

ทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของ



ทฤษฎีของพัฒนาการทางสติปัญญา

พัฒนาการทางสติปัญญาแบ่งออกเป็นขั้นต่าง ๆ ไล่ดังนี้

๑. ขั้นประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว (Sensorimotor Stage) ๐ - ๒ ปี
๒. ขั้นก่อนคิดหาเหตุผล (Preoperational Stage) ๒ - ๗ ปี
๓. ขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยของจริง (Concrete Operational Stage) ๗ - ๑๑ ปี
๔. ขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยกฎเกณฑ์ (Formal Operational Stage) ๑๑ - ๑๕ ปี

การที่พ่อแม่ใจกว้างว่า ขั้น เพื่อจะแน่วแน่มั่นคงดำเนินไปตามลำดับขั้น จะไม่ปรากฏมีขั้นที่ ๒ ก่อนขั้นที่ ๑ หรือปรากฏขั้นที่ ๓ ก่อนขั้นที่ ๒ เป็นอันขาด เมื่อก้าวขั้นสู่ขั้นสูงแล้วอาจดูกลับลงมาใจขั้นต่ำ ๆ ใด และแต่ละขั้นจะมีความเหลื่อมล้ำกันน้อยเสมอ กล่าวคือขั้นที่ ๒ เริ่มค้นรวาทด่าง ๆ ของขั้นที่ ๑ แม้จะก้าวขั้นมาสู่ขั้นที่ ๒ แล้ว ก็ยังปรากฏมีขั้นที่ ๑ อยู่อีกนาน แต่ไม่เด่นเท่าเดิม อายุที่กำหนดไว้ในแต่ละขั้น ไม่ควรถือเป็นสิ่งตายตัว ซึ่งเป็นเรื่องของความแตกต่างระหว่างบุคคล

๑. ขั้นประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว ในขั้นนี้พัฒนาการดำเนินการไปอย่างรวดเร็วจนสังเกตแทบไม่ทัน จุดเด่นของขั้นนี้คือ การเรียนรู้เป็นไปโดยผ่านประสาททั้ง ๕ และโดยการประสานระหว่างกล้ามเนื้อและระบบประสาท กระบวนการแห่งการเรียนรู้เป็นดังนี้คือ จากประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหวทำให้เกิดประสบการณ์ (หรือ Schema

ซึ่งจะถูกสะสมไว้ในสมอง สำหรับนำเอาออกมาใช้ เมื่อเผชิญกับสถานการณ์ใหม่ต่อไป
 อันที่จริงแล้วการเรียนรู้เกิดจากขบวนการ ซึมซาบ (Assimilation) และการปรับความ
 แตกต่าง (Accommodation) นั้นเอง ซึ่งกระบวนการทั้งสองอย่างที่เกิดขึ้นจากประสาท
 สัมผัส จะดำเนินไปตลอดชีวิตของเขา ชั้นประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหวแบ่งออกเป็น
 ชั้นย่อย ๆ ต่าง ๆ ๒ ชั้นดังนี้

๑. ชั้นรีเฟล็กซ์ (Innate reflexes begin to function) ๐ - ๑ เดือน
 พฤติกรรมต่าง ๆ ไม่ได้อยู่ภายใต้อำนาจจิต เช่น การร้องไห้ การดูด การกระพริบตา การ
 จับของวัตถุ รีเฟล็กซ์ในขั้นตอนนี้ เป็นรากฐานอันสำคัญของการใช้ประสาทสัมผัสและการ
 เคลื่อนไหวโดยจงใจต่อไป รีเฟล็กซ์ทำให้เกิดประสบการณ์หรือ Schema ๒)

๒. ชั้นแห่งการสร้างนิสัยเบื้องต้น (Primary circular reaction)
 ๑ - ๔ เดือน ทารกยังคงใช้รีเฟล็กซ์อยู่นั้นเอง แต่เกิดขึ้นเป็นวงจรรำ ๆ กัน ดังที่
 Pavlov เรียกว่า รีเฟล็กซ์แห่งการวางเงื่อนไซ เช่น การร้องไห้เป็นเวลา แสดงว่า
 เกิดนิสัยเบื้องต้น หรือการวางเงื่อนไซที่เราเรียกว่า "เคยตัว" เมื่อถึงยามกินต้องร้อง
 ตอมาทารกมักคุ้ยมือ เล่นทิ้งแขนขาของตนเอง แต่ยังไม่มีการประสานงานโดยจงใจ
 ระหว่างระบบกลามเนื้อกับระบบประสาท^{๑)}

๓. ชั้นเริ่มต้นของการประสานงานระหว่างระบบประสาทกับระบบกลามเนื้อ
 (Secondary Circular (repetitive) actions develop) ๔ - ๘ เดือน ในขั้นนี้
 พือาเจทกล่าวว่าเป็นขั้นแรกที่เด็กอ่อนแสดงพฤติกรรมโดยมีความตั้งใจหรือความมุ่งหมาย

^{๑)} เรื่องเดียวกัน, หน้า ๑๖.

^{๒)} สุรางค์ ไควตระกูล, "ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา และความคิดของพือาเจท"
วารสารครุศาสตร์ ๑ (ธันวาคม ๒๕๑๓) : ๑๕.

^{๓)} ประมวล อิกคินสัน, ขวัญวัฒนา จิตวิทยาพัฒนาการ วิทยะวัยหลัก, หน้า ๑๕.

และชอบทำอะไรซ้ำ ๆ เพราะความสนใจในผลของพฤติกรรมนั้น เป็นที่น่าที่ เด็กจะเตะหรือ
กระตุกเท้า เพื่อจะให้ลูกตุ้มแขวนอยู่ในเปลสั่นหรือเคลื่อนไหว ขอบเคาะหรือสั่นของเล่น
เพราะสนใจในเสียงที่เกิดขึ้น^๑

๔. ขั้นของการประสานงานระหว่างระบบกล้ามเนื้อและระบบประสาทที่แนบเนียน
ยิ่งขึ้น (Coordination of secondary reactions) ๘ - ๑๒ เดือน

เด็กเริ่มค้นหาวัตถุที่หายเข้าไปจากสายตา แต่ยังคงความยึดหยุ่นและพลิกแพลง
เคยทำอะไรก็ตั้งท่าอย่างนั้นซ้ำ ๆ เรียกว่า ยังไม่เข้าใจการแทนที่ (Displace location)
เช่น เอาของเล่นที่เด็กชอบใหญ่ แล้วเอาฝาครอบไว้ทางซ้ายมือของเด็ก เมื่อให้เด็กค้นหา
เขาจะเปิดฝาครอบนั้นเพื่อหยิบเอาของเล่น ต่อมาเอาของเล่นนั้นย้ายมาไว้ทางซ้ายมือ ทำ
ซ้ำ ๆ หนำให้เด็กเห็นแล้วเอาฝาครอบอีกอันหนึ่งมาครอบไว้ทางขวา ส่วนฝาครอบทางขวาก็
ยังคงอยู่ เสร็จแล้วให้เด็กเปิดเอง แทนที่เด็กจะเปิดฝาครอบทางซ้าย กลับไปเปิดฝาครอบ
ทางขวาตามเดิม ความเข้าใจอันนี้จะเกิดขึ้นเองเมื่ออายุพอสมควร และในขั้นนี้เองที่เด็ก
ชอบสำรวจสิ่งต่าง ๆ ด้วยการหยิบเข้าปาก จับ เคาะ หรือสั่นไปมา ถูกบีบพื้น แสดงว่าปัญญา
เกิดจากการมีผัสและการเคลื่อนไหว^๒

๕. ขั้นของพฤติกรรมแบบสองปีดสองลูก (Tertiary reactions develop)
๑๒ - ๑๘ เดือน เด็กอ่อนมีความสนใจในผลของพฤติกรรมใหม่ ๆ และจะทดลองทำทุกอย่าง ๆ
แบบและสนใจในผลที่เกิดขึ้น ขั้นนี้ต่างกับขั้นที่ ๒ ตรงที่ เด็กอ่อนไม่เพียงสนใจจะทำซ้ำแต่
เปลี่ยนแปลงให้เกิดความใหม่อยู่เรื่อย ๆ^๓ รู้จักสัมพันธ์ภาพระหว่างวัตถุ เช่น ดึงปลายเชือก
เพื่อเอาวัตถุซึ่งผูกติดที่ปลายข้างหนึ่ง เขาหาตัวเชือกเอาวัตถุ เอ้อมเอาของที่อยู่ไกลตัวออกไป

^๑ สุรางค์ ไควตระกูล, เรื่องเดียวกัน, หน้า ๑๖.

^๒ ประมวล คึกคินสัน, ชุดวิจัยพัฒนา จิตวิทยาพัฒนาการ วัยแรกวัยหลัก, หน้า ๑๖.

^๓ สุรางค์ ไควตระกูล, "พัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดของพี่อาเจ็ด"

นั้นแสดงการรับรู้เกี่ยวกับที่ว่าง (Space) บ้างแล้ว รู้จักจำแนกความแตกต่าง ความคล้ายคลึง สนใจในรายละเอียดยิ่งขึ้น^๑

๖. ขั้นรู้จักประดิษฐ์วิธีการใหม่ในแบบองค์ประกอบ (Invention of new means through mental combination) ๑๘ - ๒๔ เดือน

เป็นขั้นสุดท้ายของขั้นประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว เด็กเริ่มเกิดความคิดเกี่ยวกับสัญลักษณ์ คือ ภาษา เริ่มเข้าใจและใช้ภาษาแม่ จึงช่วยให้การสำรวจขยายวงกว้างออกไป และละเอียดลึกซึ้งยิ่งขึ้น^๒

๒. ขั้นก่อนคิดหาเหตุผล

ในตอนปลายของขั้นประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว เด็กเริ่มแสดงความสามารถในการคิด แต่ยังไม่ถึงขั้นของปฏิบัติการทางความคิด (Operation) จนกว่าอายุได้ ๗ ขวบ จึงจะพัฒนาความสามารถนี้ได้เต็มที่ ดังนั้นในท่วงก่อนจะถึงขั้นนี้ จึงเป็นขั้นของการเตรียมตัวเพื่อปฏิบัติการทางความคิด จึงเรียกรวมนี้ว่า ขั้นก่อนคิดหาเหตุผล (Preoperational period) เด็กจะมีวิวัฒนาการจากการทำอะไรเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากมาจากประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหวมาเป็นการทำอะไรที่ต้องคิดคำนึงโดยใช้สัญลักษณ์เป็นส่วนมาก เด็กจะเพิ่มความสามารถในการคิดถึงสิ่งต่าง ๆ ภายในสมองมากขึ้น และพฤติกรรมเนื่องจากประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหวจะมีน้อยลง^๓ เด็กจะเริ่มใช้ภาษาและภาษาจะพัฒนาอย่างรวดเร็วในช่วงอายุ ๒ - ๔ ขวบ พฤติกรรมต่าง ๆ ในระยะต้น ๆ ส่วนใหญ่จะเป็นแบบยึดตัวเองเป็นศูนย์กลาง (Egocentric and non-social) ลักษณะ

^๑ ธรรมชาติ ดิกคินสัน, จิตวิทยาพัฒนาการ วัยแรกวัยหลัก, หน้า ๑๗.

^๒ เรื่องเดียวกัน, หน้า ๑๘.

^๓ แมรี แวกส์เวอร์ธ, ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของพ็อลเจท์ แปลโดย ดวงเดือน ศาสตราภรณ์ ภาควิชาจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (เอกสารอัสส่าเนา) ม.ป.ป. หน้า ๘๘.

ดังกล่าวจะคอย ๆ นอกลงในคอนปลายของขั้นนี้ คือ เมื่ออายุประมาณ ๖ - ๗ ขวบ ซึ่งเป็นตอนที่เด็กใช้ภาษาการติดต่อ (Communication) และสังคมกว้างขวางขึ้น ถึงแม้ว่าความคิดในขั้นก่อนคิดตราเหตุผล จะมีคุณภาพเหนือกว่าความคิดในขั้นประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหวก็ตาม แต่ก็ยังมีส่วนมาที่ยังความเจริญทางความคิดหลายประการ เช่น เด็กไม่สามารถปฏิบัติการทางความคิดแบบย้อนกลับได้ (Reversibility) ไม่สามารถเข้าใจการแปลงรูปต่าง ๆ (Transformation) ยังคงมีแนวโน้มยึดการรับรู้ (Perception) เป็นหลัก และเด็กมีลักษณะยึดตัวเองเป็นศูนย์กลาง (Ego centricism) ลักษณะเหล่านี้ทำให้ไปยับยั้งความคิดที่ควรจะไปถึงขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยของจริงในที่สุด ความคิดในระหว่างขั้นนี้ส่วนใหญ่จะยังคงตกอยู่ภายใต้การรับรู้ ซึ่งเป็นอุปสรรคอย่างยิ่งต่อความสามารถในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการอนุรักษ์ต่าง ๆ^๑

๑. ขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยของจริง

ความคิดของเด็กในขั้นนี้ สามารถใช้เหตุผลในแบบตรรกศาสตร์ได้ จึงทำให้เด็กสามารถแก้ปัญหาได้ในระบบเซตที่กว้างออกไปอีก อย่างไรก็ตามความคิดของเด็กในขั้นนี้ยังอยู่ในวงจำกัด (restricted) เขาจะเกิดมโนทัศน์หรือแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ก็ต่อเมื่อ เขาได้เผชิญกับสิ่งที่ป็นรูปธรรมหรือในสถานการณ์ที่เป็นจริง ยังไม่เข้าใจหรือแก้ปัญหาที่เป็นนามธรรมได้ ความคิดเกี่ยวกับวัตถุส่วนมากจะเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพที่สังเกตเห็นได้ง่าย ๆ เช่น ขนาดน้ำหนัก ลักษณะผิว (Texture) ฯลฯ และความคิดเกี่ยวกับการกระทำของตนเองต่อวัตถุ ในขั้นนี้ความสามารถทางสมอง (Mental operation) จะพัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ ในด้านต่าง ๆ เช่น

- ก. การจัดประเภท (Classifying) ของวัตถุสิ่งของต่าง ๆ อย่างมีกฎเกณฑ์
- ข. การจับคู่แบบหนึ่งต่อหนึ่ง (Doing one to one correspondence)
- ค. ความคิดแบบย้อนกลับ (Reversing thought process)

^๑ เรื่องเดียวกัน, หน้า ๔๘ - ๕๐.

