
(motor system) ในสมองให้หยิบนิ้วมือเขียนคำตอบว่า 2 ลูก
หรือพูดตอบคร่าวๆ สองลูก เป็นต้น





อันที่จริง ครูผู้สอนระดับอนุบาล และประถมศึกษา ก็ใช้วิธีการนี้นั่นอยู่มาก นั่นคือ ให้เด็กมีโอกาเรียนรู้ผ่านสัมผัส (sensory) เสียก่อน แต่พอขั้นโตขึ้น โดยมากเราก็มักจะลดความสำคัญของการเรียนรู้ผ่านประสาทสัมผัสลง จนเหลือแต่การสอนโดยการบรรยาย โดยเข้าใจเอาว่า ใช้วิธีการบรรยายก็น่าจะใช้ได้ (ซึ่งความจริงแล้วไม่ได้)





$$9 - 4 = 5$$

การเรียนรู้คณิตศาสตร์ยังมีความซับซ้อนกว่านี้อีก
หลังจากนักเรียนเรียนรู้แล้วว่า แก้วน้ำ 9 ใบ ใส่น้ำไปแล้ว 4 ใบ
เหลือแก้วเปล่า 5 ใบ

นักเรียนยังต้องเรียนรู้จัก การใช้ตัวเลขและสัญลักษณ์ดังนี้

$$9 - 4 = 5$$

ตัวเลข 9 อาจใช้แทน → แก้วน้ำเก้าใบ

→ ดอกไม้เก้าดอก

→ ขนมห้าชิ้น

แม้ว่าแก้วน้ำเก้าใบ ดอกไม้เก้าดอก และขนมห้าชิ้น
ไม่น่าจะเท่ากันได้ แต่เด็กต้องรับรู้เราใช้ตัวเลข 9 แทน
จำนวนนับเก้าทั้งนั้น

ที่กล่าวมานี้หมายความว่า สำหรับคณิตศาสตร์แล้ว สมองจะต้องเรียนรู้ผ่านผัสสะ (sensory input) ครั้งแล้วครั้งเล่า จึงจะเข้าใจจำนวน เช่น จำนวนเก้า และตัวเลข 9 ดีขึ้น

กระบวนการเรียนรู้คณิตศาสตร์ อาจสรุปได้ตามแผนภาพข้างล่างนี้



จาก Lab สมองสู่ห้องเรียน

» **สอนคณิตศาสตร์** ต้องกระตุ้นให้ใช้สมองหลายส่วน คือ ส่วนที่ทำหน้าที่รับภาพ ส่วนที่ทำหน้าที่รับเสียง ส่วนที่ทำหน้าที่รับสัมผัส เพื่อกระตุ้นให้การรับรู้ผ่านการทำงานของสมอง ตามระบบธรรมชาติ



» **สมองจะเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ดี** เมื่อสมองได้สัมผัสรับรู้จากของจริง หรือวัตถุสามมิติที่หลากหลาย

» **สี กลิ่น รส ช่วยกระตุ้นการเรียนรู้คณิตศาสตร์เป็นไปได้ง่ายขึ้น** เพราะสี กลิ่น และรส เป็นข้อมูลที่กระตุ้นอารมณ์ (emotion) ข้อมูลที่มีอารมณ์เป็นตัวกระตุ้น ช่วยให้สมองเรียนรู้ได้ง่าย



» **การบรรยาย และเขียนกระดานอย่างเดียวเป็นการสอนโดยใช้เสียง** ผู้เรียนฟังผ่านหู และตามองเห็นตัวหนังสือ ไม่ใช่ภาพ การสอนแบบนี้เป็นการสอนแบบนามธรรม (abstract) ตรงข้ามกับวิธีการเรียนรู้ของสมอง ที่ต้องเรียนรู้ผ่านรูปธรรม (concrete experience)





คณิตศาสตร์ ไม่ได้มีแต่ตัวเลข



มี นักเรียนไม่มากนักที่ชอบวิชาคณิตศาสตร์ บางคนเมื่อตอนอยู่ประถมต้นก็ทำคะแนนได้ดีอยู่ แต่พอขึ้นถึงระดับประถมปลาย คะแนนก็เริ่มตกลง และแสดงผลให้เห็นชัดเจนในชั้นมัธยมว่า ชักจะต่อไปต่อไม่ไหว

หลายคนอธิบายว่า คณิตศาสตร์เป็นเรื่องนามธรรม ทั้งยังต้องมีตรรกะแม่นยำ มีระเบียบวิธี จึงยากต่อการที่จะเรียนรู้ บางคนอธิบายว่า คณิตศาสตร์เกี่ยวข้องกับการใช้สัญลักษณ์จำนวนมาก ซึ่งยากต่อการจดจำของเด็กๆ นอกจากนี้ ถ้าเด็กอ่อนวิชาภาษาแล้ว ก็ยังส่งผลมาถึงการเรียนคณิตศาสตร์ด้วย เพราะอ่านโจทย์และคำอธิบายในหนังสือคณิตศาสตร์ไม่รู้เรื่อง

คำอธิบายข้างบนนี้คงไม่มีอะไรผิด แต่คำถามสำคัญก็คือ แล้วเราจะแก้ไขปัญหาเหล่านี้ได้อย่างไร?

ก่อนอื่นควรเข้าใจว่า เวลาที่สมองทำการเรียนรู้ นั่น เซลล์ต่างๆ ในสมองหรือนิวรอน (neuron) จะเริ่มทำงาน



ตัวอย่างเช่น

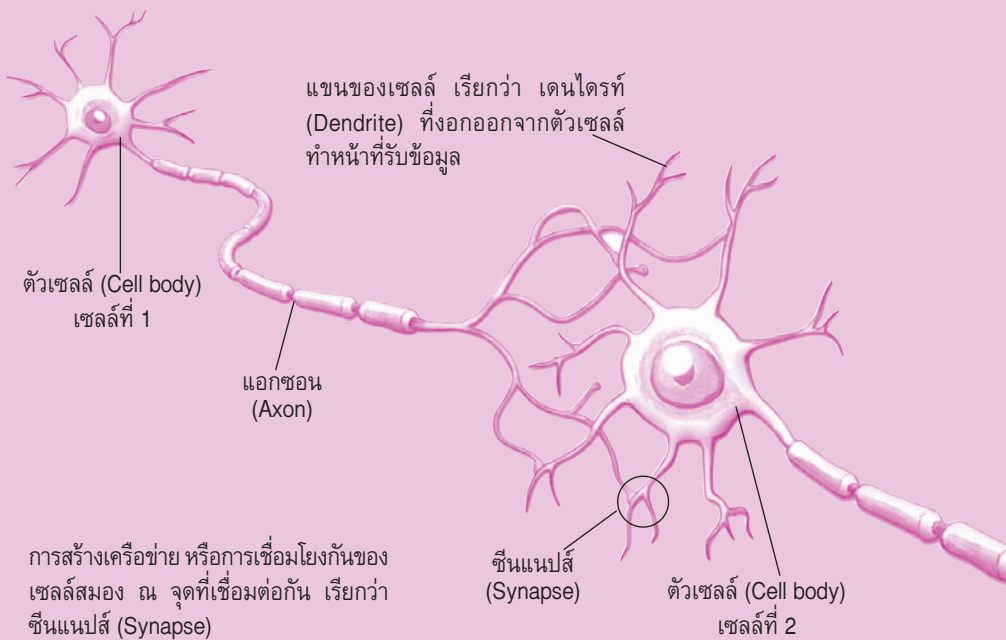
เมื่อเรานับบอมบี้บนโต๊ะ

- ☞ เซลล์สมองส่วนที่รับภาพจะทำงาน
- ☞ เซลล์สมองส่วนที่ควบคุมการนับนิ้วทำงาน
- ☞ เซลล์สมองส่วนที่ควบคุมการพูดว่า 1, 2, 3 ทำงาน
- ☞ เซลล์สมองส่วนที่ได้ยินเสียงพูดว่า 1, 2, 3 ทำงาน



นั่นคือ เวลาเราเรียนเลข มีเซลล์สมองเยอะแยะร่วมทำงานด้วย ในสมองของเรามีเซลล์ถึง 1 แสนล้านเซลล์ ซึ่งมีไว้เพื่อการเรียนรู้โดยเฉพาะ ดังนั้น การเรียนคณิตศาสตร์ก็ไม่น่าจะเป็นเรื่องยาก

แต่ความยุ่งยากอาจเกิดขึ้นได้ เพราะว่าเซลล์มีวิธีการทำงานของมันที่ตัวเราอาจไม่รู้ หรือครูที่สอนอาจจะไม่รู้ เช่น เราอาจคิดว่าสมองเรียนรู้ทุกสิ่งได้โดยการฟังคำอธิบายซึ่งไม่ใช่ เพราะการฟังอย่างเดียวไม่เพียงพอ สมองต้องการเรียนรู้ผ่านระบบผัสสะอื่นๆ ได้แก่ การรับภาพ การรับสัมผัส การรับรู้มิติและระยะ เป็นต้น



วิธีทำงาน “เรียนรู้” ของเซลล์เป็นดังนี้คือ เซลล์สมองส่วนต่างๆ จะส่งสัญญาณติดต่อกัน เรียกว่า **สร้างเครือข่ายของเซลล์ (neural network)**

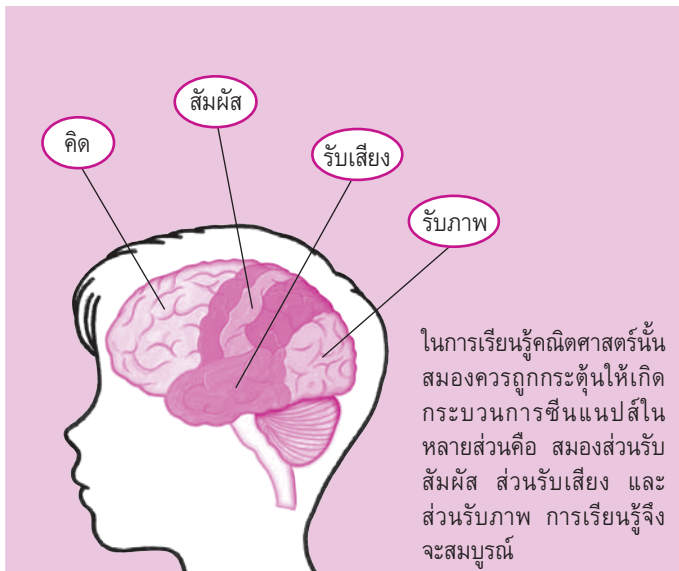
การสร้างเครือข่ายหรือการเชื่อมโยงกันของเซลล์สมองนี้ เกิดขึ้น ณ จุดที่เชื่อมต่อกันเรียกว่า **ซินแนปส์ (synapse)** ถ้าการเชื่อมต่อกันทำได้สำเร็จ แสดงว่า **การเรียนรู้ (learning)** เกิดขึ้นแล้ว บางครั้งจึงมักมีคำถามว่า “ที่สอนอยู่นะ เด็กเกิดซินแนปส์ในสมองหรือเปล่า?”

ที่สำคัญคือ ในการเรียนรู้คณิตศาสตร์นั้น สมองควรถูกกระตุ้น ให้เกิดกระบวนการซินแนปส์ ในหลายส่วน คือ สมองส่วนรับสัมผัส ส่วนรับเสียง และส่วนรับภาพ ข้อมูลในส่วนต่างๆ ของสมองจึงจะเชื่อมโยงกัน การเรียนรู้จึงจะสมบูรณ์

ไม่น่าเชื่อว่า เซลล์หนึ่งๆ ในสมองสามารถติดต่อเชื่อมโยงกับเซลล์อื่นๆ ได้อีกถึง 10,000 เซลล์ หลักการของสมองมีอยู่ว่า ยิ่งการเชื่อมโยงถึงกันมีมากเท่าใด การเรียนรู้ก็เกิดมากขึ้นเท่านั้น การเชื่อมโยงที่วุ่นๆ ก็คือ การที่สมองนำข้อมูลที่รับเข้าไปคือ จากภาพ เสียง สัมผัส กลิ่น รส และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกัน มาประกอบกันเข้าเป็นความรู้ความเข้าใจต่างๆ นั่นเอง

แม้ว่าการเชื่อมโยงกันของเซลล์สมองได้เกิดขึ้นแล้ว เช่น เมื่อครูสอนให้เด็กรับรู้จำนวนแปด 8 ครูก็แสดงภาพที่แทนจำนวน 8 เซลล์สมองก็รับรู้ว่าเป็นแบบนี้

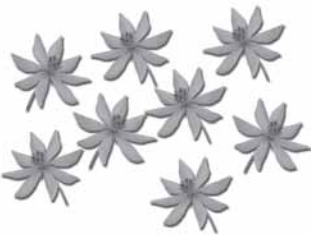
แต่สมองต้องสร้างกระบวนการเรียนรู้ให้แน่ชัด จึงควรสร้างตัวอย่างแบบต่างๆ (pattern) ของจำนวนแปด 8 เก็บไว้ในสมองให้พอเพียง โดยให้ประสบการณ์หลากหลายเพื่อให้วงจรแห่งการเรียนรู้ที่ชัดเจนเป็นระบบ



ตัวอย่างหลากหลายของจำนวนแปด ที่สมองรับไว้นี้ เซลล์สมองต้องทำงานเพิ่มขึ้น มีกระบวนการซินแนปส์เกิดมากขึ้น และมีการ เชื่อมโยงระหว่างเซลล์สมองมากขึ้น นั่นหมายความว่า มีกระบวนการเรียนรู้ (learning) เกิดขึ้นในสมองจำนวนมาก



ความรู้สึกเชิงจำนวน ที่จะเกิดขึ้นอย่าง แท้จริงในสมองของเด็ก ยังต้องอาศัยการ เปรียบเทียบ จำนวนของสิ่งต่างๆ ที่มีอยู่ จริงในโลก เพื่อถอดความหมายของจำนวน จากกระบวนการแบบ (pattern) ของสิ่งต่างๆ ที่ปรากฏลักษณะของจำนวนนั้น เช่น ส้ม 8 ผล ไข่ 8 ใบ กระต่าย 8 ตัว แก้ว 8 ตัว หนังสือ 8 เล่ม ดินสอ 8 แท่ง ขวดน้ำ 8 ขวด บ้าน 8 หลัง รถยนต์ 8 คัน ฯลฯ



จะเห็นได้ว่า คณิตศาสตร์ไม่ได้มีแต่ตัวเลข แต่เป็นเรื่องของประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับตัวเลขนั้น กว่าสมองจะรับรู้จริงๆ ว่า จำนวน 8 หมายความว่าอย่างไร ก็จะต้องผ่านประสบการณ์หลากหลาย นอกจากในโลกของวัตถุแล้ว เมื่อปรากฏภาพ ทั้งหลายข้างต้นอยู่บนแผ่นกระดาษ เด็กก็ต้อง รับรู้ว่า ภาพเหล่านี้แทนจำนวนวัตถุที่เห็นอยู่ใน ชีวิตจริงได้เหมือนกัน กระบวนการทั้งหมดนี้ มักถูกตัดทอนให้สั้นลง จบลงในไม่กี่ชั่วโมง ซึ่งเป็นที่มาของปัญหาเด็กอ่อนคณิตศาสตร์



จาก Lab สมองสู่ห้องเรียน

» **สมองมนุษย์มีเซลล์เป็นจำนวนถึง 1 แสนล้านเซลล์** เซลล์สมองมีหน้าที่อย่างเดียว คือ ทำการรับรู้ข้อมูล และเรียนรู้ ทุกๆ พฤติกรรมที่เราทำ ย่อมกระตุ้นการทำงานของเซลล์สมองเสมอ



» **เซลล์สมองที่อยู่ลำพังเซลล์เดียวทำอะไรไม่ได้** เซลล์จะเชื่อมโยงกันเป็นวงจร เมื่อลงมือปฏิบัติการ เมื่อเรามีพฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น นับ อ่าน เขียน พูด ยก เท ชั่ง ตวง เรากำลังสร้างวงจรแห่งการเรียนรู้ (neural circuit) ขึ้นในสมอง



» **ถ้าเราสอนคณิตศาสตร์ โดยให้เด็กได้สัมผัสกับโลกที่เป็นจริง เหตุการณ์จริง** สมองจะทำงานดีขึ้น เซลล์จำนวนมาก จะถูกกระตุ้นบนพื้นที่สมองหลายตำแหน่ง



» **การเรียนรู้คณิตศาสตร์ ก็คือการรับข้อมูลเข้าสู่สมอง** โดยผ่านการทำงาน of เซลล์ เช่นเดียวกับความรู้สาขาอื่น

๓

เรียนคณิตศาสตร์ โดยไม่ต้องจำ ได้ไหม?



ความจำ (memory) เป็นสิ่งสำคัญ และเป็นหัวใจของการเรียนรู้ เราต้องจำได้ว่า สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ห้าเหลี่ยม แตกต่างกัน เราต้องจำว่า จำนวนแต่ละจำนวนเขียนอย่างไร เช่น คำว่า

- หนึ่ง เขียนเป็นตัวเลขว่า → 1
- สอง เขียนเป็นตัวเลขว่า → 2
- สิบห้า เขียนเป็นตัวเลขว่า → 15
- หนึ่งร้อยห้า เขียนเป็นตัวเลขว่า → 105

เราต้องจำได้ว่า เมื่อมีการหักจำนวนหนึ่งออกจากอีกจำนวนหนึ่ง ต้องใช้เครื่องหมายลบ เราต้องจำวิธีการบวก วิธีการลบ วิธีการคูณ วิธีการหาร



บางคนบอกว่าไม่ต้องจำ ให้ใช้ความเข้าใจดีกว่า แต่ถามว่า เข้าใจแล้วจำไม่ได้จะทำอย่างไร สรุปแล้ว เข้าใจแล้วก็ต้องจดจำบรรดาเรื่องที่เรียนไว้ในสมองให้ได้ ที่พูดๆ กันว่า ไม่ต้องจำ เข้าใจอย่างเดียวก็นั่นเห็นจะไม่จริง ส่วนการที่สามารถจำได้โดยไม่ต้องใช้วิธีท่องนั้นเป็นอีกเรื่องหนึ่ง

นักประสาทวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาการทำงานของสมอง มนุษย์ แล้วอธิบายว่า ความจำมี 2 แบบคือ

- ความจำระยะสั้น (short term memory)
- ความจำระยะยาว (long term memory)

ทุกๆ นาทีที่มีข้อมูลเข้ามาในสมองของเรา เช่น เบอร์โทรศัพท์ของคนอื่น เราจำได้สักครู่แล้วก็ลืมไป พอจะโทรก็ต้องหาเบอร์กันใหม่อีก เมื่อสักครู่เราไปตลาดมา เห็นผักผลไม้หลายชนิด เห็นคนขายเยอะแยะ เราจำได้ประเดี๋ยวหนึ่ง สักครู่ก็ลืมไปแล้ว ความจำแบบนี้เป็นความจำระยะสั้น (short term memory)



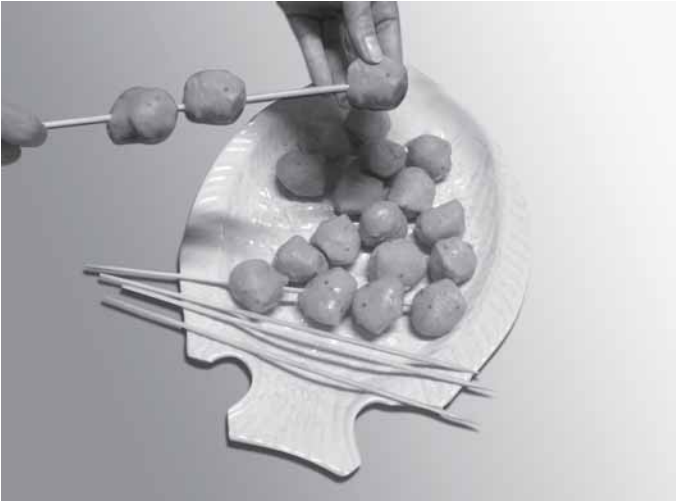
$$20 \div 5 = 4$$

ถ้าเบอร์โทรศัพท์นั้นเป็นเบอร์ของคุณแม่ หรือของ
คนที่เราหมายปอง เราอาจจำได้ทันที และไม่ลืม ในทำนองเดียวกัน
ถ้าเราไปตลาดเดิมซ้ำๆ นานเข้า เราจะจำหน้าคนขายได้
เกือบหมดทุกคน กลายเป็นความจำถาวร ความจำแบบนี้
เป็นความจำระยะยาว (long term memory)

หลักการสอนคณิตศาสตร์ให้สมองจดจำได้มีหลักการ
ดังนี้

1. สมองจดจำได้ดี ถ้าเกิดความตั้งใจ (attention) ขณะที่เราเรียนรู้

ถ้าสอนการหารโดยบอกนักเรียนว่าให้ตั้งหาร คือ $5 \overline{)20}$
แล้วคิดว่า 5 คูณอะไรได้ 20 คำตอบคือ 4 สอนแบบนี้เด็ก
จะลืมง่าย ความจำที่ได้มา เป็นความจำระยะสั้น เพราะไม่รู้วิธี
หารไปทำไม



ถ้าจะให้นักเรียนจดจำเรื่องการหารได้ดี เราอาจจะใช้วิธีให้นักเรียนแบ่งลูกขี้ 20 ลูก นำมาเสียบไม้ ให้ได้ 5 ไม้ นักเรียนเสียบได้ไม้ละ 4 ลูก ครูอธิบายว่า การแบ่งจำนวนเต็มออกเป็นจำนวนย่อยเท่าๆ กันนี้ เรียกว่า การหาร นักเรียนจะเริ่มเข้าใจ และเก็บข้อมูลเป็นความจำเอาไว้

การนับลูกขี้ การเสียบไม้ การนับดอกไม้ เหล่านี้ล้วนแต่ต้องอาศัยความตั้งใจทำ (attention) สิ่งที่ได้กระตุ้นใจทำคือ มือนับสิ่งของ ตาจ้องมองดู การทำการแบ่งสิ่งของนี้ต้องตั้งใจทำ มิฉะนั้นจะทำผิด ข้อมูลที่ส่งไปยังสมองต้องอาศัยความสนใจและความตั้งใจ ดังนั้น ความจำจึงถูกจัดการประมวลผลอย่างมีจิตสำนึก (conscious processing) การประมวลผลข้อมูลอย่างมีจิตสำนึก ทำให้สมองเก็บความจำไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



เด็กคนนี้อาจนับเงินให้ได้ 1,044 บาท เธอแยกธนบัตรใบละ 1,000 บาท วางไว้ที่หนึ่ง ธนบัตรใบละ 20 บาท วางไว้ อีก 2 ใบ เหรียญ 1 บาท มีอยู่ 4 เหรียญ กระบวนการนับเช่นนี้ เธอต้องใช้ความ จําลoadเวลา และสร้างความจําใหม่ ขึ้นมาด้วย ความจําในช่วงนี้ เรียกว่า ความจําขณะคิด (working memory)

2. ความจําระยะยาวจะเกิดขึ้นเมื่อผ่านการ ทำซ้ำ และฝึกฝน

ความจําที่สมองจําได้ขณะสอน อาจเป็นเพียงความจํา ระยะสั้น (short term memory) เพราะความรู้เพิ่งจะนำเข้าสู่สมอง ความสนใจจะช่วยให้เด็กทำแบบฝึกหัดและทบทวน จริงจัง ในที่สุด ความจําระยะสั้นจะถูกเปลี่ยนเป็นความจํา ระยะยาว (long term memory) ความรู้ใดๆ จะเกิดเป็น ความจําระยะยาวทันทีในสมองนั้นเป็นไปได้ยาก เว้นแต่ ความรู้นั้นกระทบต่ออารมณ์ เช่น ชอบ รัก ตื่นเต้น เป็นต้น

3. การสอนที่เสนอข้อมูลใหม่เป็นจำนวนมากต่อเนื่องกัน ทำให้สมองจดจำได้ช้าลง หรือจำไม่ได้เลย

อันที่จริง นอกจากความจำระยะสั้น และความจำระยะยาวแล้ว ในสมองยังมีกระบวนการจำอีกแบบหนึ่ง เรียกว่า ความจำขณะคิด (working memory)

สมองมนุษย์มีสมรรถนะในการใช้ความจำขณะคิด (working memory) ได้จำกัด

มีงานวิจัยพบว่า เด็กประถมใช้เวลากับความจำขณะคิด ได้ประมาณ 5-10 นาที วัยรุ่นและผู้ใหญ่ใช้เวลากับความจำขณะคิดได้ 10-20 นาที

ที่กล่าวถึงข้อจำกัดของเวลานี้หมายความว่า วัยรุ่นหรือผู้ใหญ่ สามารถประมวลผลข้อมูลโดยคิดเกี่ยวกับเรื่องนั้นๆ อย่างเข้มข้นประมาณ 10-20 นาที แต่เด็กทำได้ราว 5-10 นาที จากนั้นก็จะเริ่มเหนื่อยล้า หรือไม่ก็เบื่อหน่ายกับข้อมูลที่ตัวเองกำลัง “จัดการ” อยู่ สักพักหนึ่งพอหายล้าแล้วก็สามารถเริ่มต้น “คิด” กับเรื่องนั้นใหม่ได้

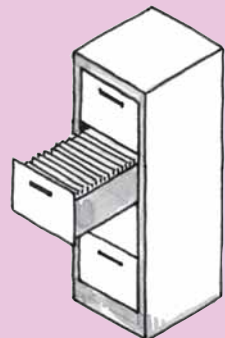
ข้อมูลนำเข้าสู่สมอง
(sensory input)



ความจำชั่วคราว
(immediate memory)



ความจำชั่วคราว
ความจำขณะคิด
(working memory)



ความจำถาวร
(long term memory)

สรุปได้ว่า การสอนคณิตศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพ
ต้องคำนึงถึงหลักการ 3 ประการ คือ

1. สร้างความตั้งใจ คุณครูควรคิด
แผนการสอน ที่จะทำให้นักเรียนได้เข้าไปอยู่ใน
กระบวนการเรียนรู้ที่เกิดความตั้งใจ
(attention) ให้ได้ ที่ควรคำนึงก็คือ สิ่ง
ที่ทำให้มนุษย์มีความตั้งใจได้ลึกที่สุด ก็คือ
การฟังคำบรรยาย แต่ถ้าสมองลงมือทำ
มีการเคลื่อนไหวร่างกายขณะเรียนรู้
ความตั้งใจจะมีเพิ่มขึ้น



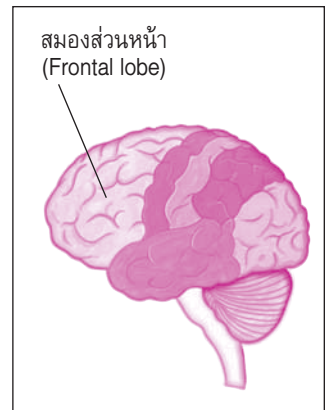
2. อย่ายืดเยียดความรู้ลงไป ต้อง
วางแผนการสอนโดยแบ่งข้อมูล เนื้อหาที่จะ
สอนออกเป็นส่วนๆ โดยคำนึงถึงเวลา
ที่นักเรียนจะสามารถอยู่กับข้อมูลได้จริงๆ
ไม่ควรพยายามยืดเยียดเนื้อหาหลงไป เพื่อ
ให้การสอนจบลงในเวลาให้ได้

