บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในสมัยนี้การดำรงชีวิตของบุคคลตามเมืองในประเทศต่าง ๆ อยู่ในสภาพของการแข่งขันกันในทุกด้าน ทั้งนี้เนื่องจากจำนวนประชากรของแต่ละประเทศเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงทำให้เกิดการแข่งขันและขวนขวายทำงานหาเลี้ยงเยี่ยงกันจนมีสุภาษิตที่พูดกันติดปากว่า เวลาเป็นเงินเป็นทอง หรือเวลาวารีไม่เคยคอยใคร ซึ่งพบว่าในสังคมปัจจุบันนี้ผู้ที่รู้คุณค่าของเวลา ทำงานโดยมีหมายกำหนดการ ไม่ปล่อยเวลาให้สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ และมีความสามารถประมาณช่วงเวลาในการทำงานแต่ละอย่างได้เหมาะสม จึงทำให้ประสบความสำเร็จในหน้าที่การงาน แต่บางครั้งการประมาณช่วงเวลาของบุคคลอาศัยความรู้สึกเป็นเกณฑ์จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ ดังเช่นผลงานวิจัยของ เฮอร์ล็อค (Hurlock 1953 อ้างถึงใน ไพบูลย์ เทวรักษ์ 2523 : 36) ซึ่งศึกษาพบว่าเด็กสามารถประมาณช่วงเวลาของรายการโทรทัศน์ที่เขาชอบดูได้ถูกต้องมากกว่ารายการอื่น ๆ ที่เขาไม่ชอบ ทำนองเดียวกัน วัตต์ เฟรสเซอร์ และ สต๊อค (Wyatt, Fraser และ Stock 1929 อ้างถึงใน ไพบูลย์ เทวรักษ์ 2523 : 37) ทำการวิจัยโดยให้ผู้รับการทดลองประเมินระดับความรู้สึกของตนเองในการทำงานว่างานนั้นน่าเบื่อหน่ายมากน้อยเพียงไร จากนั้นจึงแบ่งผู้รับการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มหนึ่งเป็นกลุ่มที่ผู้รับการทดลองมีความรู้สึกว่างานที่ทำนั้นน่าเบื่อหน่ายเล็กน้อย แล้วจึงให้ผู้รับการทดลองทั้ง 2 กลุ่มกะประมาณระยะเวลาของการทำงานว่าใช้เวลากี่นาที ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มผู้รับการทดลองที่มีความรู้สึกว่างานที่ทำน่าเบื่อหน่ายมากจะประมาณระยะเวลาของการทำงานมากเกินกว่าความเป็นจริงมาก ส่วนกลุ่มที่รู้สึกว่างานที่ทำน่าเบื่อหน่ายเล็กน้อย จะประมาณระยะเวลาเกินความเป็นจริงน้อยกว่ากลุ่มแรก ดังนั้นในการจะประมาณระยะเวลาให้ถูกต้องจึงไม่ใช่ของง่ายต้องอาศัยเกณฑ์ที่สามารถสังเกตได้ชัดเจนช่วยในการประมาณเวลาซึ่งในอดีตมนุษย์เราต้องอาศัยตำแหน่งของดวงอาทิตย์ และดวงดาวบนท้องฟ้าในการบอกเวลา แต่ต่อมาเมื่อมนุษย์เจริญขึ้นจึงเริ่มใช้เครื่องมือสำหรับวัดเวลา เช่น

ในสมัยกรีกและโรมันได้มีการใช้นาฬิกาทรายเป็นตัวกำหนดระยะเวลาของการทำงาน จนกระทั่งมาถึงสมัยของกาลิเลโอ ซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลีได้สังเกตเห็นการแกว่งของโคมไฟในโบสถ์ว่า โคมไฟแกว่งไปมาแต่ละครั้งมีระยะเวลาเท่ากัน และเขายังพบว่าถ้าเชือกที่ผูกโคมไฟยาว ระยะเวลาของการแกว่งแต่ละครั้งจะยาวนานมากกว่าเชือกเส้นสั้น เขาจึงนำหลักการนี้ไปคิดประดิษฐ์นาฬิกาแบบลูกตุ้มขึ้นเป็นครั้งแรกสำหรับใช้วัดเวลา (Baker 1975 : 71) และต่อมานักวิทยาศาสตร์รุ่นหลังได้คิดปรับปรุงนาฬิกาเรื่อยมาจนถึงทุกวันนี้ นาฬิกากลายเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากของมนุษย์ ซึ่งสามารถบอกเวลาได้ค่อนข้างละเอียดขึ้นโดยมีหน่วยเป็น ชั่วโมง นาที และวินาที เมื่อเราพิจารณาหลักการที่กาลิเลโอใช้ในการสร้างนาฬิกาจะเห็นได้ว่าเป็นหลักการของการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งเมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งย่อมมีเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเสมอ นอกจากนี้ยังมีระยะห่าง (space) ระหว่างตำแหน่งเดิมและตำแหน่งใหม่ของวัตถุ ซึ่งเมื่อมนุษย์สร้างเครื่องมือวัดระยะห่างนี้ได้ เขาก็กำหนดชื่อว่า ความยาว หรือระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับระยะทางของการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยได้นิยามไว้ในรูปของความเร็วในการเคลื่อนที่ว่า ความเร็วหมายถึง ระยะทางที่วัตถุสามารถเคลื่อนที่ได้ในช่วงเวลาหนึ่ง และสรุปเป็นสมการดังนี้คือ ความเร็ว = ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่/เวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ ซึ่งจะมีหน่วยเป็นหน่วยของระยะทางต่อหน่วยของเวลา และในชีวิตประจำวันของคนเราก็คุ้นเคยกับการบอกหรือเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของวัตถุในรูปของความเร็ว เช่น รถยนต์วิ่งด้วยความเร็ว 60 กิโลเมตร ต่อชั่วโมง เป็นต้น และยังพบว่าบทเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะสาขาฟิสิกส์มักจะมีโจทย์ให้เด็กคำนวณหาค่าความเร็ว ระยะทาง หรือเวลาของการเคลื่อนที่ของวัตถุในลักษณะต่าง ๆ ซึ่งนักเรียนส่วนมากมักจะทำแบบฝึกหัดไม่ค่อยได้ ผู้วิจัยจึงตั้งข้อสังเกตว่าทั้งนี้อาจเป็นเพราะเด็กยังไม่เข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับความเร็ว ระยะทาง และเวลา ตามสมการหรืออาจจะเข้าใจบ้างแต่ยังไม่สมบูรณ์ เมื่อมีการตั้งโจทย์ที่ซับซ้อนจึงทำให้เขาแก้ปัญหาไม่ได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาว่าเด็กนักเรียนไทยจะสามารถเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ ความเร็ว ระยะทาง และเวลา ถูกต้องสมบูรณ์เมื่อมีอายุประมาณเท่าใด เพื่อจะได้เป็นข้อมูลสำหรับใช้ในการปรับปรุงหลักสูตรต่อไป เพราะการกำหนดเนื้อหาในหลักสูตรต้องคำนึงถึงวัยของผู้เรียนว่าจะสามารถรับรู้และเข้าใจเรื่องใดได้บ้าง ถ้ากำหนดเนื้อหาสูงเกินระดับสติปัญญาของเด็กย่อมจะประสบความสำเร็จได้ยาก

แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

พัฒนาการหรือการเจริญเติบโตทางความคิดของเด็กจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องค่อยเป็นค่อยไป ตั้งแต่วัยทารกจนถึงวัยรุ่นเรื่อยไปตามลำดับขั้นเช่นเดียวกับพัฒนาการทางร่างกาย และทฤษฎีหนึ่งที่ช่วยให้เราเข้าใจพัฒนาการทางความคิดของเด็กว่ามีลักษณะอย่างไร คือ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา และความคิดของปีอาเจท์ (Piaget's Theory of Cognitive Development) มีหลักการใหญ่ ๆ ที่สำคัญคือ

1. องค์ประกอบแห่งพัฒนาการทางสติปัญญา
2. โครงสร้างแห่งพัฒนาการทางสติปัญญา
3. ขั้นแห่งพัฒนาการทางสติปัญญา

1. องค์ประกอบแห่งพัฒนาการทางสติปัญญา ปีอาเจท์กล่าวว่ามีองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ประการคือ (Sund 1976 : 6-9)

1.1 วุฒิภาวะ (maturation) เป็นการทำงานของระบบประสาทที่ถูกต้องเหมาะสมกับระดับอายุต่าง ๆ เป็นสภาพของการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกายซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคลโดยมียีนส์เป็นตัวกำหนด

1.2 ประสบการณ์ (experience) เป็นผลมาจากการกระทำหรือการเรียนรู้ของบุคคลแต่ละคนกับสถานการณ์หรือสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน แบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ

ก. ประสบการณ์ทางกายภาพ (physical experience) เป็นประสบการณ์ของมนุษย์ที่ได้จากการรับรู้ทางประสาทสัมผัส เช่นเด็กจะยอมรับว่ารูปสี่เหลี่ยมเกิดจากเส้นตรงที่วางขนานกัน 2 คู่ มาประกอบกันเข้าก็เรียกว่ารูปสี่เหลี่ยม เป็นต้น นอกจากนี้ประสบการณ์ทางกายภาพอาจเกิดจากการเลียนแบบ

ข. ประสบการณ์ทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ตามหลักของเหตุและผล (logical mathematic experience) เป็นประสบการณ์ที่มนุษย์ได้รับโดยผ่านวิธีการปฏิบัติการจริง ๆ เช่น เด็กจะยอมรับว่าส่วนโค้งที่รองรับคอร์ดของวงกลมเดียวกันจะยาวกว่าคอร์ดต่อเมื่อเขาได้ทำการยืดส่วนโค้งให้เป็นเส้นตรงแล้ววางลงขนานกับคอร์ด จึงเห็นว่ามันยาวกว่า (Piaget and Inhelder 1971 : 346-389)

1.3 การถ่ายทอดทางสังคม (social transmission) เป็นผลจากการที่มนุษย์มีการปะทะสัมพันธ์กับสังคมทำให้เกิดพัฒนาวิธีการรับรู้และแก้ปัญหาได้ จากนั้นจึงได้มีการถ่ายทอดสู่บุคคลอื่นหรือบุคคลในรุ่นต่อไปโดยวิธีการอบรมเลี้ยงดู และให้การศึกษาแก่มนุษย์ ซึ่งจะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนทางความคิด ระหว่างการทำงานร่วมกับบุคคลอื่น จึงเกิดการพัฒนาทางความคิดยิ่งขึ้น

1.4 การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลย์ (equilibration) ระหว่างกระบวนการดูดซึมเข้าสู่โครงสร้าง (assimilation) กับกระบวนการปรับขยายโครงสร้างทางความคิด (accommodation) เมื่ออยู่ในสภาวะของการขัดแย้ง (conflict) ตัวอย่างเช่น เมื่อมีการเสนอปัญหาซึ่งจะเป็นสิ่งเร้าให้เด็กคิดนั่นคือ เราได้ทำให้เกิดการขัดแย้งขึ้นในความคิดของเด็ก กระบวนการทางสติปัญญาของเด็กจะเริ่มทำงานโดยการปรับเข้าสู่โครงสร้างหรือปรับขยายโครงสร้างเดิมเพื่อรับสิ่งเร้าใหม่เข้าไปทำให้เหมาะสมเพื่อนำไปสู่ความสมดุลย์อีกวาระหนึ่ง ซึ่งทำให้เกิดพัฒนาการทางสติปัญญายิ่งขึ้น ดังที่ Gins berg และ Opper (1969 : 13) ได้สรุปแนวความคิดของปิอาเจท์ไว้ว่า "สติปัญญาของคนเราเกิดจากการที่อินทรีย์มีการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมและจัดกระทำกับสภาพแวดล้อมนั้นได้อย่างถูกต้องเหมาะสม"

2. โครงสร้างแห่งพัฒนาการทางสติปัญญา พัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์เกิดเนื่องจากผลของการปะทะสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อมภายนอกหรือสังคม ซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา (adaptation) เพื่อเข้าสู่ภาวะสมดุลย์ การปะทะและการปรับปรุงประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญ 2 กระบวนการ คือ (พรรณี ชูทัย 2522 : 51)

2.1 การดูดซึมเข้าสู่โครงสร้าง (assimilation) เป็นกระบวนการที่อินทรีย์ได้ดูดซึมภาพต่าง ๆ ของสิ่งแวดล้อมด้วยประสบการณ์ของตนเอง และขึ้นอยู่กับความสามารถของอินทรีย์ที่จะรับรู้ได้มากเพียงไร

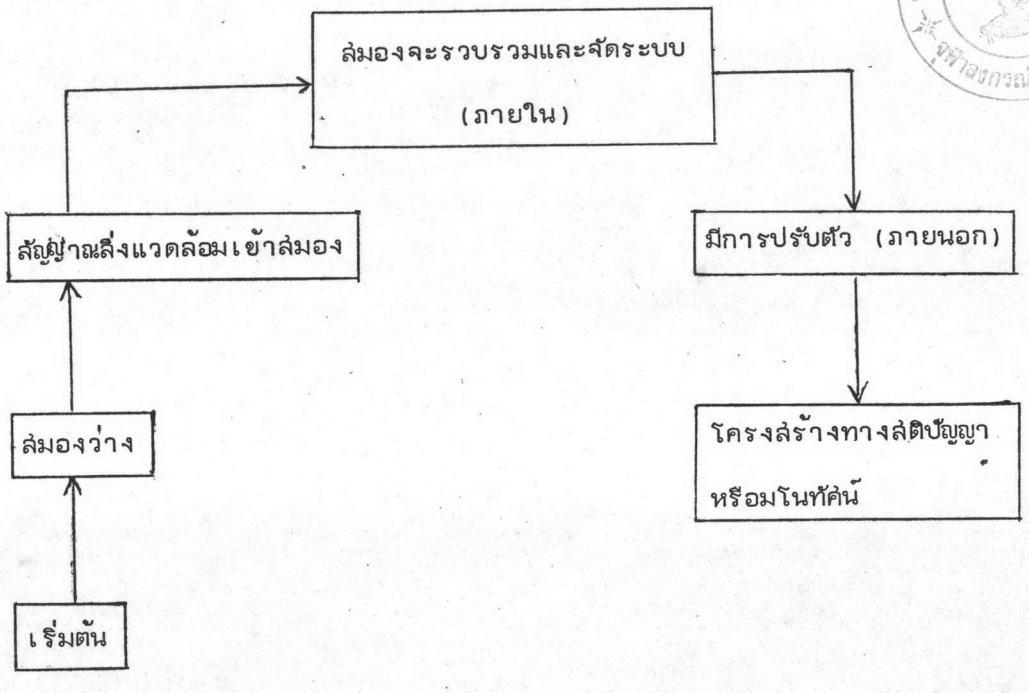
2.2 การปรับขยายโครงสร้าง (accommodation) เป็นกระบวนการปรับความแตกต่างเพื่อให้เข้ากับความเข้าใจและความรู้เดิม