ง. ความคิดในทางคณิตศาสตร์ (Mathematical operation) เช่นการบวก การลบ การคูณ การหาร และการแทนที่ (Substituting)

ถึงแม้ว่าความคิดของเด็กในขั้นนี้ต้องอาศัยประสบการณ์ตรงหรือสิ่งที่เป็นรูปธรรมแต่ไม่ได้หมายความว่า สิ่งเหล่านี้จะมีอิทธิพลต่อเด็กโดยสิ้นเชิง ซึ่งแตกต่างกับเด็กในขั้นก่อนคิดหาเหตุผล ซึ่งในขั้นนี้ความคิดของเด็กขึ้นอยู่กับการรับรู้ (Perception) ไม่สามารถไขเหตุผลอื่น ๆ มาพิจารณาประกอบได้ / ตัวอย่างของการทดลองเกี่ยวกับเรื่องนี้คือ การอนุรักษ์ของของเหลว มีแก้ว ๒ ใบ ใบที่ ๑ มีลักษณะกว้าง ต่ำ ใบที่ ๒ มีลักษณะแคบและสูง เหน้จำนวนหนึ่งลงในแก้วใบที่ ๑ หลังจากนั้นเทน้ำจากแก้วใบที่ ๑ ลงในแก้วใบที่ ๒ แล้วถามว่าน้ำในแก้วใบที่ ๒ เมื่อเทียบกับน้ำในแก้วใบที่ ๑ มีจำนวนมากขึ้นกว่าเดิมหรือน้อยลงหรือเท่าเดิม เด็กในขั้นก่อนคิดหาเหตุผลจะตอบว่า น้ำในแก้วใบที่ ๒ มีปริมาณมากกว่า เพราะการรับรู้ของเขาให้รู้อากระดับน้ำในแก้วใบที่ ๒ สูงกว่าใบที่ ๑ เด็กในขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยของจริงจะตอบว่าน้ำในแก้วใบที่ ๒ ยังคงเท่าเดิม เพราะเป็นน้ำจำนวนเดียวกัน และยังสามารถคิดย้อนกลับได้อีกว่า ถ้าเทน้ำในแก้วใบที่ ๒ ลงไปในใบที่ ๑ ระดับน้ำในแก้วใบที่ ๑ ยังคงเท่ากันกับเมื่อตอนเริ่มต้น จะเห็นว่าความคิดของเด็กในขั้นนี้เพียงแต่อาศัยสถานการณ์ที่เป็นจริงหรือสิ่งที่เป็นรูปธรรมเท่านั้น แต่ความคิดของเด็กกว้างไกลออกไปจากสิ่งที่เขากำลังเผชิญอยู่

การอนุรักษ์ (Conservation)

เด็กที่มมีโน้ตค้นเกี่ยวกับการอนุรักษ์ สามารถตระหนัก (Realization) ได้ว่าการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุ เช่นขนาด ความยาว ตำแหน่ง ทิศทาง ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเนื้อสารของวัตถุนั้น การอนุรักษ์มีหลายอย่างและแต่ละอย่างมีความยากง่ายแตกต่างกันตามลำดับดังนี้

ชนิดของการอนุรักษ์	อายุ (ปี)
การอนุรักษ์ของมวล (Conservation of substance)	๖ - ๗
การอนุรักษ์ของจำนวน (Conservation of number)	๖ ^๑ / _๒ - ๗

ชนิดของการอนุรักษ์	อายุ (ปี)
การอนุรักษ์ของของเหลว (Conservation of continuous quantity)	๖ - ๗
การอนุรักษ์ของความยาว (Conservation of length)	๗ - ๘
การอนุรักษ์ของพื้นที่ (Conservation of area)	๘ - ๑๒
การอนุรักษ์ของปริมาตร (Conservation of displacement volume)	๑๑ - ๑๒
	ขึ้นไป

ความคิดทางคณิตศาสตร์ (Mathematical operation)

เมื่อพัฒนาการทางความคิดของเด็กถึงขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยของจริงแล้ว ความคิดและความสามารถในการทางคณิตศาสตร์จะได้รับพัฒนาให้สูงขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งนี้ไม่ได้หมายความว่าพอถึงขั้นนี้แล้วเด็กจะสามารถบวกหรือลบได้โดยทันทีทันใด แต่หมายความว่าสิ่งเหล่านี้จะพัฒนาควบคู่กันไป ความคิดต่าง ๆ มิได้เกิดขึ้นอย่างโดดเดี่ยว จะต้องเกี่ยวข้องและสัมพันธ์ต่อกัน ในตอนปลายของขั้นนี้เด็กจะสามารถใช้ความคิดในเชิงตรรกและคณิตศาสตร์ การบวก การลบ การคูณ การหาร การเท่ากัน การไม่เท่ากัน และการคิดแบบย้อนกลับได้

ความคิดเกี่ยวกับจำนวน

ในขั้นนี้เด็กมีความคิดเกี่ยวกับจำนวนแล้ว ในขั้นก่อนคิดหาเหตุผลนั้น ถึงแม้ว่าเด็กสามารถนับ หนึ่ง สอง สาม ได้ แต่ยังไม่เข้าใจความหมาย การทดลองง่าย ๆ เกี่ยวกับเรื่องนี้ก็คือ แบ่งดินสอออกเป็น ๒ กลุ่มกลุ่มละ ๗ แท่งเท่ากัน วางดินสอในแต่ละกลุ่มออกเป็นแถว โดยดินสอแต่ละแท่งขนานกัน กลุ่มแรกวางให้ติดกัน กลุ่มที่สองวางให้ห่างกันครึ่งรูป

กลุ่มที่ ๑

กลุ่มที่ ๒



แล้วถามว่าดินสอในกลุ่มทั้งสองเหมือนกันหรือไม่ เด็กในชั้นก่อนคิดหาเหตุผลจะตอบว่าจำนวนดินสอในกลุ่มที่สองมีมากกว่า ถึงแม้เมื่อนับแล้วจะได้ ๘ แท่งเท่ากันก็ตาม แสดงว่ายังไม่เข้าใจเกี่ยวกับจำนวน เด็กในชั้นคิดโดยอาศัยของจริงจะตอบว่าจำนวนดินสอในทั้งสองกลุ่มเท่ากัน

ความคิดเกี่ยวกับการจัดประเภท (Classification)

ความสามารถในการจัดประเภทของวัตถุหรือความคิดต่าง ๆ ออกเป็นหมวดหมู่ อย่างมีระบบเป็นรากฐานอันสำคัญของการพัฒนาการทางความคิด (Intellectual thought) ความสัมพันธ์ในด้านนี้จะช่วยในการเก็บรวบรวมเรื่องราวต่าง ๆ เข้าไว้ในสมองอย่างมีระเบียบ สะดวกต่อการวิเคราะห์หาเหตุผลและทำความเข้าใจ ความคิดเกี่ยวกับการจัดประเภทมีหลายแบบ แต่ละแบบมีความหมายยากง่ายแตกต่างกัน เรียงตามลำดับดังนี้

ก. การจัดกลุ่มโดยอาศัยการรับรู้ (Grouping Perceptually : sees single characteristic) อายุ ๓ - ๔ ปี เป็นการจัดกลุ่มอย่างง่าย ตั้งเกณฑ์การจัดตามที่ตั้งเกตเห็น ซึ่งมักจะเป็นสิ่งที่สัมผัสมากที่สุด และเกณฑ์ในการแบ่งมีเพียงอย่างเดียว (One characteristic) อย่างไรก็ตามพึงระลึกไว้ควยว่าการจัดกลุ่มในลักษณะนี้ถือว่าเป็นเพียงกิจกรรมของการรับรู้ (Perceptual activity) เท่านั้น

ข. การจัดกลุ่มโดยอาศัยความคิด (Grouping Mentally : abstracts common property) อายุ ๓ - ๔ ปี หลังจากที่เด็กได้แบ่งกลุ่มของวัตถุไปแล้ว เขาอาจคิดต่อไปอีกว่าจะมีเกณฑ์ในการแบ่งเป็นอย่างอื่นอีกหรือไม่ เช่น ในตอนแรกแบ่งตามลักษณะของสี ในตอนหลังแบ่งตามขนาด

ค. การจัดกลุ่มแบบพหุคูณ (Multiple Classification : Classifies by more than one properties) ๔ - ๕ ปี ในตอนปลายของชั้นก่อนคิดหาเหตุผล เด็กมักจะคิดว่าการจัดประเภทของวัตถุมีหลายวิธี ยกตัวอย่าง เช่น ให้เด็กจัดประเภทของแผ่นกระดาษที่มีสีต่าง ๆ ซึ่งตัดให้เป็นรูปต่าง ๆ เช่น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม วงกลม และให้มีขนาดแตกต่างกันออกไป ซึ่งเด็กจะสามารถแบ่งกลุ่มได้ โดยถือเกณฑ์ตาม สี, รูปร่าง, และขนาด ฯลฯ

ง. การจัดกลุ่มโดยคำนึงถึงความเหมือนและความแตกต่าง (Grouping by Recognizing Difference : sees like and unlike qualities) ๔ - ๕ ปี ในขณะที่เด็กมีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุต่าง ๆ เด็กจะค่อย ๆ มองเห็น (Slowly come to realize mentally) ลักษณะที่แตกต่างกันออกไปของวัตถุ เช่น ความแตกต่างในด้านขนาด รูปร่าง ลักษณะผิวและสี ขณะเดียวกันก็จะมองเห็นลักษณะร่วมกันของวัตถุเหล่านั้นด้วย ทำให้เด็กเรียนรู้ถึงวิธีการจัดกลุ่มของวัตถุต่าง ๆ ตามคุณลักษณะร่วมกันของวัตถุต่าง ๆ ได้

จ. การจัดชั้น (Class Inclusion : from subclasses and includes them in major classes) อายุ ๕ - ๖ ปี ของบางอย่างสามารถจัดเข้าชั้นได้ ๒ ชั้นพร้อม ๆ กัน เช่น เป็ดจัดเป็นนกหรือจัดเป็นสัตว์ก็ได้ พื้อาเจท์โตแสดงตัวอย่างเกี่ยวกับการจัดชั้นของลูกปัด ในลูกปัดที่นำควยไม้ ๑๐ ลูก ๒ ลูกมีสีขาและที่เหลืออีก ๘ ลูกมีสีดำ เมื่อนำไปกองรวมกันแล้วถามเด็กว่าในกองนี้ลูกปัดสีอะไรมีจำนวนมากที่สุด ลูกปัดสีอะไรน้อยที่สุด และถามอีกว่าในกองนี้ลูกปัดไม้กับลูกปัดสีอะไรมากกว่ากัน

ฉ. การจัดกลุ่มย่อยต่าง ๆ เข้าเป็นกลุ่มใหญ่ (Grouping by Ascending Hierarchy) อายุ ๓ - ๔ ปี เช่นรูว่า เป็ดเป็นสัตว์จำพวกนก

ช. การจัดแบ่งกลุ่มใหญ่ออกเป็นกลุ่มย่อย (Grouping by Descending Hierarchy) อายุ ๘ - ๑๐ ปี เป็นลักษณะที่ตรงข้ามกันและยากกว่า

ซ. การจำแนกประเภทในลักษณะซับซ้อนโดยอาศัยเกณฑ์หลาย ๆ อย่าง (Establishing Multiple Criteria : from relatively complex classification system) เช่นการแบ่งจำแนกพืชและสัตว์ในทางชีววิทยา การจัดหมวดหมู่หนังสือในห้องสมุด การจัดสินค้าต่าง ๆ ภายในร้าน ฯลฯ

ความสามารถในการตั้งสมมติฐาน

006602

เด็กในชั้นปฏิบัติการโดยอาศัยของจริง สามารถตั้งสมมติฐานได้ แต่เป็นแบบง่าย ๆ ซึ่งเป็นการคาดคะเนเหตุการณ์หรือผลที่จะเกิดขึ้นตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ และมักจะมองหรือสนใจตัวแปรเพียงตัวเดียว