3. ให้เวลาในการสอนทุกขั้นตอน การ
ใช้ความจำขณะคิด (working memory) ของ
นักเรียนแต่ละคนอาจใช้เวลาไม่เท่ากัน
คุณครูควรวางแผนการสอน จัดกิจกรรม
เตรียมใบงานให้เหมาะสม ให้นักเรียน
แต่ละคนมีโอกาสดำเนินการด้วยความจำขณะคิด
ของตัวเองจริงๆ



จาก Lab สมองสู่ห้องเรียน

- » ความจำของมนุษย์มี 2 ชนิด คือ ความจำชั่วคราว หรือความจำระยะสั้น (short term memory) และความจำระยะยาว (long term memory)
- » ความจำชั่วคราวอยู่ในสมองในช่วงสั้น ๆ อาจเป็นวินาทีหรือหลายวัน แต่ความจำถาวร หรือความจำระยะยาว อาจอยู่ในสมองเป็นเดือน เป็นปี หรือตลอดชีวิต
- » ความจำชั่วคราว โดยเฉพาะความจำขณะคิด (working memory) ใช้พื้นที่ในสมองส่วนหน้า ซึ่งใช้คิดเกี่ยวกับข้อมูลที่สมองกำลังรับเข้ามา ผ่านประสาทสัมผัสต่างๆ ขณะที่คิดอยู่นั้น สมองส่วนหน้ามีพื้นที่ใช้งานอยู่จำกัด ดังนั้น การป้อนข้อมูลเข้าไปมากๆ ทำให้สมองส่วนหน้าทำงานไม่มีประสิทธิภาพ
- » การออกแบบการสอน และวิธีสอนที่สำคัญ คือ อย่าสอนบทเรียนหนึ่งๆ หรือความคิด (concept) หนึ่ง โดยใช้เวลายาวนานเกินไป และพูดอธิบายต่อกันไปโดยไม่หยุด แต่ควรแบ่งข้อมูลออกเป็นช่วงๆ แล้วจึงอธิบายหรือเสนอความรู้ ต่อยอดขึ้นไปอย่างมีขั้นตอน





สอนคณิตศาสตร์ สมองอนุบาล



สมอง เด็กอนุบาลมีลักษณะพิเศษที่น่าสนใจคือ เป็นสมองที่มีความกระตือรือร้น มีแรงจูงใจ (self motivation) อย่างสูงที่จะเรียนรู้ จะสังเกตได้ว่า พอโตขึ้นถึงวัยประถม และวัยมัธยม แรงจูงใจที่สร้างขึ้นด้วยตัวเองนี้ จะเริ่มลดลงไปโดยเฉลี่ย หรือมีลักษณะเลือกสนใจเฉพาะบางอย่างเป็นพิเศษ เด็กวัยอนุบาลสนใจที่จะจับต้อง สัมผัส ทดลอง ทุกอย่าง ที่ขวางหน้า และในวัยนี้สมองก็มีความสามารถที่จะเก็บมวลประสบการณ์เหล่านี้เป็น “วงจร” แห่งความรู้หรือความจำเบื้องต้น เตรียมเอาไว้ก่อนที่จะถึงวัยถัดไป

สิ่งสำคัญที่เด็กวัยอนุบาลต่างจากวัยอื่นคือ สมองนี้ “คิด” ไม่เหมือนผู้ใหญ่ การที่ “คิด” ต่างออกไปก็เพราะสมองทำงาน “ต่าง” ออกไป



คุณครูเอามะเขือเทศ 9 ลูกวางไว้บนโต๊ะให้นักเรียนนับ เมื่อปูเป็นนับได้เก้าลูกแล้ว คุณครูเอาผ้าคลุมไว้ 6 ลูก แล้วถามใหม่ว่า “บนโต๊ะนี้มีมะเขือเทศทั้งหมดกี่ลูก” ปูเป็ตอบว่า “3 ลูกครับ” “อ้าว! แล้วได้ผ้านี้ล่ะ คุณมีอีกตั้งหลายลูก” ปูเป็ตอบว่า “ก็ผมเห็นแค่ 3 ลูกนี่ฮะ”

คุณครูลองใหม่อีก เอามะเขือเทศ 10 ลูกวางบนโต๊ะ แล้วเอาผ้าคลุมไว้ 6 ลูก ถามปูเป้วว่า “มะเขือเทศทั้งหมดรวมที่อยู่ใต้ผ้านี้ด้วยมีกี่ลูก” ปูเป็ตอบว่า “4 ลูกครับ” คราวนี้คุณครูถึงกับกุมขมับ

คุณครูอาจคิดว่าเด็กตอบเล่น ลิ่นหรือซิกแซก แต่ความจริงเปล่าเลย ปูเป้พูดจริงๆ สำหรับเด็กอนุบาล โดยเฉลี่ยแล้ว จำนวนจะมีอยู่ไม่ได้ ถ้าไม่มีวัตถุที่จะนับได้ปรากฏให้เห็น





ครวณีลองดูใหม่ ให้บอกเด็กอนุบาลว่า

ครู : “สมมุติหนูมีไข่อยู่ 2 ฟองนะ เอาละ เอาไข่ 2 ฟองนี้
ไว้ในใจก่อน ครวณีดูไข่บนโต๊ะนี้สิอีก 3 ฟอง ไข่มี
หนูมีไข่ทั้งหมดกี่ฟอง?”

เด็ก : “3 ฟอง”

ครู : “อ้าว! แล้วอีก 2 ฟอง ที่อยู่ในใจล่ะ
ต้องรวมเป็น 5 ฟอง ถูกไหม?”

เด็ก : “ใช่ครับ 5 ฟอง”

ลองถามคำถามเดิมใหม่อีก เด็กจะตอบว่า “3 ฟองครับ”

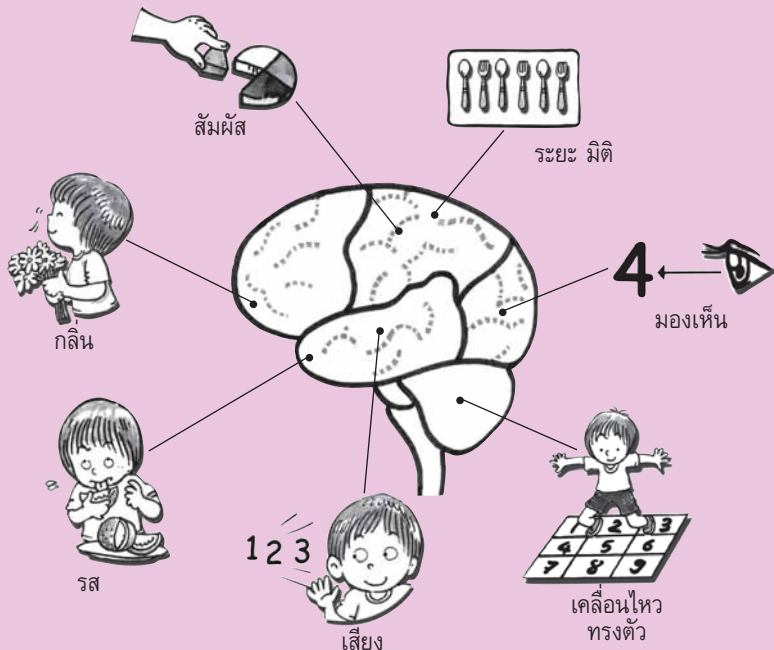
ครู : “อ้าว! ก็ตะกี้หนูบอกว่าเป็น 5 ไข่
แล้วทำไมกลับเป็น 3 ไข่ล่ะ?”

เด็ก : “3 ครับ ตะกี้ครูบอกว่า 5 ไข่ไหมล่ะ?”

นี่แหละคือนักเรียนอนุบาลตัวจริง

เด็กอนุบาลยังไม่ใช่วัยที่จะใช้เหตุผลและการคิดแบบซับซ้อน แต่เขาต้องการสัมผัสกับรูปธรรม และสำรวจจากเหตุการณ์จริงให้มากที่สุด สร้างวงจรเกี่ยวกับรูปทรงและจำนวน ไว้ในสมองให้มากที่สุดเสียก่อน ในอนาคตการคิดซับซ้อนจึงจะปรากฏตัวขึ้นมาได้

ในวัยอนุบาล สมองอนุบาลต้องเรียนรู้เรื่องที่สำคัญคือ การนับ (counting) การจำแนก (sorting) และการจัดกลุ่ม (grouping) บางทีเราจะได้เห็นเด็กอนุบาลทำแบบฝึกหัดจากหนังสือเรียนหลายเล่ม ซึ่งล้วนแต่เป็นการฝึกการนับ การจำแนก และการจัดกลุ่ม ที่ถูกต้องนั้น แบบฝึกในกระดาษต้องมาทีหลัง ส่วนที่เป็นหัวใจสำคัญคือการสัมผัสของจริง เพื่อให้สมองเรียนรู้ผ่านวงจรในสมองหลายส่วน ทุกส่วนของสมองควรจะเข้ารับรู้ประสบการณ์นี้



การฝึกฝนทักษะที่สมองวัยอนุบาลต้องทำ

» **จำนวน** โดยผ่านการนับวัตถุสิ่งของที่สนใจ นับวันก่อนวันเกิด หรือวันปีใหม่ เรียนนับจากบทร้องเล่นและบทเพลง นับ 1-100 ปากเปล่า นับ 1-10 และนับถอยหลังจาก 10-1 อย่างคล่องแคล่ว



» **รูปทรงและมิติ** โดยผ่านการสร้างประกอบ ต่อบล็อก ลองพูดออกมาว่า รูปทรงนี้กับรูปทรงนั้น ต่างกันอย่างไร ลองจับรูปทรงต่างๆ หมุนดูจากด้านบน ดูจากด้านข้าง เพื่อให้รู้ว่ารูปทรงนี้มองได้หลายมุม และมองเห็นต่างกันทุกมุม



» **แบบแผนของรูปทรงและลวดลาย (pattern) และเรขาคณิต** เรียนรู้ผ่านสิ่งแวดล้อมรอบตัว เช่น ลักษณะของลูกแก้ว ลายบนเสื้อผ้า ลายบนผ้าพันคอ รูปทรงของของเล่น ลองหัดลอกแบบลวดลายต่างๆ และสร้างลวดลาย (pattern) ง่ายๆ ขึ้นมาด้วยตัวเอง

» **การวัด** โดยผ่านการมอง เปรียบเทียบว่าสิ่งนี้สูงกว่าสิ่งนั้น บล็อกตึกสูงกว่าบล็อกที่สร้างเป็นสะพาน วัดระยะจันรู้ว่าอันนี้สั้น อันนั้นยาว ทางนี้ใกล้ ทางนี้ไกล



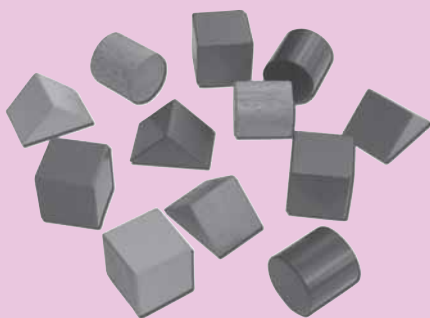


กิจกรรมที่เด็กอนุบาลควรจะได้ทำ และคำถาม
ที่ควรฝึกให้เด็กอนุบาลตอบ เพื่อให้เปลี่ยนสิ่ง
ที่คิดอยู่ในสมองออกมาเป็นภาษามีตัวอย่างดังนี้



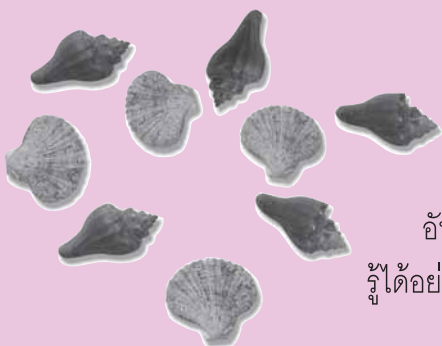
1

ทั้งหมดมีอยู่เท่าไร?
อันสุดท้ายเป็นอันที่เท่าไร?
อันไหนคืออันที่สาม?



สิ่งที่เห็นนี้ สิ่งไหนบ้างที่เหมือนกัน/ต่างกัน?
รู้ได้อย่างไรว่าเหมือนกัน/ต่างกัน?

2



อันไหนมีมากกว่า/น้อยกว่า?
รู้ได้อย่างไรว่ามากกว่า/น้อยกว่า?

3



4

แต่ละอย่างมีอยู่เท่าไร?
นับแยกดูซิ

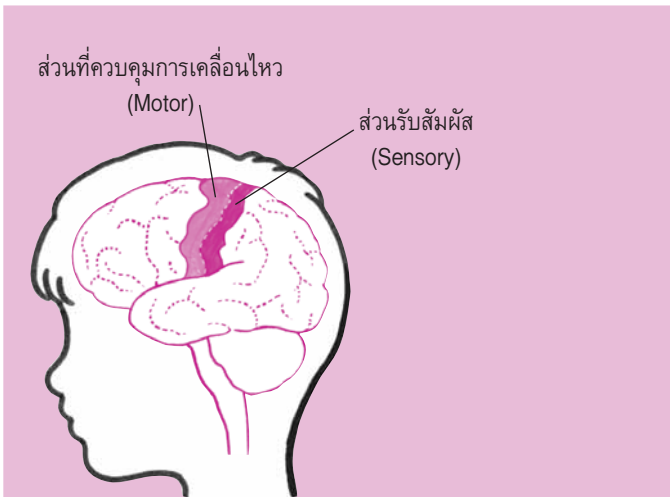
5

อันไหนยาวกว่า/สั้นกว่า?
รู้ได้อย่างไรว่ายาวกว่า/สั้นกว่า?



สิ่งไหนหนักกว่า/เบากว่า?
รู้ได้อย่างไรว่าหนักกว่า/เบากว่า?

6



สมองเด็กอนุบาลนั้น อยู่ในระยะที่ส่วนรับสัมผัส (sensory) และส่วนควบคุมการเคลื่อนไหว (motor) กำลังพัฒนา ไม่ว่าจะเป็นเรียนรู้สิ่งใด จำเป็นต้องกระตุ้นให้ใช้สมองสองบริเวณนี้

การเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ระบบสัมผัส (sensory) ได้แก่ การใช้ของจริงมาทำการนับ จัดกลุ่ม จำแนกแบบต่างๆ หลายวิธี และทำซ้ำๆ

การเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้ระบบเคลื่อนไหว (motor) นั้น เกือบจะเป็นระบบเดียวกับระบบสัมผัส เพราะระบบเคลื่อนไหวเป็นตัวขับเคลื่อนพฤติกรรม จากการรับรู้ของระบบสัมผัสอีกทีหนึ่ง เมื่อเคลื่อนไหวแล้วก็เกิดสัมผัสรับรู้ตามมาต่อเนื่องกัน



เมื่อนักเรียนยื่นมือไปนับดูว่า มีข้างกี่ตัว มีหมูกี่ตัว มีหมากี่ตัว สมองส่วนควบคุมการเคลื่อนไหว (motor) จัดการ สิ่งหรือควบคุมให้มือและตาทำการนับ

ขณะที่นับอยู่ มือสัมผัสรับรู้จำนวน ผิวสัมผัสน้ำหนักของ สิ่งนั้นๆ ส่งข้อมูลย้อนกลับมาที่สมองของตัวเอง กระตุ้นให้ สมองส่วนรับสัมผัส (sensory) ทำงาน

หมายความว่า ขณะสัมผัสเรียนรู้คณิตศาสตร์ สมองส่วน สัมผัสและเคลื่อนไหวถูกกระตุ้นพร้อมๆ กัน นี่แหละคือ วิธีเรียนรู้ที่ดีที่สุดของสมองเด็กอนุบาล นักวิชาการเรียกเด็ก วัยนี้ว่า **วัย sensorimotor**



สอนคณิตศาสตร์ สมองประถม



สมอง เด็กวัยประถมมีความพร้อมมากขึ้น
แก้ปัญหาได้ซับซ้อนขึ้น แต่ถ้ายังอยู่ระหว่างชั้น ป.1-ป.6 สมอง
ควรเริ่มต้นจากโจทย์ง่ายๆ ไปก่อน เด็กชายอาจเรียนรู้
คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับระยะและมิติได้ดีกว่าเด็กหญิงอยู่บ้าง
แต่ช่องว่างที่แตกต่างกันนี้จะค่อยๆ แคบเข้า และคล้ายกัน
มากขึ้นในวัยมัธยม

ในสมองเด็กประถม ส่วนที่ประมวลผลข้อมูลเสียงกำลัง
พัฒนาอย่างรวดเร็ว ในช่วงนี้ การ让孩子อ่านออกเสียง
เพื่อให้เด็กได้ยินเสียงตัวเอง รวมทั้งการอ่านโจทย์เลขดังๆ
มีความสำคัญ ครูอาจคิดว่าเด็กสามารถฝึกการอ่านโจทย์ในใจ
แล้วคิดเงียบๆ แต่ที่จริงแล้ว สมองเด็กวัยประถมนี้กลับต้อง
เปล่งเสียงออกมา จึงจะเกิดความเข้าใจดีขึ้น



5 > 3



เด็กมักถูกบอกให้อ่านในใจว่า ห้ามากกว่าสาม แต่ถ้าอ่านออกเสียงดังๆ ว่า ห้ามากกว่าสาม จะดี กับสมองเด็กประถมมากกว่า

โน้ตมีเงิน 5 บาท
แม่ให้มาอีก 4 บาท
โน้ตมีเงินทั้งหมดกี่บาท?



ถ้าจะให้สมองเข้าใจและเก็บข้อมูลได้ดี ต้องให้สมองอ่านโจทย์ออกมา และเด็กได้ยินเสียงของตัวเอง ถ้ายังไม่เข้าใจต้องอ่านซ้ำๆ และอ่านซ้ำที่สำคัญ สมองอาจไม่ได้คิดรวดเร็วแบบผู้ใหญ่ สมองใช้เวลาในการคิดที่ละเอียด

โน้ตมีเงิน 5 บาท



คิดช่วงที่หนึ่ง

แม่ให้มาอีก 4 บาท

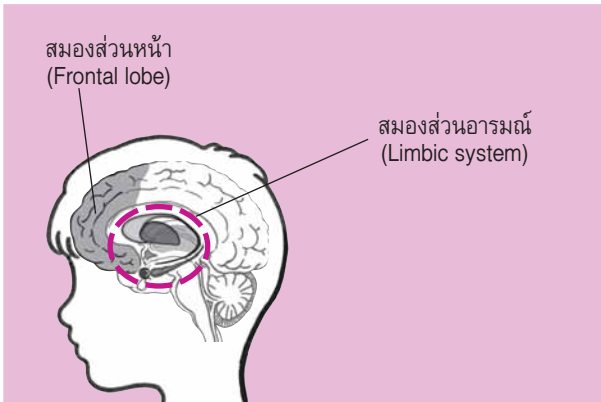


คิดช่วงที่สอง

รวมโน้ตมีเงินเท่าไร



คิดช่วงที่สาม



แม้ว่าเด็กประถมจะสามารถจะเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ แต่การเรียนรู้คณิตศาสตร์ ก็มีขั้นตอนและมีระเบียบวิธีของมัน ถ้าเดินผิดวิธีก็คำนวณผิด ระเบียบวิธีจุกจิกเหล่านี้ จึงอาจทำให้เด็กไม่ชอบวิชาคณิตศาสตร์ การสอนคณิตศาสตร์จึงต้องเริ่มโดยกระตุ้นให้สมองรู้สึกอยากจะทำ อยากจะรู้เสียก่อน

ในสมองของเด็กมีกลุ่มเซลล์ที่ทำงานด้านการใช้เหตุผลและคิด คือ สมองส่วนหน้า (frontal lobe) แต่ถ่วงลงไปคือ สมองส่วนอารมณ์ (limbic system) สมองของเด็กประถมเป็นส่วนที่พัฒนาขึ้นมาก่อนและพร้อมก่อนส่วนอื่นๆ คือ ส่วนอารมณ์

พอส และสไตน์เบิร์ก (Paus & Steinberg) ได้ตีพิมพ์บทความของเขาทั้งสองในนิตยสาร Trends in Cognitive Science อธิบายว่า สมองส่วนอารมณ์ของเด็กพัฒนาพร้อมแล้วเมื่ออายุระหว่าง 10-12 ปี ขณะที่สมองส่วนหน้าซึ่งทำหน้าที่ด้านเหตุผล กลับพร้อมและพัฒนาเต็มที่เมื่ออายุ 22-24 ปี จึงไม่ค่อยแปลกสำหรับเด็กประถมแล้ว อารมณ์เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งที่จะทำให้เด็กเรียนหรือไม่เรียน เข้าใจหรือไม่เข้าใจ

หลักการสำคัญในการกระตุ้นให้เรียนรู้
คณิตศาสตร์โดยขับเคลื่อนอารมณ์ คือ

**1. ข้อมูล เนื้อหา กระบวนการทาง
คณิตศาสตร์** ที่สามารถกระตุ้นอารมณ์
ของเด็ก ทำให้สมองสนใจเรียนรู้มาก
กว่าการไม่กระตุ้นอารมณ์เลย การสอน
เนื้อหาล้วนๆ ทำให้สมองทำงานแย่ง
เสมอ



**2. ความพร้อมและการทำงานของ
อารมณ์ที่เร็วกว่าเหตุผล** เป็นสิ่งที่
ทำให้สมองสนใจเรียนรู้คณิตศาสตร์
แม้ว่าจะมีเรื่องราว ขั้นตอนยุ่งยากที่จะ
ต้องคิดคำนวณ แต่ถ้าเริ่มจากมีแรงจูงใจ
(motivation) แล้ว เด็กจะยอมรับการ
เรียนเนื้อหาที่ยากต่อไปได้



**3. ข้อมูล เนื้อหา และกระบวนการที่
ช่วยกระตุ้นอารมณ์ ต้องมีลักษณะเด่น**
คือ มีสีสัน สามมิติ สนุก ทำท่าย
แปลกเข้าใจไม่ยาก และตลก เป็นต้น
ครูควรคิดค้นหาวิธีสอนที่จะทำให้เนื้อหา
ธรรมดาๆ นั้น มีแง่มุมที่น่าสนใจขึ้นมา
ให้ได้





โดปามีน (Dopamine) มีบทบาทเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของผิวสมองส่วนหน้าที่มีต่อสถานการณ์ที่มีสิ่งกระตุ้นแปลกใหม่ ทำให้เกิดความรู้สึกถึงรางวัลและแรงจูงใจ ช่วยทำให้การเรียนรู้ทักษะหรือการปรับพฤติกรรมการแสดงออกเป็นไปได้อย่างขึ้น

เทคนิคการสอนที่จะสอนคณิตศาสตร์สมองเด็กประถมมีดังนี้

1. ครูผู้สอนต้องค้นหาให้พบว่า ในแต่ละเนื้อหา แต่ละแนวคิด (concept) ที่จะสอนนั้น จะจูงใจ กระตุ้นให้เด็กตื่นเต้น ประหลาดใจ สนใจ หรือสนุกที่จะเรียนรู้ได้อย่างไร

อารมณ์ที่ถูกกระตุ้น คือการเปลี่ยนแปลงในสมอง เนื่องจากเมื่อมีสิ่งใหม่ มีการรับรู้ใหม่ สมองจะพยายาม (คิด) จัดกลุ่ม เชื่อมโยงกับความรู้เดิม สมองมีการคาดหมายผลบางอย่างต่อจากสิ่งที่สมองคิดได้ การทำงานในวงจรเช่นนี้ของสมอง มีสารตัวหนึ่งชื่อ โดปามีน ทำหน้าที่ช่วยปรับแต่ง (modulate) และก่อรูปวงจรที่ถูกต้อง (ตามคาดหมาย) ขึ้นมา

สมองในภาวะเช่นนี้ จะสะท้อนออกมาทางพฤติกรรม ในรูปของความกระตือรือร้น สนใจมุ่งมั่น มีสมาธิ นึกอยากลองดู รู้สึกท้าทาย กล่าวได้ว่า อิทธิพลของโดปามีนทำให้สมองปรับเปลี่ยนพฤติกรรมต่อสิ่งเร้า สร้างวงจรความรู้ใหม่แทนวงจรความรู้เดิม โดยทั่วไปแล้วเป็นเรื่องง่ายกว่าที่สมองจะใช้วงจรเดิม อยู่กับสิ่งที่เคยชินมากกว่าจะยอมเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม แต่เพราะทุกวันครูสอนเรื่องใหม่ ให้ทำสิ่งใหม่ๆ ถ้าสมองไม่นึกอยากลองเรียนรู้และทำสิ่งใหม่เลย สมองก็ก้าวหน้าไม่ได้

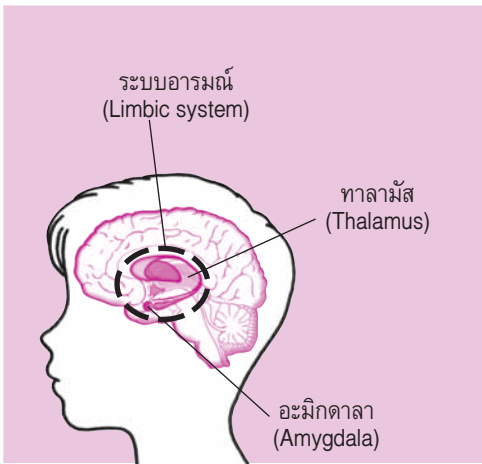


การที่เด็กขาดสมาธิในการเรียนรู้ อาจไม่ใช่เพราะเด็กไม่สนใจเรียน แต่อาจเกิดจากภาวะที่สมองมีโดปามีนน้อย

2. การปฏิเสธการเรียนรู้ ความเบื่อหน่ายน่าจะมีสาเหตุมาจากสิ่งที่เรารู้มัน ไม่สามารถกระตุ้นอารมณ์ของเด็กได้

ต้องหาดูว่า มีทางใดที่จะนำเสนอสิ่งนั้นให้สมองเห็นว่ามันน่าสนใจ มันน่าจะเกี่ยวข้องกับอะไรที่สมองเคยรู้มา มันน่าท้าทาย น่าลอง และอาจจะเป็นประโยชน์ต่อสมอง ถ้าสิ่งที่นำเสนอ “โดนใจ” ของสมองในลักษณะนี้ ก็เท่ากับสมองเริ่มหลั่งโดปามีน และ “เปิด” พร้อมรับการเรียนรู้ใหม่ๆ

คุณครูบางคนคิดว่า ความรู้ที่ฉันสอนนี้เป็นสิ่งที่นักเรียนต้องเรียน ไม่ว่าจะชอบหรือไม่ชอบ ดังนั้นจึงเอาแต่สอน สอน และสอน ไม่สนใจว่าเด็กรู้สึกอย่างไร คิดว่าเหตุผลจะเอาชนะเด็กได้ แต่อารมณ์ของเด็กกลับมีอิทธิพลเหนือกว่า เมื่อเด็กไม่สนใจเรียนเรื่องใดก็รู้สึกว่าเรื่องนั้นยาก ในที่สุดก็จะล้มเหลว ภาวะเช่นนี้คือ ภาวะที่สมองมีโดปามีนน้อย ทำให้เด็กรวบจุดสนใจ (focus) ไม่ได้ และขาดสมาธิในการเรียนรู้



ทำไมอารมณ์ของพุริเยน จึงขับเคลื่อนการเรียนรู้ได้?