การที่มนุษย์เรามีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงและทำให้อยู่ในสภาพสมดุลย์เช่นนี้ ทำให้มนุษย์สามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ และก่อให้เกิดพัฒนาการทางสติปัญญาจากขั้นหนึ่ง

ไปสู่อีกขั้นหนึ่ง จนถึงขั้นที่เรียกว่าปฏิบัติการ (Operation) ซึ่งเป็นความสามารถทางสมองที่จะคิดแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ เช่นสามารถคิดย้อนกลับตั้งแต่จุดสุดท้ายถึงจุดตั้งต้นได้ถูกต้อง

ฟลาเวล (Flavell, cited by Moursuand 1976 : 106) กล่าวถึงกระบวนการดูดซึมเข้าสู่โครงสร้างและการปรับขยายโครงสร้างทางความคิดไว้ว่า การเพิ่มพูนทางสติปัญญาเป็นกระบวนการที่มีการดูดซึมความคิดใหม่และความรู้เก่า และปรับความแตกต่างระหว่างความรู้และประสบการณ์เก่าให้เข้ากับความรู้และประสบการณ์ใหม่ ดังนั้นความฉลาดรอบรู้ของมนุษย์จึงมีการพัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ ตามอายุ แต่กระบวนการปรับตัวของมนุษย์จะยังคงดำเนินไปด้วยกระบวนการเดิม

การพัฒนาการทางสติปัญญา มีระบบการทำงานดังแผนภาพต่อไปนี้ (รัชรี คบคงสันติ 2522 : 13)



3. ขั้นแห่งพัฒนาการทางสติปัญญาและความคิด ปิอาเจท์เชื่อว่าพัฒนาการทางสติปัญญาของบุคคลจะเป็นไปตามขั้นตอนที่แน่นอนและเป็นไปตามลำดับไม่สามารถกระโดดข้ามขั้นได้ ทั้งนี้

เพราะพัฒนาการในแต่ละขั้นจะเป็นพื้นฐานของพัฒนาการในขั้นต่อไป ซึ่งงานวิจัยต่าง ๆ สนับสนุนลำดับขั้นของพัฒนาการตามทฤษฎีของปีอาเจท์และยังสามารถอธิบายพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กกลุ่มเชื้อชาติและวัฒนธรรมต่าง ๆ กันได้ ปีอาเจท์ได้แบ่งขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาออกเป็น 4 ขั้น ดังนี้ (Henry 1969 : 102-154)

ขั้นที่ 1 ขั้นประสาทสัมผัสและเคลื่อนไหว (Sensory-motor Stage) จะอยู่ในช่วงอายุ 0-2 ปี เป็นขั้นของการพัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดก่อนเด็กจะพูด พฤติกรรมของเด็กในวัยนี้จึงขึ้นอยู่กับการใช้ประสาทสัมผัสและกล้ามเนื้อ เป็นการประสานกลไกของการสัมผัส การรับรู้และการเคลื่อนไหวของร่างกายเพื่อจะเรียนรู้ความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่รอบตัว ปีอาเจท์เชื่อว่า เด็กเกิดมาพร้อมกับมีปฏิกิริยาสะท้อน (reflex) เช่น เด็กจะจับฉวยสิ่งของต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้มือ การดูด การออกเสียง การเคลื่อนไหวอวัยวะต่าง ๆ เด็กจะเรียนรู้โดยผ่านการกระทำซ้ำ ๆ ซึ่งเป็นการกระทำของกระบวนการดูดซึมเข้าสู่โครงสร้างและปรับขยายโครงสร้าง เพื่อจัดทำให้เหมาะสมเข้าสู่ภาวะสมดุลย์เกิดเป็นพัฒนาการความคิดทางสติปัญญาขึ้นมา

ขั้นที่ 2 ขั้นความคิดก่อนปฏิบัติการ (Preoperational Stage) จะเกิดขึ้นเมื่อเด็กมีอายุประมาณ 2-7 ปี เด็กในขั้นนี้เริ่มใช้ภาษาและสัญลักษณ์แทนสิ่งต่าง ๆ สามารถวาดภาพความคิดในใจได้ (mental representation) แต่ยังไม่สามารถถ่ายทอดความคิดออกมาเป็นปฏิบัติการได้ เช่นไม่สามารถจัดลำดับ (seriation) และไม่เข้าใจเรื่องการอนุรักษ์ (conservation) และยังไม่สามารถคิดให้เหตุผลแบบตรรกศาสตร์ (logical thinking) เพราะมีอุปสรรคมายับยั้งพัฒนาการทางสติปัญญาอยู่คือ

1. คิดหาคำตอบหรือเหตุผลได้เมื่อวัตถุซึ่งเป็นตัวปัญหาปรากฏอยู่ (concretness)

2. การคิดแบบยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง (ego-centrism) เด็กวัยนี้เชื่อว่าทุกคนคิดเหมือนเขา ความคิดของเขาถูกต้องเสมอ

3. เป็นการคิดแบบเพ่งที่จุดใดจุดเดียว (centering) คือมีการรับรู้เพียงด้านเดียวก็รีบตัดสินมากกว่าการใช้สมองคิดพิจารณา

4. ความไม่สามารถจำกระบวนการเปลี่ยนแปลงรูป (transformation) จำได้แต่จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายเท่านั้น

5. ไม่สามารถคิดแบบทวนย้อนกลับได้ (Irreversibility) คือไม่สามารถให้เหตุผลแบบย้อนกลับตามแนวเดิมได้

ขั้นที่ 3 ขั้นคิดปฏิบัติการด้วยรูปธรรม (Concrete-Operational State) เด็กในขั้นนี้มีอายุระหว่าง 7-11 ปี เด็กจะมีพัฒนาการจนสามารถใช้สมองคิดอย่างมีเหตุผล รู้จักแก้ปัญหาที่เป็นรูปธรรมได้ สามารถเข้า ใจเรื่องความคงตัวของวัตถุสิ่งของ คือมีมโนทัศน์เกี่ยวกับการอนุรักษ์เกิดขึ้น สามารถคิดทางตรรกศาสตร์ได้แต่ลักษณะของปัญหาต้องเป็นรูปธรรมและอยู่เฉพาะหน้า สามารถเข้าใจความสัมพันธ์ของส่วนย่อยและส่วนรวม สามารถจัดหมู่หรือแบ่งหมู่สิ่งของโดยอาศัยเกณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่งเป็นหลักได้ แต่ยังไม่สามารถแก้ปัญหาที่เป็นนามธรรมได้ เด็กในขั้นนี้มีพัฒนาการทางสติปัญญาที่สำคัญเกิดขึ้นคือ

1. การคิดกระจายออกจากศูนย์กลาง (Decentration) เป็นการคิดโดยอาศัยการรับรู้หลายด้าน และใช้ความคิดก่อนตัดสินปัญหา

2. การไม่ยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง (Non-egocentric) ไม่เชื่อความคิดของตนเองว่าถูกต้องหมด จะคอยคำนึงว่าคนอื่นเขาคิดอย่างไรประกอบเสมอ

3. สามารถคิดติดตามขั้นตอนของการเปลี่ยนแปลงรูปได้ (Transformation)

4. สามารถคิดทวนย้อนกลับได้ (Reversibility) เป็นปฏิบัติการทางสมองในการคิดย้อนกลับไปสู่จุดเริ่มต้น และกลับมาสู่จุดสุดท้ายได้

ขั้นที่ 4 ขั้นคิดปฏิบัติการด้านนามธรรม (Formal-Operational Stage) เด็กในขั้นนี้มีอายุระหว่าง 11-15 ปี เป็นขั้นสุดท้ายตามทฤษฎีของปีอาเจท์ เด็กจะสามารถเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ดีขึ้น รู้จักคิดหาเหตุผลนอกเหนือจากข้อมูลที่มีอยู่ได้ คือสามารถตั้งสมมติฐานและวิธีการแก้ปัญหาได้โดยไม่ต้องมีตัวปัญหาปรากฏอยู่ สามารถเข้าใจกฎของสัดส่วน (proportional principle) และกฎของการทดแทน (compensation) ได้ การคิดหาเหตุผลแบบตรรกศาสตร์ (logical thinking) พัฒนาอย่างสมบูรณ์ เด็กในวัยนี้สามารถคิดได้เท่าผู้ใหญ่ อาจแตกต่างกันในคุณภาพเนื่องจากมีประสบการณ์ต่างกัน

ตามทัศนะของปีอาเจท์เขาเชื่อว่าพฤติกรรมที่บุคคลแสดงออกมานั้นเป็นผลเกิดจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสมอง ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญ ๆ 3 ประการคือ การรับรู้ (perception) ความจำ (memory) และจินตนาการ (imagery) สำหรับบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นไว้ในสมองและเมื่อบุคคลนำสิ่งที่เก็บไว้มาแปลความ (interpretation) หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง (transformation) ก็คือพฤติกรรมที่เขาแสดงออกมาจริง ๆ

การรับรู้ของบุคคลที่มีต่อสิ่งเร้าจัดได้ว่ามีความสำคัญเป็นลำดับแรกและมีผลต่อพฤติกรรมของบุคคล บุคคลแต่ละคนจะสามารถรับรู้สิ่งเร้าได้ถูกต้องหรือบิดเบือนจากความเป็นจริงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะสำคัญดังนี้ (Flavell 1963 : 156-159 and Brainerd 1978 : 144-145)

1. ความคิดของบุคคลเป็นแบบยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง (Ego-Centrism) หรือเป็นแบบสังคมประกิต (Socialization) ซึ่งพบว่าความคิดของเด็กในขั้นคิดก่อนปฏิบัติการเป็นแบบยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง คือเด็กในขั้นนี้เชื่อว่าบุคคลอื่น ๆ มีความคิดและประสบการณ์เช่นเดียวกับเขา แต่เด็กในขั้นคิดปฏิบัติการด้วยรูปธรรมเป็นแบบสังคมประกิต คือ เขาจะคิดถึงความคิดของบุคคลอื่นว่าเป็นอย่างไร

2. ความสามารถในการรับรู้สิ่งเร้าอย่างมีขอบเขตจำกัดคือ การรับรู้ของเด็กในขั้นคิดก่อนปฏิบัติการเป็นแบบ มุ่งเข้าสู่ศูนย์กลาง (Centration) ซึ่งมีผลทำให้เขาสนใจเฉพาะลักษณะเด่นของสิ่งเร้าที่เขาสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจนเพียงด้านเดียว จึงมีผลทำให้พฤติกรรมที่เขาแสดงออกมาผิดจากความเป็นจริงได้ เช่น ทำให้เขาตัดสินปัญหาผิดเป็นต้น แต่เมื่อเด็กเจริญขึ้นอยู่ในขั้นคิดปฏิบัติการด้วยรูปธรรม และคิดปฏิบัติการด้วยนามธรรม เขาจะสามารถรับรู้สิ่งเร้าแบบกระจายออกจากศูนย์กลาง (Decentration) นั่นคือเขาจะให้ความสนใจด้านต่าง ๆ ของสิ่งเร้ามากขึ้น ทำให้เขาสามารถคิดตามการเปลี่ยนแปลงของสิ่งเร้าตั้งแต่เริ่มต้นเปลี่ยนแปลงจนกระทั่งสิ้นสุดลง (State Transformation) ซึ่งจะมีผลทำให้เขาสามารถจัดเรียงลำดับที่ของการเกิดเหตุการณ์ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดลงได้ และสามารถจัดเรียงลำดับที่ของการเกิดเหตุการณ์ย้อนกลับ(Reversibility) ได้ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ (Brainerd 1978 : 98)

2.1 เด็กสามารถจัดลำดับที่ของเหตุการณ์ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดลงได้และจัดเรียงลำดับที่ของเหตุการณ์จากจุดสิ้นสุดย้อนกลับไปสู่จุดเริ่มต้นของการเกิดเหตุการณ์ได้ ลักษณะความสามารถในการคิดแบบนี้เรียกว่า inversion reversibility rules คือเป็นปฏิบัติการทางสมองที่สามารถคิดย้อนกลับในทิศทางตรงกันข้ามโดยตรง ซึ่งคล้ายกับหลักการลบหรือการแยกตัวประกอบทางคณิตศาสตร์ เช่น ถ้าเด็กทราบว่าจำนวนเด็กทั้งหมด (C) = จำนวนเด็กชาย (B) + จำนวนเด็กหญิง (G) ซึ่งเขียนเป็นสัญญลักษณ์ได้ว่า C = B + G ซึ่งเรียกว่าเป็นการรวมตัวประกอบ (composition) ซึ่งเด็กจะเข้าใจต่อไปว่าในทางกลับกัน C-B = G หรือ C-G = B (reversibility) (Elkind และ Weiner 1978 : 538-539)

2.2 เด็กสามารถคิดหาความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสิ่งเร้า ซึ่งเรียกว่า reciprocity reversibility หรือ compensation คือเป็นปฏิบัติการคิดแบบแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกันหรือแบบทดแทนกันแต่มีทิศทางกลับกันแบบผกผัน ซึ่งคล้ายกับหลักการหารทางคณิตศาสตร์ เช่น ถ้า 2 x 3 = 6 ในทิศทางกลับกันแบบผกผันจะได้ว่า 6 ÷ 2 = 3 หรือ 6 ÷ 3 = 2

นอกจากนี้ยังพบว่าในขณะที่เด็กสามารถติดตามขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงของสิ่งเร้า เด็กยังสามารถรับรู้และจำได้ว่าลักษณะของสิ่งเร้าที่เขาเห็นว่าเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงเฉพาะรูปร่าง หรือตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุเท่านั้น แต่ตัววัตถุและปริมาณของวัตถุยังคงเท่าเดิม จึงทำให้เขาสามารถตัดสินปัญหาการอนุรักษ์ได้ถูกต้อง โดยพบว่าเขาจะให้เหตุผลว่าของสองสิ่งเท่าเดิม เพราะเป็นวัตถุอันเดิมหรือเพราะมีจำนวนเท่าเดิม ซึ่งลักษณะการคิดแบบนี้เรียกว่าคิดแบบอิงลักษณะเดิม (identity) ซึ่ง Bruner และ Elkind เชื่อว่าเด็กต้องเข้าใจกฎการอิงลักษณะเดิม (Identity rules) ก่อนที่จะมีการอนุรักษ์ เช่นเดียวกับปิอาเจท์ เชื่อว่าเด็กต้องเข้าใจกฎการย้อนกลับ (Reversibility rules) ก่อนที่จะมีความสามารถในการอนุรักษ์ (Brainerd 1978 : 145-146)

ทฤษฎีพัฒนาการมโนทัศน์เวลาของปิอาเจท์ (The Child's Conception of Time) (Piaget : 1969)