๔. ขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยกฎเกณฑ์

ความคิดทางคณิตศาสตร์ของเด็กที่พัฒนามาถึงขั้นนี้ แสดงให้เห็นว่ามีความมีระบบมากยิ่งขึ้น เด็กสามารถเข้าใจแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เป็นนามธรรมได้ สามารถใช้กระบวนการคิดในเชิงตรรกศาสตร์ได้ระดับสูงขึ้นและสูงขึ้น (Higher level of logical operation) เช่น

๑. การตั้งสมมติฐานในลักษณะของการอนุมาน (Hypothetical deductive reasoning)
๒. การคิดแบบรีเฟล็กซ์ (Reflexive thinking)
๓. การใช้เหตุผลเกี่ยวกับสัดส่วนและอัตราส่วน (Reasoning with proportions and ratios)
๔. การควบคุมตัวแปรในการทดลอง (Control c^o variables in an experiment)
๕. การใช้เหตุผลแบบซิลโลจิสติก (Syllogistic reasoning)
๖. ความคิดเกี่ยวกับความน่าจะเป็น (Probability)
๗. ความคิดเกี่ยวกับการจัดหมู่ (Combinatorial logic)
๘. การคิดในสิ่งที่เป็นนามธรรม (Abstract reasoning)
๙. ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องราวในวรรณคดี (Comprehension of allegory)
๑๐. การใช้ประโยคตรรก (Propositional thinking)
๑๑. การตั้งทฤษฎี (Formulation of theories)
๑๒. ความนึกเกี่ยวกับสังคมในอุดมคติ (Conceiving of idealistic Societies)

ขบวนการของปฏิบัติการทางความคิดโดยอาศัยกฎเกณฑ์ (Formal Operational Processes)

ก. การตั้งสมมติฐานในลักษณะของการอนุมาน และการใช้ประโยคตรรก เป็นลักษณะอย่างหนึ่งของปฏิบัติการทางความคิดโดยอาศัยกฎเกณฑ์ เมื่อเผชิญกับปัญหาเด็ก

จะพยายามเดาคำตอบ หรือตั้งสมมติฐานและตั้งข้อสรุป ตัวอย่างเช่น เด็กวัยรุ่นอาจคิดว่า "ถ้าจะมีรถยนต์สักคันหนึ่งอาจทำได้โดยไปขอเงินจากญาติพี่น้อง แต่เขาคงไม่ให้เรา" (ตั้งสมมติฐานและปฏิเสธสมมติฐาน) เราจะต้องหาเงินด้วยตนเอง (ตั้งสมมติฐานขึ้นมาอีก) นั่นคือเราจะต้องหางานทำและเก็บเงินไว้ให้เพียงพอ (ใช้กระบวนการคิดแบบอนุมาน)

ข. การคิดแบบรีเฟรช หรือการประเมินกระบวนการคิด (Evaluation thinking processes)

ความคิดในค่านี้นี้เป็นลักษณะที่สำคัญอย่างหนึ่งของเด็กในชั้นปฏิบัติการโดยอาศัยกฎเกณฑ์ การที่เด็กสามารถให้เหตุผลในลักษณะนี้ได้ นั้น เนื่องจากว่าสมองของเขาสามารถเก็บรวบรวมเรื่องราวต่าง ๆ ได้เป็นจำนวนมากและอย่างมีระบบ ประกอบกับพัฒนาการทางความคิดในระดับสูง จึงทำให้เด็กในชั้นนี้มีความสามารถทางความคิดและการใช้เหตุผลเหนือกว่าเด็กในชั้นต้น ๆ ที่กล่าวมาแล้ว] ตัวอย่างเช่น เด็กในชั้นนี้สามารถเข้าใจและแก้ปัญหานี้ได้ นาย ก. สูงกว่า นาย ข. นาย ข. สูงกว่า นาย ค. ถามว่าใครเตี้ยที่สุด ในการแก้ปัญหา นี้ เด็กจะต้องใช้ปฏิบัติการทางความคิดหลายอย่างประกอบกัน เช่น

นาย ก สูงกว่า นาย ข

นาย ข สูงกว่า นาย ค

ดังนั้น นาย ก สูงกว่า นาย ค

ซึ่งเด็กจะต้องแยกแยะและจัดระเบียบของปัญหา] จะเห็นว่าการแก้ปัญหาต่าง ๆ เป็นไปอย่างมีระบบและขั้นตอน] ปัญหาในทางคณิตศาสตร์ก็เช่นเดียวกัน การที่เด็กแก้ปัญหาคณิตศาสตร์และหาคำตอบที่ถูกต้องได้นั้น ขั้นตอนของการแก้ปัญหาก็เป็นไปในลักษณะเดียวกันดังนี้

๑. อ่านโจทย์ให้เข้าใจ สิ่งที่โจทย์กำหนดให้คืออะไรบ้าง

๒. แยกแยะใจความอะไรคือสิ่งที่รู้แล้ว และอะไรคือสิ่งที่ยังไม่รู้ (Unknown)

๓. นึกถึงลำดับขั้นตอนเพื่อหาคำของสิ่งที่ยังไม่รู้

๔. คำเนิ่นตามขั้นตอนที่วางเอาไว้

หลังจากที่ได้แก้ปัญหาต่าง ๆ ไปแล้วเด็กในชั้นนี้ยังสามารถประเมินผลของการแก้ปัญหาได้ เกี่ยวกับจุดบกพร่องต่าง ๆ ที่ได้ประสบในการแก้ปัญหา และสามารถให้

ขอเสนอแนะถึงวิธีการแก้ปัญหาในลักษณะนี้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ค. ปฏิบัติการทางความคิดเกี่ยวกับสัดส่วน]

เช่น การทดลองเกี่ยวกับการสมดุลงของคาน เด็กในชั้นปฏิบัติการโดยอาศัยกฎเกณฑ์สามารถสรุปเงื่อนไขเกี่ยวกับการสมดุลงของคาน คือรู้ว่าคานจะสมดุลงได้ก็ต่อเมื่อผลคูณระหว่างน้ำหนักกับระยะห่างจากน้ำหนักถึงจุดหมุนที่แขนทั้งสองข้างเท่ากัน เด็กในชั้นปฏิบัติการโดยอาศัยของจริงยังมองไม่เห็นความสัมพันธ์ในคานสัดส่วน จะบอกได้แต่เพียงว่า การเอาก้อนน้ำหนักที่เบากว่าไปวางกับก้อนน้ำหนักที่หนักกว่า จะต้องจัดระยะห่างจากจุดหมุนให้ เกวาก่อนน้ำหนักที่หนักกว่า

ง. การแยกแยะและควบคุมตัวแปร

เด็กในชั้นนี้สามารถแยกแยะและควบคุมตัวแปรได้อย่างมีระบบจึงทำให้สรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้อง เช่น การทดลองเกี่ยวกับการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา เด็กจะแยกตัวแปรต่าง ๆ ที่คิดว่าจะมีผลต่อความถี่ของการแกว่ง จากนั้นก็ทดสอบผลของตัวแปรแต่ละตัว ขณะเดียวกันก็จัดให้ตัวแปรอื่น ๆ คงที่ เช่น ในการทดสอบว่าความยาวของเส้นเชือกมีผลต่อความถี่ของการแกว่งหรือไม่ เด็กจะให้ความยาวของเส้นเชือกเป็นตัวแปร ส่วนน้ำหนักของลูกตุ้ม แรงผลัก ตำแหน่ง ที่ปล่อยลูกตุ้ม เป็นตัวคงที่ เด็กในชั้นปฏิบัติการโดยอาศัยของจริงยังขาดความสามารถทางคานนี้ เช่น เปลี่ยนความยาวของเส้นเชือกและขนาดของลูกตุ้มพร้อม ๆ กัน จึงทำให้สรุปผลการทดลองได้ไม่ถูกต้อง

จ. การใช้เหตุผลแบบซิลโลจิสซึม

ซิลโลจิสซึม คือการอ้างเหตุผลแบบนิรนัยที่ไม่มีโครงสร้างหรือแบบแผนตายตัว ประกอบด้วยประโยคตรรก ๓ ประโยค สองประโยคแรกเป็นข้อเสนอหรือเป็นหลักฐาน ส่วนประโยคที่ ๓ เป็นข้อสรุป หรือสิ่งที่ต้องการพิสูจน์ เช่น คนทุกคนเป็นสัตว์ นายแดงเป็นคน นายแดงเป็นสัตว์ จะเห็นว่าข้อความทุกข้อความแน่นอนตายตัวไม่มีเงื่อนไข ซึ่งต่างกับข้อความ เช่น "ถ้านายแดงเป็นคน นายแดงจะต้องตาย" ข้อความชนิดนี้ไม่ตายตัว

¹Robert B. Sund, Piaget for Educator : A Multimedia Program

ความสมเหตุสมผลของการอ้างเหตุผลแบบนี้ อยู่ที่โครงสร้างหรือแบบ โทข้อสรุป
 เป็นสิ่งที่ลอกจากออกมาจากข้อเสนออย่างแท้จริงแล้ว การสรุปสมเหตุสมผล ความสมเหตุ
 สมผลของข้อสรุปไม่ขึ้นอยู่กับเนื้อหาของข้อความ เรื่องที่พูดจะเป็นเรื่องอะไรจริงหรือเท็จ
 ไม่สำคัญ ถ้าความสัมพันธ์ระหว่างข้อเสนอและข้อสรุปเป็นไปอย่างถูกต้องแล้ว การอ้าง
 เหตุผลนั้นก็สมเหตุสมผล ความจริงกับความสมเหตุสมผลไม่เหมือนกัน ความจริงเป็น
 เรื่องของสิ่งที่มีอยู่ในโลกจริง ๆ วัตถุกายวิสัย ส่วนความสมเหตุสมผลเป็นผลของความ
 สัมพันธ์ระหว่างข้อเสนอแนะและข้อสรุป^๑

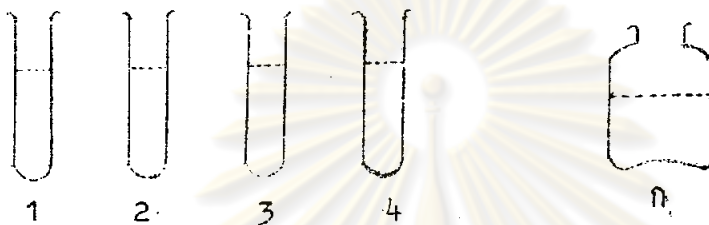
ฉ. ความคิดเกี่ยวกับความน่าจะเป็น

เป็นความสามารถในคานการทำนาย เหตุการณ์ล่วงหน้าเกี่ยวกับโอกาสที่
 จะเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ เกิดในชั้นปฏิบัติการโดยอาศัยกฎเกณฑ์สามารถทำนายได้โดยอาศัย
 ความคิดเกี่ยวกับความน่าจะเป็น เกี่ยวกับเรื่องที่สามารถทดลองได้ครั้งนี้ ใช้ลูกบ๊ักที่ทำ
 กล้วยไม้ ๕๒ อัน แบ่งออกเป็นกลุ่มและให้มีสีแตกต่างกันดังนี้ แดง ๓๒ อัน เขียว ๓๒ อัน
 เหลือง ๒๐ อัน และขาว ๔ อัน แบ่งครึ่งลูกบ๊ักในแต่ละกลุ่ม แล้วนำมาวมกันเข้า
 คราวนี้จะมีลูกบ๊ัก ๒ กลุ่มใหญ่ แต่ละกลุ่มประกอบด้วย ลูกบ๊ักแดง ๑๘ อัน เขียว ๑๘ อัน
 เหลือง ๑๐ อัน และขาว ๒ อัน ส่วนหนึ่งมอบให้เด็กเพื่อเอาไว้อ้างอิงการทำนาย อีก
 ส่วนหนึ่งใส่รวมกันไว้ในกล่อง ถامنักเรียนว่า "ถ้าครูหยิบลูกบ๊ักทีละ ๒ อัน ลองทายซิว่า
 จะได้ลูกบ๊ักสีอะไร" "ทำไม?" เมื่อหยิบออกมาแต่ละครั้ง ครูวางลูกบ๊ักไว้บนโต๊ะให้
 เด็กเห็น ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนหมด และก่อนหยิบทุกครั้งก็ถามเด็กทุกครั้ง การทดลอง
 เกี่ยวกับเรื่องนี้ [เกิดในชั้นปฏิบัติการโดยอาศัยของจริงทำนายคำตอบโดยไมคำนึงถึงความ
 น่าจะเป็น ส่วนเด็กในชั้นก่อนคิดหาเหตุผลมักทำนายโดยคำนึงถึงสีที่ตนชอบ] หรือทำนาย
 คำมสีที่หยิบขึ้นมาก่อน

^๑ ปรึษา ช่างขวัญยืน, การใช้เหตุผล, (พระนคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
 ๒๕๒๒), หน้า ๑๒๗ - ๑๒๘

ข. ความคิดเกี่ยวกับการจัดหมู่

การทดลองเกี่ยวกับเรื่องนี้ พี่อาเจห์ ไซการทดลองการผสมสารเคมี ผู้ทดลองแสดงให้เด็กดูก่อนว่า มีหลอดแก้วสี่ของเหลวไม่มีสี ๔ หลอด และขวดเล็ก ๆ หนึ่งขวดตามรูป