การเรียนรู้ทุกอย่างที่สมองทำลงไป ต้องอาศัยการทำงาน
ของวงจรอารมณ์ ที่ตั้งอยู่ในระบบลิมบิก (limbic system)
ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญคือ อะมิกดาลา (amygdala)
ทาลามัส (thalamus) และอื่นๆ

ประสบการณ์ทุกอย่างที่เราเรียนรู้ นั่น สมองของเรา
รับเข้าไปแล้วต้องผ่านเข้าสู่ทาลามัสก่อน ทาลามัสเป็น
จุดชุมสัญญาณข้อมูลต่างๆ ที่เข้ามาสู่การรับรู้ของสมอง ถ้าข้อมูล
ซ้ำซาก หรือไม่เข้มข้นพอ ทาลามัสจะถูกเบี่ยงเบนไปสนใจ
อย่างอื่น ทำให้ข้อมูลเดิมที่เราเรียนรู้อยู่นั้นสัญญาณอ่อนลง สมอง
จะหันไปรับข้อมูลอื่นที่น่าสนใจกว่าแทน เช่น หูฟังครูพูดอยู่
แต่หันไปสนใจวาทะที่กำลังลอยอยู่บนท้องฟ้า



อะมิกดาลา (amygdala) เป็นกลุ่มเซลล์ในสมอง ที่ทำการประมวลผลข้อมูลที่เป็นความรู้สึก โดยเฉพาะความรู้สึกในทางลบ เช่น ความกลัว ความไม่ชอบ การปฏิเสธ ความเข้าใจ จากความรู้ทางประสาทวิทยาศาสตร์ (ปัจจุบัน) อธิบายว่า ภาวะที่มีความสุขมีแรงจูงใจสูง จะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่ออะมิกดาลาไม่ทำงานในด้านลบ คำอธิบายเช่นนี้ชี้ว่า หากเด็กเกิดความกลัว เกิดอารมณ์ที่หวั่นใจ ความสนใจ/ความกระตือรือร้น จะไม่เกิดขึ้น

เด็กมักจะบอกว่า ชอบวิชานั้น เพราะครูใจดี สอนสนุก ไม่ชอบวิชานี้ เพราะครูดุ เนื้อหายาก คำพูดของเด็กเช่นนี้ บ่งบอกว่า บริบทการจัดการเรียนรู้แบบใด ก่อให้เกิด ภาวะการเรียนรู้ (learning) ในสมองของเด็กแบบไหน ข้อสรุปที่แน่นอนก็คือ อารมณ์ของนักเรียนเป็นปัจจัยสำคัญ สำหรับการเรียนรู้



สอนคณิตศาสตร์ สมองเด็กโต-วัยรุ่น



พอย่างเข้าสู่วัยรุ่น สมองส่วนหน้าของเด็กคือ
ส่วนที่ใช้เหตุผล คิด และพยายามแก้ปัญหาต่างๆ ใช้การได้ดีมาก
ขึ้นกว่าวัยประถม การพัฒนาดีขึ้นของสมองส่วนหน้า ทำให้
การคิดและการแก้ปัญหาต่างๆ ทำได้ง่ายขึ้นกว่าเดิม

เมื่อตอนอยู่ชั้นประถม ถ้าจะต้องให้เปรียบเทียบจำนวน

13	105	1,505
4,508	90,087	100,054

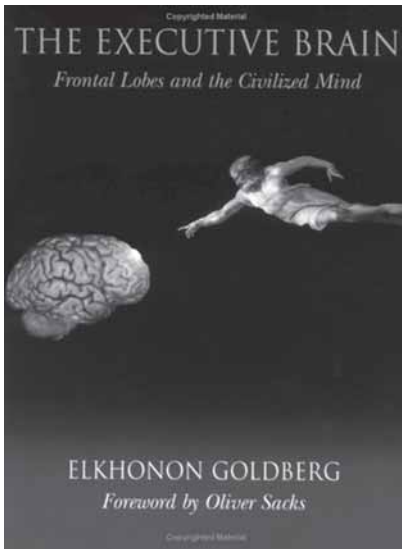
เท่านี้เด็กก็รู้สึกลำบากมาก ต้องคอยดูว่า ไหนหลักหน่วย
ไหนหลักสิบ ไหนหลักร้อย แต่สมองวัยรุ่นมองปราดเดียวก็บอกได้ว่า
จำนวนไหนมากกว่ากันตามลำดับ



คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่ต้องใช้ความคิดมาก และต้องมีระเบียบวิธีการใช้ความคิด คือ **การใช้ความจำระยะที่คิด (working memory) ให้เป็น** จึงเป็นสิ่งสำคัญ การใช้ความจำระยะคิดนี้เป็นการทำงานของสมองส่วนหน้า

นักประสาทวิทยาศาสตร์พบว่า ในสมองวัยรุ่นนั้น การรวบรวมระดมข้อมูลจากส่วนต่างๆ ของสมองมาให้สมองส่วนหน้าใช้ (คิด) ถึงแม้จะดีขึ้นกว่าวัยอนุบาลและวัยเด็ก แต่ก็ยังไม่มีประสิทธิภาพดีเท่ากับผู้ใหญ่

ปัญหาคือ วัยรุ่นมีความผันผวนทางอารมณ์มากกว่าวัยอื่น ถ้าอยู่ในภาวะเครียด ความสามารถของสมองส่วนหน้าก็ยิ่งลดลงไป ฮอร์โมนคอร์ติซอล (cortisol) ที่หลั่งออกมามากเกินไปเพื่อรับมือกับความเครียดนั้น บางครั้งกลับลดความสามารถของการใช้ความคิด (working memory) ที่จะทำงานประมวลผลข้อมูลต่างๆ ลงไปอีก จึงไม่แปลกที่จะพบว่า วัยรุ่นอาจเลิกทำอะไรไปเฉยๆ ถ้าเขารู้สึกหมดกำลังใจขึ้นมา



สิ่งสำคัญสำหรับสมองวัยรุ่น คือ สมองต้องการและสนใจสิ่งใหม่ๆ (novelty) เป็นพิเศษ ที่จริงแล้ว เด็กอนุบาลก็ชอบสิ่งแปลกใหม่เหมือนกัน แต่ความสามารถในการรับรู้ยังมีน้อย ดังนั้น ก็มีข้อจำกัดที่จะรับรู้ความแปลกใหม่ที่ซับซ้อน ต่างจากเด็กวัยรุ่นที่สมองมีสมรรถนะมากพอจะรับรู้สิ่งแปลกใหม่ ที่มีความซับซ้อนของคณิตศาสตร์ได้ดีกว่า วัยรุ่นจัดว่าเป็นวัยแห่งแพชชั่น เพราะสิ่งที่

เรียกว่า “แพชชั่น” เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

ในหนังสือเรื่อง Executive Brain : Frontal Lobes and the Civilized Mind นั้น เอลโคนอน โกลด์เบิร์ก (Elkhonon Goldberg) ผู้เขียนเสนอว่า สมองคนเรานั้นมีอยู่ 2 ซีก คือ ซีกซ้ายและขวา ซึ่งมีลักษณะงานที่ทำในบางด้านต่างกัน ในขณะที่สมองลองและสนใจเรียนรู้สิ่งใหม่นี้ สมองซีกขวาจะถูกกระตุ้นเป็นพิเศษ

สมมุติว่าครูต้องการกระตุ้นให้สมองสนใจเรื่องอนุกรมฟีโบนัคซี (Fibonacci numbers) แทนที่ครูจะใช้วิธีบรรยาย ครูอาจใช้ดอกทานตะวัน หรือสับปะรดเป็นสื่อการสอน ความมหัศจรรย์ในธรรมชาติจะทำให้สมองซีกขวาถูกกระตุ้นเป็นพิเศษให้รับรู้สนใจ เกิดความรู้สึก การประมวลผลข้อมูลเบื้องต้นเกิดขึ้นในสมองซีกนี้ก่อน และเมื่อสนใจแล้ว เด็กก็จะพยายามทำความเข้าใจรายละเอียด ลงมือทำกิจกรรมและแบบฝึกหัดภายหลัง คราวนี้ การเรียนรู้เป็นภาระของสมองซีกซ้าย

อนุกรมฟีโบนัชชี (Fibonacci sequences)

ตัวเลขฟีโบนัชชี เป็นดังนี้

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13...

วิธีการของอนุกรมนี้คือ :

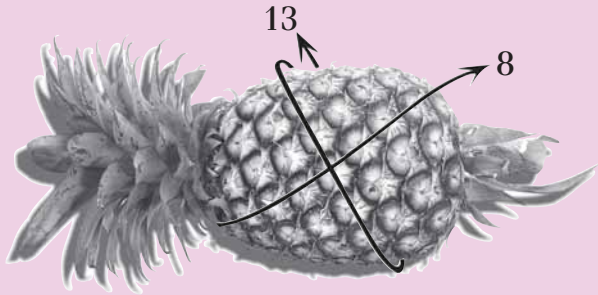
ตัวเลข 2 ตัวนี้ เป็นตัวเริ่มอนุกรม



บวกตัวเลข 2 ตัวแรก ($1+1=2$)



บวกตัวเลข 2 ตัวต่อไป ($1+2=3$)



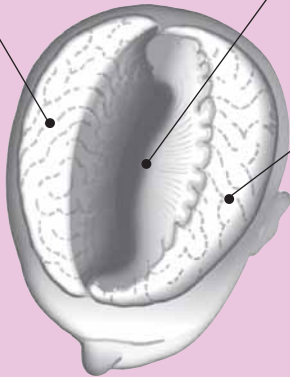
- ลองนับตาสับประตูดูซิ
- ตามบนผิวสับประตุดูเรียงกันเป็นแถวเฉียงซ้ายและขวา
- ถ้านับตาสับประตุดูจากโคนไปยอดในแต่ละแถว

จะได้ตัวเลขในอนุกรมฟีโบนัชชี

(จะต้องหมุนผลสับประตุดูให้เห็นแถวทั้งหมด จึงต้องนับสับประตุดูจริงๆ เพราะในภาพไม่สามารถหมุนสับประตุดูได้)

สมองซีกขวา สร้างการรับรู้จากภาพที่มองเห็น วิเคราะห์โครงสร้าง รูปทรง และมีมิติต่างๆ สร้างทักษะทางด้านศิลปะ เกี่ยวข้องกับอารมณ์ความรู้สึกมากกว่าการใช้เหตุผล ใช้ในเรื่องสัญชาตญาณหรือใช้ในการหยั่งรู้มากกว่าจะใช้ในการคิดคำนวณ

เมื่อเปิดผิวสมองที่คลุมอยู่ออก จะเห็น **คอร์ปัสแคลโลซัม** อยู่ลึกลงไป คอร์ปัสแคลโลซัมเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างสมอง 2 ซีก



สมองซีกซ้าย มีแนวโน้มใช้ในการคิดคำนวณและวิเคราะห์เหตุผล เชื่อมโยงความหมายทางภาษา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้คำพูดหรือสร้างภาษา เป็นเรื่องของสมองซีกซ้าย

หลังจากสมองซีกขวาถูกกระตุ้นแล้ว ต่อมาก็จะเริ่มคืนชิน ความตื่นเต้นลดลง การถูกกระตุ้นของสมองซีกขวาเริ่มลดลง แต่สมองซีกซ้ายนั้นยังคงทำงานที่สม่ำเสมอ ดังนั้น รายละเอียดของข้อมูลก็จะเริ่มถูกประมวลผลที่สมองซีกซ้าย นั่นคือ สมองเริ่มทำการคิด คำนวณ จัดระบบ จำแนกข้อมูลต่างๆ จนสำเร็จ ถึงแม้งานนั้นจะยากก็ตาม

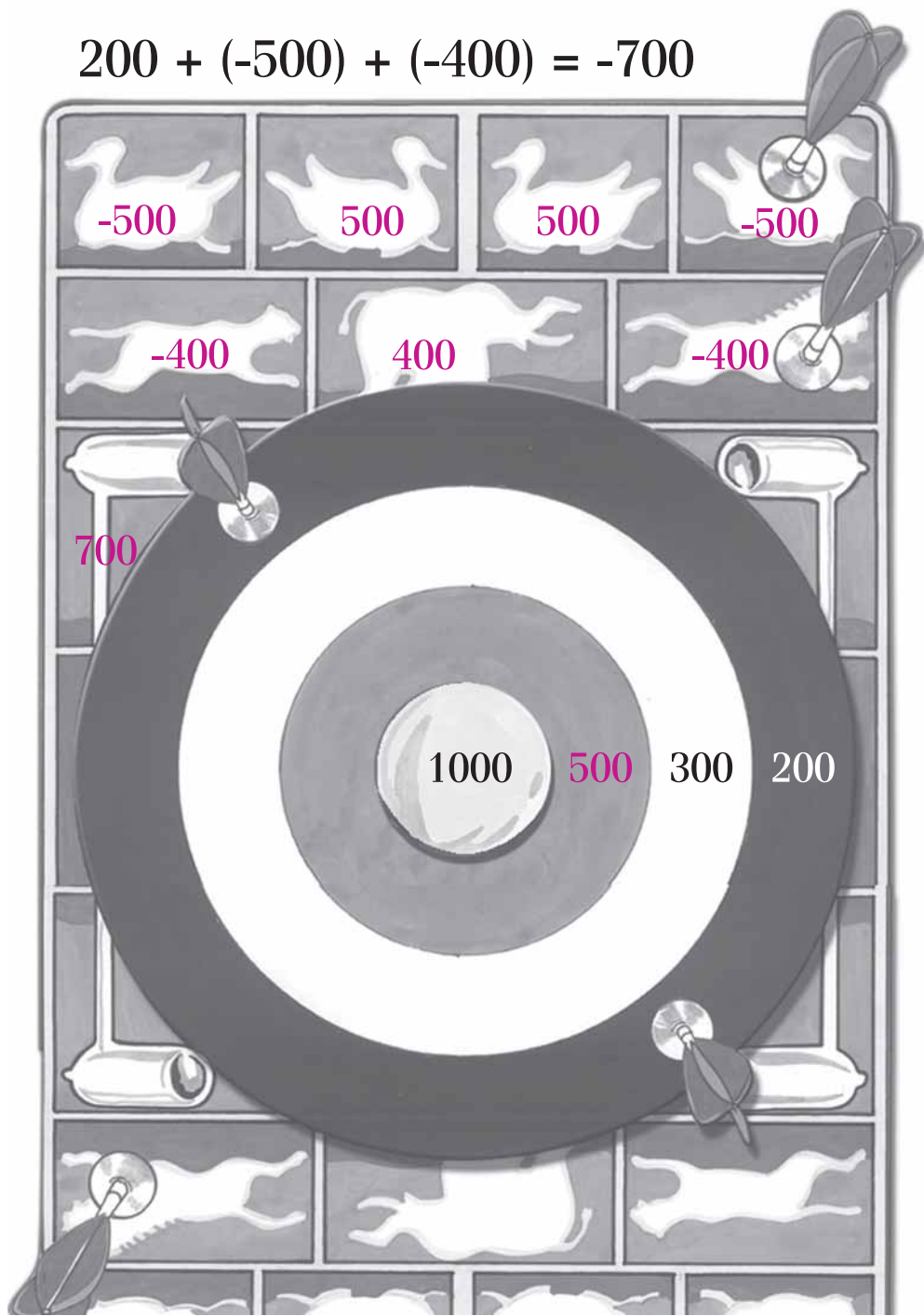


คุณครูผู้สอนคณิตศาสตร์ ต้องคิดมากขึ้นว่าจะนำเสนอข้อมูลต่อสมองด้วยกลยุทธ์แบบไหน วิธีการแบบใดจึงจะตรงสมองไว้กับการเรียนรู้เนื้อหาความรู้ใหม่ๆ ได้

ยิ่งเป็นการสอนคณิตศาสตร์เด็กวัยรุ่นแล้วยิ่งจำเป็นต้องคิดหาวิธีการ ที่จะนำวัยรุ่นเข้าสู่เนื้อหายากๆ ของวิชาคณิตศาสตร์ที่เริ่มซับซ้อนขึ้น เพื่อที่จะไม่ให้สมองวัยรุ่นเกิดปฏิเสธเสียก่อน

ยุทธศาสตร์การสอนคณิตศาสตร์

$$200 + (-500) + (-400) = -700$$



» นำเสนอให้สมองจับต้อง หรือมองเห็น
โมเดล (models) ก่อนที่จะไปสู่การสร้าง
ความเข้าใจในเนื้อหา วิธีคำนวณสูตร หรือ
ทฤษฎี ให้สมองได้สัมผัสกระบวนการ
รูปธรรมของสิ่งนั้น ก่อนที่จะสอนทฤษฎี
สิ่งที่ให้นำเสนอนั้นควรจะแปลกใหม่น่าสนใจ

» เนื้อหาและประเด็นคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ
ต้องมีภาพ หรือเหตุการณ์ที่มีอยู่จริงใน
โลกเป็นตัวอย่าง หรือไม่ก็ต้องแสดงให้ดู
โดยการจำลอง (simulation)
ไม่ควรสอนแต่ตัวทฤษฎีและวิธีคำนวณ

» ต้องใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ และสื่อต่างๆ
เพื่อสอนความรู้และความคิดรวบยอด (con-
cept) ใหม่ ๆ

» นำสื่อหรืออุปกรณ์ที่น่าอัศจรรย์ น่าพิศวง
หรือคิดไม่ถึง มาช่วยกระตุ้นให้เรียนรู้
เนื้อหาใหม่ได้ง่ายขึ้น

ภาพในหน้าซ้าย จำลองเกมปา
ลูกดอกเข้าเป้า แล้วนับคะแนน
ตำแหน่งต่าง ๆ บนเป้าจะกำหนด
ตัวเลขไว้ นักเรียนย่อมเข้าใจว่า
หากแข่งขันปาเป้ากันในเกมนี้นัก
จะแพ้หรือชนะ จะต้องปาให้โดน
เป้าที่มีคะแนนมาก หากปาผิดไป
นอกเป้า โดนตำแหน่งที่มีตัวเลข
ติดลบก็หมายความว่า ได้คะแนน
ลดลง และในที่สุดจะเข้าใจวิธี
คำนวณเลขที่เป็นลบเพื่อนับรวม
คะแนนทั้งหมด เพราะมองเห็น
การนำเลขจำนวนลบมาใช้อย่าง
เป็นรูปธรรม





ในภาพนี้คือ การแข่งขันบนจอคอมพิวเตอร์ ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เด็กทั่วโลกจะลงทะเบียนมาลองฝีมือแข่งขันคิดเลขในโปรแกรม **World Math Day** กติกาคือ จะเล่นเมื่อไหร่ก็ได้ เลิกเมื่อไหร่ก็ได้ เด็กทั่วโลกเข้ามาร่วมแข่งได้ เด็กๆ ตื่นเต้นมากที่ปรากฏชื่อคู่แข่งของตัวเอง ในขณะที่เล่น ใช้เวลาช่วงสั้นๆ ก็รู้ผลคะแนน



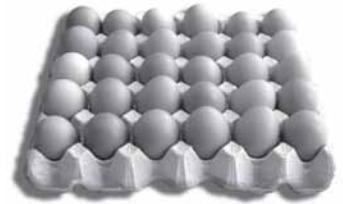
บางครั้งเด็กพบคู่แข่งที่ไม่เก่งเท่าไร เขาก็มีสิทธิชนะ ถ้าเผชิญเจอคู่แข่งยอดฝีมือเด็กก็แพ้ เด็กตื่นเต้นที่จะเล่นเกมนี้ แม้นอกห้องเรียนก็ยังหาเวลามาเล่นเสมอ

เด็กวัยรุ่นเติบโตขึ้นมาในโลกที่เต็มไปด้วยสื่อที่ท่วมท้นก็คือ ภาพ และภาพเคลื่อนไหว ซึ่งผ่านมาทาง โทรทัศน์ ภาพยนตร์ หรือแม้แต่โทรศัพท์มือถือ ความคุ้นเคยนี้ทำให้เด็กรับรู้โดยภาพได้ดีเป็นพิเศษ จึงมี **นักเรียนที่ถนัดที่จะเรียนรู้ด้วยภาพ (visual learner)** มากขึ้นในปัจจุบัน ห้องเรียนคณิตศาสตร์จึงต้องสนใจความจริงข้อนี้ และหันมาใช้สื่อ อุปกรณ์ และใช้กระบวนการสื่อด้วยภาพ รวมทั้งจำเป็นต้องมีวิธีการนำเสนอให้น่าสนใจขึ้น หลักการสำคัญที่ทำให้วิธีการนำเสนอด้วยภาพ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ ได้แสดงไว้ในหน้าต่อไปนี้

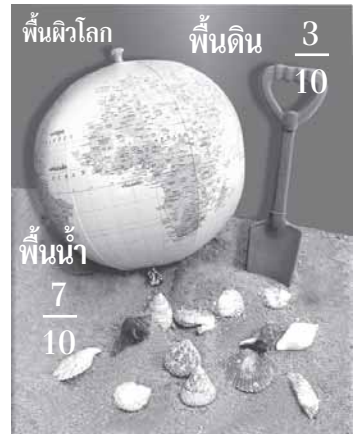
จาก Lab สมองสู่ห้องเรียน

- » **สมองมีพื้นที่รับภาพใหญ่กว่าพื้นที่รับเสียง** การสอนที่ใช้ภาพเข้าช่วย ทำให้สมองเรียนรู้เร็วขึ้น เพราะมีพื้นที่ในสมองที่จะช่วยประมวลผลข้อมูลมากขึ้น

$$5 \times 6 = 30$$



- » **หลักการทางคณิตศาสตร์สามารถทำให้เข้าใจง่ายขึ้นโดยใช้ภาพ** ทำให้สมองเข้าใจและจดจำได้ง่ายกว่า น่าสนใจกว่า มีแรงกระตุ้นให้เรียนรู้มากกว่า เพราะภาพประกอบการสอนคณิตศาสตร์เป็นข้อมูลที่ถูกจัดระบบแล้ว สื่อสารได้ทันทีโดยไม่ต้องใช้คำอธิบายมาก



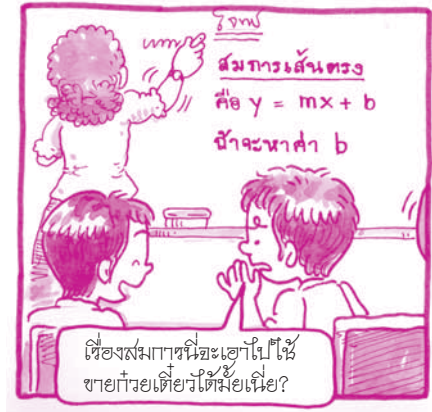
- » **การประมวลผลข้อมูลภาพ กระตุ้นวงจรความรู้สึกในสมอง** การเรียนรู้ด้วยภาพจึงได้เปรียบในการทำความเข้าใจเนื้อหาต่างๆ คือ กระตุ้นการทำงานของสมองซีกขวา สมองซีกขวาประมวลผลข้อมูลเร็วกว่าซีกซ้าย

- » **การใช้กราฟิก (graphics) เข้าช่วยในการสอน** ช่วยให้สมองสร้างความเข้าใจ (concept) ได้ง่ายขึ้น





สมองถามว่า “จะรู้ไปทำไม?”



เมื่อ คุณครูสอนสมการ ถ้าการเริ่มต้นเป็นแบบโบราณ
ครูจะสอนนักเรียนอย่างนี้ คือ

$$X + 10 = 15$$

เราสามารถหาค่า X ได้ โดยย้ายข้าง 10 ไปทางขวาของ
สมการ เปลี่ยนเครื่องหมาย + เป็น -

ดังนั้น $X = 15 - 10$

$$X = 15$$

สิ่งที่จะผุดขึ้นมาในสมองของเด็กก็คือ

- เราจะเจอโจทย์แบบนี้ที่ไหนในโลก นอกจากในหนังสือ
เลขเล่มที่เรียนอยู่เนี่ย?
- X คืออะไร? ถ้าครูบอกว่า X คือตัวที่ไม่ทราบค่าแล้วตัว
ที่ไม่ทราบค่านี้ล่ะ มาจากไหน? ใครเป็นคนตั้งมันขึ้นมา?



การที่นักเรียนถามคำถามแบบนี้ เป็นเพราะว่า ครูสอน
คณิตศาสตร์โดยเน้นทฤษฎี และวิธีคำนวณ ครูไม่สามารถ
เชื่อมโยงให้สมการมีบริบทอยู่ในชีวิตจริงของนักเรียนได้

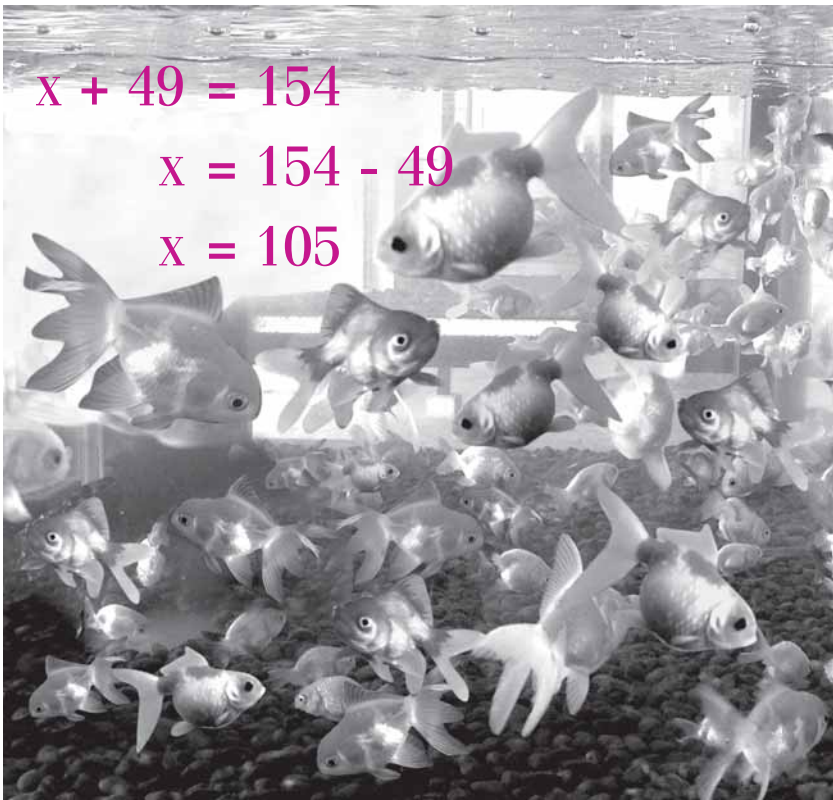
มีคุณครูหลายคนมีวิธีการอันแยบยล ใช้วิธีการสอนใน
แบบที่ต่างออกไป

ครูมีตุ๊กตาทมียูกี่ตัวไม่บอก

แต่แแก้มมีตุ๊กตาทมิ 10 ตัว

ตุ๊กตาทมิของครูกับตุ๊กตาทมิของแแก้มรวมกันได้ 15 ตัว

นักเรียน ป.3 ขึ้นไปน่าจะตอบได้ทุกคนว่า ตุ๊กตาทมิของ
ครูต้องมี 5 ตัว แน่แน่นอน



เมื่อครู่ค่อยๆ เพิ่มจำนวนขึ้น เช่น

มินต์มีปลาทองกี่ตัวไม่บอก

แต่ไมโลมีปลาทอง 49 ตัว

ปลาทองของมินต์กับของไมโลรวมกันได้ 154 ตัว

สรุปแล้ว มินต์มีปลาทองกี่ตัว?