ไอน์สไตน์ได้ตั้งคำถามถามปิอาเจท์เกี่ยวกับพัฒนาการมโนทัศน์เวลาของเด็ก เมื่อปี ค.ศ. 1928 โดยเขาอยากจะทราบว่า เด็กเข้าใจเรื่องของเวลาเมื่อไร และอย่างไร นอกจากนี้เขายังต้องการทราบว่ามีตัวแปรอะไรบ้างที่เกี่ยวข้องกับความเข้าใจมโนทัศน์เวลาของเด็ก ทั้งนี้เนื่องจากมโนทัศน์เวลาจะเข้ามาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของคนเราเสมอ ไม่ว่าเราจะทำกิจกรรมใด ๆ ก็ตาม นอกจากนี้ตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ยังได้ให้คำนิยามความเร็วของการเคลื่อนที่ของวัตถุ เป็นความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางที่วัตถุสามารถเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา เช่น รถยนต์มีความเร็ว 55 ไมล์ต่อชั่วโมง ซึ่งสามารถเขียนเป็นสูตรทางฟิสิกส์ดังนี้

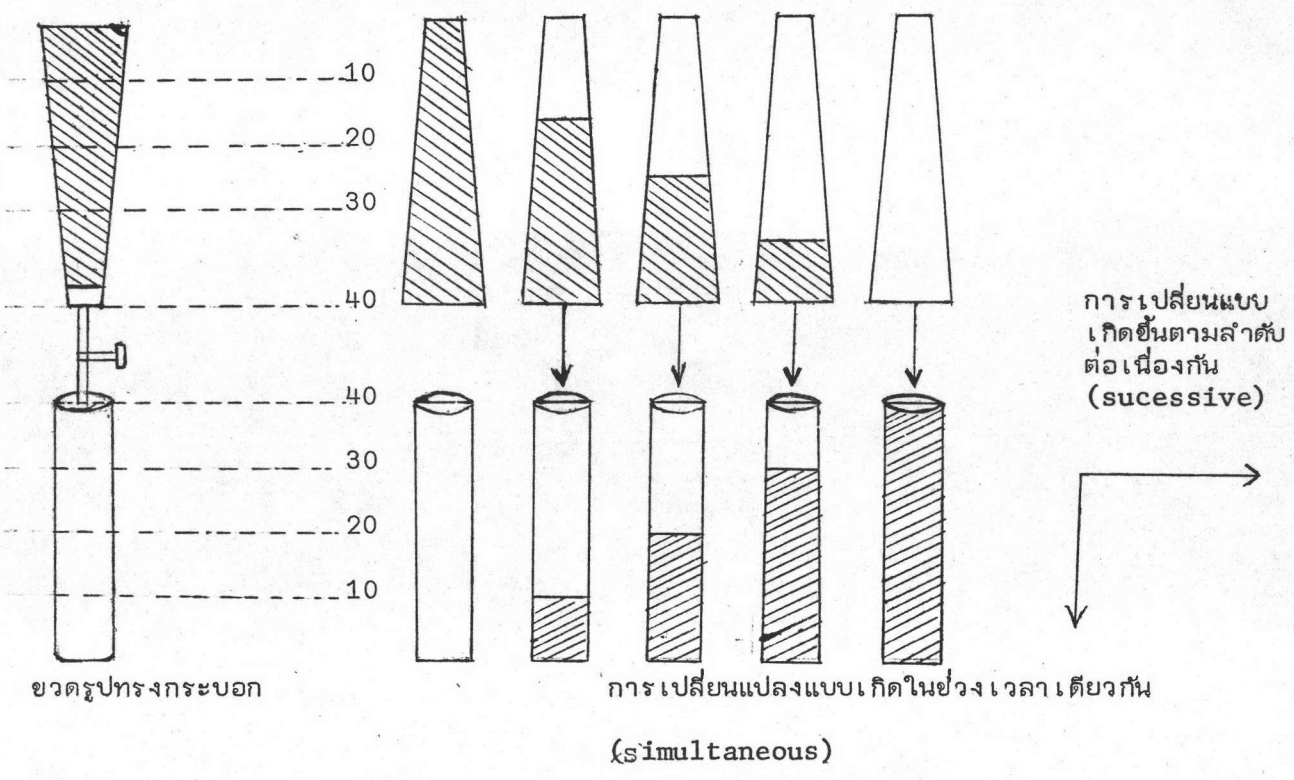
$$\text{ความเร็วของวัตถุ} = \frac{\text{ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่}}{\text{ระยะเวลาของวัตถุที่เคลื่อนที่}}$$

จากความสัมพันธ์ตามสูตรข้างต้นนี้แสดงว่า มโนทัศน์เวลา มีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์ความเร็วและมโนทัศน์ระยะทาง จึงทำให้เกิดปัญหาตามมาว่า เด็กจะเข้าใจมโนทัศน์ทั้ง 3 ด้านพร้อม ๆ กัน หรือว่าเด็กจะเข้าใจมโนทัศน์แต่ละด้านไม่พร้อมกัน และถ้าเป็นเช่นนั้นเด็กจะเข้าใจมโนทัศน์ด้านใดก่อนเป็นลำดับแรกสุด และเข้าใจมโนทัศน์ใดเป็นลำดับที่ 2 และเข้าใจมโนทัศน์ใดเป็นลำดับที่ 3

ลักษณะและวิธีการทดลองเกี่ยวกับพัฒนาการมโนทัศน์เวลาของปิอาเจท์

ปิอาเจท์ศึกษาพัฒนาการมโนทัศน์เวลาของเด็กโดยอาศัยหลักการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่ เปลี่ยนตำแหน่งย่อมมีมโนทัศน์ระยะห่าง (space) หรือที่เรียกว่ามโนทัศน์ระยะทาง (distance) มโนทัศน์เวลา (time) และมโนทัศน์ความเร็ว (speed) เกิดขึ้นด้วยเสมอ เขายังดำเนินการทดลองออกเป็น 2 ลักษณะคือ

ลักษณะที่ 1 อาศัยหลักการไหลของน้ำเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งความเร็วในการเคลื่อนที่จะคงที่เสมอ โดยเขาจะค่อย ๆ ปล่อยน้ำออกจากขวดรูปชมพู่ลงสู่ขวดรูปทรงกระบอกที่มีปริมาตรเท่ากัน ดังนั้นในขณะที่ทำการทดลองจะเกิดเหตุการณ์ 2 อย่างคือ ระดับน้ำในขวดรูปชมพู่จะค่อย ๆ ลดลง ส่วนระดับน้ำในขวดรูปทรงกระบอกจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น เมื่อผู้วิจัยปล่อยน้ำแต่ละครั้งจะให้เด็กชี้ระดับความสูงของน้ำในรูปภาพของขวดรูปชมพู่ และขวดรูปทรงกระบอก ซึ่งจะได้ระดับความสูงของน้ำในขวดทั้ง 2 ไม่เท่ากัน แต่ปริมาณน้ำที่ปล่อยออกมาทุกครั้งเท่ากันตลอด เมื่อการทดลองสิ้นสุดลงจะได้รูปภาพที่แสดงการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของน้ำประมาณ 6-8 รูป ซึ่งถ้าเราพิจารณาระดับน้ำในขวดรูปชมพู่โดยเมื่อต้นการทดลองจะมีน้ำบรรจุเต็มขวด แล้วระดับน้ำค่อย ๆ ลดลงจากระดับหนึ่งไปสู่อีกระดับหนึ่งเรื่อยไปจนไม่มีน้ำเหลืออยู่ในขวดเลย ส่วนขวดรูปทรงกระบอกนั้นเมื่อเริ่มต้นการทดลองไม่มีน้ำเลย แต่ระดับน้ำจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจากระดับหนึ่งไปสู่อีกระดับหนึ่งเรื่อยไปจนน้ำเต็มขวดจะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแต่ละภาพจะเกิดต่อเนื่องกันไป (sucessive) ทั้ง 2 ชุด แต่ถ้าเราพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำที่ลดลงจากขวดรูปชมพู่ แต่จะไปเพิ่มขึ้นในขวดรูปทรงกระบอกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน มีระยะเวลาเท่ากัน (simaltoneous) ดังรูป



เมื่อเด็กได้รับการทดลองแล้ว ผู้วิจัยจะสั่งให้เด็กจัดเรียงรูปภาพตามลำดับที่ของการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการทดลอง แยกกันทีละชุด และโยงความสัมพันธ์ระหว่างชุด จากนั้นจะให้เด็กตัดสินระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ทั้งแบบต่อเนื่องและแบบช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งจากการทดลองสามารถแบ่งเด็กเป็น 3 ระดับคือ

เด็กในขั้นที่ 1 มีอายุ 5-7 ปี จะยังไม่สามารถจัดเรียงรูปภาพตามลำดับที่ของการเปลี่ยนแปลงแบบต่อเนื่องและแบบเกิดในช่วงเวลาเดียวกันได้ แสดงว่าเด็กกลุ่มนี้ยังไม่สามารถอาศัยระดับของน้ำหรือที่ว่างเหนือระดับน้ำในรูปภาพ แต่ละรูปช่วยในการจัดเรียงลำดับที่ของการเปลี่ยนปลงได้ จึงทำให้เขาไม่สามารถจะบอกหรือเข้าใจได้ว่าช่วงเวลาที่ระดับน้ำของขวดข่มพูลดลงและระดับน้ำของขวดทรงกระบอกเพิ่มขึ้นจากรูปหนึ่งสู่อีกรูปหนึ่งที่ต่อเนื่องกันจะต้องเท่ากันเสมอ และช่วงเวลาขณะที่น้ำไหลออกจากขวดข่มพู่ลงสู่ขวดทรงกระบอกในแต่ละครั้งจะเกิดในช่วงเวลาเดียวกันเสมอ นอกจากนี้ยังพบว่าเด็กกลุ่มนี้เข้าใจว่าความเร็วเป็นสัดส่วนโดยตรงกับเวลาคือ เขาจะบอกว่าวัตถุที่เคลื่อนที่เร็วกว่าต้องใช้เวลามากกว่าเป็นต้น (Piaget 1969 : 45-47)

เด็กในขั้นที่ 2 มีอายุ 7-8 ปี จะสามารถจัดเรียงรูปภาพตามลำดับที่ของการเกิดเหตุการณ์แบบต่อเนื่องได้ถูกต้อง แต่ยังไม่สามารถจัดเรียงลำดับรูปภาพทั้ง 2 ชุดที่เกิดในช่วงเวลาเดียวกัน ตั้งแต่ต้นจนสิ้นสุดการทดลองได้ แต่ก็อาจจะมีเด็กในกลุ่มนี้บางคนที่สามารถจัดเรียงรูปภาพทั้ง 2 ชุดไปพร้อม ๆ กันได้ถูกต้องบางส่วน และยังไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ เมื่อให้เขาตัดสินระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์เขาจะบอกว่าถ้าระดับน้ำมากต้องใช้เวลามาก แสดงว่าเขาอาศัยระดับความสูงของน้ำที่มองเห็นช่วยในการตัดสินมโนทัศน์เวลาตามความสัมพันธ์ที่ว่า มโนทัศน์ระยะทางเป็นสัดส่วนโดยตรงกับมโนทัศน์เวลา แต่ถ้าถามเด็กว่าถ้าวัตถุเคลื่อนที่เร็วมากจะใช้เวลาในการเคลื่อนที่อย่างไร เขาจะตอบว่าใช้เวลาน้อย แสดงว่าเด็กกลุ่มนี้เข้าใจว่ามโนทัศน์เวลาเป็นสัดส่วนผกผันกับมโนทัศน์ความเร็ว แต่ถ้าในการเคลื่อนที่ของวัตถุมีระยะห่างต่างกัน เด็กในกลุ่มนี้จะตัดสินมโนทัศน์เวลาโดยพิจารณามโนทัศน์ระยะทางแทน (Piaget 1969 : 66-69)

เด็กในขั้นที่ 3 มีอายุ 8-9 ปีขึ้นไป จะสามารถจัดเรียงลำดับเหตุการณ์แบบเกิดขึ้นต่อเนื่องกัน และสามารถโยงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุการณ์ทั้ง 2 ที่เกิดขึ้นในช่วงแรกเดียวกันได้ถูกต้อง นอกจากนี้ยังสามารถตัดสินช่วงเวลาของการเกิดเหตุการณ์แบบต่อเนื่องกันและแบบเกิดในช่วงเวลาเดียวกันได้ถูกต้อง (Piaget 1969 : 72-76)

ลักษณะที่ 2 อาศัยหลักการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวเส้นตรงด้วยความเร็ว ระยะทาง และเวลาเท่ากันหรือต่างกันได้ตามต้องการ นอกจากนี้ยังมีตัวแปรเกี่ยวกับตำแหน่งของวัตถุ และลำดับที่ของการเคลื่อนที่ของวัตถุเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย จากนั้นก็จะให้เด็กตัดสินช่วงเวลาของการเกิดเหตุการณ์ทั้งแบบเคลื่อนที่ต่อเนื่องกันไปและแบบเกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งเราสามารถแบ่งเด็กได้เป็น 3 ระดับ ดังนี้

เด็กในขั้นที่ 1 มีอายุระหว่าง 5-7 ปี จะให้เหตุผลโดยอาศัยความเข้าใจว่ามโนทัศน์ระยะทางเป็นสัดส่วนโดยตรงกับเวลาคือ เขาจะพิจารณาตำแหน่งปลายทาง (stopping point) หรือตำแหน่งเริ่มต้น (starting point) ของการเคลื่อนที่เป็นเกณฑ์ในการตัดสินเวลา คือ ถ้าวัตถุใดไปหยุดที่ตำแหน่งปลายทางที่ไกลกว่าก็หมายถึงต้องใช้เวลาในการเคลื่อนที่มากกว่าทั้ง ๆ ที่เวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ไปถึงปลายทางเท่ากันก็ตาม นอกจากนี้เด็กกลุ่มนี้มักจะให้เหตุผลตามแนวนี้ คือ ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วมากต้องได้ระยะทางไกลมาก และถ้าวัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทางไกลมากจะต้องใช้เวลาในการเคลื่อนที่มาก เขาจึงสรุปต่อว่าดังนั้น ถ้าวัตถุเคลื่อนที่เร็วมากก็ต้องใช้เวลาในการเคลื่อนที่มากด้วย (Piaget 1969 : 94-95)