หลอดที่ ๑	ใส่กรดกำมะถันอย่างอ่อน
หลอดที่ ๒	ใส่น้ำ
หลอดที่ ๓	ใส่ Oxygenate water
หลอดที่ ๔	ใส่ Thiosulphate
ขวดเล็ก ก	ใส่ Potassium Iodide

ในมือผู้ทดลอง มีหลอดสี่ของเหลวไม่มีสี ๒ หลอด หลอดที่ ๑ ใส่น้ำเฉย ๆ หลอดที่ ๒ ใส่ของผสมของกรดกำมะถันอย่างอ่อน และ Oxygenate water เสร็จแล้วผู้ทดลองหยดของเหลวในขวดเล็ก ก ลงไปในขวดที่มีน้ำของเหลวจะยังคงไม่มีสี แต่เมื่อหยด Potassium Iodide ลงไป หลอดที่มีของผสมของกรดกำมะถันอย่างอ่อน และ Oxygenate water สีจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง เสร็จแล้วผู้ทดลองบอกผู้ถูกทดลองที่เฝ้าดูอยู่ว่าให้ทำของเหลวสีเหลืองเหมือนกับที่ผู้ทดลองทำ โดยใช้ของเหลวอย่างใดอย่างหนึ่งจาก ๔ หลอด หรืออาจใช้ของทั้งหมด ๔ หลอด แต่ผู้ถูกทดลองไม่ทราบว่าของเหลวใน ๔ หลอด ต่างกันอย่างไร หรือมีอะไรบางอย่าง และไม่ทราบว่าผู้ทดลองโคผสมของเหลวในหลอดที่ ๑ และที่ ๓ ของเหลวใน ๔ หลอดเป็นของเหลวไม่มีสี จึงดูเหมือนกัน แม้จะเป็นสารเคมีต่างกัน ฉะนั้นผู้ถูกทดลองจำเป็นต้องมีความคิดถึงขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยกฎเกณฑ์ และพยายามคิดถึงสิ่งที่เป็นไปได้ โดยการตั้งสมมติฐานทดลองส่วนผสมต่าง ๆ อย่างเป็นระเบียบ การทดลองอันนี้เป็นการทดลองที่จะบอกได้ดียิ่งกว่าเด็กมีความคิดและสติปัญญาถึงขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยกฎเกณฑ์หรือไม่

เด็กที่พัฒนาถึงขั้นนี้จะทำดังนี้

๑. ทดลองผสมของเหลวในขวด ก กับของเหลวทุกอันที่ละอัน (ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดสีเหลือง แสดงว่า ผสมที่ละอันไม่ได้สีเหลือง จึงต้องทำขั้นต่อไป)

๒. ผสม ๑ กับ ๒ + ของเหลวในขวด ก

๓. ผสม ๑ กับ ๓ + ของเหลวในขวด ก (ทำให้เกิดสีเหลือง)

๔. ผสม ๑ กับ ๔ + ของเหลวในขวด ก

๕. ผสม ๑ กับ ๒ กับ ๓ + ของเหลวในขวด ก (ทำให้เกิดสีเหลือง)

เด็กบางคนถึงกับบอกได้ว่าของเหลวในขวดที่ ๒ เป็นน้ำ โดยขอให้ผู้ทดลองนำน้ำมาให้และเอาผสมกับของเหลวในหลอดที่ ๑ และที่ ๓ และของเหลวในขวด ก ซึ่งจะทำให้เกิดสีเหลืองและสรุปว่าของเหลวในหลอดที่ ๒ เป็นน้ำ และเมื่อขอให้เด็กทำซ้ำ เด็กก็ทำได้ ตรงข้ามกับเด็กที่ยังพัฒนาไม่ถึงขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยกฎเกณฑ์ จะไม่สามารถคิดปัญหาเช่นนี้ได้ เวลาให้ทำก็จะผสมโดยไม่มีระเบียบ ไม่มีความคิดที่จะจดจำเอาไว้ หรือบันทึกว่าทำอะไรบ้าง ฉะนั้นบางครั้งเวลาที่เด็กบังเอิญผสมหลอดที่ ๑ และที่ ๓ กับของเหลวในขวด ก เด็กก็จะทำซ้ำอีกไม่ได้ และไม่สามารถอธิบายได้ *

ข. การคิดในสิ่งที่เป็นนามธรรม

เด็กในขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยกฎเกณฑ์ สามารถใช้กระบวนการความคิด (Thinking process) หาย ๆ อย่างแก้ปัญหาที่เป็นนามธรรมที่สลับซับซ้อนได้ ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการใช้ปฏิบัติการความคิดในทางตรรกศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ประกอบกับความสามารถในการจัดระเบียบและเก็บเรื่องราว (information) นั้นเอง และพอใจที่จะแก้ปัญหาที่เป็นนามธรรมมากกว่าปัญหารูปธรรม)

* สุรางค์ โควตระกูล, "ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดของเปียเจต์" วารสารครุศาสตร์ ๑ (ธันวาคม ๒๕๑๓): ๒๔ - ๒๕.

ฅ. ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องราวในวรรณคดี

ในตอนปลายของชั้นปฏิบัติการโดยอาศัยกฎเกณฑ์ เด็กจะเข้าใจความหมายที่ลึกซึ้งของวรรณคดี (Grasp double meaning in literature) เมื่ออ่านจบแล้วสามารถเล่าเรื่องย่อ ๆ และแสดงความคิดเห็นในเชิงวิจารณ์ได้

ฉ. ความสามารถในการใช้ประโยคตรรก

เด็กในชั้นนี้สามารถแสดงเหตุผล หรือตั้งสมมติฐานในลักษณะของประโยคตรรกได้ (Express a series of hypothesis in propositional form)¹

ประโยคตรรก คือ ประโยคบอกเล่าหรือประโยคปฏิเสธแบบง่าย ๆ ที่จะบอกได้ว่าเป็นจริงหรือเท็จได้ ประโยคตรรกประกอบด้วยเทอม ๒ เทอม และคำเชื่อม เช่น สุนัขเป็นสัตว์เลี้ยง ดังนั้นโครงสร้างของประโยคตรรกคือ เทอม (ประธาน) + คำเชื่อม + เทอม (แสดง)

ประเภทของประโยคตรรก เมื่อพิจารณาประโยคทั้งในด้านคุณภาพและปริมาณแล้ว ประโยคตรรกแบ่งเป็น ๔ ประเภท คือ

ประเภท A เป็นประโยคสาธารณะแบบบอกเล่ามีรูปดังนี้
ก ทั้งหมดเป็น ข

ประเภท B เป็นประโยคสาธารณะแบบปฏิเสธมีรูปดังนี้
ก ทั้งหมดไม่เป็น ข หรือไม่มี ก ใด ๆ เป็น ข

ประเภท I เป็นประโยคสาธารณะแบบบอกเล่ามีรูปดังนี้
ก บางหน่วยเป็น ข

ประเภท O เป็นประโยคสาธารณะแบบปฏิเสธ มีรูปดังนี้
ก บางหน่วยไม่เป็น ข

(ABIC เป็นตัวอักษรที่คัดมาจากคำสองคำ คือ Affirmo กับ nEgO)^๒

¹Robert B. Sund, Piaget for Educator A Multimedia Program, pp.35-36.

^๒ปรีชา ช่างขวัญยืน, การใช้เหตุผล (พระนคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฎ. ความสามารถในการตั้งทฤษฎี
เด็กในชั้นนี้ถ้าได้ศึกษาหรือทดลองเกี่ยวกับเรื่องต่าง ๆ สามารถสร้าง
ข้อสรุปและตั้งเป็นทฤษฎีได้

ฉ. ความคิดเกี่ยวกับสังคมในอุดมคติ
เนื่องจากความคิดของเด็กในชั้นนี้ ไม่ได้จำกัดอยู่ที่วัตถุเท่านั้น แต่จะคิด
ไกลออกไปกว่านั้น สามารถวางแผนหรือคาดเหตุการณ์ต่าง ๆ ลงหน้าใจ สามารถคิดและ
พรรณาดังสังคมในอุดมคติได้ (Idealistic society)¹

องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อพัฒนาการทางสติปัญญา (Factors in mental development)

พัฒนาการทางสติปัญญาจะเป็นไปตามลำดับนั้น ไม่มีการกระโดดข้ามขั้น ส่วนอัตรา
ของการพัฒนาของแต่ละคนอาจแตกต่างกันได้ ซึ่งเป็นเรื่องของความแตกต่างระหว่างบุคคล
ดังนั้นอายุที่กำหนดไว้ในแต่ละชั้นจะถือนั่นตายตัวไม่ได้ พัฒนาการทางสติปัญญาขึ้นอยู่กับ
อิทธิพลขององค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

๑. ความเจริญเติบโตทางร่างกาย วุฒิภาวะทางสมองและระบบของต่อมไร้ท่อ
(Organic growth and maturation of the nervous system and endocrine systems)

๒. ความรู้หรือประสบการณ์ต่าง ๆ เช่น ประสบการณ์เกี่ยวกับวัตถุ (Physical
experience) ประสบการณ์ทางความคิดในตรรกศาสตร์ - คณิตศาสตร์ (Logico -
mathematical experience)

๓. สภาพแวดล้อมในสังคม (Social interaction and transmission)

๔. ขบวนการปรับความสมดุลทางความคิด (Process of equilibrium)²

¹Robert B. Sund, Piaget for Educator A Multimedia Program,
(Ohio : A Bell and Howell Company, 1976), p.40.

²Jean Piaget and Babel Inhelder, The Psychology of the Child
(New York : Basic, 1969) pp. 152 - 159.

วุฒิภาวะ (Maturation) เป็นสภาพของการเปลี่ยนแปลงทางร่างกาย ซึ่งเนื่องมาจากพัฒนาการ โดยที่มียีนส์เป็นตัวกำหนดเป็นคุณลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละบุคคล อันเป็นผลต่อพัฒนาการทางความรู้และความเข้าใจ^๑

การเจริญเติบโตและพัฒนาการจากวัยเด็กจนกระทั่งถึงวัยผู้ใหญ่ นั้น กล่าวได้ว่า เขาอยู่ในสภาวะของการเปลี่ยนแปลงทางร่างกายและระบบต่าง ๆ ของร่างกาย ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีส่วนช่วยในการพัฒนาการทางสติปัญญา วุฒิภาวะของทารกจะช่วยทารกในด้านการเคลื่อนไหว การประสานสัมพันธ์ (Co-ordination) ระหว่างระบบกล้ามเนื้อกับระบบประสาท เช่น การประสานสัมพันธ์ระหว่างการมองเห็น (ตา) กับการจับต้องสิ่งของ (มือ) วุฒิภาวะช่วยในการตอบสนองหรือกระทำ (Physical action) ต่อสิ่งแวดล้อมได้หลาย ๆ แบบ ผลที่ตามมาก็คือ ประสบการณ์จากการกระทำ พี่อ่าเจ้เชื่อว่า การกระทำดังกล่าวจะส่งผลต่อพัฒนาการทางสติปัญญา (Develop mental action) การกระทำทางกายสามารถถ่ายโยง (Transferring) ไปสู่ความคิดได้ ด้วยเหตุนี้พี่อ่าเจ้จึงกล่าวว่า ถ้าหากไม่มีประสบการณ์แล้วการเรียนรู้จะเกิดขึ้นไม่ได้ (There is no learning without experience) และถือว่าการกระทำทางกายเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของประสบการณ์^๒

ความรู้หรือประสบการณ์ พี่อ่าเจ้ได้แบ่งความรู้ออกเป็น ๓ ประเภท ได้แก่ ความรู้ทางกายภาพ (Physical Knowledge) ความรู้ในทางตรรกศาสตร์ - คณิตศาสตร์ (Logical-mathematical Knowledge) และความรู้ทางสังคม (Social arbitrary Knowledge) การแบ่งประเภทของความรู้ดังกล่าวอาศัยที่มา หรือการกระทำของเด็กเป็นสิ่งสำคัญ หมายความว่าความรู้ในแต่ละประเภท เกิดจากการกระทำของเด็กในลักษณะที่แตกต่างกัน เช่น

^๑พรณี รุทัย, เอกสารประกอบการสอน สาระตัดทางจิตวิทยาการศึกษา ภาควิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (๒๐ มิถุนายน ๒๕๒๐), หน้า ๓๔.

^๒Robert B. Sund, Piaget for Educator A Multimedia Program (Ohio : A Bell and Howell Company, 1976), p.6.