สมมุติปลาทองของมินต์เป็น x ตัว

นักเรียนแย้งว่า “ทำไมต้อง x เป็น y เป็น A หรือ B ไม่ได้เหรอ?”

ครูตอบว่า “ได้”

ครูเขียนลงไปบนกระดานใหม่ว่า :

มินต์มีปลาทอง A ตัว

ไมโลมีปลาทอง 49 ตัว

$$A + 49 = 154$$

$$A = 154 - 49$$

$$A = 105$$

ตอบว่า มินต์มีปลาทอง 105 ตัว

คราวนี้สมการก็เข้ามามีที่ยืนในชีวิตจริงของนักเรียน นักเรียนไม่ถูก X ครอบงำจนเกิดความหวาดกลัว และมุ่งงุน นักเรียนรู้แล้วว่า ตัวไม่ทราบค่าอาจสมมุติเป็นตัวอักษรอะไรไว้ก่อนก็ได้

การที่สมองค้นหาความหมายของสิ่งที่เรารู้พบ ทำให้สมองพอใจ เพราะธรรมชาติของสมองคือ ค้นหาความหมายของสิ่งที่เรารู้อยู่เสมอ (The brain searches for meaning)

น้องไอค์มีเหรียญทั้งหมด 5 เหรียญ
มือหนึ่งกำเหรียญไว้ ถ้ามือที่แบมีเหรียญ
2 เหรียญ อีกคนต้องตอบให้ได้ว่า
ในมือของน้องไอค์ที่กำไว้ มีเหรียญอยู่
เท่าไร?



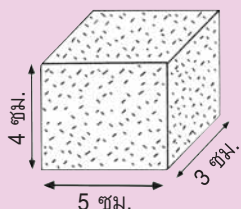
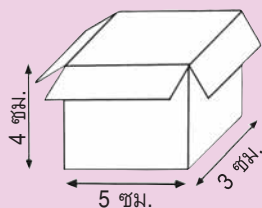
ทำอย่างไรจึงจะสอนคณิตศาสตร์โดยให้สมองมองเห็น
รับรู้ถึงความหมาย (meaning) ของสิ่งที่กำลังเรียนรู้



$$2\frac{3}{4} + 1\frac{1}{2} = 4\frac{1}{4}$$

1. คำพูด คำศัพท์คณิตศาสตร์ เช่น สมการ อสมการ
เศษส่วน จำนวนคละ เป็นคำนามธรรม
สมองไม่รับรู้มาก่อน ควรให้สมองได้รับประสบการณ์
เกิดความเข้าใจอย่างเป็นรูปธรรม ใกล้เคียงกับชีวิตจริง
ก่อนที่จะนำเสนอศัพท์ใหม่ทางคณิตศาสตร์

2. คำนิยาม เป็นข้อสรุปของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง สมองเข้าใจ
และสนใจความหมายของคำนิยาม เมื่อได้สัมผัส
รับรู้เรื่องราวเหตุการณ์รูปธรรมต่างๆ ของสิ่งนั้นก่อน
คำนิยามมีไว้เพื่ออธิบายสรุปสิ่งรูปธรรม ตัวอย่าง
การสอนเรื่องความจุและปริมาตรที่แสดงไว้ข้างล่างนี้
มีภาพสื่อความเข้าใจเรื่องปริมาตรถึง 2 ภาพ คือ
ภาพบนทำให้เข้าใจคำว่า “ความจุ” ส่วนภาพล่าง
เป็นการจำลองสิ่งที่เรียกว่า “ความจุ” ออกมาเป็นภาพ
เพื่อให้เข้าใจคำนิยามและวิธีการคำนวณได้ง่ายขึ้น



ความจุ คือ ปริมาตรของที่ว่างภายใน
สูตรการคำนวณ คือ :

$$\text{ปริมาตร} = \text{กว้าง} \times \text{ยาว} \times \text{สูง}$$

$$\text{ปริมาตรของกล่องใบนี้} = 5 \times 3 \times 4$$

$$\text{ดังนั้น กล่องมีปริมาตร} = 60 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

นิสัยในการรับประทานอาหาร

0.58 ของประชากรที่ถูกสำรวจ
รับประทานอาหารเข้าทุกวัน

$\frac{26}{100}$ ของประชากรที่สำรวจ
ไม่เคยรับประทานอาหารเข้าเลย

16% ของประชากรที่สำรวจ
รับประทานอาหารเข้าเป็นบางครั้ง



3. ตัวอย่าง (example) โมเดล (model) คือแบบจำลอง ภาพจำลอง ที่ทำขึ้นเพื่อให้เข้าใจง่าย) เรื่องราว (story) ที่ยกขึ้นมาเชื่อมโยงให้สมองมองเห็นความหมาย ต้องเป็นเรื่องที่สมองรู้จักคุ้นเคยอยู่ก่อนบ้างหรือใกล้เคียงกับบริบทชีวิตจริงเพื่อเปิดโอกาส ให้สมองนำวงจรการเรียนรู้และความทรงจำ (memory)เก่าที่มีอยู่แล้ว มาเชื่อมกับวงจรที่รับเข้ามาใหม่ และมีเนื้อหาใหม่ได้ง่ายขึ้น

4. อย่าอัดเยียดเนื้อหาลงไปในสมองเด็ก
การไม่สนใจสร้างความหมายของการเรียนรู้สิ่งนั้น
จะลดประสิทธิภาพการเรียนรู้ ลดสมาธิ ลดแรงจูงใจ
ของสมองลงไป

เมื่อนักเรียนเรียนขั้นสูงขึ้นไป เช่น ชั้นมัธยมศึกษา คุณครูมักพูดว่า นักเรียนโตแล้ว จะมัวมาหาตัวอย่างจากชีวิตจริง หรือหาความหมายอยู่ได้อย่างไร ต้องเรียนตัวทฤษฎี และวิธีคำนวณเลย

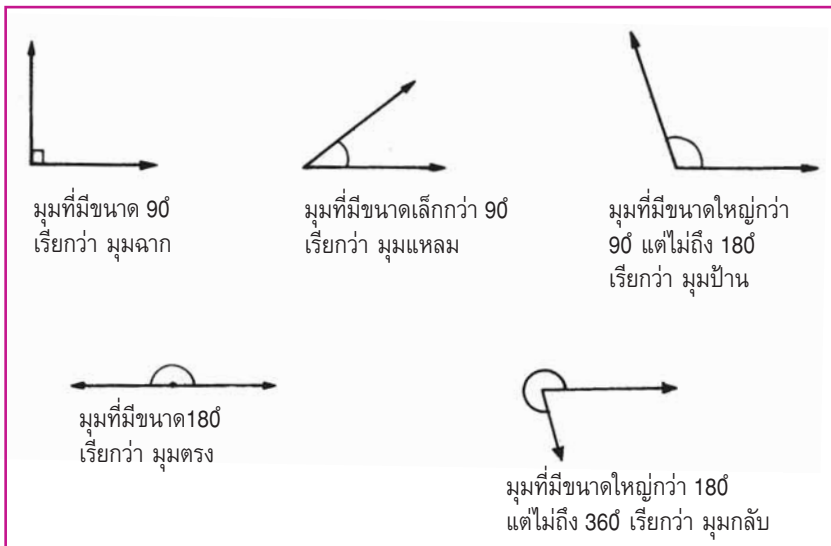
เรื่องนี้จริงไหม? คำตอบคือ : ไม่จริง

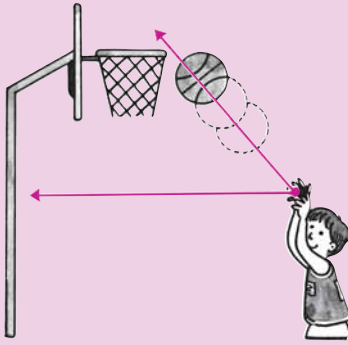
การทำให้สมองวัยรุ่นมองเห็นความหมายของสิ่งที่เรียนอยู่มีหลายวิธี วิธีที่ดีที่สุดคือ นักเรียนต้องได้สัมผัสของจริง โมเดล (model) หรือภาพเคลื่อนไหว (animation) ที่จำลองสถานการณ์สำคัญ ซึ่งคณิตศาสตร์ถูกนำไปใช้

ตัวอย่างการสอนเรื่องมุมแบบข้างล่างนี้ ทำให้เรื่องมุมไม่ค่อยน่าสนใจ ควรเริ่มการสอนมุมดังตัวอย่างในหน้าขวามือ

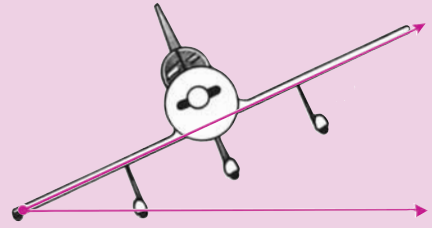
ส่วนการสอนเนื้อหาของเรื่องมุมดังภาพข้างล่างนี้ ต้องตามมาทีหลัง

ชนิดของมุม



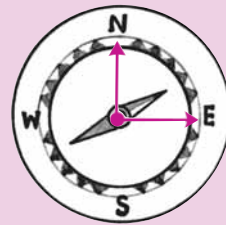


ต้องยิงลูกบาสเป็นมุมเงยเท่าไรๆ จึงจะชู้ตลง



ปีกเครื่องบินทำมุมเอียงเท่าไรกับแนวราบ

เชื่อมทิศทำมุมเท่าไรกับทิศเหนือ
และทำมุมเท่าไรกับทิศตะวันออก



ในภาพบนนี้ เด็กสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้เรื่อง **มุม (angle)** ซึ่งเป็นคำใหม่ เป็นเนื้อหาใหม่ เข้ากับประสบการณ์เดิมที่ตัวเองเคยมีมาก่อนว่า มุมก็คือเรื่องราวที่มีอยู่ในชีวิตประจำวัน และการรู้จัก “มุม” จะช่วยให้เราสังเกตมากขึ้น คิดละเอียดขึ้น วางแผนแก้ปัญหาต่างๆ ได้ดีขึ้น การสอนแบบนี้ทำให้สมองสามารถเชื่อมโยงโมเดล (model) ที่เรียนรู้ใหม่เข้ากับสิ่งที่มีอยู่จริง ซึ่งสมองเก็บภาพไว้แล้ว จากชีวิตประจำวัน โดยธรรมชาติแล้ว สมองจะเรียนรู้ได้ดีเมื่อสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่ (วงจรใหม่) เข้ากับความรู้เดิมหรือวงจรเดิม (neural circuit) ที่มีอยู่แล้วในสมอง (The brain learns by connecting with prior learning.)



สมองต้องสรุป ความรู้เป็น

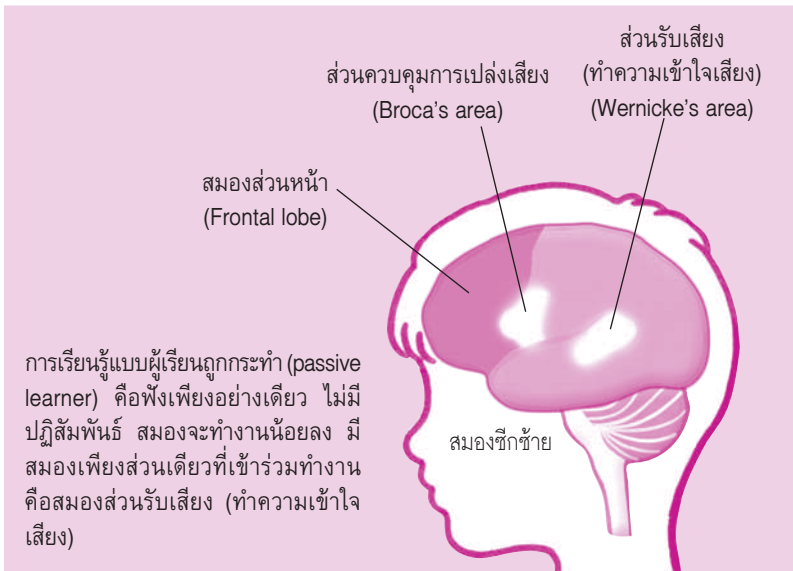


ธรรมชาติ การเรียนรู้ของสมองนั้น ไม่ว่าจะเรียนรู้สิ่งใดเข้าไป สมองก็จะสร้างวงจรข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องนั้นเก็บเอาไว้ในสมองของตัวเอง แต่คนเราเรียนรู้ได้ไม่เหมือนกัน และไม่เท่ากัน เช่น คน 2 คน ดูนกตัวเดียวกัน คนหนึ่งบอกได้ว่านกตัวนั้นลำตัวเป็นอย่างไร หาง ปาก ตา ทำท่าทาง เป็นอย่างไร อีกคนหนึ่งบอกได้เพียงแต่ว่า นกมีสีดำ เท่านั้นเอง

ปัญหาการเรียนรู้ได้ไม่เท่ากันนี้ บางคนบอกว่า เพราะสติปัญญาของคนเราไม่เท่ากัน แต่อันที่จริงแล้ว **สติปัญญานั้นเป็นผลไม่ใช่เหตุ**

สาเหตุสำคัญที่บางคนเรียนรู้ได้น้อยกว่า อาจมาจาก **ความสนใจ (attention) แรงจูงใจ (motivation) การจดจ่อ (focus)** ที่ไม่เท่ากัน นอกจากนี้ยังอาจได้รับการฝึกฝนให้สังเกต ให้มีวิธิดู วิธีคิด วิธีบันทึกมาน้อยเกินไป เรียกว่า **มีวิธีการเรียนรู้ (how to learn) ที่ไม่มีประสิทธิภาพ**





สิ่งที่ควรรู้ก็คือ เวลาที่เราฟังอะไร เราเป็นผู้รับข้อมูล เราฟังไปเรื่อย ๆ พอจะเข้าใจได้ว่า คนพูดพูดอะไร แต่เราก็มองว่าเรา “เข้าใจ” ทุกอย่างที่ผู้พูดบอกเราหรือเปล่า

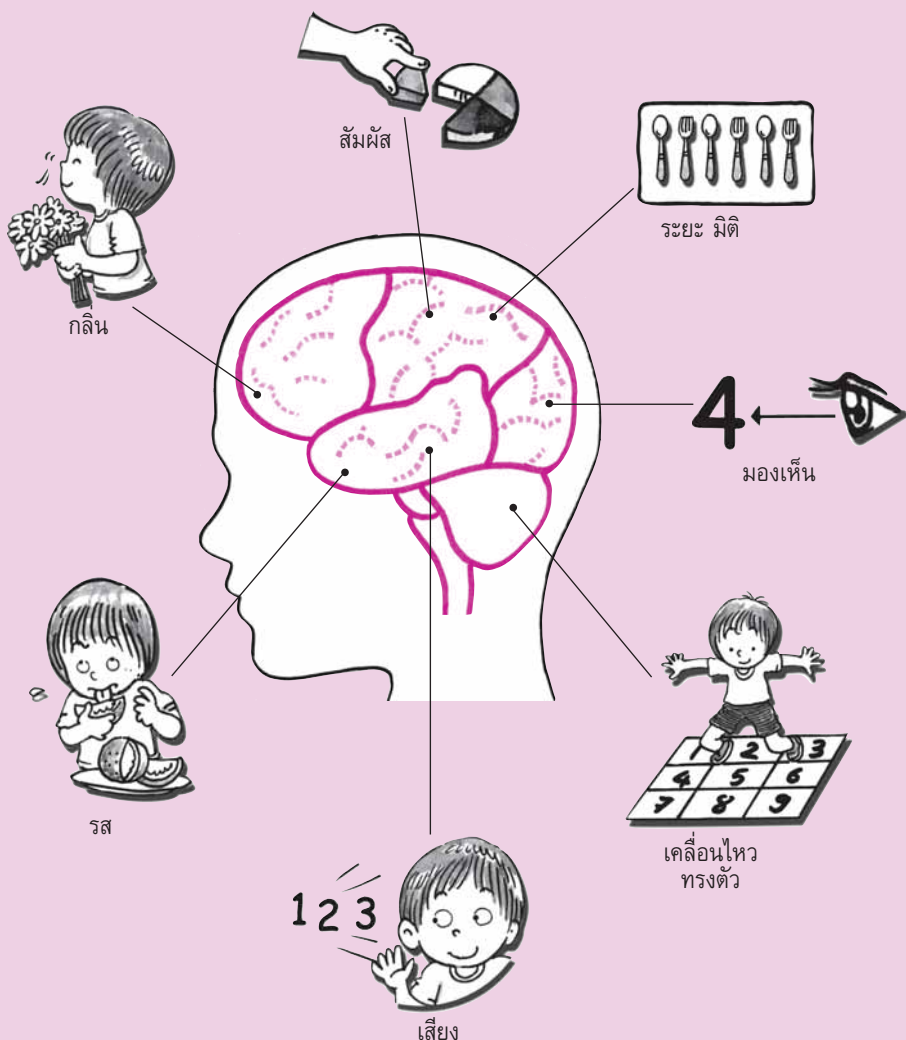
การรับ “สารสนเทศ” แบบนี้เป็นการเรียนรู้ ที่ผู้เรียนถูกกระทำ (passive learner) สมองจะทำงานน้อยลง เมื่อฟังเพียงอย่างเดียว และไม่รู้ว่าจะต้องเอาสิ่งที่ฟังนี้ไปทำอะไร คือไม่ได้เข้าร่วมปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกับการรับข้อมูลนั้นเลย มีสมองส่วนเดียวที่เข้าร่วมทำงานจริง ๆ ก็คือ สมองส่วนรับเสียง



ขณะที่เด็กกระโดดไปบนเส้นจำนวน ทั้งเดินหน้า และถอยหลัง ตามคำสั่งนั้น ประสบการณ์นี้อาศัยการทำงานของสมองหลายส่วนพร้อมกัน ทั้งส่วนรับภาพ รับเสียง รับสัมผัส รับรู้ระยะและมิติ

ถ้าผู้สอนเปลี่ยนกระบวนการสอนใหม่ โดยในระหว่างทำการสอนนั้น ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติทุกขั้นตอน เช่น ถ้าสอนเส้นจำนวน ก็ให้นักเรียนเริ่มจากช่วยกันแปะกระดาษสีแสดงเส้นจำนวน ให้นักเรียนกระโดดไปบนเส้นจำนวน ทั้งเดินหน้าและถอยหลังตามคำสั่ง ประสบการณ์นี้อาศัยการทำงานของสมอง ทั้งส่วนรับภาพ รับเสียง รับสัมผัส รับรู้ระยะและมิติ บางกิจกรรมนักเรียนอาจได้ขมิบส ได้ดมกลิ่น ได้จับต้องสัมผัส ฯลฯ การเรียนรู้แบบนี้เป็นการเรียนรู้แบบที่ผู้เรียนเป็นผู้กระทำ (active learner)

การเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ ใช้สมองหลายส่วนรับรู้ ผลการเรียนรู้ จะดีกว่าแบบไม่มีปฏิสัมพันธ์





ทั้งหมดที่กล่าวมา เท่ากับเด็กได้เข้าไปมีส่วนร่วมใน วิธีการเรียนรู้ (how to learn) จากประสบการณ์ตรงของตัวเอง วิธีการเรียนรู้ อาจเป็น การขมิบดู ดมดู วัสดุ เปรียบเทียบดู ลองใช้มือวาดดู ลองใช้เท้าเหยียบลงไป ลองกระโดดไปบนเส้นจำนวน ลองเทน้ำออก ลองเทน้ำเต็มลงไป ฯลฯ

แต่สำหรับนักเรียนในชั้นสูงขึ้นครูนิยมใช้วิธีบรรยาย สิ่งที่เรียนรู้ นั้นก็มีเนื้อหามากขึ้น ซับซ้อนขึ้น อาจมีมากจนผู้เรียนเองถึง หรือสรุปแน่ชัดไม่ได้ว่า ตัวเองรู้ะไรไปแล้วบ้าง

เมื่อครูกังวลกับเรื่องนี้ ครูก็จัดการสรุปให้ฟังเป็นข้อๆ ว่า สิ่งที่เธอรู้ (เรียน) แล้ววันนี้คือ หนึ่ง... สอง... สาม... แต่จริงไหมที่ว่า

- นักเรียนได้เรียน และรู้แล้วจริงๆ
- นักเรียนบางคนอาจไม่ได้สัมผัสความรู้ที่แท้จริง มากพอ
- บางคนยังเข้าใจผิดหน่อย
- บางคนยังงงๆ อยู่

เพราะฉะนั้น การสรุปของคุณครูก็เป็นของครู ไม่ได้หมายความว่านักเรียนรับรู้จริงๆ ตามนั้น ดังนั้น ต้องฝึกฝนให้นักเรียนสรุปสิ่งที่ตัวเองเข้าใจออกมาเป็นคำพูด เป็นภาพเขียน หรือเป็นปฏิบัติการต่างๆ เช่น การทำโครงการต่างๆ

การจดบันทึกความรู้

นักเรียนจำเป็นต้องจดบันทึกสิ่งที่ตนเองเรียนรู้ เพื่อไม่ให้เกิดความเข้าใจผิดขึ้นได้ การจดบันทึกที่ดี ควรทำให้อ่านเข้าใจง่าย และพยายามใช้รูปภาพ (graphic) ร่วมกับตัวอักษร หรือแทนการจดบรรยาย ครูควรตรวจบันทึกของนักเรียน เพื่อให้คำแนะนำวิธีการจดบันทึก



การจดบันทึกความรู้ลงไป ไม่ใช่เรื่องง่ายสำหรับนักเรียนทุกคน ครูควรออกแบบวิธีการจดบันทึก เป็นตัวอย่างให้นักเรียนทำ โดยเฉพาะสำหรับนักเรียนชั้นประถม หรือบางทีแม้แต่มัธยมต้นก็ต้องทำด้วย

ตัวอย่างต่อไปนี้เป็นกรอกแบบการจดบันทึกที่กระตุ้นให้นักเรียน
อยากบันทึก มีความหมายต่อการเรียนรู้



การจดบันทึกแบบในรูปที่ยกมานี้ เป็นการสรุปความเข้าใจในทฤษฎี และ
วิธีการของคณิตศาสตร์ออกมาเป็นภาพ (graphic) ข้อมูลและภาพ
ถูกบันทึกลงไปด้วยมีการจัดวางที่มีจังหวะ สบายตาและเห็นความเชื่อมโยงง่าย
(มีการออกแบบ หรือมี graphic design) ช่วยให้เข้าใจง่าย จดจำได้นาน
คงทน และง่ายต่อการเรียกความจำนี้คืนมาเมื่อเวลาผ่านไปนานๆ

๙

สมองเรียนรู้ จนอยู่ตัวหรือยัง? (Memory consolidation)



การ เรียนรู้จักสิ่งต่างๆ และเรื่องราวต่างๆ ในโลก
 คุณจะไม่เป็นเรื่องยากเมื่อเด็กยังอยู่บนบอลหรือชั้นประถม ถ้า
 เด็กสนใจความรู้นั้นอยู่บ้าง เด็กก็มักเข้าใจสิ่งนั้นได้หมด และ
 เพราะวัยเด็ก เป็นวัยที่ยังสนใจไปหมดแทบทุกอย่าง จึงทำให้
 การเรียนรู้กลายเป็นสิ่งง่ายและครูก็เบาใจ

พอเด็กโตขึ้น ความรู้ซับซ้อนขึ้น ยุ่งยากขึ้น บางครั้งการ
 จะเข้าใจต้องใช้เวลา เพราะมีหลายประเด็นซ้อนกันอยู่

ครูผู้สอนเข้าใจแนวคิดทฤษฎีเหล่านั้นอยู่แล้ว ยิ่งสอนมา
 หลายปีก็ยิ่งเข้าใจชัดเจนทุกที คนเรายังรู้ดี รู้มาก ก็ยิ่งทำ
 สิ่งนั้นได้เร็ว ครูบางคนจึงสอนเร็วมากโดยไม่รู้ตัว บางคน
 สอนเนื้อหาซ้อนๆ กันต่อเนื่อง ทั้งๆ ที่สิ่งนี้รับรู้ได้ยากสำหรับเด็ก

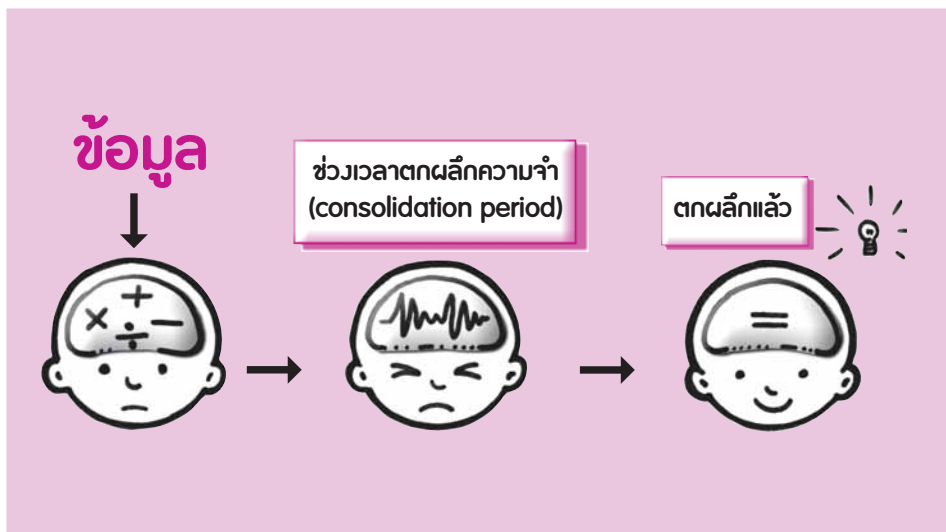


การสอนคณิตศาสตร์ ต้องคำนึงถึงการวางพื้นฐานความคิดเป็นขั้นๆ เป็นขั้นๆ ขึ้นไป

- ความคิด (concept) แรกที่จำเป็นต้องวางลงไปก่อน
- ความคิดถัดไปติดตามมา เมื่อเข้าใจความคิดแรกแล้ว

ถ้าไม่แน่ใจจริงๆ ว่านักเรียนเข้าใจแล้ว ไม่ควรสอนความคิด (concept) ถัดไปที่สูงขึ้น

นักจิตวิทยาชาวเยอรมันชื่อ จอร์จ มุลเลอร์ (Georg Muller) และ อัลฟองส์ พิลเซเชอร์ (Alfons Pilzecher) เป็นผู้พิสูจน์ว่า ถ้าข้อมูลที่จำได้ชุดแรกยังจำได้ไม่ดี ไม่แม่นยำ แล้วส่งข้อมูลชุดที่สองตามเข้าไปทันที สมองมีแนวโน้มจะ “ลืม” ข้อมูลชุดแรก แต่ถ้าไม่มีข้อมูลชุดหลังตามเข้าไปทันที ข้อมูลชุดแรกจะค่อยๆ ก่อตัวเป็นข้อมูลที่จำได้ดีขึ้นเรื่อยๆ ตามระยะเวลาที่ผ่านไป ระยะเวลาที่สมองใช้ในการจำข้อมูลชุดแรกได้นี้เรียกว่า ช่วงตกผลึกความจำ (consolidation period)