เด็กในขั้นที่ 2 มีอายุระหว่าง 7-8 ปี เด็กจะเริ่มเข้าใจแล้วว่ามโนทัศน์เวลาเป็นสัดส่วนผกผันกับมโนทัศน์ความเร็ว แต่ถ้าในการเคลื่อนที่ปรากฏว่ามีตำแหน่งของวัตถุมาเกี่ยวข้องและเห็นเด่นชัดเช่น ตำแหน่งปลายทางของวัตถุอันหนึ่งอยู่ไกลกว่า เด็กในขั้นนี้จะคงตอบคำถามเกี่ยวกับมโนทัศน์เวลาเช่นเดียวกับเด็กในขั้นที่ 1 คือวัตถุอันนั้นต้องใช้เวลาเคลื่อนที่มากกว่าเพราะได้ระยะทางไกลกว่าโดยจะไม่คำนึงถึงมโนทัศน์ความเร็ว และลำดับที่ของการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้ง 2 อัน นอกจากนี้ยังพบว่าถ้าให้เด็กตัดสินมโนทัศน์เวลาของเหตุการณ์ที่เกิดในช่วงเวลาเดียวกันแต่ได้ระยะทางต่างกัน เด็กกลุ่มนี้จะยังคงไม่ยอมรับว่า เหตุการณ์ทั้ง 2 ที่เกิดในช่วงเวลาเดียวกันจะมีเวลาเท่ากัน เมื่อระยะทางไม่เท่ากัน หรืออาจจะมีเด็กบางคนที่ยอมรับแต่ยังไม่สามารถอธิบายเหตุผลได้ หรืออธิบายได้บ้างแต่ไม่ถูกต้องเท่าที่ควร จึงทำให้เด็กพวกนี้สามารถตอบปัญหามโนทัศน์เวลาถูกบ้างผิดบ้าง (Piaget 1969 : 102-103)

เด็กในขั้นที่ 3 มีอายุ 9-10 ปี ขึ้นไปจะสามารถแยกความแตกต่างระหว่างลำดับที่ของการเกิดเหตุการณ์ออกจากระยะทางของการเคลื่อนที่ได้ และเริ่มมีความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ความเร็ว มโนทัศน์ระยะทาง และมโนทัศน์เวลา จึงทำให้เขาสามารถตัดสินปัญหามโนทัศน์เวลาและให้เหตุผลได้ถูกต้อง (Piaget 1969 : 104-105)

นอกจากนี้ปีอาเจท์ยังได้ศึกษาพัฒนาการมโนทัศน์ความเร็ว และมโนทัศน์ระยะทาง โดยอาศัยการเคลื่อนที่ตามแนวเส้นตรงคล้ายกับการศึกษาพัฒนาการมโนทัศน์เวลาดังกล่าวข้างต้น และสรุปได้ว่า เด็กจะสามารถตัดสินมโนทัศน์ระยะทางได้ถูกต้องโดยอาศัยความสามารถที่จะเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งปลายทาง และลำดับที่ของการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อมีอายุระหว่าง 7-8 ปี แต่จะให้เหตุผลแบบแสดงความสัมพันธ์กับมโนทัศน์ความเร็ว และมโนทัศน์เวลาเมื่อมีอายุระหว่าง 10-11 ปี และจะเข้าใจมโนทัศน์ความเร็วในความหมายที่ว่า ถ้าวัตถุใดเคลื่อนที่ไปทันวัตถุที่อยู่ข้างหน้าแสดงว่าวัตถุนั้นจะต้องมีความเร็วมากกว่า เมื่อมีอายุระหว่าง 7-8 ปี แต่จะเข้าใจมโนทัศน์ความเร็วตามความสัมพันธ์แบบฟิสิกส์ก็คือ ระยะทาง/เวลา จะเกิดหลังจากมีพัฒนาการมโนทัศน์ระยะทางและมโนทัศน์เวลาอย่างสมบูรณ์แล้ว ซึ่งจะพบตั้งแต่อายุ 11 ปี ขึ้นไปจนถึงวัยผู้ใหญ่ซึ่งจัดว่ามีความคิดขั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรม (Piaget,cited by Cowan 1978 : 129)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เบรินดท์ และ วูด (Berndt and Wood (1974 : 825-828) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการมโนทัศน์เวลาของเด็กนักเรียนจากโรงเรียนราษฎร์เมืองนิวดัน รัฐเมลล่า ซูเซล์ ที่มีอายุระหว่าง 5 ปี และ 7 ปี จำนวน 40 คน โดยแบ่งตามเพศจำนวนเท่า ๆ กัน คือ เพศชาย 20 คน และเพศหญิง 20 คน เครื่องมือสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยรถไฟสีแดงและสีน้ำเงินอย่างละขบวนซึ่งมีความยาว 5 นิ้ว วางบนรางรถไฟที่ถูกวางให้ขนานกัน แต่ละรางยาว 4 ฟุต เหนือรางทั้ง 2 มีอุโมงค์ครอบรางทั้ง 2 ไว้ เพื่อมิให้ผู้รับการทดลองมองเห็นรถไฟขณะที่รถไฟวิ่ง ผู้รับการทดลองจะได้ยินเฉพาะเสียงหวูดรถไฟเท่านั้น โดยที่รถไฟสีแดงขณะวิ่งจะเปิดหวูดรถไฟขนาดความถี่ 220 เฮิรตซ์ และรถไฟสีน้ำเงินขณะวิ่งจะเปิดหวูดรถไฟขนาดความถี่ 750 เฮิรตซ์ ดังนั้นในขั้นแรกผู้รับการทดลองจะต้องได้รับการฝึกจนสามารถแยกรถไฟทั้ง 2 ขบวนจากการฟังเสียงรถไฟได้ก่อน จึงค่อยรับการฝึกในขั้นต่อไปซึ่งประกอบด้วย

การฝึกขั้นที่ 1 ผู้รับการทดลองแต่ละคนจะต้องได้รับการทดลอง 10 การทดลอง ซึ่งแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ ลักษณะแรกจะเป็นการทดลองที่ผู้วิจัยจะปล่อยรถไฟทั้ง 2 ขบวนให้เคลื่อนที่ตามลำดับกันไปภายในอุโมงค์โดยที่ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของรถไฟทั้ง 2

ขบวนจะไม่เท่ากัน จะมีทั้งหมด 5 การทดลอง ส่วนลักษณะที่ 2 ผู้วิจัยจะปล่อยรถไฟทั้ง 2 ขบวนให้เริ่มเคลื่อนที่ในเวลาพร้อมกันภายในอุโมงค์ แต่จะมีรถไฟขบวนหนึ่งมีระยะเวลาในการเคลื่อนที่นานมากกว่าอีกขบวนหนึ่งจะมีทั้งหมด 4 การทดลอง เมื่อผู้รับการทดลองตัดสินปัญหาเกี่ยวกับมโนทัศน์ระยะเวลาของการเคลื่อนที่ของรถไฟทั้ง 2 ขบวนในแต่ละการทดลองแล้ว ผู้วิจัยจะเฉลยคำตอบว่าถูกต้องเมื่อเขาสามารถตอบถูก ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่าผู้รับการทดลองจำนวน 32 คน สามารถตอบปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาได้ถูกต้องอย่างต่ำ 9 การทดลอง ซึ่งเป็นเด็กที่มีอายุ 5 ปี จำนวน 15 คน และเป็นเด็กอายุ 7 ปี จำนวน 17 คน แสดงว่าอายุของผู้รับการทดลองและลักษณะของการทดลองไม่มีผลต่อการตอบปัญหามโนทัศน์ระยะเวลา

การฝึกขั้นที่ 2 ผู้รับการทดลองแต่ละคนจะได้รับการทดลอง 4 การทดลอง แบ่งเป็นการทดลองที่ปล่อยให้รถไฟทั้ง 2 ขบวนเคลื่อนเป็นลำดับตามกัน 2 การทดลอง และปล่อยให้รถไฟทั้ง 2 ขบวนเคลื่อนที่พร้อม ๆ กัน 2 การทดลอง โดยในแต่ละลักษณะการเคลื่อนที่จะมีการทดลองหนึ่งในสอง การทดลองจะเป็นการทดลองแบบก่อให้เกิดความขัดแย้งทางความคิด คือ ผู้วิจัยจะปล่อยรถไฟขบวนที่มีระยะเวลาในการเคลื่อนที่นานมากกว่าให้เคลื่อนที่ไปหยุดในตำแหน่งด้านหลังของรถไฟขบวนที่มีระยะเวลาในการเคลื่อนที่น้อยกว่า ส่วนการทดลองที่เหลือในแต่ละแบบจะเป็นการเคลื่อนที่ตามปกติคือ รถไฟขบวนที่ใช้ระยะเวลาในการเคลื่อนที่มากกว่าจะเคลื่อนที่ไปหยุดอยู่ด้านหน้าของรถไฟขบวนที่ใช้ระยะเวลาในการเคลื่อนที่น้อยกว่า โดยแต่ละการทดลองผู้วิจัยจะปล่อยรถไฟเคลื่อนที่ภายในอุโมงค์ และเมื่อผู้รับการทดลองได้ตัดสินปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของรถไฟทั้ง 2 ขบวนแล้ว ผู้วิจัยจะเปิดอุโมงค์ออกเพื่อให้ผู้รับการทดลองสามารถมองเห็นรถไฟทั้ง 2 ขบวนได้ แล้วจึงถามคำถามเกี่ยวกับปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาซ้ำอีกครั้งพร้อมกับถามเหตุผลของการเลือก ผลการวิจัยพบว่าผู้รับการทดลองที่มีอายุ 5 ปี จะตอบปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาผิดมากกว่าเด็กอายุ 7 ปี และพบว่ากรณีที่การทดลองแบบก่อให้เกิดความขัดแย้งทางความคิดผู้รับการทดลองจะเปลี่ยนคำถามมากกว่าการทดลองตามปกติ ทั้งนี้เป็นเพราะผู้รับการทดลองมองเห็นว่ารถไฟขบวนที่เขาตัดสินครั้งแรกว่ามีระยะเวลาในการเคลื่อนที่มากกว่าไปหยุดอยู่หลังรถไฟอีกขบวนหนึ่ง จึงทำให้เขาเปลี่ยนคำตอบโดยไม่คำนึงว่าคำตอบตอนแรกจะเป็นคำตอบที่ถูกต้อง แสดงว่าตำแหน่งปลายทางที่รถไฟเคลื่อนที่ไปหยุดมีผลต่อการตอบปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาของเด็กอย่างมาก

การฝึกขั้นที่ 3 การทดลองในขั้นนี้ผู้วิจัยจะปล่อยรถไฟให้เคลื่อนที่โดยไม่มีอุโมงค์ปิด มีการทดลองแบบปล่อยให้รถไฟเคลื่อนที่ตามลำดับกันทั้งหมด 3 การทดลอง และ

จะเป็นการทดลองแบบก่อให้เกิดความขัดแย้งทางความคิด 1 การทดลอง นอกจากนี้ยังมีการทดลองอีก 6 การทดลองจะเป็นแบบปล่อยให้รถไฟทั้ง 2 ขบวนเคลื่อนที่พร้อม ๆ กัน และจะเป็นการทดลองแบบก่อให้เกิดความขัดแย้งทางความคิด 2 การทดลอง แต่ละการทดลองจะให้ผู้รับการทดลองตัดสินปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาของการเคลื่อนที่ของรถไฟทั้ง 2 ขบวนพร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ ผลการวิจัยพบว่าเด็กอายุ 7 ปี จะสามารถตอบปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาของการทดลองแบบก่อให้เกิดความขัดแย้งทางความคิดได้ถูกต้องมากกว่าเด็กอายุ 5 ปี และพบว่าการฝึกสามารถทำให้เด็กตัดสินปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาได้ถูกต้องเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อเราพิจารณาเหตุผลของเด็กจะพบว่า เด็กส่วนมากจะบอกว่ารถไฟขบวนที่จอดอยู่หน้ารถไฟอีกขบวนหนึ่งจะใช้ระยะเวลาในการเคลื่อนที่มากกว่า ลักษณะเช่นนี้แสดงให้เห็นว่าเด็กรับรู้หรือเข้าใจมโนทัศน์เวลาสัมพันธ์กับมโนทัศน์ระยะทาง ซึ่งทำให้คำตอบของเขาผิดถึง 98% แต่เมื่อเขาได้รับการฝึกเขาก็สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าเด็กที่มีอายุ 7 ปี จะใช้เหตุผลในลักษณะที่ว่าเพราะรถไฟขบวนนี้อยู่หน้ารถไฟอีกขบวนหนึ่งเป็นเกณฑ์ในการตัดสินมโนทัศน์ระยะเวลาน้อยกว่าเด็กอายุ 5 ปี แต่พวกเขาจะให้เหตุผลว่าเพราะมันวิ่งช้ากว่าหรือเพราะเสียงหวูดมันดังยาวกว่า แทนจึงทำให้เด็กอายุ 7 ปี ตอบปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาได้ถูกต้องมากกว่าเด็กอายุ 5 ปี สรุปได้ว่าการวิจัยของ Berndt และ Wood ขัดกับปิอาเจท์ เพราะผู้รับการทดลองของเขาในการวิจัยครั้งนี้จัดว่าเป็นเด็กในขั้นคิดก่อนปฏิบัติการสามารถตัดสินปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาได้เมื่อการเคลื่อนที่เป็นไปตามปกติ แต่ถ้าการทดลองเป็นแบบก่อให้เกิดความขัดแย้งผู้รับการทดลองก็จะใช้ระยะทางเป็นเกณฑ์ในการตัดสินปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาในตอนแรก แต่เมื่อผ่านการฝึกเขาก็จะเปลี่ยนคำตอบได้ถูกต้องมากขึ้น ทั้งนี้เพราะเขาจะไม่สนใจระยะทางซึ่งมีผลทำให้เขาเกิดความไขว้เขวในการตอบคำถามในตอนแรก

สเตราส์ และ อีแลน (Strauss and Ilan 1975 : 470-477) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการอนุรักษ์มโนทัศน์ความยาวและมโนทัศน์ความเร็ว โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กชาวอิสราเอลที่มาจากครอบครัวระดับปานกลางมีอายุระหว่าง 6-7 ปี จำนวน 60 คน แบ่งเป็นเด็กชาย 33 คน และเด็กหญิง 27 คน ในการวิจัยเขาจัดแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม เรียกว่า กลุ่มทดลองซึ่งมีเด็กจำนวน 40 คน และกลุ่มควบคุมซึ่งมีเด็ก 20 คน ก่อนเริ่มงานวิจัยเขาจะให้เด็กทั้ง 2 กลุ่มทำแบบทดสอบวัดความสามารถเกี่ยวกับการอนุรักษ์มโนทัศน์ความยาว มโนทัศน์ระยะทาง มโนทัศน์ความเร็ว และมโนทัศน์เวลา จากนั้นเขาก็นำเด็กในกลุ่มทดลอง