ความรู้ทางกายภาพ ความรู้ทางกายภาพเป็นความรู้ที่ได้จากตัววัตถุโดยตรง ในลักษณะของการค้นพบ เด็กอาจกระทำตัววัตถุในลักษณะต่าง ๆ เช่น การสัมผัส ยก โยน เคาะ ทุบ คมกลั่น ชิมรส มอง ได้ยิน ฯลฯ การกระทำเหล่านี้ จะนำไปสู่การค้นพบ (ความรู้) เด็กอายุประมาณ ๕ ขวบ ทดลองทิ้งเศษไม้ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก เศษเหล็กทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็กลงในน้ำจนทดลอง เขาคิดว่าเศษไม้และเศษเหล็กขนาดเล็กจะลอย ส่วนเศษไม้และเศษเหล็กขนาดใหญ่จะจมหลังจากทดลองแล้วจึงพบว่าไม่ลอยน้ำ ส่วนเหล็กจมน้ำ แสดงให้เห็นการค้นพบจากประสบการณ์ตรง การค้นพบความรู้ทางกายภาพ ไม่ต้องการการเสริมกำลังใจจากบุคคลอื่น คุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุ นั้นเองที่จะเป็นสิ่งส่งเสริมกำลังใจหรือบอกให้ทราบว่าถูกหรือผิด

ความรู้ทางตรรกศาสตร์ - คณิตศาสตร์ เป็นความรู้ที่เป็นนามธรรม และเกิดจากการค้นคิด (Invention) การเกิดความรู้ประเภทนี้ ถึงแม้จะอาศัยวัตถุก็ตาม แต่ไม่ใช่ความรู้ที่ได้จากวัตถุโดยตรง หากแต่เป็นความรู้ที่ได้จากการกระทำตัววัตถุ เช่น ความรู้เกี่ยวกับมวล พื้นที่ ปริมาตร น้ำหนัก การจัดประเภท ความเร็ว ฯลฯ

ความรู้ทางสังคม เป็นความรู้ที่เกิดจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างเด็กกับบุคคลต่าง ๆ ในสังคม เช่น ความรู้ทางภาษา ค่านิยม ศีลธรรม ขนบธรรมเนียมประเพณีต่าง ๆ ฯลฯ

ขบวนการปรับความสมดุลทางความคิด

พือาเจท์ เห็นว่าสติปัญญา คือการปรับตัว มีหน้าที่ช่วยให้ชีวิตอยู่รอด การปรับตัวทางจิตก็เช่นเดียวกับทางชีววิทยา กล่าวคือองค์การประสานงานระหว่างองค์ประกอบภายในและองค์ประกอบภายนอก องค์ประกอบภายในได้จากพันธุกรรม องค์ประกอบภายนอกได้แก่สิ่งแวดล้อม สิ่งแวดล้อมบังคับให้สิ่งมีชีวิตทั้งหลายปรับตัว พือาเจท์เรียกการปรับตัวเช่นนี้ว่า Accommodation สำหรับสัตว์อื่น ๆ การปรับตัวเป็นไปทางกายเห็นได้

¹Barry J. Wadsworth, Piaget for the classroom teacher

กาย ส่วนมนุษย์ปรับตัวทางความคิด หรือการกำหนดรูปร่างอะไรเป็นอะไร ความคิดเป็นสิ่งที่เห็นยาก ต้องสังเกตจากพฤติกรรม ขณะที่สิ่งแวดล้อมบังคับให้ชีวิตต้องปรับตัวนั้น สิ่งมีชีวิตพยายามซึมซาบ (Assimilation) เอาสิ่งแวดล้อมเข้าสู่นั่น ทั้งการปรับตัวและการซึมซาบ ประสานงานกันอย่างใกล้ชิด พฤติกรรมทุกอย่างมีทั้งการปรับตัวและการซึมซาบ และทั้งสองประการนี้ จำเป็นต้องมีสมดุลซึ่งกันและกัน (Equilibrium) ถ้าการปรับตัวไม่สมดุลหรือขัดแย้งกับการซึมซาบเมื่อใด จิตใจจะเสียหลักแห่งเสถียรภาพ ทรบาคือชีวิตเรายังอยู่ทั้งร่างกายและจิตใจจะพยายามรักษาสมดุลระหว่างกรปรับตัวซึ่งเกิดจากองค์ประกอบภายนอก และการซึมซาบซึ่งเกิดจากองค์ประกอบภายใน อยู่ภายในโครงสร้างแห่งร่างกายและจิตใจ การดำเนินไปสู่สมดุลเป็นไปอยู่ทุกขณะจิต นี้เองก่อให้เกิดพัฒนาการ^๑

การซึมซาบ (Assimilation) หมายถึงกระบวนการที่อินทรีย์ได้ดูดซึมภาพต่าง ๆ ของสิ่งแวดล้อม ด้วยประสบการณ์ของตนเอง และขึ้นกับความสามารถของอินทรีย์ที่จะรับรู้ได้มากเพียงใด เปรียบเหมือนกับการดูดซึมของอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการย่อย ซึ่งจะดูดซึมอาหารแต่เพียงที่ร่างกายจะรับไว้ได้ เช่น เด็กเล็ก ๆ เห็นผู้ชายทั้งหลายเป็น "คุณพ่อ" และเห็นผู้หญิงทั้งหลายเป็น "คุณแม่" ทั้งนี้เพราะไม่ทราบความแตกต่างระหว่างคนเหล่านั้นกับคุณพ่อและคุณแม่ในตัวเอง^๒

การปรับตัว หรือการปรับความแตกต่าง เพื่อให้เข้ากับความสำเร็จ และความรู้นี้ (Accommodation) เป็นกระบวนการควบคู่กันกับกระบวนการซึมซาบ แต่ตรงกันข้าม ทั้งนี้เนื่องจากความแปรเปลี่ยนของสิ่งแวดล้อม สร้างความจำเป็นสำหรับอินทรีย์หรือบุคคล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

^๑ประมวล คิคคินสัน, สุขภาพจิตพัฒนา จิตวิทยาพัฒนาการ วัยแรกวัยหลัก,
(กรุงเทพฯ: แพรวพินทยา, ๒๕๒๐), หน้า ๑๐ - ๑๑.

^๒สุรางค์ โควตระกูล, "ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดของเปียเจท์"
วารสารครุศาสตร์ ๑ (๒๗ ธันวาคม ๒๕๑๓): ๑๑.

ที่จำเป็นต้องปรุงแต่งสิ่งพิพาทเรียกว่า Schema หรือวิธีการที่รวบรวมจัดแจงสิ่งแวดล้อมที่รอบ ๆ ตัว ทั้งนี้หมายความว่าสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลที่จะช่วยให้เด็กเปลี่ยนความคิด และความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ความคิดและความเข้าใจตรงกับความเป็นจริงรอบ ๆ ตัวเขา^๑

ขบวนการซึมซาบ หรือการปรับความแตกต่าง เป็นสิ่งจำเป็นต่อพัฒนาการทางสติปัญญา แต่ก็มีเงื่อนไขอยู่ว่า ทั้งสองขบวนการต้องสัมพันธ์ในปริมาณเท่ากัน ถ้าใช้การซึมซาบมากเกินไปผลที่ตามมา คือ การมี Schema ขนาดใหญ่ ในจำนวนน้อยมาก และเขาจะไม่สามารถค้นหาถึงความแตกต่างของสิ่งต่าง ๆ ได้ แต่ถ้าใช้การปรับความแตกต่างมากเกินไป ผลลัพธ์ก็คือเกิด Schema ขนาดเล็ก ๆ จำนวนมาก ทำให้เขารู้จักความจริงทั่ว ๆ ไป (Generality) น้อยมาก ไม่สามารถค้นหาลักษณะรวมกันของสิ่งต่าง ๆ ได้ ควบเหตุนี้กระบวนการทั้งสองจึงมีความจำเป็นต้องสมดุลกัน^๒

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

การสมดุลของคาน (Equilibrium in the balance)

เกี่ยวกับปัญหานี้ได้จัดการทดลองโดยใช้คานอย่างง่าย เพื่อศึกษาเกี่ยวกับความสามารถทางความคิดเกี่ยวกับสัดส่วน เมื่อก่อนน้ำหนัก ๒ กอนที่ไม่เท่ากัน (w, w') แขนงอยู่บนคาน ทำให้คานสมดุล ระยะทางของกอนน้ำหนักจากจุดหมุนเป็น L และ L' ตามลำดับ งานที่ต้องใช้การยกกอนน้ำหนัก w และ w' ให้สูงขึ้น H และ H' จะเท่ากัน ถ้าเขียนในรูปของสัดส่วนเป็นดังนี้

$$\frac{w}{w'} = \frac{L'}{L} = \frac{H}{H'}$$

^๑ เรื่องเดียวกัน: ๑๑.

^๒ แบร์ แวดสเวอร์ธ, ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของพีอาเจท์ แปลโดยดวงเดือน ศาสตร์ภักดิ์ ภาควิชาจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (เอกสารอัดสำเนา) ม.ป.ป. หน้า ๑๑ - ๑๒.

ในการทดลองเด็กจะท่องหากฎของสัดส่วน $W/W' = I/I'$ และอธิบายกฎนี้
ได้ ผลของการวิจัยต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่า คำอธิบายเกี่ยวกับสัดส่วนจะปรากฏในชั้น

III - A

ขั้นที่ I ความล้มเหลวที่จะแยกการกระทำของตนเองออกมาจากกระบวนการ
การภายนอก (I - A) และการหยั่งรู้ที่จะใช้น้ำหนักต่าง ๆ ทดแทนกัน (I - B)

การตอบสนองของเด็กวัย ๓ - ๕ ขวบ เป็นสิ่งที่น่าสนใจและน่าศึกษา โดยทั่วไป
จะเป็นการซึมซาบกระบวนการภายในให้เข้ากับกิริยาของตนเองหรือความคิดของตนเอง
ในกรณีการสมดุลของคาน เด็กยังขาดความสามารถที่จะแยกน้ำหนักของก้อนน้ำหนักออกมา
จากแรงค้ำขึ้นลงของตนเองได้ ไม่สามารถปรับความสมดุลอย่างง่าย ๆ โดยการเปลี่ยน
ตำแหน่งก้อนน้ำหนักแต่พยายามที่จะแทรกการกระทำของตนเอง เข้าไปในการทำงานของ
เครื่องมือ เด็กยังขาดความคิดเกี่ยวกับการคงตัวของน้ำหนัก ในบางครั้งเด็กจะปรับให้
คานสมดุล โดยเปลี่ยนก้อนน้ำหนักอันใหม่ครั้งแล้วครั้งเล่า นั้นเป็นเพียงการทดลองไป
เรื่อย ๆ ไม่ได้มองเห็นความแตกต่างของก้อนน้ำหนักเหล่านั้น อย่างไรก็ตามเด็กเริ่มมอง
เห็นถึงอิทธิพลของก้อนน้ำหนักต่อการสมดุลของคานบางแล้ว

การทดลองเป็นไปอย่างไรไม่มีจุดหมายเป็นแบบลองผิดลองถูก ส่วนมากจะสนใจ
อยู่ที่ก้อนน้ำหนัก ยังไม่พิจารณาเกี่ยวกับปัญหาของระยะทางของก้อนน้ำหนักจากจุดหมุน ไม่
รู้ความสัมพันธ์ระหว่างก้อนน้ำหนักและระยะทาง อย่างไรก็ตาม การสมดุลอาจเกิดขึ้น
ได้โดยบังเอิญ ไม่ใช่เกิดจากความเข้าใจ ที่กล่าวมานั้นเป็นลักษณะของเด็กในชั้น I - A

ในชั้น I - B ในขั้นนี้เด็กเริ่มเข้าใจว่าคานจะสมดุลได้จะต้องจัดให้มีก้อน
น้ำหนักอยู่ที่แขนทั้งสองข้างของคาน และน้ำหนักทั้งสองต้องเท่ากัน บางทีเด็กอาจมอง
เห็นผลของระยะทางของก้อนน้ำหนักจากจุดหมุนแต่ยังขาดการสัมพันธ์กัน (Correspondence)
อย่างมีระบบ

ขั้นที่ II (Stage II)

ขั้นที่ II - A เริ่มมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและระยะทางแต่ขาด
การประสานสัมพันธ์อย่างมีระบบ

ในชั้นนี้ได้ทราบว่า การสมมูลย์เกิดขึ้นไคระหว่างน้ำหนักน้อยระยะทางมาก กับ น้ำหนักมากระยะทางน้อย แต่ยังไม่สามารถสรุปเป็นกฎได้ สามารถจัดลำดับของน้ำหนักได้ อย่างต่อเนื่องและสามารถตัดสินใจว่าน้ำหนักเหล่านั้นเท่ากันหรือไม่ สามารถเพิ่มน้ำหนัก เข้าไปในลักษณะกลับไปได้กลับมา และเปรียบเทียบน้ำหนักคู่หนึ่งกับอีกคู่หนึ่งได้อย่างถูกต้อง เกี่ยวกับปัญหาของการสมมูลย์ของคาน ความคิดของเด็กในชั้นนี้สรุปออกมาได้ดังนี้