ตัวอย่างคำ 2 ชุด ที่ไม่มีความหมายข้างล่างนี้คือ คำที่ทดลอง
 เมื่อให้พยายามจำคำชุดที่สองต่อจากชุดแรกทันที สมองจะ
 จัดการลืมข้อมูลชุดแรกแล้วจำชุดหลังแทน

coiser	biveten	sousek	hieret
ropbem	padsult	dundice	fiorom

แม้ว่าการทดลองนี้จะทดลองโดยใช้คำภาษาอังกฤษ
 แต่กระบวนการเรียนรู้ก็คล้ายกัน คือ มีข้อมูลหนึ่งถูกส่งเข้าไปสู่
 การรับรู้ของสมอง จากนั้นส่งข้อมูลใหม่ตามเข้าไปติดๆ
 ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลแบบไหน สมองก็ยากที่จะรับเอาไว้



การค้นพบเรื่องช่วงเวลาที่สมองจำเป็นต้องใช้ตกผลึกความจำนี้ มีความสำคัญต่อการเรียนรู้มาก เพราะคุณครูจะต้องให้ความสำคัญกับการจัดช่วงเวลาในคาบเรียน และการทิ้งช่วง สำหรับให้สมองใช้เวลาจัดการกับข้อมูลชุดแรกเสียก่อน นี่เป็นการค้นพบที่สำคัญมาก

พ่อแม่และครูมักคิดว่า ถ้าสามารถทำให้เด็กเข้าใจ หรือจดจำสิ่งใดได้มากๆ ในชั่วโมงหนึ่ง หรือวันหนึ่ง ก็จะมีดีมาก แต่วิธีการทำงานของสมองไม่ใช่เช่นนั้น เพราะสมองต้องการช่วงเวลาสำหรับตกผลึกความจำ (consolidation period) ในสิ่งที่เรียนรู้ไป

การตกลึกความจำหรือความรู้ ต้องไม่ได้หมายถึง การจำเนื้อหา โดดๆ สิ่งที่ต้องระวังคือ ถ้าการสอนทำเร็วเกินไป นักเรียนก็มี แนวโน้มที่จะจำข้อมูล หรือวิธีการทำนั้นๆ แทนที่จะพยายาม เข้าใจตรรกะ (logic) ของคณิตศาสตร์

ในการเรียนรู้การหารเศษส่วนในภาพขวามือ แสดงให้เห็น ความหมายและความสำคัญของการหารเศษส่วน แต่ตัวอย่าง ดังภาพด้านล่างนี้ แสดงให้เห็นว่า สอนเฉพาะวิธีการคำนวณล้วนๆ อย่างเดียว การสอนแบบหลังนี้ อาจทำให้เด็กหาทางลัดโดยการจำ เฉพาะวิธีการ แทนที่จะใช้เวลาเรียนรู้ตรรกะ การที่ห้องเรียน คณิตศาสตร์กลายเป็นเช่นนี้ก็อาจเพราะมีเวลาน้อยเกินไปในการสอน ขาดการตรวจสอบดูความเข้าใจของเด็กเป็นรายบุคคล จึงไม่รู้ว่า ข้อมูลที่เรียนรู้ใหม่นี้ ตกลึก ในสมองจริงๆ แล้วหรือยัง

เมื่อจำแต่สูตร และวิธีทำ

การหารเศษส่วน

$$15\frac{3}{4} \div 4\frac{1}{2} = \frac{63}{4} \div \frac{9}{2}$$
$$\frac{63}{4} \times \frac{2}{9}$$
$$\frac{63}{4} \times \frac{2}{9} = \frac{\cancel{63}^7}{\cancel{4}_2} \times \frac{\cancel{2}^1}{\cancel{9}_1}$$

เปลี่ยนหารเป็นคูณ
กลับเศษเป็นส่วน

» นักเรียนอาจเลือกจำเฉพาะสูตรนี้ ถ้าไม่มีการทำความเข้าใจดังตัวอย่างในหน้าซ้ายมือ

» เมื่อเจอคำถามแบบมีโจทย์ที่ต้องแก้ด้วยการหารเศษส่วน นักเรียนอาจทำไม่ได้ เพราะไม่ได้รู้จริงๆ ว่าการหารเศษส่วนคืออะไร ทำไปทำไม

ขอบวงล้อใหญ่ของจักรยานคันนี้ มีความยาวของเส้นรอบวง
ยาวกว่าขอบวงล้อเล็กกี่เท่า?

วิธีทำ

$$15\frac{3}{4} \div 4\frac{1}{2} = \frac{63}{4} \div \frac{9}{2}$$

$$\begin{array}{c} \downarrow \quad \downarrow \\ \frac{63}{4} \times \frac{2}{9} \end{array}$$

$$\frac{63}{4} \times \frac{2}{9} = \frac{\overset{7}{\cancel{63}} \times \overset{1}{\cancel{2}}}{\underset{2}{\cancel{4}} \times \underset{1}{\cancel{9}}}$$

$$\frac{7}{2} = 3\frac{1}{2}$$

คำตอบ

วงล้อใหญ่มีความยาว
ของเส้นรอบวงยาวกว่า
วงล้อเล็ก = $3\frac{1}{2}$ เท่า



จาก Lab สมองสู่ห้องเรียน



» การตกผลึกความจำนั้น สมองมีกระบวนการเรียนรู้ทั้งแบบรู้ตัวและแบบใต้สำนึก ความจำและความเข้าใจ ยังไม่อยู่ตัวทันทีที่สมองรับข้อมูลใหม่ แต่มีกระบวนการที่ทำงานอยู่ใต้สำนึกในสมอง (subconscious) เพื่อสร้างเสถียรภาพให้แก่ข้อมูลใหม่ที่สมองรับเข้ามา (โดยที่เราไม่รู้ว่ามันกำลังทำงานอยู่)



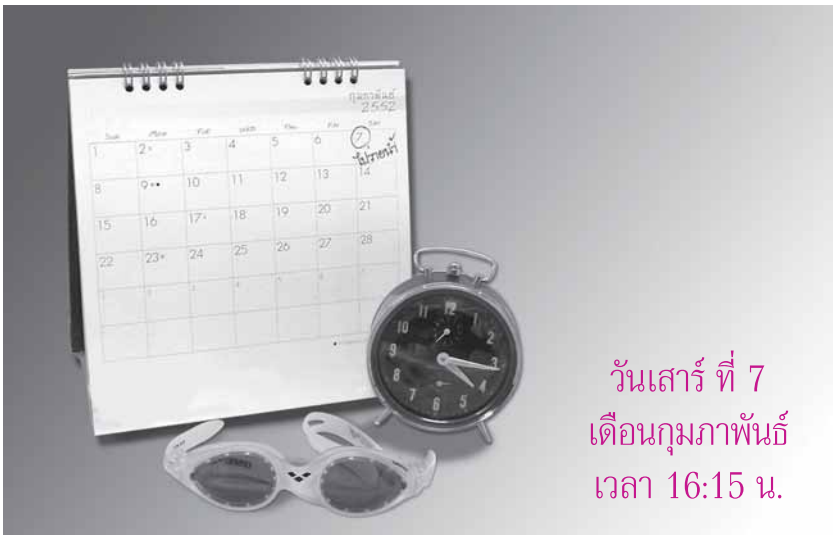
» การตกผลึกความรู้จะเกิดเร็วขึ้น ถ้าให้สมองสื่อสารสิ่งที่คิดออกมาเป็นภาษา การท่องให้ขึ้นใจ การเขียนสรุปสิ่งที่เข้าใจออกมา การฝึกซ้อม การทำกิจกรรม การทำแบบฝึกหัด เหล่านี้เป็นกระบวนการที่ทำให้ความรู้ที่ตกผลึกเป็นความจริงๆ ได้เร็วขึ้น เพราะการกระทำทั้งหมดนี้ เด็กกระทำได้มาจากข้อมูลที่มีอยู่ภายใน ซึ่งเป็นการย้ำ เชื่อมโยงข้อมูลเข้าไปใหม่ซ้ำแล้วซ้ำอีก

สรุปประเด็นสำคัญ

① $10 \text{ มม.} = 1 \text{ ซม.}$
 $1 \text{ มม.} = 0.1 \text{ ซม.}$

② $1 \text{ กม.} = 1,000 \text{ ม.}$

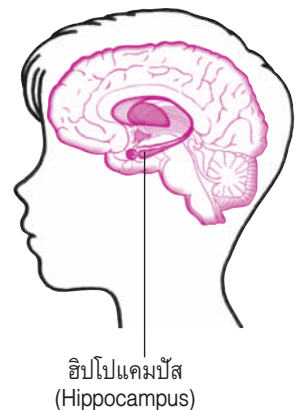
③ $1 \text{ ม.} = 100 \text{ ซม.} = 1,000 \text{ มม.}$
 $0.1 \text{ ม.} = 10 \text{ ซม.} = 100 \text{ มม.}$
 $0.01 \text{ ม.} = 1 \text{ ซม.} = 10 \text{ มม.}$
 $0.001 \text{ ม.} = 0.1 \text{ ซม.} = 1 \text{ มม.}$



วันเสาร์ ที่ 7
เดือนกุมภาพันธ์
เวลา 16:15 น.

» การตกผลึกความจำจะเกิดขึ้นเร็ว
ถ้ากระบวนการสอนทำอย่างเป็นขั้นเป็นตอน
การเริ่มต้นจากการกระตุ้นสัมผัสรับรู้ (sense) ทำให้
สิ่งที่รู้มีที่มาที่ไป มีความหมาย และเข้าใจ (make
sense) นักเรียนที่ได้ลงมือทำการสัมผัส จับต้อง
แล้วทดลองสร้างโมเดล เช่นนี้ จะสามารถทำให้
ความจำตกผลึกในสมองเร็วขึ้นและดีขึ้น

» ช่วงนอนหลับตอนกลางคืน เป็นช่วงเวลา
สำคัญที่สมองจะสร้างความจำ สมองส่วน
ฮิปโปแคมปัส (hippocampus) จะทำการเชื่อมโยง
วงจรของเซลล์ในสมอง ทำการบันทึกความรู้
ที่เรียนรู้ในตอนกลางวัน เก็บไว้เป็นความจำ
ระยะยาว (long term memory) ดังนั้น
เด็กต้องพักผ่อนให้เพียงพอ นอนอย่างน้อย
9-10 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อให้สมองมีความจำดี





สมองจำเป็น ต้องรู้จัก การกะประมาณ



นักเรียนชั้นประถมจำนวนไม่น้อยเอาเงิน 100 บาท ไปซื้อของราคา 20 บาท คนขายทอนให้ 30 บาท ก็ยังไม่รู้ว่า คนขายทอนผิด นักเรียนบางคนอยู่ชั้นมัธยมแท้ๆ ยังตอบคำถามว่า โม่เลกุลของน้ำ น่าจะมีขนาดยาวประมาณ 1 เมตร นี่สะท้อนให้เห็นว่า ยังไม่มีความสามารถในการประมาณ (ซึ่งก็หมายความว่า ยังไม่เข้าใจหน่วยและการเทียบหน่วยด้วย) อาจจะเลยไปถึงว่า มีความรู้สึกเชิงจำนวนแล้วหรือยังด้วย

เวลาที่ต้องทำโจทย์คณิตศาสตร์ นักเรียนหาผลหารของ $64 \div 2$ แล้วตอบว่า 128 แสดงว่า แทนที่จะหารกลับใช้วิธีคูณ นอกจากนี้ ยังไม่รู้ว่า จำนวน 64 แบ่งออกเป็น 2 ส่วน แล้วจะมีคำตอบเพิ่มขึ้นถึง 128 ได้อย่างไร

ปัญหาคณิตศาสตร์จะยังคงสะสมความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ทุกๆ ปี จนกระทั่งพอมถึงมัธยมปลาย ทุกอย่างก็สายจนเงิน แก้เสียแล้ว



การกะประมาณ มิได้เป็นเพียงหัวข้อที่นักเรียนจะเรียนเมื่อวัยประถม แต่ความสามารถในการกะประมาณควรมีต่อไปถึงขั้นมัธยม และควรรู้จักกะประมาณค่าของสิ่งต่างๆ ที่ปรากฏในรูปของ จำนวน รูปร่าง หรือขนาด ที่มีความซับซ้อนมากขึ้นเรื่อยๆ ได้ด้วย

อันที่จริง ไม่ใช่ว่านักเรียนจะประมาณอะไรไม่เป็นเลย นักเรียนประมาณได้ว่าอีกสักพักโรงเรียนจะเลิก ต้องโยนบอลแรงเท่านี้ จึงจะโยนให้ถึงมืออีกคนได้ ต้องกระโดดสูงเท่านี้จึงจะข้ามรั้วขนาดนี้ ต้องแบ่งของอย่างนี้จึงจะพอสำหรับเพื่อน 6 คน



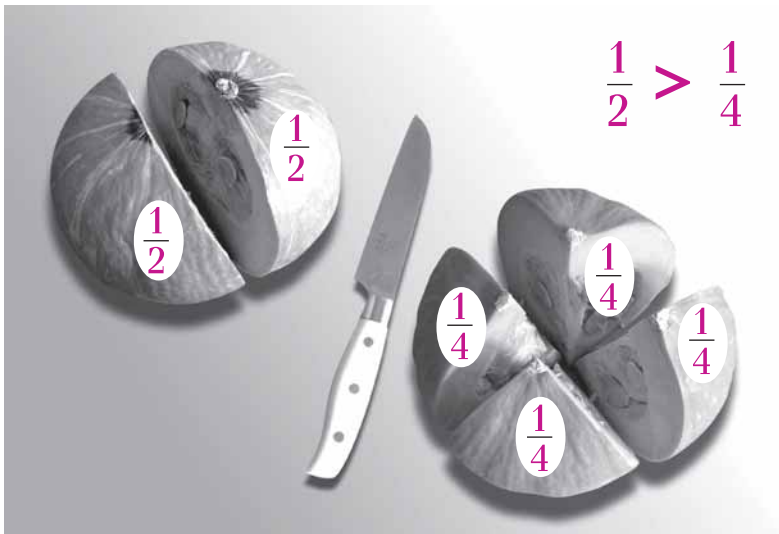


การสัมผัสกับจำนวนและน้ำหนักจริงๆ จะช่วยให้ความรู้สึกเชิงจำนวนดีขึ้น
และความสามารถในการกะประมาณดีขึ้น

แต่ในห้องเรียน เมื่อจะต้องคิดตอบคำถามที่เป็นประเด็นทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการกะประมาณ ของนักเรียนกลับมีน้อย หรือบางทีไม่มีเลย เหตุผลสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหานี้ คือ

1. ขาดประสบการณ์ในชีวิตจริง นักเรียนมีประสบการณ์ในการเรียนคณิตศาสตร์ โดยได้สัมผัสกับวัตถุของจริงสามมิติ เหตุการณ์จริง หรือภาพน้อยเกินไป นักเรียนมีเฉพาะประสบการณ์จากตัวเลขในการคำนวณล้วนๆ โดยไม่ได้สร้างความรู้สึกเชิงจำนวนขึ้นมาจริงๆ

2. ไม่เข้าใจเนื้อหาที่เรียนจริงๆ นักเรียนทำแบบฝึกหัดคณิตศาสตร์ เพียงเพื่อให้ได้คำตอบ ไม่ได้ถูกฝึกให้เรียนรู้จักการกะประมาณจริงๆ



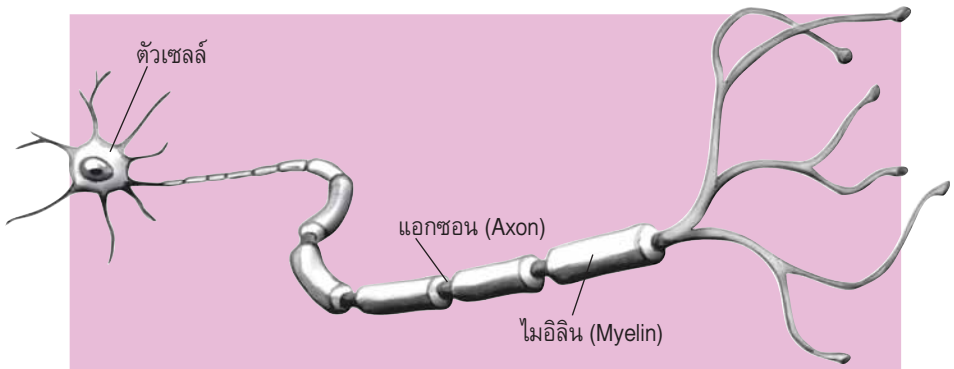
3. เนื้อหาที่เรียนซึ่งมีจำนวนมากเกินไป ทำให้การเรียนรู้ที่ไปที่เกี่ยวข้องกับตัวเลขต่างๆ ถูกกละเลย ไม่ว่าจะเป็นเศษส่วน ทศนิยม ร้อยละ ตัวประกอบ นักเรียนไม่ได้มีโอกาสรู้จริงๆ ว่า ตัวเลขที่เรียนรู้ไปนั้น สัมพันธ์อย่างไรกับเรื่องราวหรือบริบทของจำนวน รูปร่าง และขนาด ในโลกที่จับต้องได้ เช่น

นักเรียนตอบได้ว่า $\frac{1}{2} > \frac{1}{4}$

แต่นักเรียนตอบไม่ได้ว่าทำไม $\frac{1}{2}$ จึงมากกว่า $\frac{1}{4}$

แสดงว่านักเรียน “ทำเลข” ได้ แต่ไม่เข้าใจความหมายที่ซ่อนอยู่เบื้องหลังตัวเลขนั้น

ที่เป็นเช่นนี้ เพราะนักเรียนใช้เวลาน้อยเกินไปในกิจกรรม “การเรียนรู้” สมองไม่ได้สัมผัสประสบการณ์ใดๆ มากไปกว่าการจัดการกับตัวเลขล้วนๆ



แอกซอน (axon) เป็นเส้นใยยาวที่ยื่นจากตัวเซลล์ประสาทไปจ่อติดกับเซลล์อื่นในสมอง แอกซอนทำหน้าที่นำสัญญาณข้อมูลจากเซลล์สมองหนึ่งไปยังเซลล์สมองอื่นๆ ที่เห็นคล้ายๆ ปลอกหุ้มแอกซอนอยู่นั้นคือ ฉนวนไมอีลิน ที่ช่วยให้ข้อมูลในสมองเดินทางเร็วขึ้น ซึ่งทำให้นักเรียนคิดเร็วขึ้น แม่นยำขึ้น

ครูผู้สอนคณิตศาสตร์จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับสิ่งนี้ และสอนนักเรียนโดยผ่านประสบการณ์จากวัตถุจริงสามมิติ รวมทั้งยกตัวอย่างอื่นๆ ในบริบทที่หลากหลาย นักเรียนจำเป็นต้องเข้าใจจริงๆ ว่า ที่ไหน และเมื่อไหร่ ที่คณิตศาสตร์ประมาณการจะถูกใช้ และใช้อย่างไร

การรู้จักกะประมาณ ต้องอาศัยการฝึกฝน การฝึกซ้ำๆ จะทำให้ข้อมูลในสมองมีความเร็วในการส่งผ่านข้อมูล ถ้ามีการฝึกฝนมาก เส้นใยประสาทหรือแอกซอน (axon) ณ ตำแหน่งที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการฝึกนั้นจะหนาขึ้น

ยิ่งแอกซอนหนาเท่าไร การส่งผ่านข้อมูลในสมองก็ยิ่งทำงานเร็วขึ้น การกะประมาณก็จะเป็นไปเกือบอัตโนมัติ แอกซอนหรือใยประสาทที่มีความเร็วต่ำนั้น ทำงานช้ากว่าใยประสาทที่มีความเร็วสูงถึง 100 เท่า



เวลาที่เราสอนการกะประมาณ เรามักสอนตามเนื้อหาในบท เช่น สอนเรื่องนี้ในบทที่ 12 สอนแล้วก็ป็นอันเสร็จ ก่อนหน้านั้นและหลังจากนี้ ไม่มีการพูดถึง อาจไม่เคยนำความรู้ที่สอนมาทำให้เกิดทักษะ และเชื่อมโยง สัมพันธ์กับเรื่องอื่นๆ ที่เรียน เช่นนี้แล้วจะทราบได้อย่างไรว่านักเรียนมี ความสามารถและประยุกต์ใช้ทักษะในการกะประมาณแล้วหรือยัง

ถ้านักเรียนคิดเลข 1027 - 540 แล้วได้คำตอบ 907

เท่านี้ก็รู้แล้วว่า นักเรียนกะประมาณไม่ได้เลย เป็นไปไม่ได้ที่ จำนวนประมาณหนึ่งพัน หักออกราวครึ่งหนึ่ง แล้วยังจะเหลืออีกเกือบพัน (คือ 907)

ความผิดพลาดนี้จะพบได้เรื่อยๆ ตั้งแต่ต้นปีจนถึงปลายปี ดังนั้น จำเป็นต้องทบทวนว่า มีเนื้อหาเรื่องไหนที่นักเรียนยังงง ยังไม่แม่นยำ เช่น นักเรียนประถมปลายอาจยังงงเรื่องหลักหน่วย หลักสิบ และหลักร้อย นี้ก็ย่อมเป็นผลให้การกะประมาณเป็นไปไม่ได้ ดังนั้น ควรตรวจสอบแต่เนิ่นๆ ว่ามีปัญหาอะไรเกิดขึ้น และลงมือแก้ไขก่อนที่จะสายเกินไป



แม้ว่านักเรียนจะเรียนเลยไปไกลถึงเรื่องที่ยากขึ้น อยู่ขั้นสูงขึ้นจนถึงประณปลายแล้ว ถ้าพบว่า **ความรู้พื้นฐาน** เกี่ยวกับจำนวนยังมีปัญหา ครูควรหาโอกาส หาเวลา ทำการสอนความรู้พื้นฐานซ้ำ โดยอาจออกแบบเป็นเกม หรือกิจกรรมที่สนุกสนานแทรกเข้าไปในช่วงโม่ง **ให้นักเรียนได้ฝึกฝนซ้ำๆ** นักเรียนที่โตแล้ว กลับมาได้เล่นเกมคณิตศาสตร์ที่ง่ายลง นักเรียนก็จะทำได้และทำถูกต้อง ผลก็คือ นักเรียนเกิดความภูมิใจและชอบ นี่ก็เป็นการ แก้ปัญหาอีกรูปหนึ่ง

จาก Lab สมองสู่ห้องเรียน

หลักการสอนให้รู้จักการกะประมาณ มีดังนี้

» เมื่อจะสอนให้รู้จักการกะประมาณ ต้องบอกให้รู้ว่าประมาณไปทำไม เพื่ออะไร เราใช้การกะประมาณในโอกาสไหน

» ความสามารถในการกะประมาณ ได้ใกล้เคียงไม่ได้เกิดขึ้นเองทันที สมอจะทำการกะประมาณได้ดีก็ต่อเมื่อผ่านการฝึกฝนซ้ำๆ การฝึกซ้ำๆ ยังผลให้วงจรที่ใช้ในสมองมีความแม่นยำขึ้น

» การรู้จักกะประมาณ ทำให้คณิตศาสตร์เชื่อมโยงกับบริบทในชีวิตจริง

» ให้อะไรกับการสอนคณิตศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจจริงๆ อย่าสอนเพียงเพื่อให้ผ่านไปอีกบทหนึ่ง





ใช้สมอง สมองซีก



สมอง ของเราไม่ได้เป็นก้อนกลมก้อนเดียวอยู่ในศีรษะ แต่ประกอบด้วย 2 ก้อน ซ้ายก้อนหนึ่ง ขวาก้อนหนึ่ง มีเส้นประสาทเชื่อมสมอง 2 ก้อนนี้ติดกันไว้ เรียกว่า คอร์ปัสแคลโลซัม (corpus callosum)

ความรู้ใหม่ๆ ทางวิทยาศาสตร์อธิบายว่า สมองของคนเรา ทั้งสองซีกทำงานประสานกัน แต่การทำงานเฉพาะในหน้าที่พิเศษบางเรื่อง มีการประมวลผลที่รวมศูนย์อยู่ข้างใดข้างหนึ่ง

สมองซีกซ้าย ถนัดเกี่ยวกับการทำงานด้านภาษา การใช้ตรรกะ การแยกแยะข้อมูล

สมองซีกขวา ถนัดในการจินตนาการ ทำความเข้าใจสิ่งต่างๆ ในภาพรวม ดนตรี ศิลปะ รวมถึง ความเข้าใจเกี่ยวกับมิติและตำแหน่ง (location) ของสิ่งต่างๆ ที่ปรากฏ

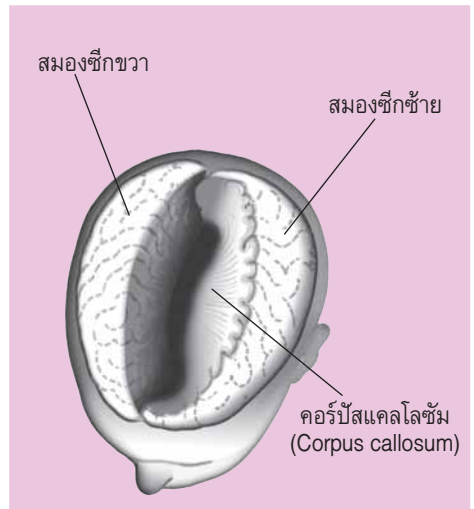


สมองแต่ละซีกต่างก็ทำงานที่ตัวเองถนัด ข้อมูลจากสมองแต่ละซีกสื่อสารถึงกัน เพื่อตีความหมายและรู้สึก/รับรู้ต่อข้อมูลนั้น โดยผ่านเส้นใยประสาทที่เรียกว่า คอร์ปัสแคลโลซัม

เมื่อสมองเริ่มเข้าไปเรียนรู้สถานการณ์ใหม่ๆ เรื่องราวใหม่ๆ สมองซีกขวาจะมีบทบาทสำคัญเริ่มแรก ในการเข้าไปจัดการกับข้อมูลนั้น ด้วยเหตุที่ซีกขวารับความรู้สึกได้เร็วมาก

ก่อนที่ซีกซ้ายจะนำข้อมูลไปแยกแยะจัดระบบดูนั้น ซีกขวารับรู้ภาพรวมๆ ของเรื่องนั้นเรียบร้อยแล้ว ส่วนสมองซีกซ้ายก็จะทำการจัดระบบและจำแนกแยกแยะข้อมูล พร้อมทั้งหาเหตุผล บางทีจึงกล่าวว่า

สมองซีกขวาเป็นสมองที่ รู้สึก
สมองซีกซ้ายเป็นสมองแห่ง เหตุผล





วิธีการสอน เพื่อช่วยให้การทำงานของสมองซีกขวาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพนั้น คงมีอยู่หลากหลายวิธีด้วยกันแล้วแต่ความสามารถของครูในการออกแบบวิธีสอน แต่ไม่ว่าจะใช้วิธีใด ก็ควรคำนึงถึงหลักการสำคัญ 2 ประการคือ