009594

มาฝึกแก้ปัญหาการอนุรักษ์มโนทัศน์ความยาว และมโนทัศน์ความเร็ว โดยใช้เครื่องมือประกอบด้วยลวด 2 เส้น ซึ่งมีความยาวต่างกัน และรถยนต์ 2 คันที่มีลักษณะแบบเดียวกันต่างกันเฉพาะสีรถ วิธีการฝึกขั้นแรกผู้วิจัยวางลวดทั้ง 2 เป็นเส้นตรงขนานกันตรงหน้าผู้รับการทดลอง แล้วให้ผู้รับการทดลองตัดสินปัญหามโนทัศน์ความยาวของลวดทั้ง 2 เส้น จากนั้นผู้วิจัยก็ตัดลวดเส้นยาวเป็นรูปโค้งแบบลูกคลื่น โดยที่ปลายลวดทั้ง 2 อยู่ตรงตำแหน่งเดียวกันกับปลายลวดทั้ง 2 ของลวดเส้นสั้นแล้วให้ผู้รับการทดลองตัดสินปัญหามโนทัศน์ความยาวของลวดทั้ง 2 เส้น อีกครั้งพร้อมทั้งถามเหตุผลเสร็จแล้ว ผู้วิจัยจะนำรถยนต์วางลงบนปลายลวดทั้ง 2 เส้นตรงด้านเดียวกัน จากนั้นจะบอกเด็กว่าเราจะปล่อยรถยนต์ทั้ง 2 คันให้ออกเคลื่อนที่ในเวลาพร้อมกันและไปถึงตำแหน่งปลายทางในเวลาพร้อมกัน แล้วจึงถามคำถามเพื่อให้ผู้รับการทดลองเปรียบเทียบอัตราความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถยนต์ทั้ง 2 ขบวน ซึ่งพบว่า ผู้รับการทดลองทุกคนจะตอบเหมือนกันว่ารถยนต์ทั้ง 2 คันวิ่งด้วยความเร็วเท่ากัน เมื่อได้ทราบคำตอบแล้วผู้วิจัยจะยืดลวดเส้นยาวให้เป็นเส้นตรง คราวนี้ผู้วิจัยจะบอกว่าเราจะปล่อยรถยนต์ทั้ง 2 คัน เคลื่อนที่ออกจากตำแหน่งเริ่มต้นเดียวกันในเวลาพร้อมกัน และรถยนต์ทั้ง 2 คันนี้มีอัตราความเร็วในการเคลื่อนที่เท่ากัน แล้วจึงตั้งคำถามถามว่าถ้ารถยนต์ที่อยู่บนลวดเส้นสั้นเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งปลายทาง รถยนต์คันที่อยู่บนลวดเส้นยาวควรจะอยู่ตรงตำแหน่งไหน ซึ่งพบว่าเด็กส่วนมากจะชี้ตำแหน่งบนลวดเส้นยาวที่อยู่ตรงกับตำแหน่งปลายทางของลวดเส้นสั้น จากนั้นผู้วิจัยจะบอกเด็กใหม่ว่า คราวนี้เราจะปล่อยรถยนต์ทั้ง 2 คันให้เคลื่อนที่ออกจากตำแหน่งเริ่มต้นเดียวกันออกในเวลาพร้อมกัน และเคลื่อนที่ไปถึงตำแหน่งปลายทางทั้ง 2 ในเวลาพร้อมกัน แล้วจึงถามว่ารถยนต์ทั้ง 2 คัน ควรจะมีอัตราความเร็วในการเคลื่อนที่เป็นอย่างไรกัน ซึ่งเขาพบว่าสามารถจัดแบ่งเด็กตามคำตอบและลักษณะเหตุผลที่ได้จากการฝึกออกเป็น 5 ระดับดังนี้คือ

ระดับที่ 1 (Intuitive) เด็กในกลุ่มนี้จะตัดสินปัญหามโนทัศน์ความยาวหรือมโนทัศน์ความเร็วที่ไม่เท่ากันว่า เท่ากัน โดยอาศัยการรับรู้เกี่ยวกับตำแหน่งปลายทางหรือตำแหน่งเริ่มต้นของการเคลื่อนที่หรือเวลาที่วัตถุเริ่มเคลื่อนที่ หรือเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ไปถึงปลายทางเป็นเกณฑ์ตัดสินปัญหาคือ ถ้าตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งมันเท่ากัน เด็กกลุ่มนี้จะบอกทันทีว่าความยาวหรือความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุต้องเท่ากัน

ระดับที่ 2 (Juxtaposition) เด็กในกลุ่มนี้จะตัดสินปัญหาการทดลองที่สามารถมองเห็นความไม่เท่าเทียมกันอย่างเด่นชัดได้ เช่น บอกได้ว่าลวดเส้นยาวต้องยาวกว่า

ลวดเส้นสั้น แต่ถ้าผู้วิจัยตัดลวดเส้นยาวให้โค้งเป็นลูกคลื่นแล้วจับให้ปลายลวดทั้ง 2 เส้นอยู่ตรงตำแหน่งเดียวกัน เด็กกลุ่มนี้จะตอบว่าลวด 2 เส้นยาวเท่ากันทันที

ระดับที่ 3 (Opposition) เด็กในกลุ่มนี้เริ่มจะมองเห็นกลลวงที่ถูกสร้างขึ้นมาบ้างดังนั้นเขามักจะคิดทบทวนคำตอบในตอนแรก ๆ ของการฝึก เพื่อใช้ประกอบกับการตัดสินปัญหาในขั้นต่อ ๆ ไป

ระดับที่ 4 (Compromise) เด็กในกลุ่มนี้จะคิดถึงเหตุผลอื่น ๆ ประกอบการตัดสินปัญหา เช่น เขาอาจจะบอกว่าลวดเส้นยาวยาวกว่าถึงแม้ว่าจะมีจุดเริ่มต้นตรงกันกับลวดเส้นสั้น เพราะถูกนำมาดัดโค้งเป็นลูกคลื่น ฉะนั้นถ้ารถยนต์ 2 คันที่เคลื่อนที่ด้วยอัตราความเร็วเท่ากันต้องวิ่งถึงตำแหน่งปลายทางไม่พร้อมกัน แต่เด็กกลุ่มนี้ยังไม่สามารถตัดสินปัญหาที่รถยนต์วิ่งด้วยความเร็วต่างกัน และได้ระยะทางต่างกันได้

ระดับที่ 5 (Integration) เด็กในกลุ่มนี้สามารถตัดสินปัญหาโดยอาศัยความคิดแบบทบทวนย้อนกลับได้ เช่นเด็กกลุ่มนี้สามารถบอกได้ว่าเมื่อรถยนต์ทั้ง 2 คันเคลื่อนที่บนลวดที่มีความยาวต่างกัน โดยเริ่มออกเคลื่อนที่และเคลื่อนที่ไปถึงปลายทางในเวลาพร้อมกันย่อมเคลื่อนที่ด้วยอัตราความเร็วต่างกัน

เมื่อกลุ่มทดลองผ่านการฝึกเรียบร้อยแล้วก็จะให้ทำแบบทดสอบซ้ำอีกครั้ง ผลการวิจัยพบว่า เด็กในกลุ่มทดลองสามารถตัดสินปัญหาการอนุรักษ์มโนทัศน์ความยาว มโนทัศน์ความเร็ว มโนทัศน์ระยะทาง และมโนทัศน์ระยะเวลาได้ถูกต้องมากขึ้น และพบว่าถ้าเด็กคนใดที่สามารถตอบปัญหาการอนุรักษ์มโนทัศน์ความยาวในขั้นทดสอบก่อนการฝึกแล้ว เขาก็จะสามารถตอบปัญหามโนทัศน์ความเร็วในขั้นหลังการฝึกได้ดีกว่า เด็กผู้ที่ไม่สามารถตอบปัญหาการอนุรักษ์มโนทัศน์ความยาวในขั้นทดสอบก่อนการฝึก นอกจากนี้ยังพบว่าเด็กคนใดที่มีลักษณะการให้เหตุผลแบบระดับที่ 5 (integration) จะสามารถตอบปัญหาแบบทดสอบหลังการฝึกในทุกมโนทัศน์ได้ดีกว่าเด็กที่มีลักษณะการให้เหตุผลในแบบอื่น ๆ สรุปได้ว่าการวิจัยของ สเตราส์ และอีลาน (Strauss และ Ilan) คือเด็กในขั้นคิดก่อนปฏิบัติการสามารถตัดสินปัญหามโนทัศน์ความเร็ว มโนทัศน์ระยะเวลา และมโนทัศน์ระยะทางได้เมื่อได้รับการฝึก

เลวิน Levin (1977 : 435-444) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการมโนทัศน์เวลา และการให้เหตุผลเกี่ยวกับการตัดสินปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาในเด็กเล็ก โดยเขาใช้

กลุ่มตัวอย่างจำนวน 144 คน จากสถานรับเลี้ยงเด็ก และเด็กที่มีการศึกษาในระดับชั้นที่ 1 และชั้นที่ 3 ซึ่งมีอายุเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มคือ 5 ปี 2 เดือน 6 ปี 10 เดือน และ 8 ปี 8 เดือน ลักษณะเครื่องมือและปัญหาการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วยปัญหา 3 แบบคือ

1. ผู้รับการทดลองจะได้รับการทดลองเพื่อให้ตัดสินโดยการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ตุ๊กตา 2 ตัวนอนหลับ (still time) ซึ่งเป็นเรื่องของมโนทัศน์เวลาที่ไม่มี มโนทัศน์ความเร็ว และมโนทัศน์ระยะทางเกี่ยวข้อง ซึ่งจะมีการทดลอง 4 แบบคือ

1.1 ผู้วิจัยจะทำการทดลองโดยจัดให้ตุ๊กตาทั้ง 2 ตัว ซึ่งมีลักษณะเหมือนกันทุกประการต่างกันแต่ชุดเสื้อผ้าที่ใส่เท่านั้น เริ่มนอนหลับ และตื่นขึ้นในเวลาเดียวกัน

1.2 ผู้วิจัยจะทำการทดลองโดยจะให้ตุ๊กตาทั้ง 2 ตัว เริ่มนอนหลับในเวลาเดียวกัน แต่จะมีตุ๊กตาตัวหนึ่งตื่นก่อนตุ๊กตาอีกตัวหนึ่ง

1.3 ผู้วิจัยจะทำการทดลองโดยจะให้ตุ๊กตาตัวหนึ่งเริ่มนอนหลับก่อนตุ๊กตาอีกตัวหนึ่ง แต่ตุ๊กตาทั้ง 2 ตัวจะตื่นพร้อมกัน

1.4 ผู้วิจัยจะทำการทดลองโดยจะให้ตุ๊กตาตัวหนึ่งเริ่มนอนหลับก่อน และตื่นก่อนตุ๊กตาอีกตัวหนึ่ง แต่ตุ๊กตาทั้ง 2 ตัวจะนอนหลับในระยะเวลาเท่ากัน

2. ผู้รับการทดลองจะได้รับการทดลองเพื่อให้ตัดสินโดยการเปรียบเทียบวัตถุ 2 อันซึ่งจะเคลื่อนที่เป็นวงกลมรอบแกนหมุนอันเดียวกัน (rotational time) ซึ่งเป็นเรื่องของมโนทัศน์เวลาที่จะมีมโนทัศน์ความเร็วเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งจะมีการทดลอง 3 แบบคือ

2.1 วัตถุทั้ง 2 อันจะเริ่มหมุนและหยุดหมุนในเวลาพร้อมกันโดยวัตถุทั้ง 2 จะหมุนด้วยความเร็วดังนี้

2.1.1 วัตถุทั้ง 2 หมุนด้วยความเร็วเท่ากัน

2.1.2 วัตถุทั้ง 2 หมุนด้วยความเร็วต่างกัน

2.2 วัตถุทั้ง 2 อันจะเริ่มหมุนในเวลาพร้อมกัน แต่จะมีวัตถุอันหนึ่งหยุดหมุนก่อนวัตถุอีกอันหนึ่ง โดยวัตถุทั้ง 2 จะหมุนด้วยความเร็วดังนี้

2.2.1 วัตถุทั้ง 2 หมุนด้วยความเร็วเท่ากัน

2.2.2 วัตถุอันที่มีระยะเวลาหมุนนานมากกว่าจะหมุนด้วยความเร็วเร็วกว่าวัตถุอีกอันหนึ่ง

2.2.3 วัตถุอันที่มีระยะเวลาหมุนนานมากกว่าจะหมุนด้วยความเร็วช้ากว่าวัตถุอีกอันหนึ่ง

2.3 วัตถุอันหนึ่งจะเริ่มหมุนก่อนวัตถุอีกอันหนึ่ง แต่วัตถุทั้ง 2 อันจะหยุดหมุนในเวลาพร้อมกันโดยวัตถุทั้ง 2 จะหมุนด้วยความเร็วดังนี้

2.3.1 วัตถุทั้ง 2 หมุนด้วยความเร็วเท่ากัน

2.3.2 วัตถุอันที่มีระยะเวลาหมุนนานมากกว่าจะหมุนด้วยความเร็วเร็วกว่าวัตถุอีกอันหนึ่ง

2.3.3 วัตถุอันที่มีระยะเวลาหมุนมากกว่าจะหมุนด้วยความเร็วช้ากว่าวัตถุอีกอันหนึ่ง

3. ผู้รับการทดลองจะได้รับการทดลองเพื่อให้ตัดสินโดยเปรียบเทียบระยะเวลาที่รถยนต์ 2 คันวิ่งบนถนนที่ยาวกันไป (linear time) ซึ่งเป็นเรื่องของมโนทัศน์เวลาที่จะมีมโนทัศน์ความเร็ว และมโนทัศน์ระยะทางเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งจะมีการทดลอง 3 แบบคือ

3.1 ผู้วิจัยจะปล่อยให้รถยนต์ทั้ง 2 คันเริ่มเคลื่อนที่ และหยุดเคลื่อนที่ในเวลาเดียวกันโดยที่

3.1.1 รถยนต์ทั้ง 2 คันวิ่งได้ระยะทางเท่ากัน

3.1.2 รถยนต์ทั้ง 2 คันวิ่งได้ระยะทางไม่เท่ากัน โดยรถยนต์คันหนึ่งวิ่งไปหยุดตรงปลายถนนด้านตรงข้ามแล้ว ขณะที่รถยนต์อีกคันเพิ่งเคลื่อนที่ถึงและหยุดอยู่ตรงกลางถนนเท่านั้น

3.1.3 รถยนต์ทั้ง 2 คันวิ่งได้ระยะทางไม่เท่ากัน โดยรถยนต์คันหนึ่งจะเริ่มต้นเคลื่อนที่ตรงปลายถนนด้านหนึ่งในขณะที่รถยนต์อีกคันหนึ่งเริ่มเคลื่อนที่ออกจากตำแหน่งตรงกลางถนน

3.2 ผู้วิจัยจะปล่อยให้รถยนต์ทั้ง 2 คันเริ่มเคลื่อนที่พร้อมกัน แต่จะหยุดไม่พร้อมกันโดยที่รถยนต์ทั้ง 2 คันจะวิ่งได้ระยะทางเท่ากัน

3.3 ผู้วิจัยจะปล่อยรถยนต์ทั้ง 2 คันให้เริ่มเคลื่อนที่ในเวลาต่างกัน โดยปล่อยรถยนต์คันหนึ่งก่อนอีกคันหนึ่ง แต่รถยนต์ทั้ง 2 คันจะวิ่งได้ระยะทางเท่ากันและหยุดในเวลาพร้อมกัน