น้ำหนักที่เท่ากัน B_1 และ B_2 อยู่ห่างจากจุดหมุนเท่ากัน L_x ทำให้คานอยู่ในลักษณะสมมูลย์ เขียนได้ว่า

$$(B_1 \times L_x) = (B_2 \times L_x) \quad (1)$$

น้ำหนักที่เท่ากัน B_1 และ B_2 อยู่ห่างจากจุดหมุนเป็นระยะทาง L_x และ L_y ตามลำดับ และไม่เท่ากัน คานจะไม่สมมูลย์

$$(B_1 \times L_x) > (B_2 \times L_y) \quad \text{ถ้า} \quad x > y \quad (2)$$

น้ำหนักที่เท่ากัน B_1 และ B_2 อยู่ห่างจากจุดหมุนไม่เท่ากันเป็นระยะทาง L_x และ L_y ตามลำดับ คานไม่สมมูลย์

$$(A_1 \times L_x) < (B_2 \times L_x) \quad (3)$$

ในความสัมพันธ์ดังกล่าวเด็กสามารถที่จะแทนน้ำหนักก้อนหนึ่งด้วยน้ำหนักหลาย ๆ ก้อน ซึ่งรวมกันแล้วหนักเท่ากับก้อนเดิม

$$C_1 = (A_2 + A_2 + B_2) \quad (4)$$

ในกรณีที่น้ำหนักไม่เท่ากัน A_1 และ B_2 และระยะทางไม่เท่ากัน L_x และ L_y เด็กในชั้น II - A ยังไม่สามารถประสานสัมพันธ์ระหว่างระยะทางและน้ำหนักได้ ถึงแม้เด็กจะพบจากการทดลองว่า น้ำหนักมากระยะทางน้อย สมมูลย์ได้กับน้ำหนักน้อยระยะทางมาก แต่ไม่รู้จักการกลับความสัมพันธ์ (Invert these relation) จากแขนของคาน

คานหนึ่งกับอีกคานหนึ่ง และคอนข้างยาวกว่าที่จะคนชบว่าอาจทำได้ในลักษณะเกี่ยวกับน้ำหนัก
ที่ตรงข้าม

ขั้นที่ II - B: คนพบความสัมพันธ์ที่กลับกันระหว่างน้ำหนักและระยะทาง

(Invert correspondence of weights and distance)

เด็กในขั้นนี้สามารถให้คำอธิบายในเชิงคุณภาพเกี่ยวกับกฎของการสมดุลที่ว่า ถ้า
กอนน้ำหนักหนักมาก ต้องแขวนให้ใกล้กับจุดหมุน แต่ยังไม่พบความสัมพันธ์ในเชิงปริมาณ
ยังมองไม่เห็นความสัมพันธ์ของตัวแปร (น้ำหนักกับระยะทาง) อยู่นั่นเอง ถึงแม้จะเอาระยะ
ทางเข้ามาเกี่ยวข้องของคานก็ตาม เด็กยังมองตัวแปรเพียงตัวเดียว คือ น้ำหนัก โดยคิดว่าถ้า
เลื่อนกอนน้ำหนักให้เข้ามาใกล้จุดหมุน น้ำหนักจะลดลง ถ้าเลื่อนไกลออกไปน้ำหนักจะเพิ่มขึ้น
ซึ่งเขียนออกมาในรูปของความสัมพันธ์อนุกรมของน้ำหนัก $A < B < C$ และอนุกรมของระยะ
ทางจากจุดหมุน $L_1 > L_2 > L_3$ ได้ดังนี้

$$\begin{array}{ccccccc}
 A & < & B & < & C & \dots\dots & \\
 \updownarrow & & \updownarrow & & \updownarrow & & \\
 L_1 & > & L_2 & > & L_3 & \dots\dots &
 \end{array}$$

ขั้นที่ III คนพบและอธิบายกฎของสัดส่วน (Discovery and explanation of the law)

ในขั้นนี้แบ่งออกเป็น ๒ ขั้นย่อย คือ ขั้นที่ III-A ซึ่งเด็กสามารถค้นพบ
กฎเกณฑ์ว่าเมื่อคานสมดุล $W_1 \times L_1 = W_2 \times L_2$ เมื่อ W_1 และ W_2 แทนน้ำหนัก L_1
และ L_2 แทนระยะทางของกอนน้ำหนักจากจุดหมุน ส่วนเด็กในขั้นที่ III - B นอกจาก
ความสามารถดังกล่าวแล้ว ยังตั้งสาเหตุการสมดุลได้ คือเมื่อคานอยู่ในลักษณะสมดุล ถ้า
ออกแรงบิดคานให้เอียงไป ผลคูณระหว่างน้ำหนักของกอนน้ำหนักกับระยะทางที่กอนน้ำหนัก
เคลื่อนที่ไป ที่แขนทั้งสองข้างของคานเท่ากัน หรือกล่าวได้คืออย่างหนึ่งว่างานที่กอนน้ำหนัก
ทั้งสองเท่ากันนั่นเอง นั่นคือ $W_1 H_1 = W_2 H_2$
เมื่อ W_1, W_2 และ H_1, H_2 แทนน้ำหนักและระยะทางที่กอนน้ำหนักเคลื่อนที่
ไปตามลำดับ¹

¹Jean Piaget and Barbel Inhelder, The Growth of Logical Thinking From Childhood to Adolescence, (New York: Basic Books, 1958), pp.164-181.

กลุ่มปฏิบัติการความคิด INRC (The INRC group)

ปฏิบัติการความคิด INRC เป็นสิ่งสำคัญมากที่จะใช้เป็นรากฐานวิเคราะห์ปฏิบัติการทางความคิดของเด็ก ในชั้นปฏิบัติการทางความคิดโดยอาศัยกฎเกณฑ์ในการทดลองเกี่ยวกับเรื่องต่าง ๆ ในกรณีของการทดลองเกี่ยวกับการสมมูลย์ของคาน เด็กจะต้องใช้ปฏิบัติการทางความคิดหลายคานดังนี้

- ก. ปฏิบัติการทางความคิดนิเสธ N (Negation or Inversion)
 - ข. ปฏิบัติการทางความคิดทดแทน E (Reciprocity)
- } ปฏิบัติการ
ความคิด
ย้อนกลับ

(Reversibility)

ค. ปฏิบัติการทางความคิดสหสัมพันธ์ C (Correlation)

ง. ปฏิบัติการทางความคิดเอกลักษณ์ I (Identity)

เราทราบว่าเมื่อคานสมมูลย์ $W_1 L_1 = W_2 L_2$ หรือ $\frac{W_1}{L_2} = \frac{W_2}{L_1}$

ถ้าเพิ่ม W_1 อาจทำให้คานสมมูลย์ได้โดยเพิ่มระยะทาง L_2 ตามไปควย ต่อไปถาลดน้ำหนัก W_2 อาจทำให้คานสมมูลย์ได้โดยลดระยะทาง L_1 ดังนั้นจึงเขียนความสัมพันธ์ได้ใหม่ดังนี้

$$\frac{+W}{+L} = \frac{-W}{-L}$$

เครื่องหมาย + แสดงว่าเพิ่ม เครื่องหมาย - แสดงว่าลด

ถ้าให้ +W เป็นปฏิบัติการทางความคิดพื้นฐาน (I) (Base operation or Identity)

-W เป็นปฏิบัติการทางความคิดนิเสธ (N) ซึ่งตรงกันข้ามกับปฏิบัติการทางความคิดพื้นฐาน (I)

-L เป็นปฏิบัติการทางความคิดทดแทน (R) ซึ่งหมายความว่าเมื่อเพิ่มน้ำหนักถ้าต้องการผลคงเดิมต้องลดระยะทางจากจุดหมุนในหน่วยตง

+L เป็นปฏิบัติการทางความคิดสหสัมพันธ์ (C) ซึ่งให้เหตุผลเดียวกันกับ I

ดังนั้นจากสมการ $\frac{+W}{+L} = \frac{-W}{-L}$ จึงเขียนได้ว่า $\frac{I}{C} = \frac{N}{R}$ หรือ $IR = NC$

$$\text{ถ้า } \frac{+W}{-L} = \frac{+L}{-W} \quad \text{จะได้ว่า } \frac{I}{R} = \frac{C}{N} \quad \text{หรือ } IN = RC^1$$

การแกว่งแบบลูกตุ้มนาฬิกาและปฏิบัติการทางความคิดเกี่ยวกับการแยกและคุมตัวแปร
(The Oscillation of pendulum and the operations of exclusion)

การแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่มีองค์ประกอบหรือตัวแปรหลาย ๆ ตัวอยู่ร่วมกัน เด็กจะต้องพยายามแยกตัวแปรอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องออกไปให้เหลือเฉพาะตัวแปรที่มีผลต่อสิ่งที่กำลังสังเกตเท่านั้น การทดลองเกี่ยวกับการแกว่งแบบลูกตุ้มนาฬิกา ประกอบด้วยตัวแปรต่าง ๆ เช่น ความยาวของเส้นเชือก น้ำหนักของลูกตุ้ม ตำแหน่งที่ปล่อย และแรงผลักลูกตุ้ม ซึ่งเป็นตัวแปรที่น่าจะมีผลต่อความถี่ของการแกว่งของลูกตุ้ม เด็กจะต้องหาคำตอบให้ได้ว่า ความยาวของเชือกเท่านั้นที่มีผลต่อความถี่ของการแกว่ง การแก้ปัญหาของเด็กในวัยต่าง ๆ เป็นไปตามลำดับขั้นดังนี้

ขั้นที่ I ขั้นก่อนคิดหาเหตุผล เด็กในขั้นนี้ไม่สามารถแยกการกระทำของตนเองกับการเคลื่อนที่ออกจากกันได้ (Indifferentiation between the subject's action and the motion of pendulum) การกระทำทางกาย(Physical action) มีบทบาทเหนือกว่าปฏิบัติการทางความคิด (Mental operation) การทดลองดำเนินไปอย่างไร้จุดหมาย และการแสดงเหตุผลเป็นลักษณะของการพูดกับตนเอง(Collective monologue)

ขั้นที่ II ขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยของจริง แบ่งออกเป็นขั้นย่อย (Substage) ดังนี้
ขั้น I-A ซึ่งเป็นขั้นต้นของขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยของจริง ซึ่งสามารถบอกได้ว่าความยาวของเชือกมีความสัมพันธ์ในทางกลับกัน (Inverse correspondence) กับความถี่ของลูกตุ้ม แต่ไม่ทราบว่าตัวแปรอื่น ๆ จะมีผลด้วยหรือไม่ ทั้งนี้เพราะขาดความสามารถในการแยกและควบคุมตัวแปร เพราะเด็กแปรค่าของตัวแปรหลาย ๆ ตัวไปพร้อม ๆ กัน และไม่มีลักษณะของการเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยหรือจากน้อยไปหามาก (Serial ordering)

¹Richard M. Gorman, Discovering Piaget A Guide for Teachers (Ohio: Charles Merrill Publishing Co, 1972), pp. 48-52.

ชั้น II-B เป็นชั้นปลายของชั้นปฏิบัติการโดยอาศัยของจริง คล้ายกับชั้น II-A คือจะแปรค่าตัวแปรหลายตัวพร้อม ๆ กัน เช่น แปรค่าความยาวของเชือก และคูน น้ำหนักพร้อม ๆ กัน คอยเหตุนี้จึงสรุปว่า ความยาวของเชือกและคูนน้ำหนักมีผลต่อความถี่ของการแกว่งของลูกคูน ลักษณะที่แตกต่างจากชั้น II-A คือสามารถแสดงลำดับขนาดของตัวแปรต่าง ๆ ได้ดีกว่า

ชั้น III ชั้นปฏิบัติการทางความคิดโดยอาศัยกฎเกณฑ์ ซึ่งแบ่งออกเป็นชั้นต้น III-A และชั้นปลาย III-B ดังนี้

ชั้น III-A สามารถแยกตัวแปรต่าง ๆ ได้ ถ้ากำหนดการจัดหมู่ (Combination) ของตัวแปรเหล่านั้นได้ โดยแปรค่าตัวแปรเพียงตัวเดียว ส่วนตัวแปรอื่น ๆ คงที่เอาไว้ แต่ยังไม่สามารถจัดหมู่ของตัวแปรด้วยตนเองได้อย่างมีระบบ ความสามารถนี้จะปรากฏในชั้น III-B เกี่ยวกับปัญหาการแกว่ง แบบลูกคูนน้ำหนัก เด็กในชั้นนี้สามารถพิสูจน์และแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่า ความยาวเชือกมีความสัมพันธ์ในทางกลับกันกับความถี่ของการแกว่ง โดยให้คูนน้ำหนักคงที่เปลี่ยนค่าความยาวของเชือก แต่ยังคงคูนน้ำหนักของลูกคูนมีผลต่อความถี่ เช่นเดียวกับเด็กในชั้นที่ II เพราะเวลาตรวจสอบน้ำหนักของคูน เด็กจะแปรค่าทั้งน้ำหนักและความยาวพร้อม ๆ กัน แต่มีระบบมากกว่าในชั้นที่ II-B

ชั้น III-B สามารถแยกตัวแปรออกมาจากตัวแปรอื่น ๆ โดยวิธีการแปรค่าตัวแปรเพียงตัวเดียว ส่วนตัวแปรอื่น ๆ ทำให้คงที่ไว้ (Varying a single factor while holding all other things equal) จึงสามารถสรุปผลการทดลองได้ว่า ความยาวของเชือกเท่านั้นที่มีผลต่อความถี่ของการแกว่ง