1. สอนให้เข้าใจความหมายด้วยการเชื่อมโยงกับตัวอย่างหรือบริบทที่เกิดขึ้นจริง และพบเห็นได้ทั่วไป

การจะกระตุ้นสมองซีกขวาให้รู้สึกเข้าถึงสิ่งที่เรารู้ ต้องให้สมองจินตนาการได้ว่า เนื้อหาที่กำลังจะสอนต่อไปนี้ ตัวเลขที่ปรากฏอยู่ต่อหน้านี้ มีความหมายว่าอะไร ต้องสอนจนจินตนาการเห็นภาพว่า จำนวนนั้นเป็นแบบไหน

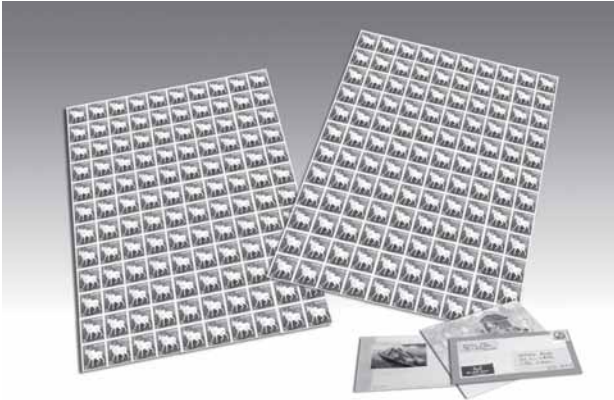
ถ้าคุณครูสอนเนื้อหาเรื่องทศนิยม โดยสอนเฉพาะวิธีทำ สมองย่อมรู้สึกได้ว่า ข้อมูลชุดใหม่ที่เรารู้นี้ เป็นเพียง “อะไร



บางอย่าง” ที่ครูต้องการให้เรียน และจะใช้จริงตอนสอบ
สมองซีกขวาไม่รับรู้่ว่า ทศนิยมคืออะไร มีไว้ทำไม ใช้ทำอะไร
ตัวเลขต่างๆ เช่น 104.5 102.4 310.6 ก็เป็นเพียงตัวเลข
สมองซีกขวาไม่ถูกกระตุ้นให้ “เกิด” ความรู้สึกเกี่ยวกับ
“จำนวน” ขึ้นมาจริงๆ

ถ้าคุณครูต้องการสอนเรื่องมุม แล้วนำเสนอเฉพาะเนื้อหา
เช่น มุมแหลมคือ... มุมฉากคือ... มุมป้านคือ... นักเรียนก็
จะเกิดความรู้สึกเดียวกันกับการสอนเรื่องทศนิยมที่
ยกตัวอย่างมา

แม้ว่าครูจะให้นักเรียนได้ใช้เครื่องมือทำการวัด
มุมแบบต่างๆ และการวัดมุมเหล่านั้นช่วยให้นักเรียนได้
เคลื่อนไหว ได้ใช้อุปกรณ์ เป็นผลให้สมองทำงานดีขึ้น
มาบ้าง แต่นั่นก็ยังไม่ได้ทำให้สมองซีกขวา เกิดความ
รู้สึกเข้าถึงข้อมูลใหม่นี้ได้จริงๆ จนกว่านักเรียนจะได้
สัมผัสกับ “มุม” จริงที่อยู่บนวัตถุสิ่งของที่อาจพบเห็น
ได้ใกล้ตัว



แสตมป์แผ่นหนึ่งมี 12 แถวๆ ละ 10 ดวง
จำนวน 2 แผ่น รวมเป็นแสตมป์กี่ดวง?

$$10 \times 12 \times 2 = 240$$

2. ใช้ความแปลกใหม่ของข้อมูล (novelty) ให้เป็นประโยชน์ และเน้นการสร้างแรงจูงใจ (motivation)

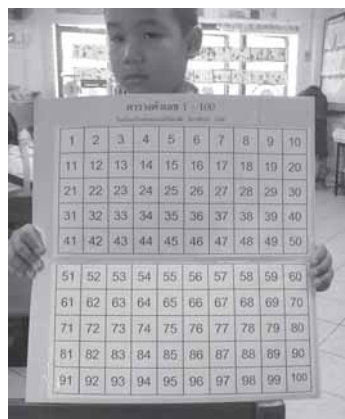
สมองซีกขวาจะถูกกระตุ้นได้ดีจากประสบการณ์ใหม่ๆ ข้อมูลใหม่ๆ ได้เป็นอย่างดี ส่วนแรงจูงใจมักเกิดจากสถานการณ์ที่ท้าทาย ทำให้อยากรู้อยากเห็น เป็นการกระตุ้นความรู้สึกละเอารมณ์ ซึ่งเป็นการทำงานของสมองซีกขวา การสอนที่เน้นการจำทฤษฎีและนิยามนามธรรม (axioms & theorem) เป็นการสอนที่กระตุ้นสมองซีกขวาได้ยาก

ความแปลกใหม่ของข้อมูล และแรงจูงใจที่จะเรียนรู้ของสมองนั้น ไม่ได้หมายความว่า ครูจะต้องย้ายที่สอนไปในที่แปลกๆ หรือต้องให้รางวัลนักเรียนอยู่เสมอ

วิธีการนำเสนอที่แปลกใหม่ (novelty) นั้น มาจากการคิดค้นของครูผู้สอน ซึ่งอาจใช้สื่อ อุปกรณ์ เหตุการณ์ต่างๆ มากระตุ้นความสนใจใคร่รู้ให้เกิดขึ้น หรืออาจหากระบวนการที่เปิดโอกาสให้สมองนักเรียนร่วมลงมือปฏิบัติการ ในกิจกรรมที่ออกแบบให้การเรียนรู้ มีปฏิสัมพันธ์อยู่ตลอดเวลา เป็นต้น

ข้อมูลที่ดึงดูด ความสนใจของสมอง

» ข้อมูลที่ดึงดูดความสนใจของสมอง
ควรมีความแปลกใหม่ (novelty)



» ข้อมูลที่ดึงดูดความสนใจของสมอง
ควรมีความเข้มข้น จัดจ้าน (intensity)



» ข้อมูลที่ดึงดูดความสนใจของสมอง
ควรมีการเคลื่อนไหว (movement)



» ข้อมูลที่ดึงดูดความสนใจของสมอง
ควรมีความหมาย (meaning)

(หมายความว่า มีความสัมพันธ์อยู่ใน
บริบทของชีวิตจริง หรือเชื่อมโยงกับความ
รู้อื่นๆ ที่ผู้เรียนมีอยู่มาก่อน)

» ข้อมูลที่ดึงดูดความสนใจของสมอง
ควรมีการกระตุ้นการทำงานของอารมณ์
(emotion) (รู้สึกสนุก ทำทนาย)

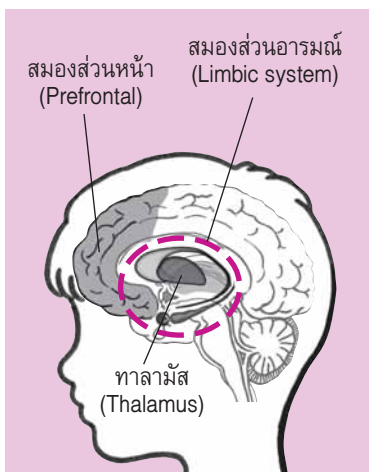


วงการ ของความสนใจ



อะไรหนอ? จะน่าเบื่อเท่ากับสิ่งที่ซ้ำซาก จำเจ ต่อไปจะ
เกิดอะไรขึ้น เราเดาได้หมดแล้ว

คุณครูเข้ามาในห้อง กล่าวสวัสดิ์ หยิบซอลค์ คุยกับนักเรียน
นิดหน่อย บอกให้นักเรียนเปิดหน้า 54 ดูตัวอย่างบนกระดาน
ครูทำตัวอย่างให้ดู บอกลำดับวิธีแก้ปัญหาคณิตศาสตร์
เออะ จบแล้ว ลงมือทำแบบฝึกหัดได้



ถ้าสถานการณ์ในช่วงโมงคณิตศาสตร์เป็น
แบบนี้ สมองจะลดประสิทธิภาพการทำงานลง
ความเบื่อ จัดว่าเป็นอารมณ์อย่างหนึ่ง
มันคือสภาพจิตใจที่เป็นลบ หรือปฏิเสธต่อ
สถานการณ์บางอย่าง ตรงข้ามกับความสนใจ
ซึ่งเป็นสภาวะที่สมองจะทำงานอย่างมี
ประสิทธิภาพ คือ สมองตื่นตัว จับข้อมูลที่
ผ่านจาก หู ตา มือ (ร่างกายส่วนต่างๆ)
ได้ชัดเจน และมุ่งประมวลผล คือ จำแนกแยกแยะ
และเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านั้น



เมื่อเราเกิด “ความสนใจ” แสดงว่า ในสมองมีระบบการทำงานบางอย่างเกิดขึ้น ระบบที่ว่านี้ช่วยเสริมให้สมองมีประสิทธิภาพมากขึ้น

สมองส่วนที่ทำหน้าที่ สนใจ ตั้งใจ ของเรานั้น อยู่ในสมองส่วนหน้า เรียกว่า **พรีฟรอนทัล (prefrontal cortex)** สมองส่วนนี้ทำงานสัมพันธ์กับ**สมองส่วนลิมบิก (หรือระบบลิมบิก Limbic System)** และ **ทาลามัส (thalamus)** ระบบลิมบิก เป็นส่วนที่ทำงานเกี่ยวข้องกับอารมณ์ ส่วนทาลามัสนั้น อาจถือเป็นส่วนหนึ่งของระบบลิมบิกก็ได้ การเข้าใจการทำงานของสมองในเรื่องนี้ จะช่วยให้คุณครุคิดออกแบบวิธีการสอนได้ดีขึ้น เพราะเราต้องการให้สมองนักเรียนจับ “สัญญาณ” ข้อมูลที่ครูสอนอยู่ ไม่ใช่เบนออกทางอื่น

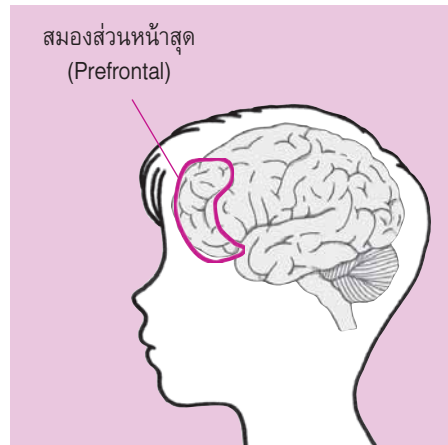
1. ทาลามัส เป็นเสมือน “ด่าน” ที่ตั้งอยู่กลางทางเดินของข้อมูล ข้อมูลภาพ เสียง และความรู้สึก จากทุกส่วนของร่างกาย จะต้องผ่านทาลามัสก่อนจะไปถึงผิวสมองใหญ่ ที่ซึ่งข้อมูลจะถูกรับรู้ สร้างความหมายต่างๆ และจดจำ



ขณะที่เรามองให้ความสนใจเป็นพิเศษต่อข้อมูลใด ย่อมจะมีกลไกบนทาลามัสรองรับ อันเป็นผลให้ข้อมูลนั้นชัดเจนกว่า ข้อมูลอื่นที่อาจแทรกแซงขึ้นมา มองจึงสามารถนั่งจับอยู่กับข้อมูลที่สนใจได้ โดยไม่วกแวกไปกับข้อมูลอื่นๆ แต่กลไกนี้ทำงานได้ในระดับหนึ่ง

ถ้าครูปุดอยู่หน้าห้อง เสียงครูอยู่ในระดับสม่ำเสมอ ระหว่างนี้มีเสียงนกหวีดดังขึ้น นักเรียนทุกคนจะหันตามเสียงนั้น เพราะอะไรละ ก็เพราะข้อมูลใหม่ คือ เสียงนกหวีด เข้มข้นกว่าข้อมูลเดิม คือดังกว่าเสียงของครูมาก

ดังนั้น ถึงแม้มีกลไกบนทาลามัส ที่จะช่วยจับสัญญาณข้อมูลบางอย่างให้นิ่งอยู่ได้ นั่นก็ยังไม่พอ ถ้าข้อมูลอื่นที่มีลักษณะบางอย่างเด่นชัดมาก ข้อมูลนั้นก็จะถูกส่งเข้าไปในระบบ มองจะเบนความสนใจจากจุดเดิมไปยังข้อมูลใหม่ เราจึงต้องพึ่งพาอาศัยส่วนอื่นในระบบการทำงานของสมอง ที่จะช่วยบอกว่า ข้อมูลใหม่นั้นไม่มีอะไรน่าสนใจไปกว่า และกลับหันมาสนใจข้อมูลเดิมดีกว่า



2. สมองส่วนหน้าสุด (พรีฟรอนทัล) เปรียบเสมือน ส่วนหัวหน้าของสมอง พรีฟรอนทัลจะคิด วางแผน จัดลำดับขั้นตอน และสั่งการไปยังผิวสมองส่วนอื่นๆ ให้ช่วยสนับสนุนปฏิบัติการที่สมองพรีฟรอนทัลวางแผนไว้ **พรีฟรอนทัลจึงเป็นจุดกำเนิดของความนึกคิด ที่เรารู้ย่ว่า “สนใจ” อะไร และเป็นตำแหน่งที่สั่งตัวเราเองให้ “ตั้งใจ” ทำอะไรที่สนใใจนั้น**

ปัญหาของพรีฟรอนทัลก็คือ สมองพรีฟรอนทัลเป็นส่วนที่ค่อยๆ พัฒนาขึ้นตามอายุวัยและประสบการณ์ หมายความว่า “ตัวตน” ของเราจะค่อยๆ ก่อรูปขึ้นมาตามวัย จนกระทั่งวันหนึ่ง เมื่ออายุได้ 25-30 ปี สมองพรีฟรอนทัลนี้จึงจะสะท้อนความเป็นตัวเราออกมาได้อย่างสมบูรณ์ ความเป็นตัวเรานี้ เกิดจากการสะสมประสบการณ์ และการฝึกฝนทั้งหมดที่ผ่านมาในชีวิตเรา และเมื่อถึงเวลานั้น สมองพรีฟรอนทัลก็จะเข้าควบคุมปฏิกิริยาที่กระทำตอบโต้ต่อสิ่งแวดล้อม โดยใช้ตรรกะ คือ เหตุผลและความนึกคิดได้อย่างแท้จริง ผู้ใหญ่ในวัยทำงานจึงอยู่กับเหตุผลที่จะ “สนใจอะไร” หรือ “ทำอะไร” มากกว่าวัยก่อนๆ

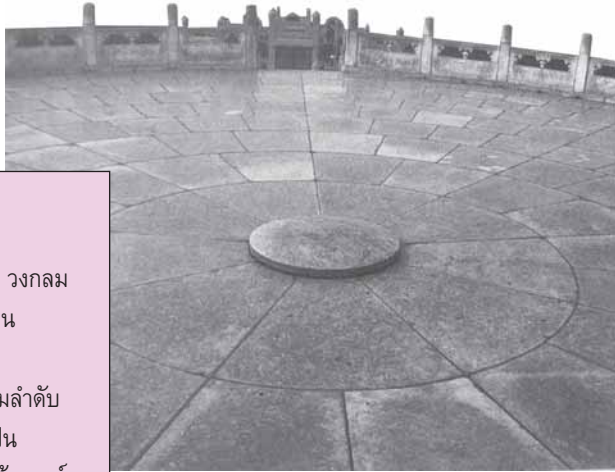
สิ่งที่น่าสนใจ

แท่นบูชาฟ้าน้อยในประเทศจีน วงกลม
แต่ละวงใช้หินเพิ่มขึ้นเป็นจำนวน

ทวีคูณของ 9 คือ

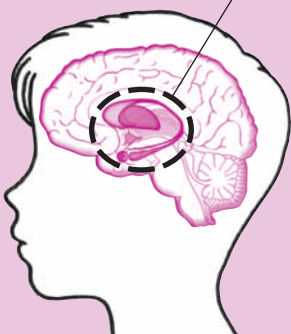
$9 \rightarrow 18 \rightarrow 36 \rightarrow 72$ ตามลำดับ

ชาวจีนโบราณเชื่อว่า เลข 9 เป็น
เลขมงคล ทำให้พวกเขาเข้าใกล้สวรรค์



อาจพูดได้ว่า ในเด็กก็มีสิ่งที่ตัวเองคิดว่า “สนใจ” เช่นกัน รวมทั้งฟรีฟรอนทัลของเด็กก็ส่งสัญญาณกระตุ้นให้ผิวสมองทำงานตอบรับกับข้อมูลที่ส่งขึ้นมาจากทาลามัส เพื่อจับข้อมูลที่กำลังสนใจอยู่ให้ชัดเจน แต่บ่อเกิดแห่งความสนใจที่แท้จริงในเด็กไม่ได้มาจาก “การคิด” “เข้าใจ” หรือ “มีเหตุผล” แบบสมองผู้ใหญ่ แต่เป็นไปตามการกระตุ้นจากสัญญาณซึ่งผ่านมาจากระบบลิมบิกเป็นสำคัญ

ระบบลิมบิก
(Limbic system)



3. ระบบลิมบิก ระบบลิมบิกเป็นที่มาของสัญญาณที่ป้อนส่งเข้าสู่สมองฟรีฟรอนทัล ทำให้เรารับรู้-รู้สึก ว่าเรามีความต้องการจะทำบางอย่าง ทำให้เราเห็นว่า บางอย่างมีความน่าสนใจ

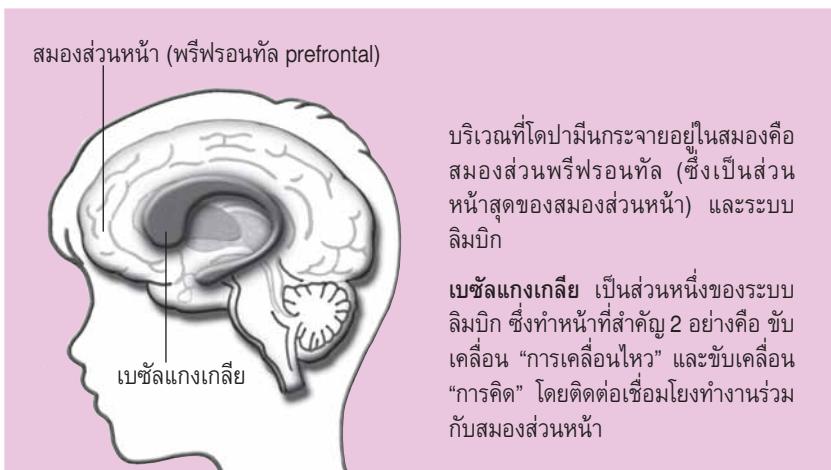
ในเด็ก สัญญาณจากลิมบิก เป็นแรงกระตุ้นอันสำคัญ ที่จะทำให้เกิดพฤติกรรม (แม้ในผู้ใหญ่ สัญญาณแห่งความต้องการนี้



ก็ยังส่งขึ้นไปยังพรีฟรอนทัลอย่างสม่ำเสมอ เพียงแต่ว่าพรีฟรอนทัลในผู้ใหญ่เรียนรู้ที่จะผ่อนปรน หรือควบคุมความต้องการนั้นตามประสบการณ์ที่จะบอกว่าเหมาะสมเพียงใด)

การทำงานที่ซับซ้อนของระบบลิมบิก อาจสรุปลงง่ายๆ ได้ว่า ในขณะที่ร่างกายและสมองอยู่ท่ามกลางสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปไม่คงที่ เมื่อมีข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมนั้นป้อนเข้าสู่สมอง ข้อมูลนั้นย่อมก่อให้เกิดปฏิบัติการ หมายความว่าร่างกายและสมองจะมีการกระทำตอบโต้ต่อสิ่งแวดล้อมนั้นเพื่อให้เกิดผลที่เป็นประโยชน์ต่อตัวเอง

ข้อมูลเดินทางไปสู่สมอง-ผ่านทาลามัส ส่วนหนึ่งถูกส่งไปยังผิวสมอง เพื่อจำแนกแยกแยะ วิเคราะห์ จดจำ อีกส่วนหนึ่งผ่านจากทาลามัสเข้ามายังระบบลิมบิก ข้อมูลจากรอบกายมีมากมาย แต่จะมีบางข้อมูลเท่านั้นที่ลิมบิกจะบอกว่า **อันไหนสำคัญ** (ได้แก่ข้อมูลที่แปลกใหม่ เข้มข้นจัดจ้าน มีการเคลื่อนไหว เป็นต้น) และส่งสัญญาณไปยังสมอง **ส่วนหน้าสุด** (พรีฟรอนทัล) ให้สนใจต่อข้อมูลนั้น วงจรใน



เบซัลแกงเกลีย (basal ganglia) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบลิมบิก จะเฝ้าอำนาจให้เกิดการเคลื่อนไหว คือมีการกระทำตอบได้ในรูปแบบที่สนับสนุน สนองต่อความสนใจนั้น

4. โดปามีน โดปามีนไม่ใช่สมองส่วนใด ๆ แต่เป็นสิ่งที่สมองผลิตขึ้นเป็นสารชนิดหนึ่งซึ่งกระจายอยู่ในวงจรลิมบิกถึงสมองพรีฟรอนทัล เป็นเสมือนน้ำทิพย์ชุบขโมก กระตุ้นพรีฟรอนทัลให้สนใจ อยากรู้ อยากทำ

เมื่อสมองส่วนลิมบิกส่งสัญญาณให้สมองพรีฟรอนทัล พรีฟรอนทัลจะวางแผนหรือเตรียมก่อรูปขั้นตอนของปฏิบัติการขึ้น แล้วสั่งให้ปฏิบัติการอย่างใดอย่างหนึ่ง ลิมบิกและพรีฟรอนทัล จะรอข้อมูลที่ตอบกลับมาหลังปฏิบัติการลงไป เสมือนมีการคาดหมาย หากข้อมูลที่ตอบกลับมาหลังปฏิบัติการไปแล้วเป็นข้อมูลที่ตรงกับการคาดหมายของปฏิบัติการที่กำหนดไว้ สารสื่อประสาทคือ โดปามีนจะถูกผลิตขึ้น



จำนวนมาก สมองพรีฟรอนทัลที่ได้รับรู้ถึงปริมาณโดปามีนที่เพิ่มขึ้นนี้ จะแปลเป็นความรู้สึกและอารมณ์ที่ปิติ ดีใจ ลิงโลด “มันส์” ซึ่งเราได้รับรู้ ระบบลิมบิกจะช่วยบันทึกประสบการณ์นี้ไว้ โดยสมองส่วนฮิปโปแคมปัส จะทำให้ความทรงจำเหล่านั้นคงอยู่ ความทรงจำนี้จะถ่ายทอดกลับมา เมื่อมีข้อมูลหรือสถานการณ์คล้ายกัน ผ่านเข้าสู่การรับรู้ ระบบลิมบิกจะส่งผ่านสัญญาณจากความทรงจำนี้ กลับไปสู่พรีฟรอนทัล และทำให้เราสนใจและอยากทำในสิ่งนั้นๆ อีก

โดยสรุป ความสนใจเริ่มขึ้นจากสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีข้อมูลที่แปลกใหม่ส่งเข้ามากระตุ้นสมอง ระบบลิมบิกส่งสัญญาณให้พรีฟรอนทัลทำงาน มีปฏิบัติการของร่างกาย คือ มีกิจกรรมต่างๆ โดยทั่วไปการมีกิจกรรมต่างๆ เป็นวิธีที่จะตรึงความสนใจของสมอง ให้อยู่ในสิ่งที่กำลังทำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อกิจกรรมที่ได้ดำเนินไปนั้น ทำให้สิ่งที่สมองคาดหวังไว้บรรลุผล



$\frac{1}{4}$



ดังนั้น ขณะที่นักเรียนกระโดดไปบนเส้นจำนวน ใช้มิดดพิชช้ออกเป็น 4 ชิ้น หรือนับลูกแก้ว ร่างกายจึงมีการเคลื่อนไหว ตา หู และกล้ามเนื้อทำงานแบบจดจ่อ สมองน้อยทำงานตลอดเวลา และเมื่อร่างกายทำสิ่งที่ต้องการทำได้ แบบนี้แหละก็จะตรึงความสนใจให้อยู่ได้

5. เบซัลแกงเกลีย (basal ganglia) เป็นส่วนของสมองในระบบลิมบิกที่มีความสำคัญมาก เบซัลแกงเกลียเป็นวงจรในสมองที่ทำงานเสมือนเป็น “แรงขับ” ในการ “เคลื่อนไหว” วงจรนี้ใช้โดปามีน และสมองเองก็อาจใช้วงจรนี้ “ขับเคลื่อนความคิด” เช่นกัน **ผลของโดปามีน คือ ทำให้เรารู้สึก สนใจ และสมองก็มุ่งแก้ปัญหาในระบบความคิดนั้น**

การให้มีการเคลื่อนไหว มีกิจกรรม ดูจะเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ในการเรียนการสอนเด็ก รวมทั้งต้องใช้ข้อมูลนำเสนอที่แปลกใหม่ ดึงดูด เพราะสมองเด็กยังทำงานใน “ระบบคิด” ไม่ดีนัก เด็กเองนั้นเพิ่งจะผ่าน “ระบบทำ” คือ เพิ่งพัฒนาความสามารถในการเคลื่อนไหวอย่างคล่องแคล่วมาได้ไม่นาน วงจรด้าน “การคิด” นั้น



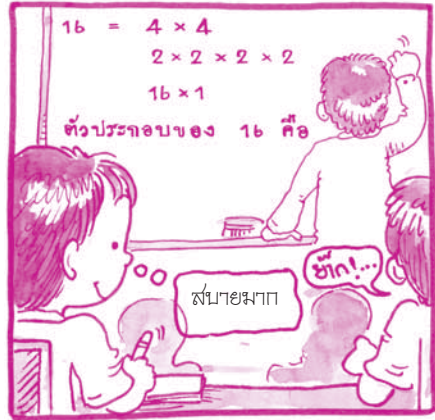
กำลังพัฒนาตามมา อีกประเด็นหนึ่งก็คือ สมองพรีฟรอนทัลของเด็กยังมีศักยภาพไม่พอที่จะ “ควบคุมตนเองจากภายใน” สิ่งกระตุ้นภายนอก (ที่สอดคล้องกับแรงขับสัญชาตญาณภายใน) จะมีบทบาทต่อเด็กมากกว่า

ต่อเมื่อโตขึ้น สมองพรีฟรอนทัลพัฒนาขึ้น ระบบที่ใช้คิดก็ดีขึ้น เมื่อเน้นการเรียนการสอนที่ต้องใช้จินตนาการสูงข้อมูลมีความซับซ้อน จึงอาจดึงดูดหรือดึงดูดความสนใจของสมองอยู่ได้ แต่ถึงกระนั้นก็ตาม **การเคลื่อนไหว การได้เข้าไปลองทำ ก็ยังเป็นการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ดี**