ผลการวิจัยพบว่า เราสามารถแบ่งเด็กตามลักษณะคำตอบ 3 ลักษณะคือ

1. ผู้รับการทดลอง สามารถตอบปัญหาระยะเวลาถูกแต่ไม่ให้เหตุผล

2. ผู้รับการทดลองสามารถตอบปัญหาระยะเวลาถูกและให้เหตุผลถูกบางส่วนคือ เด็กกลุ่มนี้จะให้เหตุผลเพียงด้านเดียวตัวอย่างเช่น เด็กตอบว่า ตุ๊กตาตัวสีแดงมีระยะเวลานอนหลับมากกว่าเพราะมันเริ่มนอนหลับก่อน เป็นต้น

3. ผู้รับการทดลองสามารถตอบปัญหาระยะเวลาถูกและให้เหตุผลถูกต้องคือ เด็กกลุ่มนี้จะให้เหตุผลโดยอ้างถึง จุดเริ่มต้นของเหตุการณ์และจุดปลายทางของเหตุการณ์ทั้งคู่ ตัวอย่างเช่น เด็กตอบว่าตุ๊กตาตัวสีแดงมีระยะเวลานอนหลับมากกว่า เพราะว่ามันเริ่มนอนหลับก่อนเป็นตัวแรก และตื่นพร้อมกับตุ๊กตาอีกตัวหนึ่ง เป็นต้น

จากข้อมูลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่า

1. เด็กจะตอบปัญหาได้ถูกต้องตามลักษณะคำถามทั้ง 3 ลักษณะข้างต้นเพิ่มขึ้นตามระดับการศึกษาและลักษณะของการทดลองจะมีความยากง่ายเป็นไปตามที่คาดไว้ในตอนแรกคือ เด็กสามารถตอบปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาของเหตุการณ์ที่ตุ๊กตานอนหลับได้ดีที่สุด เพราะเป็นปัญหาที่ง่ายที่สุด และจะตอบปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาของเหตุการณ์ที่วัตถุหมุนเป็นวงกลมได้ดีเป็นอันดับ 2 และตอบปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาของเหตุการณ์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของรถยนต์ได้เป็นอันดับสุดท้าย เพราะเป็นปัญหาที่ยากที่สุดเนื่องจากมีตัวแปรของมโนทัศน์ความเร็วและมโนทัศน์ระยะทางเข้ามาเกี่ยวข้องและมีผลทำให้การตัดสินปัญหาไขว้เขวได้

2. ในการตอบคำถามเกี่ยวกับปัญหามโนทัศน์ระยะเวลา พบว่าเด็กจะใช้ลำดับที่ของการเกิดเหตุการณ์เป็นเกณฑ์ช่วยในการตัดสินปัญหา ซึ่งจากการวิจัยจะพบว่าในการตัดสินปัญหาเกี่ยวกับระยะเวลาในการนอนหลับของตุ๊กตาทั้ง 2 ตัว และการหมุนของวัตถุทั้ง 2 อัน เด็กจะอ้างถึงลำดับที่ของการเกิดเหตุการณ์ทั้ง 2 อย่างชัดเจน แต่กรณีของการเคลื่อนที่ของรถยนต์ทั้ง 2 คัน เด็กจะอ้างถึงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ความเร็วและมโนทัศน์ระยะทางตามที่เขารับรู้ และเข้าใจมากกว่าจะอ้างถึงลำดับที่ของการเคลื่อนที่ของรถยนต์ทั้ง 2 คัน ตัวอย่างเช่น เด็กจะตอบว่ารถยนต์ทั้ง 2 คัน มีระยะเวลาในการเคลื่อนที่เท่ากันเพราะรถคันสีน้ำเงินวิ่งเร็วกว่าแต่ไปหยุดไกลกว่า เป็นต้น

เลวิน อิสเรลี และ แดโรม (Levin, Israeli and Darom 1978 : 755-764) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการมโนทัศน์เวลาของเด็กจำนวน 108 คนที่มาจากโรงเรียนแถบชานเมืองเทลอาวีฟ ประเทศอิสลาเอล แบ่งตามเพศและระดับการศึกษา คือเด็กที่มาจากสถานรับเลี้ยงดูเด็กเล็ก เด็กที่อยู่ในระดับการศึกษาขั้นที่ 1 และเด็กที่อยู่ในระดับการศึกษาขั้นที่ 3 ซึ่งมีอายุเฉลี่ยระหว่าง 5 ปี 1 เดือน 6 ปี 3 เดือน และ 8 ปี 10 เดือน ตามลำดับ จำนวนกลุ่มละเท่า ๆ กัน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยกล่องแล่งรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ซึ่งจะให้แล่งสีเขียว และแล่งสีส้มอย่างละ 1 กล่อง และรถยนต์สีน้ำเงินและสีขาว ซึ่งมีความยาวคันละ 10 เซนติเมตรและมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ วางบนถนนสำหรับวิ่งซึ่งยาวสายละ 1 เมตร โดยผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลอง 5 ลักษณะดังนี้คือ

ลักษณะที่ 1 คือผู้วิจัยจะจัดให้เหตุการณ์ทั้ง 2 เกิดขึ้นในช่วงเวลาเดียวกันและเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน และสิ้นสุดลงพร้อม ๆ กัน นั่นคือระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ทั้ง 2 จะเท่ากัน

ลักษณะที่ 2 คือผู้วิจัยจะจัดให้เหตุการณ์ทั้ง 2 เกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน แต่สิ้นสุดลงไม่พร้อมกัน นั่นคือระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ทั้ง 2 จะไม่เท่ากัน

ลักษณะที่ 3 คือผู้วิจัยจะจัดให้เหตุการณ์ทั้ง 2 เกิดขึ้นในเวลาต่างกัน แต่สิ้นสุดลงพร้อมกันนั่นคือระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ทั้ง 2 จะไม่เท่ากัน

ลักษณะที่ 4 คือผู้วิจัยจะจัดให้เหตุการณ์ทั้ง 2 เกิดขึ้น และสิ้นสุดลงในเวลาต่างกัน แต่ระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ทั้ง 2 จะเท่ากัน

ลักษณะที่ 5 คือผู้วิจัยจะจัดให้เหตุการณ์ทั้ง 2 เกิดขึ้นและสิ้นสุดลงในเวลาต่างกัน โดยจะมีเหตุการณ์หนึ่งปรากฏซ้อนอยู่ในช่วงของเหตุการณ์อีกเหตุการณ์หนึ่ง นั่นคือระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ทั้ง 2 จะไม่เท่ากัน

ในแต่ละการทดลองผู้วิจัยจะถามคำถามเพื่อให้ผู้รับการทดลองตัดสินลำดับที่ของการเริ่มเกิดเหตุการณ์เป็นลำดับแรก ลำดับที่ของการสิ้นสุดเหตุการณ์ และเปรียบเทียบระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ทั้ง 2 โดยผู้รับการทดลองแต่ละคนจะได้รับการทดลองเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของกล่องแล่ง และการเคลื่อนที่ของรถยนต์ตามลักษณะการทดลองทั้ง 5 แบบซึ่งแต่ละ

แบบการทดลองจะถูกนำเสนอต่อผู้รับการทดลองโดยวิธีการสุ่มเพื่อความเท่าเทียมกันและแต่ละการทดลองจะใช้ระยะเวลา 15 นาที

ผลการวิจัยพบว่า ผู้รับการทดลองจะตอบคำถามเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของกล่องแล่งได้ถูกต้องกว่าเมื่อเป็นคำถามเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของรถยนต์ และพบว่าผู้รับการทดลองสามารถจัดเรียงลำดับที่ของการเกิดเหตุการณ์ตั้งแต่เริ่มต้นจนเหตุการณ์สิ้นสุดลงได้ถูกต้องมากกว่าการตอบปัญหาเกี่ยวกับระยะเวลา และเด็กระดับการศึกษาขั้นที่ 3 จะสามารถตอบปัญหาได้ถูกต้องมากกว่าเด็กระดับอนุบาลในทุกลักษณะการทดลองและทุกลักษณะของคำถาม นอกจากนี้ยังสรุปได้ว่าพัฒนาการมโนทัศน์ระยะเวลาจะมีลักษณะที่ยุ่งยากซับซ้อนมากกว่าพัฒนาการเกี่ยวกับการจัดเรียงลำดับที่ของการเกิดเหตุการณ์ไม่ว่าจะมีตัวแปรอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องหรือไม่ก็ตาม และจะเกิดภายหลังจากการที่เด็กมีพัฒนาการเกี่ยวกับการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์แล้ว และจากการวิเคราะห์เหตุผลทำให้ทราบว่าในการตัดสินปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาของเด็กจะต้องอาศัยกระบวนการคิดก่อน แต่การตัดสินปัญหาการจัดเรียงลำดับเหตุการณ์เกี่ยวข้องกับการรับรู้เป็นสำคัญ

ซีกเลอร์ และ ริชาร์ดส์ (Siegler and Richards 1979 : 288-297) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการมโนทัศน์เวลา มโนทัศน์ความเร็ว และมโนทัศน์ระยะเวลา โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนจากโรงเรียนระดับปานกลางแถบชานเมืองจำนวน 36 คน และนักศึกษาวิทยาลัยจำนวน 12 คน ซึ่งแบ่งตามระดับการศึกษาและอายุเฉลี่ยได้ดังนี้คือ เป็นนักเรียนระดับอนุบาล มีอายุเฉลี่ย 5 ปี 8 เดือน จำนวน 12 คน นักเรียนระดับการศึกษาขั้นที่ 3 มีอายุเฉลี่ย 8 ปี 8 เดือน จำนวน 12 คน และนักเรียนระดับการศึกษาขั้นที่ 6 ซึ่งมีอายุเฉลี่ย 11 ปี 9 เดือน จำนวน 12 คน และนักศึกษาวิทยาลัยซึ่งเป็นนักศึกษาปีที่ 1 และนักศึกษาปีที่ 2 ซึ่งกำลังศึกษาวิชาจิตวิทยา จำนวน 12 คน ในแต่ละกลุ่มการศึกษายังแบ่งเป็นกลุ่มย่อยตามเพศอย่างละเท่า ๆ กัน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยรถไฟ 2 ขบวนซึ่งมีสีน้ำเงินและสีแดง วิ่งไปบนรางที่มีหม้อแปลงสำหรับควบคุมปริมาณกระแสไฟที่จะทำให้รถไฟทั้ง 2 เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากันหรือต่างกันตามเงื่อนไขการทดลองแต่ละครั้ง แต่ละรางมีความยาว 3 เมตร และมีนาฬิกาสำหรับจับเวลาในขณะที่รถไฟแต่ละขบวนเคลื่อนที่ว่าใช้ระยะเวลาในการเคลื่อนที่นานเท่าไร ตามต้องการซึ่งขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของแต่ละการทดลองจำนวน 2 เรื่อน และนาฬิกาอีกเรือนหนึ่งจะใช้สำหรับจับเวลาในการปล่อยรถไฟทั้ง 2 ขบวนว่าปล่อยต่างกันกี่นาที ถ้าการทดลองใดที่ได้รับการควบคุมระยะเวลาและความเร็วของการ

เคลื่อนที่ของรถไฟทั้ง 2 ขบวนแล้วก็เท่ากับได้รับการควบคุมระยะทางการเคลื่อนที่ของรถไฟทั้ง 2 ขบวนด้วย และเนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยควบคุมความเร็วของการเคลื่อนที่โดยอาศัยปริมาณกระแสไฟฟ้าผ่านรางรถไฟ ซึ่งอาจจะให้ความเร็วในการเคลื่อนที่คลาดเคลื่อนจากความต้องการแท้จริงได้บ้าง ดังนั้นผู้วิจัยจึงแก้ปัญหาโดยใช้ไม้กั้นตำแหน่งปลายทางที่รถไฟทั้ง 2 ขบวนจะเคลื่อนที่ไปจอดเพื่อให้เด็กสามารถจะสังเกตเห็นได้ว่ารถไฟทั้ง 2 ถึงปลายทางพร้อมกัน (ชนแผ่นไม้ที่กั้น) ได้ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดลองเป็น 6 ลักษณะดังนี้คือ

1. รถไฟทั้ง 2 ขบวนเคลื่อนที่ออกจากตำแหน่งเริ่มต้นเดียวกัน และถึงตำแหน่งปลายทางเดียวกันโดยรถไฟทั้ง 2 ขบวนเริ่มออกเคลื่อนที่ในเวลาต่างกัน แต่จะเคลื่อนที่ถึงปลายทางในเวลาพร้อมกันคือ สมมติว่าผู้วิจัยปล่อยรถไฟสีน้ำเงินให้เริ่มเคลื่อนที่วินาทีที่ 0 แต่จะปล่อยรถไฟสีแดงให้เริ่มเคลื่อนที่วินาทีที่ 2 และจะเคลื่อนที่ไปถึงปลายทางในวินาทีที่ 6 ทั้ง 2 ขบวน

2. รถไฟทั้ง 2 ขบวนเคลื่อนที่ออกจากตำแหน่งเริ่มต้นเดียวกันโดยเริ่มเคลื่อนที่ออกในวินาทีที่ 0 พร้อมกันทั้ง 2 ขบวน แต่รถไฟทั้ง 2 ขบวนจะเคลื่อนที่ไปถึงตำแหน่งปลายทางต่างกันโดยที่รถไฟสีน้ำเงินจะมีตำแหน่งปลายทางไกลกว่า และไปถึงในวินาทีที่ 9 ส่วนรถไฟสีแดงมีตำแหน่งปลายทางใกล้กว่าและไปถึงในวินาทีที่ 5

3. รถไฟทั้ง 2 ขบวนเคลื่อนที่ออกจากตำแหน่งเริ่มต้นเดียวกันโดยเริ่มเคลื่อนที่ออกในเวลาที่ต่างกันคือ รถไฟสีน้ำเงินเริ่มต้นเคลื่อนที่ในวินาทีที่ 0 ขณะที่รถไฟสีแดงเริ่มต้นเคลื่อนที่ในวินาทีที่ 4.50 และ ทั้ง 2 ขบวนจะเคลื่อนที่ไปถึงตำแหน่งปลายทางในเวลาเดียวกันคือ วินาทีที่ 9 พร้อมกัน

4. รถไฟทั้ง 2 ขบวนเคลื่อนที่ออกจากตำแหน่งเริ่มต้นเดียวกันในวินาทีที่ 0 พร้อมกันและเคลื่อนที่ไปถึงตำแหน่งปลายทางเดียวกันในเวลาต่างกันคือ รถไฟสีน้ำเงินเคลื่อนที่ถึงปลายทางในวินาทีที่ 6 ส่วนรถไฟสีแดงเคลื่อนที่ถึงปลายทางในวินาทีที่ 5

5. รถไฟทั้ง 2 ขบวนเคลื่อนที่ออกจากตำแหน่งเริ่มต้นเดียวกันในวินาทีที่ 0 พร้อมกันแต่เคลื่อนที่ไปถึงตำแหน่งปลายทางที่ต่างกันโดยที่รถไฟสีน้ำเงินเคลื่อนที่ไปถึงตำแหน่งปลายทางที่ไกลกว่าในวินาทีที่ 6 ขณะที่รถไฟสีแดงเคลื่อนที่ไปถึงตำแหน่งปลายทางที่ใกล้กว่าในวินาทีที่ 4