ถ้าให้	P	เป็นความยาวของเชือกที่เปลี่ยนไป
	P	ความยาวของเชือกที่คงที่
	q	น้ำหนักของลูกคูนที่เปลี่ยนไป
	q	น้ำหนักของลูกคูนที่คงที่
	n	ตำแหน่งที่ปล่อยลูกคูนที่เปลี่ยนไป
	n	ตำแหน่งที่ปล่อยลูกคูนที่คงที่

s	แรงผลักดันที่เปลี่ยนไป
\bar{s}	แรงผลักดันที่คงที่
x	ความถี่การแกว่งของลูกตุ้มที่เปลี่ยนไป
\bar{x}	ความถี่การแกว่งของลูกตุ้มที่คงที่

ในกรณีที่แปรค่าความยาวของเชือกกับน้ำหนักต่าง ๆ นั้นเขียนในรูปของการจัดหมู่ได้ดังนี้

$$(p \cdot q \cdot x) \vee (p \cdot \bar{q} \cdot x) \vee (\bar{p} \cdot q \cdot \bar{x}) \vee (\bar{p} \cdot \bar{q} \cdot \bar{x}) \quad (1)$$

หมายความว่า เมื่อความยาวของเชือกเปลี่ยนไป ไม่ว่าน้ำหนักของลูกตุ้มจะคงที่หรือเปลี่ยนไปก็ตาม ความถี่ของการแกว่งจะเปลี่ยนตามไปด้วย ถ้าความยาวของเชือกคงที่ ไม่ว่าน้ำหนักของลูกตุ้มจะคงที่หรือเปลี่ยนไปก็ตาม ความถี่ของการแกว่งจะคงที่ ลักษณะของการจัดหมู่อีก ๔ แบบ ที่ไม่ได้แสดงไว้คือ $(p \cdot q \cdot \bar{x}) \vee (\bar{p} \cdot q \cdot x) \vee (p \cdot \bar{q} \cdot \bar{x}) \vee (\bar{p} \cdot \bar{q} \cdot x)$ ซึ่งเป็นกรณีที่เป็นไปได้ เพราะเมื่อมี p จะมี \bar{x} ไม่ได้ หรือเมื่อมี \bar{x} ก็จะมี p ไม่ได้เช่นเดียวกัน

ในนิพจน์ (Expression) ๑ สามารถแบ่งออกเป็น ๒ ส่วน (Operation) คือ ส่วนแรก เมื่อเค้กตอบว่า ความยาวของเชือกมีผลต่อความถี่ของการแกว่ง เขียนแทนได้ด้วย $p \equiv x$ ส่วนที่สองระหว่าง q และ x ลักษณะการจัดหมู่ที่เป็นไปได้ได้แก่

$$(q \cdot x) \vee (q \cdot \bar{x}) \vee (\bar{q} \cdot x) \vee (\bar{q} \cdot \bar{x}) \quad \text{หรือเขียนย่อได้ว่า } (q * x) \quad \text{ซึ่งใช้แทน}$$

คำพูดที่ว่า น้ำหนักของลูกตุ้มไม่มีผลต่อความถี่ของการแกว่ง ความสัมพันธ์ระหว่าง p และ q เขียนได้ว่า $p \cdot (q \vee \bar{q})$ ซึ่งเขียนย่อว่า $p [q]$ ถ้าเขียนในรูปปฏิเสธจะได้อีกว่า $\bar{p} \cdot (q \vee \bar{q})$ และถ้าเขียนรวมกันจะได้ $(p * q)$

นิพจน์ที่ ๑ อาจเขียนได้อีกอย่างหนึ่งว่า

$$\begin{aligned} (p \equiv x) \cdot (q * x) &= p \cdot (q \vee \bar{q}) \equiv x \\ &= p [q] \equiv x \end{aligned} \quad (2)$$

ในทำนองเดียวกัน ถ้าพิจารณาถึงตำแหน่งที่ปล่อยลูกตุ้มและแรงผลักดันมาพิจารณาด้วย จะได้รูปแบบของการจัดหมู่ดังนี้

$$\begin{aligned}
& (p.q.r.s.x) \vee (p.q.r.\bar{s}.x) \vee (p.q.\bar{r}.s.x) \vee (p.q.\bar{r}.\bar{s}.x) \\
& \vee (p.\bar{q}.r.s.x) \vee (p.\bar{q}.r.\bar{s}.x) \vee (p.\bar{q}.\bar{r}.s.x) \vee (p.\bar{q}.\bar{r}.\bar{s}.x) \\
& \vee (\bar{p}.q.r.s.\bar{x}) \vee (\bar{p}.q.r.\bar{s}.\bar{x}) \vee (\bar{p}.q.\bar{r}.s.\bar{x}) \vee (\bar{p}.q.\bar{r}.\bar{s}.\bar{x}) \\
& \vee (\bar{p}.\bar{q}.r.s.\bar{x}) \vee (\bar{p}.\bar{q}.r.\bar{s}.\bar{x}) \vee (\bar{p}.\bar{q}.\bar{r}.s.\bar{x}) \vee (\bar{p}.\bar{q}.\bar{r}.\bar{s}.\bar{x}) \\
& = (p \supseteq x).(q^* x).(r^* x).(s^* x) = p [q \vee r \vee s] \supseteq x \quad (3)
\end{aligned}$$

นี่เป็นรูปแบบของการจัดหมู่ที่ถูกต้อง (True combination) ซึ่งมีทั้งหมด ๑๖ แบบด้วยกัน ดังนั้นจากตัวแปรต่าง ๆ ๔ ตัว ที่จะต้องค้นหาให้ได้ว่าตัวแปรใดบางที่มีผลต่อความดี (x หรือ \bar{x}) ซึ่งในที่สุดสภาพว่า ความยาวของเชือกเทานั้นที่มีผลต่อความดีของการแกว่ง หรือ $p [q \vee r \vee s] \supseteq x$ แสดงว่าเขาได้คิดถึงการจัดหมู่ทั้ง ๑๖ แบบนี้แล้วอย่างสมบูรณ์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยต่าง ๆ ตามแนวทฤษฎีของปิอาเจท์ทั้งของไทยและของต่างประเทศมีดังนี้
 สุกุล บุญทรง (๒๕๑๑) ได้ศึกษาพัฒนาการทางสติปัญญา ในด้านที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์มวลสาร น้ำหนักและปริมาตร โดยใช้กิจกรรมการสัมผัส กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนระดับประถมศึกษา ๖ แห่ง ในกรุงเทพฯ จำนวน ๒๔๔ คน ช่วงอายุระหว่าง ๖ - ๑๓ ปี ในแต่ละระดับอายุของโรงเรียนแต่ละแห่งประกอบด้วยนักเรียนชาย ๓ คน นักเรียนหญิง ๓ คน ผลของการวิจัยปรากฏว่านักเรียนมีมีนทัศน์ของการอนุรักษ์

¹Jean Piaget and Barbel Inhelder, The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence. (New York : Basic Books, Inc., 1958), pp. 67-79.

มวลสารเมื่ออายุ ๗ - ๘ ปี การอนุรักษ์น้ำหนักเมื่ออายุ ๕ - ๑๐ ปี ไม่พบความแตกต่างของพัฒนาการเกี่ยวกับการอนุรักษ์ระหว่างนักเรียนชาย และนักเรียนหญิง^๑

ออปเปอร์ (Sylvia P. Oppen 1971) ได้ศึกษาพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กไทย เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับเด็กในยุโรป (สวีตเซอร์แลนด์) ที่พอเอาใจได้เคยศึกษาไว้ในด้าน (๑) ขั้นตอนของพัฒนาการทางสติปัญญา (๒) ผลของวัฒนธรรมและสภาพแวดล้อมที่มีต่อพัฒนาการทางสติปัญญา กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้มี ๒ กลุ่มด้วยกันคือ กลุ่มแรกคือมีระดับอายุระหว่าง ๖ - ๑๑ ปี เป็นเด็กในเมือง (กรุงเทพฯ) ๕๐ คน ในชนบท ๕๔ คน (อำเภอบางปะอิน) ซึ่งใช้ศึกษาปฏิบัติการความคิดโดยอาศัยของจริงโดยใช้แบบทดสอบ ๑๐ ชนิด ซึ่งเป็น Operative ๗ ชนิด และ Figurative ๓ ชนิด กลุ่มที่สองได้แก่เด็กในช่วงอายุ ๖ - ๑๖ ปี ใช้ศึกษาปฏิบัติการความคิดโดยอาศัยสัญลักษณ์ซึ่งเป็นเด็กในเมือง ๘๒ คน เด็กชนบท ๘๖ คน ใช้แบบทดสอบที่เกี่ยวกับการอนุรักษ์ปริมาตร และการจัดหมู่ที่ไม่ซ้ำอันดับ (Permutation) ผลการวิจัยปรากฏว่า ขั้นตอนของพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็ก โดยทั้งในเมือง - ชนบท และในยุโรปเหมือนกัน ถ้อยคำที่ใช้ในการแสดงเหตุผลเกือบจะพูดได้ว่าเป็นคำเดียวกัน ส่วนอัตราของพัฒนาการของเด็กชนบทช้ากว่าเด็กในเมือง และพบว่า เด็กในเมืองกับเด็กในยุโรปมีอัตราของการพัฒนาเกือบพอ ๆ กัน ส่วนปฏิบัติการความคิดโดยอาศัยสัญลักษณ์นั้นพบว่า เด็กไทยทั้งในเมืองและชนบทถึงขั้นนี้เมื่ออายุประมาณ ๑๖ ปี ซึ่งช้ากว่าเด็กในยุโรป ๕ ปี^๒

^๑สุพล บุญทรง, "พัฒนาการของเด็กไทยในการอนุรักษ์สสาร น้ำหนัก และปริมาตร" วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร, พ.ศ. ๒๕๑๑.

^๒Sylvia P. Oppen, "Intellectual development in Thai children" Ph.D.'s thesis. Cornell University, 1971.

คำนี้ ฎริปัญญา (๒๕๑๔) ได้ศึกษาพัฒนาการการคิดเชิงตรรกของเด็กไทยวัย
 แรกรุน ที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นประถมศึกษาตอนปลาย และมีชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในเขตกรุงเทพ
 มหานคร และเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงตรรกระหว่างนักเรียนชาย และนักเรียน
 หญิงในระดับอายุเดียวกัน กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย เด็กชั้นประถมปีที่ ๖ ถึงระดับชั้น ม.ศ.
 ๓ ปีการศึกษา ๒๕๑๓ ซึ่งมีช่วงอายุอยู่ระหว่าง ๑๒ - ๑๖ ปี สุ่มตัวอย่างมาในระดับอายุละ ๔๐
 คน ชาย ๔๐ คน และหญิง ๔๐ คน รวมทั้งหมด ๘๐๐ คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่
 แบบทดสอบการคิดในเชิงตรรก ๒ ชุด คือ แบบทดสอบการคิดแบบอุปมาน และแบบทดสอบ
 การคิดแบบอนุมาน แบบทดสอบการคิดแบบอนุมาน ได้สร้างขึ้นจากปฏิบัติการทางความคิดที่
 สำคัญ ๆ ๑๖ อย่าง ของ อินเฮลเคอร์และพีอาเจท์ (The Sixteen
 Binary Operations) ที่ผู้วิจัยเลือกมาได้แก่

๑. การเลือกโดยไร้เหตุผล (Disjunction)
๒. การรวมโดยไร้เหตุผล (Conjunction)
๓. การเป็นเหตุเป็นผล (Implication)
๔. การเท่ากัน (Equivalence)
๕. รูปปฏิเสธ (Negation)

ส่วนแบบทดสอบการคิดแบบอุปมาน ได้แก่ อุปมาอุปมัย คำศัพท์ตัวเลข การจัดเข้า
 พวก การสรุปรวบยอด และโครงสร้างการศึกษาแบบอุปมานของมิลล์ (Mill's Methods
 of inductive inference) ผลการวิจัยปรากฏว่า ความสามารถในการคิดเชิงตรรก
 ของเด็กไทย วัยแรกรุนในแต่ละระดับอายุมีความแตกต่างกัน ยกเว้นที่ระดับอายุ ๑๔ และ
 ๑๕ ปี และมีแนวโน้มของลักษณะพัฒนาการเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรง เด็กชายและเด็กหญิงมีความ
 สามารถในการคิดเชิงตรรกไม่แตกต่างกัน*

*คำนี้ ฎริปัญญา, "พัฒนาการของการคิดเชิงตรรกศาสตร์ของเด็กไทยวัยแรกรุน
 ในกรุงเทพมหานคร" วิทยานิพนธ์ ครุศาสตร์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๑๔.