แต่ก่อนจะถึงเวลานั้น การสอนแบบ “**ซอลด์ แอนด์ ทอล์ค**” การให้การบ้านให้นักเรียนเวลาพักผ่อนไม่พอ หรือการสอนที่นักเรียนทำความเข้าใจตามไม่ทัน ฯลฯ เหล่านี้ **จะลดความสนใจ ลดประสิทธิภาพของสมองลง** ความไม่เข้าใจ... น่าเบื่อ... ไม่เข้าใจ... ก็จะเป็นวงจรที่ดำเนินต่อไปในสมอง ไม่เป็นผลดีต่อการเรียนการสอนเลย

๑๓

ต้องเขียน สิ่งที่เข้าใจ ออกมาได้



สิ่งที่นักเรียนเขียนออกมามากที่สุดในช่วงอิงคณิตศาสตร์
ก็คือ เขียนตัวเลข เช่น

$$14 + 15 = 29$$

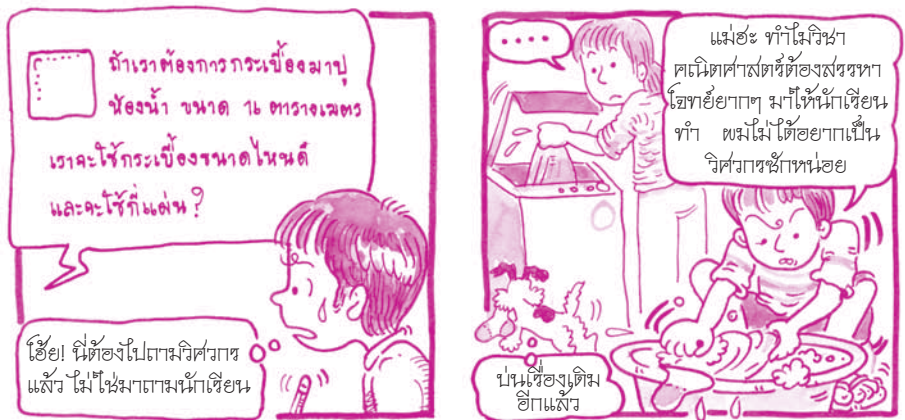
$$108 \div 12 = 9$$

$$11 - 7 = 4$$

$$\sqrt{9} = 3$$

1, 2, 3, 4, 6, 12 เป็นตัวประกอบของ 12

เดิมทีตัวเลขก็ถูกใช้สมมุติขึ้นมา หรือเป็นสัญลักษณ์แทน
ความเป็นจริงชุดหนึ่ง เวลาที่นักเรียนเขียนเลข 9 ก็พอจะ
นึกได้ว่า มันอาจหมายถึง นักเรียน 9 คน เงิน 9 บาท
ใบไม้ 9 ใบ การนึกออกว่าตัวเลขแทนอะไรในโลกที่เป็นจริง
ช่วยให้สมองมีความรู้สึกเชิงจำนวนขึ้นมา (number sense)
ได้ด้วยตัวเอง



จะเกิดอะไรขึ้น ถ้านักเรียนเขียนสัญลักษณ์ $+$ $-$
 $\times$ $\div$ โดยไม่มีความรู้สึกเกี่ยวกับสัญลักษณ์เลย

ในตำราเรียน ก่อนจะเข้าสู่การคำนวณก็มักมีข้อความ
อธิบาย อารัมภบทต่างๆ ก่อน สังเกตได้ว่า มักจะอยู่
หน้าแรกๆ ในแต่ละบท หรือเมื่อจะเริ่มสอนทฤษฎีใหม่

ในชั่วโมงคณิตศาสตร์ จึงมักมีการใช้ภาษาเขียนและ
ภาษาพูดต่างๆ พยายามที่จะอธิบายให้เกิดความเข้าใจ
หรือทำให้เกิดความรู้สึกเชิงจำนวนขึ้นมาให้ได้ แต่การ
อธิบายมักทำโดยครูอธิบายให้ฟังและเขียนลงไปบนกระดาน

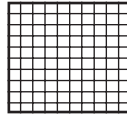


ส่วนที่ครูผู้สอนอาจเน้นมากที่สุด ให้นักเรียนใช้เวลา ผึกฝนให้สำเร็จ คือ การคำนวณ ถ้านักเรียนคำนวณถูกเป็นส่วนใหญ่ ก็เป็นอันว่าใช้ได้ แสดงว่า น่าจะเข้าใจดีพอควรแล้ว และบางครั้งคุณครูคิดว่า ความคิดรวบยอด (concept) นั้นย่อมก่อตัวขึ้นมาได้เอง หรืออย่างน้อยก็มีเขียนบอกไว้ในหนังสือแล้ว ครูก็ได้พูดให้ฟังไปแล้ว แต่ปัญหาของนักเรียนก็คือ นักเรียนอาจเข้าไม่ถึงความคิดนามธรรมที่ซ่อนอยู่ในเรื่องที่เรียน เช่น นักเรียนตอบได้ว่า $\sqrt[3]{729} = 9$ แต่นักเรียนเข้าใจหรือไม่ว่า อะไรคือความคิดเบื้องหลัง ตัวเลข และสัญลักษณ์ชุดนี้

ดังได้กล่าวมาแล้วว่า ความเข้าใจของสมองไม่ใช่ว่าได้มาจากการฟัง หรือการอ่านเพียงเท่านั้น บางครั้งการฟังและการอ่านก็เพียงพอที่จะทำให้เกิดความเข้าใจ แต่บางครั้งก็ไม่ใช่

ลองพิจารณาตัวอย่างการสอนคณิตศาสตร์ต่อไปนี้ เป็นการสอนเรื่อง การกระจายจำนวนจากหลักร้อยไปหลักหน่วย

ถ้านักเรียนไม่เข้าใจว่า

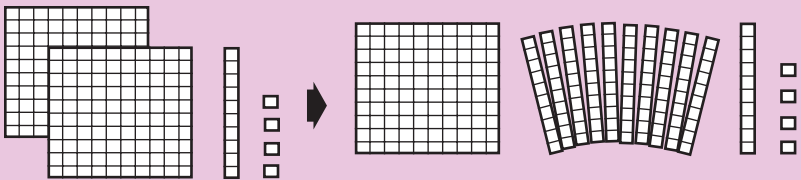


ทำไมจึงเท่ากับ 100

นักเรียนก็ไม่สามารถจะสร้างความรู้สึกเชิงจำนวนขึ้นมาได้ ใช่ไหม

ทบทวนการกระจายจากหลักร้อยไปหลักหน่วย

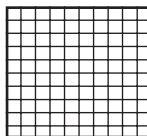
การกระจายจำนวนจากหลักร้อยไปหลักหน่วย



$$214 = 200 + 10 + 4$$

$$214 = 100 + 110 + 4$$

ผู้สอนเข้าใจ
ดีแล้วว่า



1 ช่อง = 1 หน่วย

100 ช่อง = 100 หน่วย

นักเรียนเข้าใจว่า 200 ช่อง ก็คือ 100 ช่องรวมกับอีก 100 ช่อง เป็น 200 ช่อง แต่นักเรียนทราบหรือเปล่าว่ 1 ช่องเท่ากับ 1 หน่วย และที่สำคัญ “หน่วย” คืออะไร เชื่อมโยงกับอะไรได้บ้าง

ดังนั้น การให้นักเรียน**ได้เขียนด้วยความคิดตัวเอง** จึงเป็น
การเขียนที่มีประโยชน์ในชั่วโมงคณิตศาสตร์ หัวข้อต่อไปนี้เป็น
แนวทางที่อาจนำไปใช้เริ่มต้นฝึกฝนนักเรียน

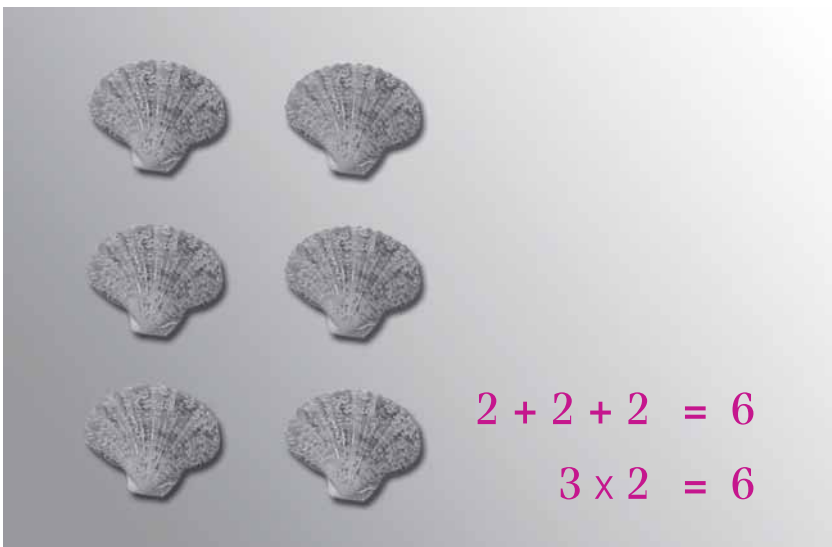
**ฝึกให้เขียนอธิบายคำศัพท์คณิตศาสตร์ออกมาเป็น
ภาษาของตัวเอง** ไม่จำเป็นต้องสละสลวย แต่ให้อธิบาย
จากความเข้าใจของตัวเองจริงๆ เวลาคุณครูตรวจสอบ
หรือแนะนำ อย่างนั้นว่า ตรงกับหนังสือเรียนหรือเปล่า
มิฉะนั้น นักเรียนจะคัดลอกข้อความจากหนังสือเรียนออกมา

เขียนเกี่ยวกับความน่าอัศจรรย์ของตัวเลข เช่น

$$2 + 2 + 2 = 6$$

$$3 \times 2 = 6$$

แปลกมากที่เครื่องหมาย $\times$ กับเครื่องหมาย $+$ มีความ
สัมพันธ์กัน



สัญลักษณ์นี้คือ หยิน-หยาง
เป็นครึ่งหนึ่งที่ประกอบกัน



ส่วนหนึ่งเรียกว่า ครึ่งหนึ่ง
หรือเขียนเป็นสัญลักษณ์ $\frac{1}{2}$

สระว่ายนํ้ามี 4 ลู่



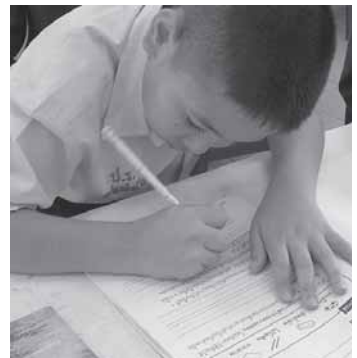
ขนาดพื้นที่แต่ละลู่เป็น หนึ่งส่วนสี่ หรือ $\frac{1}{4}$ ของขนาดพื้นที่ลู่ทั้งหมดรวมกัน

กำหนดคำบางคำเพื่อช่วยให้การเขียน
เริ่มต้นได้ เช่น

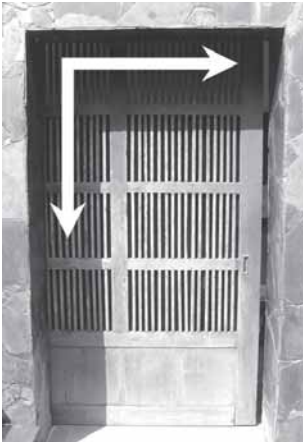
- วันนี้เราเรียนเรื่อง
- ฉันคิดว่าน่าสนใจเพราะ.....
- หลักการที่ผมคิดว่าสำคัญมาก
สำหรับการหาร คือ.....
- ตัวประกอบ มีไว้เพื่อ.....
- เราหา หรม. ก็เพื่อ.....
- การคูณมีประโยชน์เพราะว่า.....



กระตุ้นให้นักเรียนเขียนออกมาอย่าง
เป็นธรรมชาติ เขียนจากความคิดของ
ตัวเอง เราต้องการกระตุ้นให้สมองเปลี่ยน
ความคิดของตัวเองออกมาเป็นภาษา
เมื่อเปลี่ยนความคิดออกมาเป็นภาษาได้สำเร็จ
ความเข้าใจคณิตศาสตร์จะยกระดับขึ้น



จาก Lab สมองสู่ห้องเรียน



» เมื่อสอนและอธิบายจนชัดเจนแล้วว่าอะไรเป็นอะไร ลองให้นักเรียนเขียนออกมาว่า เขาเข้าใจอย่างไร เช่น นักเรียนลองอธิบายออกมาว่า มุมฉากเป็นยังไง มุมป้านเป็นยังไง สีเหลี่ยมต่างกับสามเหลี่ยมตรงไหน การหารคืออะไร

» การเขียนสิ่งที่เข้าใจออกมาเป็นภาษาครูไม่ควรเคร่งครัดเรื่องความถูกต้องของการใช้ภาษาเกินไป จะทำให้นักเรียนเกร็งและไม่อยากเขียน

ตัวอย่างการเขียนสรุปสาระสำคัญ

- ตัวเลขที่มีจุดทศนิยมนั้น เขียนโดยแยกจำนวนเต็มกับจำนวนน้อยกว่าหนึ่งออกจากกัน



20.51

20 คือจำนวนเต็ม .51 คือส่วนที่น้อยกว่าหนึ่ง

- ถ้าต้องการเปรียบเทียบตัวเลขที่มีจุดทศนิยมตามลำดับค่ามากค่าน้อย ให้เปรียบเทียบจำนวนเต็มก่อนโดยเริ่มจากหลักที่มากที่สุด (ตัวต้น) จากนั้นไปหลักอื่นๆ ที่เป็นตัวเลขถัดไป เช่น หมื่น พัน ร้อย สิบล้าน หน่วยตามลำดับ แล้วจึงค่อยเทียบตัวเลขหลังจุดทศนิยม



» **ก่อนจะให้เขียนอธิบายอะไร** ลองให้นักเรียนช่วยกันพูดออกมาก่อน ไม่ใช่พูดกับครูเสมอไป แต่อาจพูดในกลุ่มเล็กๆ หรือจับคู่พูดกัน เพราะถ้าให้พูดกับครูก็มีแต่คนเก่ง คนกล้า ที่ยืนขึ้นพูด



» **ลองแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มเล็กๆ** ให้ช่วยกันเขียนเป็นกลุ่ม เพื่อลดปัญหาการเขียนไม่ได้ หรือไม่อยากเขียน แต่ในที่สุดก็ต้องให้เขียนลงในสมุดของตัวเองเป็นรายบุคคล



» **การเขียนเป็นกลุ่มต้องทำในชั้นเรียน** หลีกเลี่ยงการกลับไปเขียนรายงานเป็นกรบ้าน เพราะยากที่จะควบคุมให้นักเรียนร่วมมือกันจริงๆ



จัดระบบ ความคิดในสมอง



เด็ก ในโลกปัจจุบันนี้เป็นเด็กยุคเทคโนโลยี แต่คุณพ่อคุณแม่อาจมาจากโลกยุคเก่า ยิ่งคุณครูที่อายุมากๆ ก็มาจากสมัยที่โทรทัศน์ยังเป็นสีชาวดำ ความแตกต่างระหว่างโลกเก่ากับโลกใหม่ ทำให้การสื่อสารกันระหว่างผู้ใหญ่กับเด็กไม่ใช่เรื่องง่ายนัก เพราะเรามีประสบการณ์คุ้นเคยแตกต่างกัน

วิธีการจัดระบบความคิดของคนสมัยก่อน อาจอยู่ในรูปการจดบันทึกข้อความยาวๆ บางทีก็เก็บความคิดไว้ใน “หัว” นั้นแหละ เคยมีคำบอกเล่าว่า เด็กๆ ขาดอิทธิพลของเพลงสามารถจดจำประวัติศาสตร์ของเผ่าได้ผ่านการร้องเพลงเล่าเรื่องยาวถึง 3 ชั่วโมง และจำได้หมดไม่ตกหล่นเลย

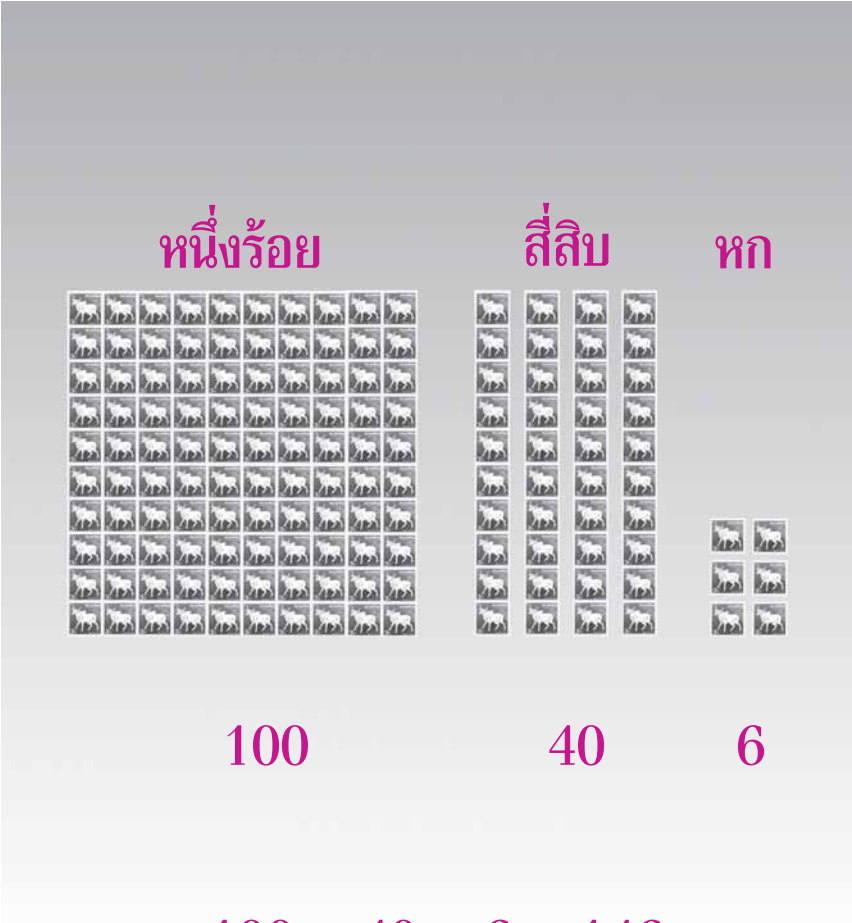


การที่จะช่วยให้เด็กจัดระบบความคิดในสมองได้ง่ายขึ้น ควรคำนึงถึงหลักการที่สำคัญ ดังนี้

1. สมองแปลผลข้อมูลภาพเร็วกว่าข้อมูลเสียง เด็กสมัยใหม่คุ้นเคยอยู่กับภาพ ภาพเคลื่อนไหว และกราฟิก (graphic) มาก การที่คุ้นเคยมาก ก็ทำให้สมองสร้างวงจรชนิดนั้นไว้มาก เมื่อใช้ภาพและกราฟิก สมองจะแปลความหมายได้อย่างรวดเร็ว

ขณะที่สมองรับเสียงคือ ฟังคำอธิบาย สมองทำการเรียงลำดับเสียงที่ได้ยินเข้าไปเก็บไว้ เสียงที่สมองได้ยินนั้นต้องเรียงเข้าไปในสมองทีละเสียง เช่น **เศษ สาม ส่วน สี่ เศษ หนึ่ง ส่วน สอง** คำเหล่านี้ต้องเรียงเข้าไปทีละเสียง จะเข้าไปหมดพร้อมกันไม่ได้ ดังนั้น การประมวลผลข้อมูลเสียงจึงช้ากว่าการทำงานของสมองส่วนรับภาพ

ภาพข้างล่างนี้ ใช้แสดงบิ่สอนเรื่องจำนวน ตัวเลข
หลักหน่วย หลักสิบ หลักร้อย และการบวก โดยใช้ภาพ
กราฟิกเข้าช่วยในการสอน





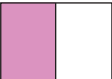
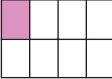
2. กราฟิก (graphic) ก็คือ การนำเสนอความรู้ออกมาในรูปของตัวหนังสือ ภาพ และสัญลักษณ์พร้อมกัน

นวัตกรรมของการทำกราฟิก ทำให้ข้อมูลยากๆ กลายเป็นข้อมูลที่เข้าใจง่าย กราฟิกจึงทำหน้าที่เป็นภาพอย่างหนึ่ง

สมองรับข้อมูลภาพเข้าไปพร้อมกันคราวเดียว ไม่ต้องค่อยๆ เรียงข้อมูลเข้าไป ดังนั้น การรับภาพและกราฟิกจึงช่วยสมองให้เข้าใจคณิตศาสตร์เร็วขึ้น จัดระบบความคิดของตัวเองได้ดีขึ้น

คุณครูสมัยใหม่ ควรใช้ภาพและกราฟิก มาช่วยในการจัดระบบความคิดในสมองของเด็กให้มากขึ้น ที่สำคัญคือ ในโครงสร้างสมองของมนุษย์นั้น พื้นที่รับภาพมีขนาดใหญ่กว่าพื้นที่รับเสียง การใช้ภาพและกราฟิก จึงเท่ากับได้ใช้พื้นที่รับภาพในสมอง ซึ่งมีขนาดใหญ่ให้เป็นประโยชน์อย่างเต็มที่

หลังจากครูสอนเนื้อหาแล้ว เช่น นักเรียนผ่านประสบการณ์จริงในการแบ่งขนมในถาดแล้ว จำเป็นต้องจัดระบบประสบการณ์ที่จัดกระจายอยู่ในสมองของเด็ก ออกมาเป็นแผนภาพ และหรือเป็นกราฟิก เพื่อช่วยการทำงานของสมองให้ง่ายขึ้น ดังตัวอย่างข้างล่างนี้

ภาพ	ภาษาพูด	สัญลักษณ์แทนจำนวน
	หนึ่งถาด	1
	ครึ่งถาด	$\frac{1}{2}$
	หนึ่งในสามถาด	$\frac{1}{3}$
	หนึ่งในสี่ถาด	$\frac{1}{4}$
	หนึ่งในแปดถาด	$\frac{1}{8}$

- ลองดูภาพข้างบนนี้ ภาษาและถ้อยคำที่อธิบายในภาพ ทำหน้าที่เป็นเสมือนกาว (glue) ที่จะเชื่อมความเข้าใจ (concept) ประสบการณ์ย่อยๆ ของนักเรียนเข้าด้วยกัน
- กราฟิก เป็นภาพชนิดหนึ่ง รับรู้ได้ง่าย น่าสนใจ กราฟิกจะกระตุ้นการทำงานของสมองซีกขวา
- เนื้อหาที่แจ่มแจ้งในกราฟิก เป็นรายละเอียดต่างๆ ช่วยกระตุ้นการทำงานของสมองซีกซ้าย

ตัวอย่างเอกสารที่ทำการกราฟิกแล้ว

บันได 6 ขั้น ในการแก้ปัญหาโจทย์

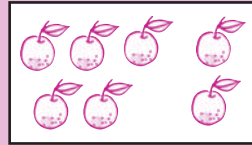
1. อ่านโจทย์ให้ดีกว่าก่อน



2. โจทย์ต้องการถามอะไร
มีข้อมูลอะไรบ้างที่รู้แล้ว



3. วาดภาพความคิด
ของเธอออกมา ถ้าจำเป็น



4. เขียนประโยคคณิตศาสตร์
เพื่อเตรียมตอบคำถาม

$$7-5 = ?$$

5. ลงมือแก้ปัญหา หรือ
แก้โจทย์ แสดงวิธีทำออกมา

$$7-5 = 2$$

6. ตรวจสอบอีกที



ตัวอย่างกราฟิกที่ใช้สรุปการสอนพิเศษส่วน



บอกส่วนที่แบ่งออก จากพื้นที่หรือของหนึ่งสิ่ง

เศษ **3** → บอกเฉพาะจำนวนส่วนแบ่งที่นับแยกออกมา
ส่วน **4** → บอกว่าแบ่งเท่าๆ กันเป็นทั้งหมดกี่ส่วน

3. การสรุปสิ่งที่สอนแล้ว ควรสรุปออกมาเป็นกราฟิกต่างๆ เช่น ใช้เส้นโยง ตาราง แผนภูมิ แผนผัง และเส้นกราฟ เป็นต้น

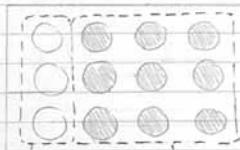
หลังจากคุณครูสอนเนื้อหาแล้ว ย่อมมีข้อความ การลงมือปฏิบัติ และคำอธิบายอยู่จำนวนมาก เสียงและภาพเหล่านี้ กระจัดกระจาย อยู่ในสมองของเด็ก จำเป็นต้องทำการสรุปให้เด็กเห็นหรือเข้าใจได้ง่าย

4. เมื่อครูสรุปการสอนแล้ว ต้องให้เด็กเป็นฝ่ายสรุปออกมาบ้าง

วิธีการที่ดีในการสรุป คือ ให้นักเรียนเขียนออกมา หรือให้เด็กเปลี่ยนความเข้าใจในสมองออกมาเป็นภาษา เช่น หลังจากครูสอนเรื่องเศษส่วน โดยผ่านประสบการณ์จริงในการแบ่งขนมในถาดแล้ว ต้องให้เวลานักเรียนจัดระบบประสบการณ์ที่กระจัดกระจายอยู่ในสมอง ออกมาเป็นแผนภาพ และ/หรือเป็นกราฟิก เพื่อช่วยให้การทำงานของสมองง่ายขึ้น

เศษส่วน

ส้มปิ้งในจานทั้งหมด 12 ชิ้น



สีขาว
3 ชิ้น

สีดํา
9 ชิ้น

$$= \frac{3}{12}$$

$$= \frac{9}{12}$$

ถ้าส้มปิ้งสามก้อน รวมกันเป็นหนึ่งถุง



ส้มปิ้ง 4 ถุง

สีขาว 1 ถุง
 $= \frac{1}{4}$

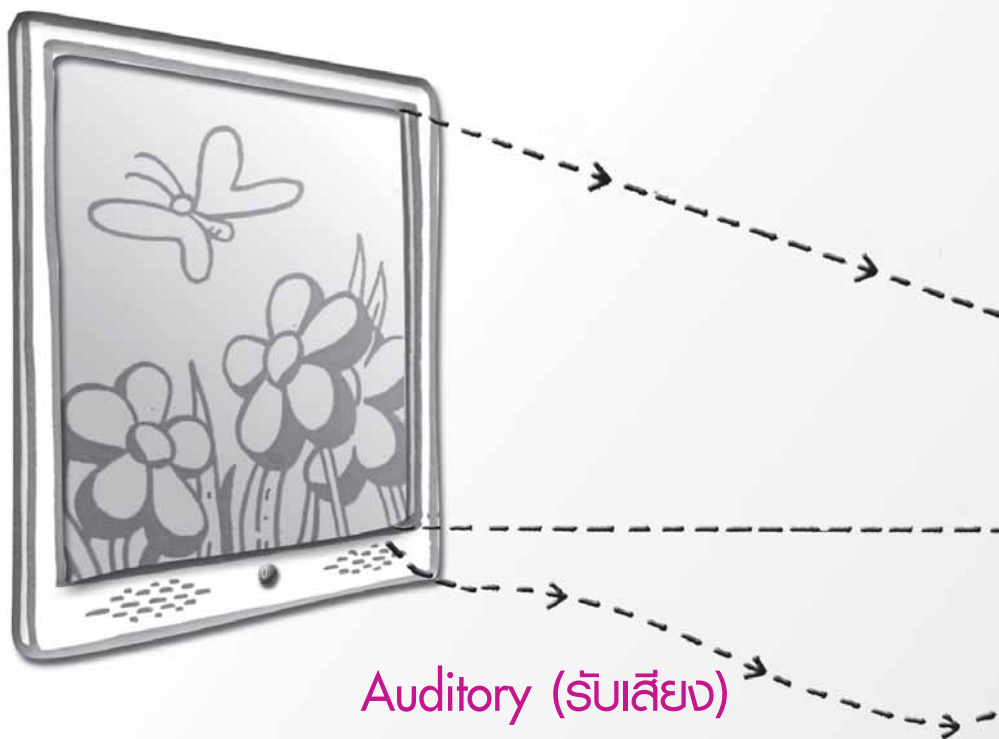
สีดํา 3 ถุง
 $= \frac{3}{4}$

การตัดทอน $\frac{3}{12} = \frac{1}{4}$

$\frac{9}{12} = \frac{3}{4}$

สอบันพธ

เปรียบเทียบการทำงานของสมอง ในระบบรับภาพกับระบบรับเสียง



Auditory (รับเสียง)