6. รถไฟทั้ง 2 ขบวนเคลื่อนที่ออกจากตำแหน่งเริ่มต้นเดียวกันโดยที่รถไฟสีน้ำเงินเริ่มเคลื่อนที่ออกในวินาทีที่ 0 ขณะที่รถไฟสีแดงเริ่มเคลื่อนที่ในวินาทีที่ 2 และรถไฟทั้ง 2 ขบวนจะเคลื่อนที่ไปถึงตำแหน่งปลายทางที่ต่างกันโดยรถไฟสีน้ำเงินเคลื่อนที่ไปถึงปลายทางที่ไกลกว่าขณะที่รถไฟสีแดงจะเคลื่อนที่ไปถึงปลายทางที่ใกล้กว่าในวินาทีที่ 5 พร้อม ๆ กัน

ผู้รับการทดลองจะเข้ารับการทดลองเป็นรายบุคคล ผู้วิจัยจัดแบ่งกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดเป็น 3 กลุ่มย่อย ๆ โดยจัดให้กลุ่มแรกสุดได้รับคำถามเกี่ยวกับมโนทัศน์ความเร็วก่อน ส่วนกลุ่มที่ 2 ให้ได้รับคำถามเกี่ยวกับมโนทัศน์ระยะเวลาก่อน และกลุ่มที่ 3 ให้ได้รับคำถามเกี่ยวกับมโนทัศน์ระยะทางก่อน จากนั้นจึงค่อยสลับคำถามมโนทัศน์ด้านอื่น ๆ เรียงตามลำดับ ในแต่ละการทดลองใช้เวลาประมาณ 15-25 นาที สำหรับกรณีกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักศึกษา ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลเป็นกลุ่ม ๆ ละประมาณ 3-6 คน โดยที่นักศึกษาจะเป็นผู้กรอกคำตอบด้วยตนเอง แต่วิธีการอื่น ๆ ยังคงเหมือนเดิมทุกประการ

ผลการวิจัยพบว่า เพศและลำดับที่ของการเล่นอการทดลองแต่ละแบบไม่มีผลต่อการตอบปัญหามโนทัศน์ทั้ง 3 ด้านอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าเด็กที่มีอายุ 5 ปี จะตัดสินปัญหามโนทัศน์ระยะทางโดยอาศัยตำแหน่งปลายทางเป็นเกณฑ์หรืออาศัยเวลาที่รถไฟถึงปลายทางเป็นเกณฑ์ ส่วนเด็กอายุ 8 ปีจะตัดสินปัญหามโนทัศน์ระยะทางโดยอาศัยตำแหน่งปลายทางเป็นเกณฑ์มากที่สุด หรืออาจจะอาศัยตัวแปรอื่น ๆ เช่น ความเร็วของการเคลื่อนที่เป็นเกณฑ์บ้าง สำหรับเด็กอายุ 11 ปี บางที่จะตัดสินปัญหามโนทัศน์ระยะทางโดยอาศัยตำแหน่งปลายทางบ้างแต่ส่วนมากมักจะอาศัยตัวแปรอื่น ๆ ในการตัดสินปัญหามโนทัศน์ระยะทาง ส่วนนักศึกษาจะอาศัยตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการพิจารณาตัดสินปัญหามโนทัศน์ระยะทางมากที่สุด และพบว่าผู้รับการทดลองสามารถตัดสินปัญหามโนทัศน์ระยะทางได้ถูกต้อง จำนวน 41 คน จากผู้รับการทดลองทั้งหมด 48 คน คิดเป็นร้อยละ 85.42 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด สำหรับการตัดสินปัญหามโนทัศน์ความเร็วพบว่าเด็กอายุ 5 ปีมักจะใช้ตำแหน่งปลายทางและเวลาที่รถไฟถึงปลายทางเป็นเกณฑ์ในการตัดสินปัญหา ส่วนเด็กอายุ 8 ปี จะใช้ตัวแปรอื่น ๆ เป็นเกณฑ์ และเด็กอายุ 11 ปี รวมทั้งนักศึกษาก็จะอาศัยตัวแปรต่าง ๆ เป็นเกณฑ์ในการตัดสินปัญหาเช่นกัน ซึ่งพบว่าจำนวนผู้รับการทดลองที่สามารถตอบปัญหามโนทัศน์ความเร็วถูกต้องทั้งหมด 38 คน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 79.17 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด สำหรับการตัดสินปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาพบว่าเด็กอายุ 5 ปี จะอาศัยตำแหน่งปลายทางเป็นเกณฑ์มากที่สุดและอาจใช้เวลาที่รถไฟเคลื่อนที่ถึงปลายทางเป็นเกณฑ์บ้าง ส่วนเด็กอายุ 8 ปี จะใช้ตัวแปรอื่น ๆ ในการตัดสินปัญหา เด็กอายุ 11 ปี จะใช้ระยะทาง

หรือตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่เป็นเกณฑ์ สำหรับนักศึกษาจะอาศัยตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของรถไฟเป็นเกณฑ์ในการตัดสินปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาเช่นกัน ซึ่งพบว่ามีผู้รับการทดลองสามารถตัดสินปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาถูกต้องจำนวน 32 คน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 66.67

จากผลการวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่าการให้เหตุผลของเด็กในการตอบปัญหาแต่ละมโนทัศน์สอดคล้องกับงานวิจัยของปิอาเจท์ จะต่างกันแต่เฉพาะระดับอายุของเด็กที่อาจกล่าวได้ว่าเขาจะเข้าใจมโนทัศน์แต่ละด้านเมื่อไร เพราะการวิจัยพบว่าเด็กที่มีอายุ 8-11 ปี จะยังไม่เข้าใจปัญหามโนทัศน์ระยะเวลา แต่อาจจะมีเด็กบางคนเท่านั้นที่พอจะตอบปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาได้ถูกต้อง แต่ส่วนมากจะสามารถตอบปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาได้ถูกต้องเมื่อเข้าสู่วัยผู้ใหญ่ คือมีอายุตั้งแต่ 11-15 ปีขึ้นไป ส่วนการตอบปัญหามโนทัศน์ระยะทางและความเร็วได้ถูกต้องพร้อมทั้งอธิบายเหตุผลได้เมื่อเด็กมีอายุ 11 ปี และยังอาจกล่าวได้ว่าพัฒนาการเกี่ยวกับความเข้าใจมโนทัศน์ทั้ง 3 ด้าน เกิดจากประสบการณ์และจะพัฒนาเป็นลำดับต่อเนื่องกัน และมีส่วนสัมพันธ์กันคือ เด็กจะเข้าใจมโนทัศน์ระยะทางก่อนเป็นลำดับแรก ถัดมาจะเข้าใจมโนทัศน์ความเร็ว และเข้าใจมโนทัศน์ระยะเวลาเป็นอันดับสุดท้าย

เลวิน Levin (1979 : 469-477) ทำการวิจัยเพื่อศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ระยะเวลาของเด็กจำนวน 72 คน ซึ่งมาจากโรงเรียนระดับกลางของเมืองเทลอาวีฟ ประเทศอิสราเอล แบ่งเป็นชายและหญิงจำนวนเท่า ๆ กัน และแบ่งตามระดับการศึกษาดังนี้คือ เด็กชั้นก่อนอนุบาลซึ่งมีอายุเฉลี่ย 4 ปี 7 เดือน เด็กชั้นอนุบาลซึ่งมีอายุเฉลี่ย 5 ปี 5 เดือน และเด็กระดับชั้นปีที่ 1 มีอายุเฉลี่ย 6 ปี 7 เดือน ระดับละ 24 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบระยะเวลาของการเปิดและปิดกล่องแสง ซึ่งภายในกล่องจะมีหลอดไฟที่มีความสว่างต่างกัน โดยผู้วิจัยจะถามว่า "ไฟ 2 ดวงนี้สว่างนานเท่ากันหรือมีดวงหนึ่งสว่างนานกว่า" และจะถามต่อไปว่า "เธอทราบได้อย่างไร หรือเพราะอะไร" และเครื่องมือชุดที่ 2 เป็นเครื่องมือที่ให้เด็กเปรียบเทียบระยะเวลาของการหมุนรูปพลาสติกที่มีรูปร่างคล้ายคนสูง 13 เซนติเมตร โดยรูปหนึ่งมีสีแดงอีกรูปหนึ่งมีสีน้ำเงิน เด็กแต่ละคนจะได้รับการทดลองที่มีลักษณะเหมือนกัน แต่ใช้อุปกรณ์ต่างกันโดยจะใช้เวลาในการทดลองห่างกัน 1 อาทิตย์ ผลการทดลองพบว่า ความสามารถในการตัดสินปัญหาระยะเวลา

ของเด็กเพิ่มขึ้นตามระดับการศึกษาและอายุ และลักษณะของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองไม่มีผลต่อความสามารถในการตัดสินปัญหาระยะเวลาของเด็ก แต่ความเข้มของแสงและความเร็วในการหมุนจะมีผลต่อการตัดสินปัญหาระยะเวลาของเด็ก คือเด็กจะบอกว่าหลอดไฟดวงที่สว่างมากกว่า หรือรูปที่หมุนเร็วกว่าจะมีระยะเวลานานมากกว่า หรือบอกว่าหลอดไฟดวงที่สว่างน้อยกว่า หรือรูปที่หมุนช้ากว่าจะมีระยะเวลาน้อยกว่า แต่ส่วนมากเด็กจะให้เหตุผลตามลักษณะแรกมากกว่า แต่เหตุผลทั้ง 2 ลักษณะจะทำให้เด็กตัดสินระยะเวลาผิด ถ้าเด็กให้เหตุผลโดยอาศัยลำดับที่ของการเกิดเหตุการณ์และสิ้นสุดเหตุการณ์ หรือใช้ตัวใดตัวหนึ่งเขาก็จะสามารถตอบปัญหาระยะเวลาได้ถูกต้องไม่ว่าจะใช้เครื่องมือชุดใดก็ตาม

เลวิน กิแลต และ ซิลนิกเกอร์ (Levin, Gilat and Zilniker 1980 : 661-671) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการมโนทัศน์เวลาโดยใช้กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยเด็กชายจำนวน 180 คน และเด็กหญิงจำนวน 180 คน แบ่งออกตามกลุ่มระดับการศึกษาดังนี้คือ จากสถานรับเลี้ยงเด็ก ซึ่งมีอายุเฉลี่ย 4 ปี 1 เดือน ถึง 5 ปี จากระดับอนุบาลซึ่งมีอายุเฉลี่ย 5 ปี 1 เดือน ถึง 6 ปี 1 เดือน และนักเรียนระดับการศึกษาขั้นที่ 1 มีอายุเฉลี่ย 6 ปี 2 เดือน ถึง 7 ปี 1 เดือน เป็นนักเรียนที่มาจากครอบครัวชั้นกลางค่อนข้างสูงแถบชานเมืองเทลอาวีฟ ประเทศอิสราเอล เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยดวงไฟ 2 ดวงซึ่งต่อเข้ากับสวิตช์ไฟดวงละ 1 อัน เพื่อใช้ในการปิดหรือเปิดดวงไฟตามลักษณะการทดลอง 3 แบบคือ

1. เป็นลักษณะการทดลองที่ต้องการเน้นให้เห็นว่าตำแหน่งเริ่มต้นของการเกิดเหตุการณ์ทั้ง 2 แตกต่างกัน แต่ตำแหน่งปลายทางของเหตุการณ์สิ้นสุดลงพร้อมกัน นั่นคือผู้วิจัยจะเปิดดวงไฟทั้ง 2 ดวงไม่พร้อมกัน แต่จะปิดดวงไฟทั้ง 2 ดวงพร้อมกัน เราจะเรียกการทดลองลักษณะนี้ว่า เป็นปัญหาเริ่มต้น ($\longrightarrow$)

2. เป็นลักษณะการทดลองที่ต้องการเน้นให้เห็นว่าตำแหน่งปลายทางของเหตุการณ์ทั้ง 2 แตกต่างกันแต่จะมีตำแหน่งเริ่มต้นพร้อมกัน คือผู้วิจัยจะเปิดดวงไฟทั้ง 2 ดวงในเวลาเดียวกันพร้อมกันแต่จะปิดดวงไฟทั้ง 2 ดวงในเวลาต่างกัน เราจะเรียกการทดลองลักษณะนี้ว่าเป็นปัญหาปลายทาง ($\longrightarrow$)

3. เป็นลักษณะการทดลองที่ต้องการเน้นให้เห็นว่า ตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งปลายทางของเหตุการณ์ทั้ง 2 เกิดขึ้นในเวลาเดียวกันคือ ผู้วิจัยจะเปิดและปิดดวงไฟทั้ง 2 ดวง

ในเวลาเดียวกันพร้อม ๆ กัน เราจะเรียกการทดลองลักษณะนี้ว่า เป็นปัญหาเท่าเทียมกัน

(⟶)

การเก็บข้อมูลจะเก็บเป็นรายบุคคลและเพื่อเป็นการขจัดปัญหาเกี่ยวกับลำดับที่ของการเสนอวิธีการทดลองแต่ละแบบ ผู้วิจัยจึงแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 3 กลุ่ม ซึ่งสมาชิกในแต่ละกลุ่มมีคุณสมบัติเท่าเทียมกันทุกประการ และจะเรียกชื่อกลุ่มตามลักษณะของปัญหาการทดลองที่เสนอเป็นลำดับแรกสุด คือกลุ่มปัญหาเริ่มต้นกลุ่มปัญหาปลายทาง และกลุ่มปัญหาเท่าเทียม จากนั้นจึงให้แต่ละกลุ่มได้รับการทดลองซึ่งมีวิธีการดังนี้คือ

1. ผู้วิจัยจะเสนอปัญหาลำดับแรกให้แก่กลุ่มตัวอย่างตามชื่อของกลุ่ม จากนั้นจะถามคำถามเพื่อให้ผู้รับการทดลองตัดสินปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาของการเกิดเหตุการณ์ จากนั้นจะเสนอปัญหาเดิมซ้ำอีกครั้งและถามปัญหาเดิมอีก ผลการทดลองลักษณะดังกล่าวพบว่า คำตอบของผู้รับการทดลองทั้ง 2 ครั้งไม่ต่างกันทุกกลุ่มทดลอง

2. ผู้วิจัยจะเสนอปัญหาลำดับแรก ต่างจากปัญหาลำดับที่ 2 ซึ่งแบ่งเป็น 3 ลักษณะคือ

2.1 ผู้วิจัยจะเสนอปัญหาปลายทางเป็นปัญหาลำดับแรก จากนั้นจึงเสนอปัญหาเริ่มต้นเป็นลำดับที่ 2 แล้วจึงให้ผู้รับการทดลองตัดสินปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาของปัญหาที่ 2 ซึ่งเป็นปัญหาเริ่มต้น ผลการทดลองพบว่า ผู้รับการทดลองจะตอบคำถามถูกต้องน้อยลงกว่าการทดลองตามวิธีการข้อ 1 แต่ถ้าผู้วิจัยเสนอปัญหาเท่าเทียมเป็นปัญหาลำดับแรก แล้วจึงเสนอปัญหาเริ่มต้นเป็นปัญหาที่ 2 ผลการทดลองพบว่า ผู้รับการทดลองจะตอบคำถามเกี่ยวกับมโนทัศน์ระยะเวลาของปัญหาเริ่มต้นถูกต้องมากกว่าการทดลองตามวิธีการข้อที่ 1