สมเกียรติ ทิพย์ทัศน์ (๒๕๒๑) ได้ศึกษาเปรียบเทียบพัฒนาการทางความคิดด้านการจัดหมู่ (Combinatorial thought) และมโนทัศน์ด้านความน่าจะเป็น (Concept of probability) ระหว่างเด็กในเมืองและเด็กชนบท และหาความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการทั้งสองด้านนี้

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้ คือนักเรียนระดับอายุ ๑๑ - ๑๖ ปี ซึ่งกำลังศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษาตอนปลาย และมีมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนเขตชั้นในของกรุงเทพฯ จำนวน ๑๐๐ คน และชนบทของจังหวัดปทุมธานี ๑๐๐ คน โดยแบ่งเป็น ๕ ระดับอายุ คือ ๑๑ - ๑๒, ๑๒ - ๑๓, ๑๓ - ๑๔, ๑๔ - ๑๕, ๑๕ - ๑๖ ปี ระดับอายุละ ๒๐ คน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ เครื่องมือทดสอบความคิดด้านการจัดหมู่และแบบทดสอบเกี่ยวกับความน่าจะเป็น ผลการศึกษาพบว่า ความคิดด้านการจัดหมู่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามระดับอายุระหว่าง ๑๑ - ๑๔ ปี สำหรับเด็กในเมือง และ ๑๓ - ๑๕ ปี สำหรับเด็กชนบท ส่วนมโนทัศน์ด้านความน่าจะเป็นนั้นพบว่า เด็กทั้งสองกลุ่มมีมโนทัศน์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างอายุ ๑๒ - ๑๕ ปี แต่พบว่าเด็กในเมืองมีมโนทัศน์สูงกว่าเด็กชนบทที่มีระดับอายุเท่ากัน ในระหว่าง ๑๒ - ๑๕ ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการหาความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการทั้งสองด้านนั้น พบว่า มีความสัมพันธ์กันในทางบวก ($r = .๐2$)^๑

เรนเนอร์ และสแตฟฟอร์ด (Renner and Stafford, 1972) ได้ศึกษาพัฒนาการทางสติปัญญา ของนักเรียนเกรด ๓, ๔, ๕ ในมลรัฐโอกลาโฮมา โดยใช้การ

^๑สมเกียรติ ทิพย์ทัศน์, "การศึกษาเปรียบเทียบพัฒนาการของเด็กในเมืองและชนบทในเรื่องความคิดในชั้นปฏิบัติการควายนามธรรม และสังกัดด้านความน่าจะเป็น", วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, พ.ศ. ๒๕๒๑.

สัมภาษณ์ ประกอบกับชุดการทดลอง ๖ อย่าง (Six Piagetian tasks) ผลปรากฏว่า ๗๗ % ของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยของจริง ๑๓ % อยู่ในขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยของจริงตอนปลาย (Postconcrete operational) และ ๖ % อยู่ในขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยกฎเกณฑ์ และโดยใ้การสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องนี้ไปทดลองกับนักเรียน เกรด ๑๐, ๑๑ และ ๑๒ จำนวน ๕๔๐ คน ในมลรัฐเดียวกันพบว่า ๖๖ % ของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยของจริง ๑๗ % อยู่ในขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยของจริงตอนปลาย ๑๔ % อยู่ในขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยกฎเกณฑ์

นอร์ดแลนด์และคนอื่น ๆ (Nordland 1974) ได้ศึกษาพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของนักเรียนอเมริกันเชื้อชาติสเปน จำนวน ๔๖ คน ช่วงอายุระหว่าง ๑๑.๗ - ๑๒.๖ ปี เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ประกอบกับชุดการทดลอง ๑๐ อย่าง ผลของการศึกษาได้พบว่า ๑๖.๕ % ของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยกฎเกณฑ์ และ ๘๓.๕ % อยู่ในขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยของจริง^๑

ลอว์สัน และเรนเนอร์ (Lawson and Renner, 1975) ได้ศึกษาพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายแผนกวิทยาศาสตร์ว่าอยู่ในระดับใดบ้าง กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนเอกชีววิทยา ๕๑ คน เอกเคมี ๕๐ คน และเอกฟิสิกส์ ๓๓ คน เครื่องมือของการวิจัยได้แก่ภารกิจ (Tasks) ต่าง ๆ ดังนี้คือ การอนุรักษ์น้ำหนัก การอนุรักษ์ปริมาตร การแยกและการควบคุมตัวแปรและการสมดุลย์ของคาน ผลของการวิจัยปรากฏว่า ๖๔.๔ % ของนักเรียนเอกชีววิทยาอยู่ในขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยของจริงและ

¹J.W, Renner and D.G. Stafford, Teaching Science in the Secondary School (New York : Harper and Row, 1972): 291 - 296.

²F. Nordland, A.E. Lawson and J.B. Kahle, "A Study of Concrete and Formal Reasoning Ability in Disadvantaged Junior and Senior High School Science Students" Science Education 58(4) (1974) : 569 - 575.

ต่ำกว่า ๓๕.๒ % อยู่ในชั้นปฏิบัติการโดยอาศัยกฎเกณฑ์ ๒๒ % ของนักเรียนเอกเคมี อยู่ในชั้นปฏิบัติการโดยอาศัยของจริง ๓๔ % อยู่ในชั้นปฏิบัติการโดยอาศัยกฎเกณฑ์ ส่วนนักเรียนเอกฟิสิกส์ ๓๖.๓ % อยู่ในชั้นปฏิบัติการโดยอาศัยของจริง ๒๓.๙ % อยู่ในชั้นปฏิบัติการโดยอาศัยกฎเกณฑ์

เซเร และบอลล์ (Sayre and Ball 1975) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการทางสติปัญญาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยได้แก่นักเรียน เกรด ๙ - ๘ จำนวน ๒๑๔ คน และเกรด ๑๐ - ๑๒ จำนวน ๒๐๕ คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ใช้เทคนิคการสัมภาษณ์ ประกอบกับชุดการทดลอง ซึ่งได้แก่ ซิลโลจิสซึม Stickman การแกว่งแบบลูกตุ้มนาฬิกา การสมมุติของคานและ การจัดหมู่ (Combinatorial Logic) โดยให้ผู้สัมภาษณ์ ๔ คน ผลการวิจัยปรากฏว่า ได้พบความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการทางสติปัญญา และผลสัมฤทธิ์ในวิชาวิทยาศาสตร์ กล่าวคือนักเรียนในชั้นปฏิบัติการโดยอาศัยกฎเกณฑ์ได้คะแนนวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนในระดับชั้นที่ต่ำกว่า^๒

ราเฟนและเกอร์วิน (Raven and Guerin 1975) ได้ศึกษาการเรียงลำดับโครงสร้างทางความคิด (Hierarchical Schemata) ๙ ชนิด ของพือาเจท์ คือการจัดประเภท (Classification) การเรียงอันดับ (Seriation) การคูณ (Logical Multiplication) การทดแทน (Compensation) ความคิดในค่านสัดส่วน (Proportional thinking) ความน่าจะเป็น (Probability) และสหสัมพันธ์ (Correlation)

¹Anton E. Lawson and John W. Renner, "Relationships of Science Subject Matter and Developmental Level of Learners" Journal of Research in Science Teaching, 12 (October 1975) : 347 - 358.

²Steve, Sayre and Daniel W. Ball, "Piagetian Cognitive Development and Achievement in Science" Journal of Research in Science Teaching , 12 (July 1975) : 281 - 292.

กลุ่มตัวอย่างใดแก่นักเรียนอายุ ๘ - ๑๕ ปี จำนวน ๘๘๖ คน ผลจากการวิจัยพบว่า ลำดับ
 ขั้นของพัฒนาการสอดคล้องกับผลการทดลองของพีอาเจท ทว่า พัฒนาการทางความคิดในชั้น
 II-A (Lower Concrete) จะมาก่อน II-B, III-A (Lower Formal) และ III-B
 ตามลำดับ และโต้แย้งว่า ภารกิจ (Tasks) ทั้งหมดนี้ไม่สามารถเรียงลำดับตามความ
 ยากง่ายได้ ดังนั้นพัฒนาการทางความคิดของเด็กควรได้รับการพัฒนาหลายด้านพร้อม ๆ กัน^๑
 เกรบิลล์ (Graybill, 1975) ได้ศึกษาว่า ความสามารถในการแก้ปัญหา
 และพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กชายและหญิงแตกต่างกันหรือไม่ กลุ่มตัวอย่างในการศึกษา
 ครั้งนี้ได้แก่เด็กชายหญิง อายุ ๘, ๑๑, ๑๓ และ ๑๕ ปี เด็กเหล่านี้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 ใกล้เคียงกันมาก หลังจากที่ได้วัดความสามารถของเด็กในด้านการเท่ากันของมุมตกกระทบ
 และมุมสะท้อน การจมและการลอยของวัตถุในของเหลว การแยกและควบคุมตัวแปร การ
 จัดหมู่โดยการทดลองจากสารเคมี (Chemical combination) พบว่า ความสามารถ
 ในการแก้ปัญหา และพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กชายและหญิงแตกต่างกัน นักเรียนชาย
 ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้ดีกว่า เด็กหญิงมีความพอใจที่จะทดลอง
 หรือคำนวณอย่างระมัดระวัง มากกว่าจะวัดอย่างแน่นอน เด็กชายถึงระดับปฏิบัติการโดยอาศัย
 กฎเกณฑ์เมื่ออายุ ๑๑ ปี เด็กหญิงจะถึงช้ากว่านี้

แองคเนย์และจอยซ์ (Ankney and Joyce 1975) ได้สร้างแบบทดสอบข้อ
 เขียน (Paper pencil test) สำหรับใช้วัดพัฒนาการทางสติปัญญาในชั้นปฏิบัติการโดย
 อาศัยของจริง กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยครั้งนี้ได้แก่นักเรียนระดับอายุ ๘ - ๑๔ ปี จำนวน
 ๑๒๘ คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ การสัมภาษณ์ประกอบกับชุดการทดลอง

¹Ronald J. Raven and Robert Guerin, "Quasi-Simplex Analysis of Piaget's Operative Structures and Stage" Science Education, 59 (April - June 1975) : 273 - 281.

²Lefitia Graybill, "Sex Differences in Problem Solving Ability" Journal of Research in Science Teaching, 12 (October 1975) : 341 - 346.

(Piagetian Interview Instrument PII) และแบบทดสอบข้อเขียน ซึ่งเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice Items) ๓๐ ข้อ เครื่องมือทั้งสองใช้ทดสอบเกี่ยวกับการอนุรักษ์น้ำหนักและปริมาตร การจัดพวก (Class inclusion) Transitivity และ Euclidean space) ผลปรากฏว่า การสัมภาษณ์และการทดสอบโดยใช้แบบทดสอบ มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถวัดพัฒนาการทางสติปัญญาในชั้นดังกล่าวได้

เชียฟเพตต้า (Chiappetta, 1976) ได้ศึกษาพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กวัยรุ่นตอนปลาย ช่วงอายุ ๑๑ - ๑๖ ปีในอเมริกา ซึ่งตามทฤษฎีของพ็อลเจท์นั้น พัฒนาการของเด็กอยู่ในขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยกฎเกณฑ์ แล้วผลจากการวิจัยปรากฏว่า พัฒนาการทางความคิดของเด็กวัยรุ่นดังกล่าว ส่วนมากอยู่ในขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยของจริง และมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่พัฒนาถึงขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยกฎเกณฑ์ และได้ให้ความเห็นว่า การศึกษาของพ็อลเจท์ในเจนีวา ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ อาจใช้เด็กที่มีความสามารถสูง จึงได้พบว่า เด็กเหล่านั้นอยู่ในขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยกฎเกณฑ์ในด้านการเรียนการสอน เชียฟเพตต้าได้ให้ข้อเสนอแนะว่า ผู้เชี่ยวชาญหลักสูตรควรปรับปรุงหลักสูตรและโปรแกรมทางการศึกษาวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กในวัยนี้เสียใหม่ โดยเน้นการคิดโดยอาศัยของจริงมากกว่าโปรแกรมที่เน้นการคิดโดยอาศัยกฎเกณฑ์ดังที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน^๒

¹Paul H. Ankney and Lyle Kenyon Joyce, "The Development of a Piagetian Paper-pencil Test for Assessing Concrete Operational Reasoning," Dissertation Abstracts International, 35 (March 1975) : 5974A.

²Eugenc L. Chiappetta "A perspective on Formal Thought Development," The Science Teacher, 43 (February 1976) : 16.

จอยซ์ (Lyle K. Joyce, 1977) ได้ศึกษาพัฒนาการทางสติปัญญาของกลุ่ม
ตัวอย่างนักศึกษาระดับประถมศึกษาของ University of Northern Colorado ซึ่ง
กำลังเรียนวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนประถมศึกษา ในปีการศึกษา ๑๙๗๒ กลุ่ม
ตัวอย่างมีอายุระหว่าง ๑๔ - ๒๒ ปี เก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ประกอบด้วยชุดการทดลอง
๕ อย่าง ซึ่งได้แก่ ซิลโลกิสม์ สติคเมน (Stickmen) การจัดหมู่ (การทดลองผสมสาร
เคมี) การสมดุขยของคาน และการแวงแบบลูกตุ้มนาฬิกา ผลการวิจัยพบว่า ๒๕.๓ %
ของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยกฎเกณฑ์ในระดับสูง (Very Formal)
๕๑.๕ % อยู่ในขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยกฎเกณฑ์ในระดับปกติ ๑๔.๒ % อยู่ในขั้นปฏิบัติการ
โดยอาศัยของจริงในระดับที่กำลังมีการเปลี่ยนแปลง (Transitional) ๓.๖ % อยู่ใน
ขั้นปฏิบัติการโดยอาศัยของจริง^๑

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

¹Lyle K. Joyce, "A Study of Formal Reasoning in Elementary
Education Major", Science Education, 61(2) (1977) : 153 - 158.