รับเสียง



เข้าใจเสียง



รวมเรื่องที่ได้ยิน

มาสร้างเป็นความหมาย

Visual (รับภาพ)

รับภาพ

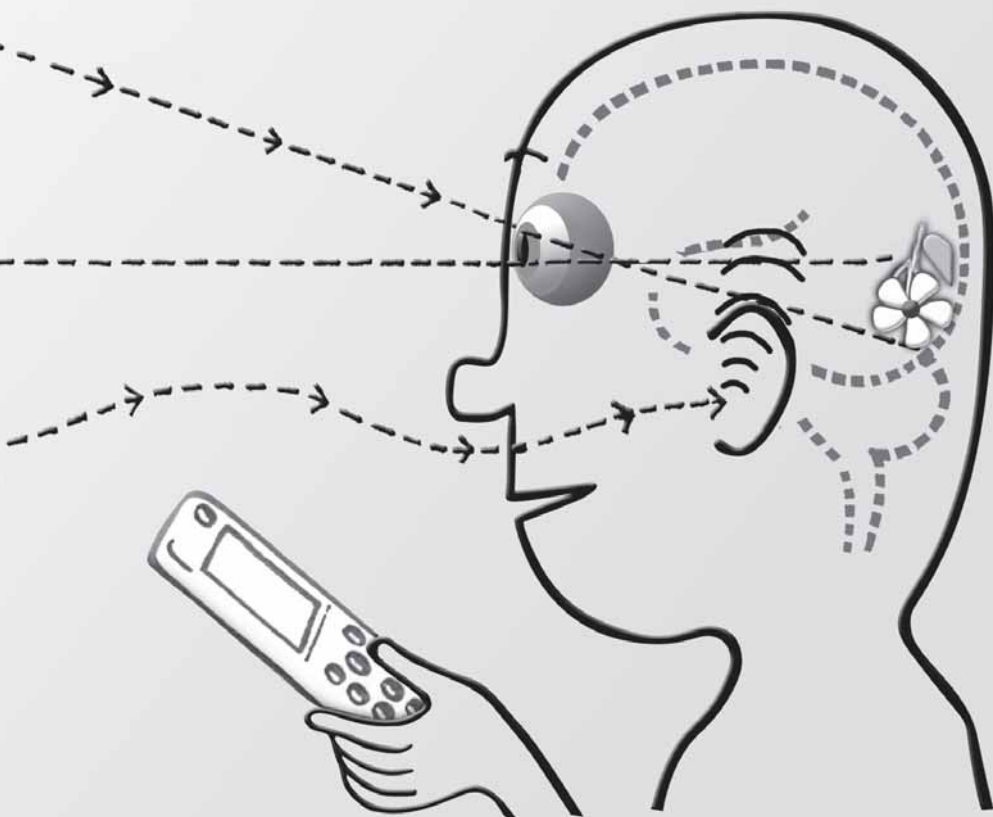


เข้าใจภาพ (Visualize)



รวมภาพและกราฟิก (ซึ่งก็คือภาพ)

มาเป็นความคิดรวบยอด





ใช้เวลาให้เป็น โดยเข้าใจสมอง



คุณ ครูเริ่มต้นชั่วโมงคณิตศาสตร์โดยวิธีไหน? บางครั้งเราจะพบว่า คุณครูเริ่มต้นชั่วโมงคณิตศาสตร์ โดยการทบทวนความรู้ที่เรียนมาจากชั่วโมงก่อน หรือไม่ก็ทบทวนการบ้านที่นักเรียนได้ทำไปแล้วและมีผิดพลาดบางอย่าง การทำแบบนี้ก็อาจเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ได้ แต่สิ่งที่ต้องระวังคือเรากำลังใช้ช่วงเวลาทอง (prime-time) อย่างถูกต้องหรือเปล่า?

เวลาไพรม์-ไทม์ (prime-time) ของสถานีโทรทัศน์ก็คือเวลาที่ผู้ชมนิยมดูโทรทัศน์มากที่สุด เป็นเวลาที่ผู้ชมรับประทานอาหารเย็นแล้ว การงานจบลงแล้ว อาบน้ำอาบทำสบายใจแล้ว คือสมองพร้อมที่จะดูโทรทัศน์แล้วนั่นเอง

เวลาไพรม์-ไทม์ (prime-time) ไม่ได้มีอยู่แต่สำหรับโทรทัศน์ ในชีวิตของเรามีไพรม์-ไทม์ (prime-time) ทุกชั่วโมง



ช่วงไพรม์-ไทม์ (prime-time) เป็นช่วงที่สมองมีความพร้อมสูงมากการเรียนรู้พร้อมจะเริ่มต้นขึ้นใหม่อีกครั้งหนึ่ง เพราะเหตุผลต่างๆ เช่น เริ่มต้นชั่วโมงแรก เปลี่ยนชั่วโมงใหม่ ได้พักแล้วมาเริ่มต้นกันใหม่ เปลี่ยนอริยาบถแล้วสมองแล่นดีขึ้น ชั่วโมงใหม่จึงมักจะเริ่มต้นขึ้นด้วยไพรม์-ไทม์ (prime-time) เสมอ ยกเว้นแต่ว่า ชั่วโมงที่ผ่านมาจบลงอย่างเบื่อหน่าย และชั่วโมงใหม่ก็เริ่มต้นด้วยความน่าเบื่อหน่ายไม่แพ้กัน โดยที่ระหว่างชั่วโมง สมองก็ไม่ได้เปลี่ยนอริยาบถเลยด้วยซ้ำ

ถ้าเราเป็นคนช่างสังเกต ก็จรรู้ว่าในการเรียนรู้สิ่งใดที่ได้ยินก่อนเป็นตอนแรกๆ จะจำได้ดีกว่าสิ่งที่ตามมาทีหลัง และที่แปลกคือ สิ่งทีพูดหรือได้ยินหลังสุดนั้นก็มักจำได้ดีเหมือนกัน แสดงว่า ข้อมูลที่อยู่ระหว่างกลางนั้นเสียเปรียบ เพราะสมองอาจให้ความสนใจน้อยลง

สมองส่วนหน้า (Frontal lobe)



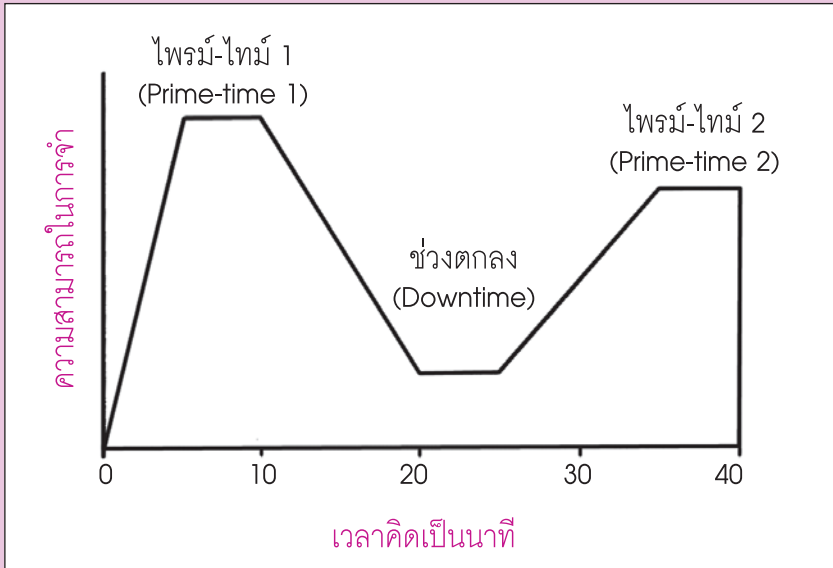
สมองส่วนนี้ตรงกับบริเวณกะโหลกสมองส่วนหน้าผาก กินบริเวณเลยไปข้างๆ จรดบริเวณขมับ และข้างบนจนถึงกลางกระหม่อม นั่นคือทั้งหมดของครึ่งหน้าของศีรษะและกระหม่อม เป็นสมองส่วนที่สำคัญ และพัฒนามากในมนุษย์ ทำหน้าที่ในการคิดวิเคราะห์/ตัดสินใจ เกี่ยวข้องกับสติปัญญา/ความตั้งใจ เป็นศูนย์สั่งการให้มีพฤติกรรมต่างๆ



ความรู้เรื่องไพร์ม-ไทม์ (prime-time) นี้ รู้กันมานานแล้ว และเคยมีคนเขียนเป็นทฤษฎีไว้ตั้งแต่ทศวรรษ 1880 ในเวลาต่อมา ความรู้เรื่องนี้ถูกศึกษาเพิ่มเติม และยืนยันโดยนักประสาทวิทยาศาสตร์

ในช่วงเวลาที่เรากำลังอยู่ และสมองเรารับรู้สิ่งต่างๆ ตลอดวันนั้น ความสามารถในการให้ความสนใจ (attention) ของเรามีอยู่เป็นช่วงๆ ถ้ามีข้อมูลใหม่แทรกเข้ามาในช่วงที่ความสนใจตกลงไป ข้อมูลนั้นๆ จะถูกลดความสำคัญลง ทำให้จำได้ยาก หรือกระทั่งถูกลืมไป

ความสามารถในการจำในชั่วโมงการเรียนรู้



อ้างอิง : David A. Sousa, *How the Brain Learns Mathematics*,
California : Corwin Press, p.61, 2001.

ทฤษฎีที่อธิบายเรื่องนี้กล่าวว่า ขณะที่สมองรับข้อมูลนั้น ต้องอาศัยพื้นที่ในการทำงานของความจำขณะใช้ความคิด (working memory) และพื้นที่นี้มีอยู่จำกัดในช่วงเวลาหนึ่งๆ การที่สมองรับข้อมูลได้จำกัดนี้ จึงกำหนดช่วงเวลาการเรียนรู้ในแต่ละช่วงไม่ให้ยาวนานนัก

นักประสาทวิทยาศาสตร์ได้เสนอว่า สมองมีช่วงเวลาแห่งการเรียนรู้แต่ละช่วงประมาณ 40 นาที (เป็นตัวเลขเฉลี่ย ไม่ได้หมายความว่า เป็น 40 นาทีเสมอไป) ใน 40 นาทีนี้ สมองอยู่ในช่วงไพรม์-ไทม์ 2 ครั้ง คือ ช่วงเริ่มต้น กับช่วงท้าย เวลาที่อยู่ตรงกลางนั้น สมองอยู่ในช่วงขาลง (downtime) คือ ความสนใจตกลงไป และจดจำอะไรได้น้อย



ช่วงเวลาไพรม์-ไทม์ (Prime-time) และดาวนไทม์ (Downtime)

จากความรู้เรื่องไพรม์-ไทม์-ดาวนไทม์ (prime-time - downtime) นี้
คุณครูจะใช้มาประยุกต์วางแผนการสอน และวางกลยุทธ์การสอนได้

- ระยะต้นชั่วโมง มองอยู่ในช่วงนาทีทอง ความสามารถในการรับรู้ และจดจำดี ดังนั้น ควรเป็นช่วงนำเสนอความรู้ใหม่ ความคิด หรือ เนื้อหาใหม่ หรือให้ลงมือปฏิบัติการ “สร้าง” ความรู้ขึ้นมา
- ระยะต้นชั่วโมงไม่ควรเป็นช่วงจัดการบ้าน หรือตรวจงาน
- ระยะต้นชั่วโมงไม่ควรเป็นช่วงเรียนรู้สาระใหม่ หรือระดมสมอง หาความคิดเห็น ในเรื่องที่ยุ่เรียนไม่เคยมีประสบการณ์ หรือไม่มี ความรู้มาก่อนเลย
- ระยะกลางชั่วโมง เป็นช่วงที่สมองอาจทำการฝึกฝน ทำแบบฝึกจาก สิ่งที่เคยเรียนมาแล้ว



- ช่วงไพรม์-ไทม์ (prime-time) ทำยชั่วโมง ควรเป็นช่วงสรุปสาระสำคัญของสิ่งที่เรียนรู้มา
- ไม่ควรใช้เวลาต้นชั่วโมงในการรวบรวมสมุดการบ้าน เก็บกวาดโต๊ะ ทำความสะอาดห้อง ฯลฯ
- ไม่ควรให้นักเรียนจัดการบ้านทันที ก่อนที่การสอนจะเริ่มต้นขึ้น
- ช่วงเวลาไพรม์-ไทม์ (prime-time) หลีกเลี่ยงการระดมความคิดเห็น (ผิดๆ ถูกๆ) ของนักเรียน ในหัวข้อใหม่ที่นักเรียนไม่เคยเรียนมาก่อน
- ใช้ช่วงขาลง (downtime) ในการทำแบบฝึกหัด หรือสนทนาเพิ่มเติมเกี่ยวกับหัวข้อเรียนรู้
- ทำการสรุป จัดระบบความคิดอีกรอบหนึ่ง ในช่วงสุดท้ายของคาบนั้น คือ ไพรม์-ไทม์ (prime-time) ช่วงที่สอง ถ้าต้องการเพียงทบทวน (ฝึกฝน) ควรทำช่วงขาลง (downtime)

บรรณานุกรม

พี. สปริงเกอร์ และจอร์จ ดัตช์. **สู่อัจฉริยะด้วยสมองสองซีก**. แปลจาก Left Brain Right Brain. โดยนายแพทย์สันต์ สิงห์ภักดี. กรุงเทพฯ : โฮลิสติก, ๒๕๔๐.

พรพิไล เลิศวิชา และอัครภูมิ จารุภากร. **สมองวัยเริ่มเรียนรู้**. กรุงเทพฯ : สถาบันวิทยาการการเรียนรู้, ๒๕๕๐.

พรพิไล เลิศวิชา และอัครภูมิ จารุภากร. **ออกแบบกระบวนการเรียนรู้ โดยเข้าใจสมอง**. กรุงเทพฯ : สถาบันวิทยาการการเรียนรู้, ๒๕๕๐.

ริชาร์ด วอล์คเกอร์. **สมอง ศูนย์ควบคุมประสาทในร่างกายของเรา**. แปลโดย ดร.อมิศักดิ์ ภูพิพัฒน์. กรุงเทพฯ : แพรงคลิน วัตต์ส และไทยวัฒนาพานิช, ๒๕๔๘.

วิทยากร เชียงกุล. **เรียนลึก รู้ไว ใช้สมองอย่างมีประสิทธิภาพ**. กรุงเทพฯ : สถาบันวิทยาการการเรียนรู้, ๒๕๕๐.

อัครภูมิ จารุภากร และพรพิไล เลิศวิชา. **สมอง เรียน รู้**. กรุงเทพฯ : สถาบันวิทยาการการเรียนรู้, ๒๕๕๐.

Baron-Cohen, Simon. **The Essential Difference**. London : Penguin Books, 2004.

Caine, G., Caine, R.N., & Crowell, S. **Mind Shift**. USA : Zephyr Press, 1995.

Gardner, Howard. **Multiple Intelligences**. New York : Basic Books, 2006.

Gazzaniga, Michael S., Ivry, Richard B., Mangun, George R. **Cognitive Neuroscience, The Biology of the Mind**. New York : W. W. Norton&Company, 2009.

Goleman, Daniel. **Emotional Intelligence : Why it can matters more than IQ**. New York : Bantam Books, 1995.

Goleman, Daniel. **Social Intelligence : The New Science of Human Relationships**. New York : Bantam Books, 2006.

Greenberg, Marvin. **Your Children Need Music**. New Jersey : Prentice Hall, 1979.

Hines, Mielissa. **Brain Gender**. London : Oxford University Press, 2004.

Holstein, Barbara Beeker. **The Truth**. New Jersey : Enchanted Self Press, 2008.

Kermally, Sultan. **Developing and Managing Talent**. London : Thorogood, 2004.

Kolb, Bryan and Whishow, Ian Q. **Fundamentals of Human Neuropsychology**.
New York : Worth Publishers, 2009.

LeDoux, J.E. **The Emotional Brain**. New York : Phoenix, 1998.

Mackintosh, N.J. **IQ and Human Intelligence**. London : Oxford University Press,
2007.

Piaget, Jean. **The Construction of Reality in The Child**. Translated into English by
Margaret Cook. New York : Routledge Kegan Paul, 1999.

Sigelman, Carol K. Rider, Elizabeth A. **Life-Span Human Development**. China :
Thomson-Wadsworth, 2006.

Sousa, David A. **How the Brain Learns Mathematics**. California : Corwin Press, 2001.

Tulving, Endel and Craik, Fergus I.M. (Editor). **The Oxford Handbook of Memory**,
London : Oxford University Press, 2000.

Winston, Robert. **The Human Mind and How to make the most of it**. Berkshire :
Bantam Books, 2003.

Zull, James E. **The Art of Changing the Brain**. Verginia : Stylus Publishing, 2002.

นิตยสาร

Scientific American Mind. Volume 17 Number 4, August/September 2006.

Time. Volume 163 Number 21, May 2004.

ขอขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบัน องค์กร คณะครูอาจารย์ และครอบครัวต่อไปนี้
ที่กรุณาเอื้อเฟื้อ ให้ความอนุเคราะห์ ร่วมมือ ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล ทำการ
วิจัย เปิดโอกาสให้สนทนาแลกเปลี่ยน และอนุญาตให้ถ่ายภาพ

- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ
- ศึกษาานิเทศก์จากเขตพื้นที่ต่างๆ ซึ่งได้เข้าร่วมในกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบ Brain-based Learning
- สถาบันส่งเสริมอัจฉริยภาพและนวัตกรรมการเรียนรู้ (สสอ.น.)
- โรงเรียนปิ่นสร้อยแยลส่ววิทยาลัย อ.เมือง จ.เชียงใหม่
- โรงเรียนเทศบาลวัดพวงช้าง อ.เมือง จ.เชียงใหม่
- โรงเรียนบ้านโป่งแยงนอก อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่
- โรงเรียนเทศบาลสุขสำราญ อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี
- โรงเรียนบ้านโนนแดง อ.เมือง จ.อุบลราชธานี
- โรงเรียนบ้านเจ้าทุ่ง อ.วังหิน จ.ศรีสะเกษ
- โรงเรียนอนุบาลศรีสะเกษ อ.เมือง จ.ศรีสะเกษ
- โรงเรียนอนุบาลยางชุมน้อย อ.ยางชุมน้อย จ.ศรีสะเกษ
- โรงเรียนบางยี่ขันวิทยาคม เขตบางพลัด กรุงเทพฯ
- โรงเรียนไทยรัฐวิทยา 55 อ.เมือง จ.นนทบุรี
- โรงเรียนชุมชนบ้านทางควาย อ.จะนะ จ.สงขลา
- โรงเรียนศิริพงษ์วิทยา อ.เมือง จ.สงขลา
- โรงเรียนบ้านใหม่สารภี อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่
- โรงเรียนวัดช้างกระดาศ อ.สันป่าตอง จ.เชียงใหม่
- โรงเรียนวัดเวฬุวัน อ.สารภี จ.เชียงใหม่
- โรงเรียนชุมชนบ้านท่าข้าม อ.ฮอด จ.เชียงใหม่
- โรงเรียนมงคลวิทยา อ.เมือง จ.ลำพูน

- โรงเรียนกิตติวิทยา อ.เมือง จ.ตราด
- โรงเรียนอนุบาลตราด อ.เมือง จ.ตราด
- โรงเรียนวัดบางโหลงใน อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ
- โรงเรียนบ้านห้วยดง อ.สูงเม่น จ.แพร่
- โรงเรียนอนุบาลหนองคาย อ.เมือง จ.หนองคาย
- โรงเรียนพนัสพิทยาคาร อ.พนัสนิคม จ.ชลบุรี
- โรงเรียนอนุบาลบางกรวย(วัดศรีประวัติประชาชนนิยม) อ.บางกรวย จ.นนทบุรี
- โรงเรียน Lanna International School Thailand (LIST) จ.เชียงใหม่
- โรงเรียน Grace International School จ.เชียงใหม่
- โรงเรียนนานาชาติเปรม ติณสูลานนท์ จ.เชียงใหม่
- ครอบครัวคุณจรรยา เขียวชาญรัตนกุล
- ครอบครัวคุณบุญเลิศ และคุณวันทนา เพชรฤกษ์วงศ์
- ครอบครัวคุณมาลา บันใจ
- ครอบครัวคุณพรณี ดอนชัย
- ครอบครัวคุณตรีวรรณ ทิพย์จักร
- ครอบครัวคุณเชิดชัย เมืองแก้ว
- ครอบครัวคุณจงขวัญ ยาวีปา
- ครอบครัวคุณสุภาพร ปักษา
- ครอบครัวคุณพันธ์ศักดิ์ อุ่นจาย
- ครอบครัวคุณชุตติกาญจน์ แก้วโพธิ์
- ครอบครัวคุณอัญชลี ประสานวิทย์

คณะทำงาน

ที่ปรึกษา

เลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (คุณหญิงกษมา วรวรรณ ณ อยุธยา)

รองเลขาธิการคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (นายวินัย รอดจ่าย)

ที่ปรึกษาด้านพัฒนากระบวนการเรียนรู้ (นายสุชาติ วงศ์สุวรรณ)

ผู้เชี่ยวชาญด้านประเมินผลการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐาน (นางวาทีณี อีระตระกูล)

ผู้อำนวยการสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (นางเบญจลักษณ์ น้ำฟ้า)

ผู้เขียน

นางพรพิไล เลิศวิชา

ที่ปรึกษาทางวิชาการ

นายแพทย์อัครภูมิ จารุภากร

ผู้รับผิดชอบโครงการ

นางภาวนี อ่างเลิศฤทธิ์ รองผู้อำนวยการสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา

นางภาวณี แสนทวีสุข นักวิชาการศึกษา สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา

นางสาวอนัญญา นาววัฒน์ นักวิชาการศึกษา สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา

นางสาวพรเพ็ญ ทองสิมา นักวิชาการศึกษา สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา

นางมัทนา มรรคผล นักวิชาการศึกษา สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา

นางขวัญใจ ชินสร้อย นักวิชาการศึกษา สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา

พิมพ์ที่ โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด

๙๙ ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ๑๐๙๐๐

โทร. ๐-๒๕๖๑-๔๕๖๗ โทรสาร ๐-๒๕๖๑-๕๑๐๑ นายโชคดี ออสุวรรณ ผู้พิมพ์ผู้โฆษณา พ.ศ. ๒๕๕๒

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางพรพิไล เลิศวิชา

ตำแหน่งทางวิชาการ

เมธีวิจัยอาวุโส สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

ตำแหน่งทางการบริหาร

- ที่ปรึกษาสถาบันส่งเสริมอัจฉริยภาพและนวัตกรรมการเรียนรู้ (สสอน.)
สำนักงานบริหารและพัฒนาองค์ความรู้ (องค์การมหาชน) สังกัดสำนักนายกรัฐมนตรี)
- บรรณาธิการอาวุโส สำนักพิมพ์ธารปัญญา
- รองกรรมการผู้จัดการ บริษัทมัลติมีเดียครีเอชั่น จำกัด
ผู้จัดการฝ่ายผลิตโปรแกรมคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียเพื่อการศึกษา
(Multimedia Edutainment Production Manager)
- หัวหน้าฝ่ายวิจัย สถาบันพัฒนาชนบท มูลนิธิหมู่บ้าน
- บรรณาธิการ (Editor In Chief) ฝ่ายตำราและแบบเรียน บริษัทสำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด

รางวัลและเกียรติคุณ

- ได้รับรางวัลศิษย์เก่าดีเด่น สาขาวิชาการ เนื่องในวาระครบรอบ ๑๐๐ ปี โรงเรียนสตรีวัฒโนทัยพายัพ
- ได้รับโล่เชิดชูเกียรติ “นักปราชญ์ภูมิปัญญาไทย” เนื่องในวาระครบรอบ ๔๐๐ ปี แห่งการสวรรคตสมเด็จพระนเรศวรมหาราช มหาวิทยาลัยนเรศวร
- ได้รับรางวัลเมธีวิจัยอาวุโส สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สาขาการศึกษานูเมน
- ได้รับรางวัลศิษย์เก่าดีเด่น สถาบันราชภัฏเชียงใหม่

ผลงานทางวิชาการ

- สมองเรียนรู้, ๒๕๕๐
- การออกแบบกระบวนการเรียนรู้ โดยเข้าใจ สมอง, ๒๕๕๐
- สมองวัยเริ่มเรียนรู้, ๒๕๕๐
- สอนภาษาไทย ต้องเข้าใจสมองเด็ก ประถมศึกษาตอนต้น (ป.๑-ป.๓), ๒๕๕๐
- สอนภาษาไทย ต้องเข้าใจสมองเด็ก ประถมศึกษาตอนปลาย (ป.๔-ป.๖), ๒๕๕๐
- เด็กไทยใครว่าโง่, ๒๕๔๘
- หนังสือดี ๑๐๐ ชื่อเรื่องที่คนไทยควรอ่าน, ๒๕๔๓
- มัลติมีเดียเทคโนโลยี กับโรงเรียนในศตวรรษที่ ๒๑, ๒๕๔๔
- “สื่อการศึกษากับการพัฒนาการศึกษา” ใน การศึกษากับการวิจัยเพื่ออนาคตของประเทศไทย, ๒๕๓๙
- ทิศทางวัฒนธรรมไทย, ๒๕๓๙
- วัฒนธรรมหมู่บ้านไทย, ๒๕๓๗
- นอกจากนี้ มีผลงานเป็นหนังสือและบทความอีกประมาณ ๑๐๐ ชื่อเรื่อง

สอน
คณิตศาสตร์
ตามแนวคิด
Brain-based Learning

หนังสือชุด

ความรู้เกี่ยวกับสมอง

๑. ท้องโลกสมอง
๒. ครูเก่ง เด็กฉลาด
๓. สมองวัยทีน
๔. ความลับสมองลูก
๕. สอนคณิตศาสตร์ ตามแนวคิด Brain-based Learning
๖. สอนภาษาไทย ตามแนวคิด Brain-based Learning
๗. โรงเรียนอนุบาล ตามแนวคิด Brain-based Learning