2.2 ผู้วิจัยจะเสนอปัญหาเริ่มต้นเป็นปัญหาลำดับแรก จากนั้นจึงเสนอปัญหาปลายทางเป็นปัญหาลำดับที่ 2 หรือเสนอปัญหาเท่าเทียมกันเป็นปัญหาลำดับแรก แล้วจึงเสนอปัญหาปลายทางเป็นปัญหาที่ 2 ผลการทดลองพบว่าผู้รับการทดลองสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับมโนทัศน์ระยะเวลาของปัญหาปลายทางไม่ต่างกันไม่ว่าจะเสนอปัญหาลักษณะใดเป็นปัญหาลำดับแรกก็ตาม เขาก็จะสามารถตอบคำถามได้ถูกต้องเป็นส่วนมาก

2.3 ผู้วิจัยจะเสนอปัญหาเริ่มต้น หรือปัญหาปลายทางเป็นลำดับแรกจากนั้นจึงเสนอปัญหาเท่าเทียมเป็นปัญหาลำดับที่ 2 ผลการทดลองพบว่าผู้รับการทดลองจะสามารถตอบปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาของปัญหาเท่าเทียมถูกต้องมากกว่าการทดลองตามวิธีการข้อ 1

จากการทดลองพบว่าผู้รับการทดลองจะสามารถตอบปัญหามโนทัศน์ระยะเวลาได้ถูกต้องมากขึ้นถ้าเขามองเห็นความแตกต่างของตำแหน่งเริ่มต้น และตำแหน่งปลายทางของเหตุการณ์ชัดเจน โดยเฉพาะกรณีที่ตำแหน่งเริ่มต้นของการเกิดเหตุการณ์ต่างกัน เด็กมักจะตัดสินผิดเนื่องจากความสนใจของเด็กจะอยู่ที่ตำแหน่งปลายทางมากกว่า แต่เมื่อถูกเล่นอตามหลังปัญหาปลายทางจะทำให้เด็กให้ความสนใจทั้งตรงตำแหน่งเริ่มต้น และตำแหน่งปลายทางจึงทำให้คำตอบผิดมากขึ้น เพราะเด็กจะสรุปว่าระยะเวลาเท่ากันเพราะเขามองเห็นว่าจุดเริ่มต้นพร้อมกัน (ปัญหาปลายทาง) และจุดปลายทางพร้อมกัน (ปัญหาเริ่มต้น) แต่ถ้าปัญหาเริ่มต้นถูกเล่นอตามหลังปัญหาเท่าเทียม คำตอบจะถูกต้องมากขึ้น เพราะเขาจะสามารถมองเห็นเด่นชัดว่า ตำแหน่งเริ่มต้นของปัญหาเริ่มต้นต่างกัน แต่ถ้าเป็นปัญหาปลายทางไม่ว่าจะเล่นอตามหลังปัญหาลักษณะใดก็จะตอบคำถามได้ถูกต้องเป็นส่วนมาก เพราะเด็กสนใจตำแหน่งปลายทางมากกว่าตำแหน่งเริ่มต้นของเหตุการณ์นั่นเอง

ชมิด (Schmid 1981 : 490-493) ได้ทำการวิจัยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์เกี่ยวกับความเร็วระยะทางและระยะเวลาของการเคลื่อนที่ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นที่ 1 มีอายุเฉลี่ย 6 ปี 9 เดือน จำนวน 25 คน นักเรียนระดับชั้นที่ 3 มีอายุเฉลี่ย 9 ปี 2 เดือน จำนวน 27 คน นักเรียนระดับชั้นที่ 5 มีอายุเฉลี่ย 11 ปี 1 เดือน จำนวน 26 คน และนักเรียนที่อยู่ในระดับชั้นที่ 7 มีอายุเฉลี่ย 12 ปี 11 เดือน จำนวน 24 คน ในแต่ละระดับการศึกษาจะแบ่งเป็นนักเรียนชายและนักเรียนหญิงจำนวนใกล้เคียงกัน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยรถไฟ 2 ขบวน ซึ่งจะเคลื่อนที่ไปตามรางรถไฟ 2 รางที่วางเป็นคู่ขนานกันตามเงื่อนไขของการทดลองดังนี้คือ รถไฟทั้ง 2 ขบวนอาจจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากัน ได้ระยะทางเท่ากัน ใช้ระยะเวลาในการเคลื่อนที่เท่ากัน เพียงตัวใดตัวหนึ่งหรือเท่ากันทั้ง 3 ตัวแปรก็ได้ นอกจากนี้รถไฟอาจจะมีตำแหน่งเริ่มต้น ตำแหนงปลายทาง เวลาเริ่มต้นเคลื่อนที่และหยุดเคลื่อนที่ในลักษณะที่เท่ากันหรือต่างกันก็ได้ โดยผู้วิจัยเชื่อว่าถ้าเด็กมีความเข้าใจมโนทัศน์แต่ละด้านอย่างแท้จริงแล้ว เขาจะต้องตอบปัญหามโนทัศน์แต่ละด้านได้ถูกต้องเสมอไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนที่แบบใดก็ตาม ผลการวิจัยพบว่า คะแนนของการตอบมโนทัศน์แต่ละด้านเพิ่มขึ้นตามระดับการศึกษานั่นคือ เด็กจะสามารถเข้าใจมโนทัศน์แต่ละด้านที่ระดับอายุต่างกัน โดยเขาพบว่าคะแนนมโนทัศน์ความเร็วสูงกว่า คะแนนมโนทัศน์ระยะทาง และคะแนนมโนทัศน์ระยะทางสูงกว่าคะแนนมโนทัศน์เวลา จึงสรุปได้ว่าเด็กจะเข้าใจมโนทัศน์ความเร็วก่อนมโนทัศน์ระยะทาง และจะจะเข้าใจมโนทัศน์ระยะทางก่อนมโนทัศน์เวลาและพบว่าความแตกต่างระหว่างเพศไม่มีผลต่อความเข้าใจมโนทัศน์ทั้ง 3 ด้าน

จากผลงานวิจัยของปีอาเจท์ (1969, 1970) และงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า ความเข้าใจมโนทัศน์เวลาของบุคคลเป็นเรื่องของพัฒนาการทางด้านสติปัญญา และมีความยุ่งยากซับซ้อนกว่าการจัดลำดับที่ของการเกิดเหตุการณ์ แต่ถ้าเด็กสามารถจัดเรียงลำดับที่ได้ เขาก็จะตัดสินเรื่องของเวลาได้บ้าง นั่นคือเด็กจะสามารถจัดเรียงลำดับเหตุการณ์ได้ก่อนการตัดสินเวลา ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อเด็กมีอายุ 7-8 ปี และในช่วงอายุนี้เด็กก็จะสามารถตัดสินมโนทัศน์ความยาวและระยะทางของการเคลื่อนที่ได้อีกทั้งยังสามารถเข้าใจมโนทัศน์ความเร็วพื้นฐานได้โดยการสังเกตลักษณะการเคลื่อนที่ไล่หลัง แสดงว่ามีความเร็วน้อยมาก หรือตัดสินความเร็วโดยอาศัยระยะทางคือถ้าระยะทางมากแสดงว่าวัตถุมีความเร็วมาก ถ้าระยะทางน้อยแสดงว่าวัตถุมีความเร็วน้อย ซึ่งความเข้าใจแบบนี้อาจจะทำให้คำตอบผิดได้เข้ากรณีที่การเคลื่อนที่มีตัวแปรอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น มโนทัศน์เวลา ซึ่งพบว่าเด็กจะสามารถตัดสินมโนทัศน์เวลาได้ถูกต้องเมื่อมีอายุตั้งแต่ 9-10 ปีขึ้นไป ดังนั้นการที่เด็กจะสามารถตัดสินปัญหามโนทัศน์ความเร็วในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ระยะทางและมโนทัศน์เวลาตามหลักทางฟิสิกส์ก็ต่อเมื่อเด็กต้องสามารถเข้าใจมโนทัศน์ระยะทาง และเวลาได้สมบูรณ์ก่อน ซึ่งจะอยู่ระหว่างอายุ 11 ปี เป็นต้นไป แต่อย่างไรก็ตามจากผลงานวิจัยของ เบรินดท์ และ วูด (Berndt และ Wood 1974 : 825-828) และ สเตราส์ และ อีลาน (Straus and Iran 1975 : 470-477) พบว่าเด็กสามารถตัดสินปัญหามโนทัศน์เกี่ยวกับเวลา ระยะทาง และความเร็ว เมื่ออยู่ในขั้นคิดก่อนปฏิบัติการ แต่ต้องได้รับการฝึกก่อน แต่ทว่าจากผลงานวิจัยของ ซีกเลอร์ และ ริชาร์ด (Siegler and Richard 1979 : 288-297) และชมิด (Schmid 1981 : 490-493) พบว่า เด็กจะสามารถเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับความเร็ว ระยะทาง และเวลา เมื่อมีระดับอายุต่างจากผลงานวิจัยของปีอาเจท์ อีกทั้งลำดับที่ของความเข้าใจมโนทัศน์แต่ละด้านก็ไม่สอดคล้องกัน ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงตั้งวัตถุประสงค์และสมมติฐานในการวิจัยครั้งนี้ดังต่อไปนี้คือ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับความเร็ว ระยะทาง และเวลาของเด็กไทยในเขตกรุงเทพมหานคร

2. เพื่อศึกษาความแตกต่างทางเพศและระดับการศึกษาที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับความเร็ว ระยะทาง และเวลาของเด็กไทยในเขตกรุงเทพมหานคร

3. เพื่อตรวจสอบลำดับความเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับความเร็ว ระยะทาง และเวลา

4. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ความเร็ว มโนทัศน์ระยะทาง และมโนทัศน์เวลา

5. เพื่อศึกษาลักษณะการคิดให้เหตุผลของเด็กไทยในเขตกรุงเทพมหานคร เกี่ยวกับการตัดสินปัญหามโนทัศน์ความเร็ว มโนทัศน์ระยะทาง และมโนทัศน์เวลา

สมมติฐานในการวิจัย

1. เด็กไทยในเขตกรุงเทพมหานครจะสามารถเข้าใจมโนทัศน์ระยะทางเป็นลำดับแรกสุด มโนทัศน์เวลาเป็นลำดับที่ 2 และมโนทัศน์ความเร็วเป็นลำดับสุดท้าย

2. มโนทัศน์ความเร็ว มโนทัศน์ระยะทาง และมโนทัศน์เวลามีความสัมพันธ์กันทางบวก

3. ความเข้าใจมโนทัศน์ความเร็ว มโนทัศน์ระยะทาง และมโนทัศน์เวลาของเด็กไทยในเขตกรุงเทพมหานครแตกต่างกันตามระดับการศึกษา

4. ความเข้าใจมโนทัศน์ความเร็ว มโนทัศน์ระยทาง และมโนทัศน์เวลาของเด็กไทยในเขตกรุงเทพมหานคร ระหว่างเพศชายและหญิงไม่มีความแตกต่างกัน

ขอบเขตของการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของโรงเรียนอัสสัมชัญ โรงเรียนอัสสัมชัญศึกษา โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน โรงเรียนเซนต์โยเซฟคอนแวนต์ และโรงเรียนสมถวิลราชดำริ ซึ่งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร และมีนักเรียนโดยเฉลี่ยมาจากครอบครัวที่มีฐานะทางเศรษฐกิจดี โดยนักเรียนในแต่ละระดับจะมีจำนวน 24 คน ซึ่งแบ่งเป็นนักเรียนชายและนักเรียนหญิง จำนวนเท่ากันรวมทั้งสิ้นจำนวน 96 คน นักเรียนแต่ละคนมีความสามารถทางด้านการเรียนระดับปานกลางตามความเห็นของครูประจำชั้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยลูกแก้วกลมจำนวน 2 ลูก ซึ่งมีขนาดเล็กและลักษณะเหมือนกันทุกประการ ซึ่งจะถูกปล่อยให้เคลื่อนที่ไปตามรางไม้เอียงที่มีพื้นเรียบและมีค่าความเสียทานน้อยมาก รางไม้ทั้งหมดมี 3 ราง แต่ละรางมีขนาดกว้างเท่ากันคือ 2.5

เซนติเมตร แต่มีความยาว 100 เซนติเมตร จำนวน 2 ราง และยาว 100 เซนติเมตร จำนวน 1 ราง ซึ่งผู้วิจัยสามารถปรับความสูงเพื่อให้พื้นรางมีความลาดเอียงเท่ากัน หรือต่างกัน จนลูกแก้วทั้ง 2 ลูก สามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเป็นไปตามเงื่อนไขการทดลองทั้ง 10 แบบ

ตัวแปรที่ศึกษา แบ่งเป็น

1. ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ได้แก่

1.1. ระดับการศึกษาแบ่งเป็น 4 ระดับคือ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

1.2. เพศ แบ่งเป็นนักเรียนชาย และนักเรียนหญิงจำนวนเท่า ๆ กัน

1.3. ชนิดของมโนทัศน์ แบ่งเป็นมโนทัศน์ความเร็ว มโนทัศน์ระยะทาง และมโนทัศน์เวลา

2. ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่

2.1. จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถามมโนทัศน์เกี่ยวกับความเร็ว ระยะทาง และเวลาได้ถูกต้องทั้ง 10 การทดลอง

2.2. คะแนนของนักเรียนแต่ละคนที่สามารถตอบคำถามมโนทัศน์เกี่ยวกับความเร็ว ระยะทาง และเวลาได้ถูกต้อง

2.3. จำนวนนักเรียนที่ให้เหตุผลโดยอาศัยการรับรู้แบบมุ่งเข้าสู่ศูนย์กลาง (Centration) และแบบกระจายออกจากศูนย์กลาง (Decentration) จำแนกตามระดับการศึกษา ลำดับที่การทดลองและประเภทมโนทัศน์

ความหมายของคำที่ใช้ในการวิจัย

ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการตอบคำถามมโนทัศน์เกี่ยวกับความเร็ว ระยะทาง และเวลา ตลอดจนให้เหตุผลประกอบถูกต้องทุกแบบการทดลอง

มโนทัศน์ความเร็ว หมายถึง ความสามารถในการเปรียบเทียบอัตราความเร็วในการเคลื่อนที่ของลูกแก้วทั้ง 2 ลูกตั้งแต่ออกจากตำแหน่งเริ่มต้นไปจนถึงตำแหน่งปลายทาง

มโนทัศน์ระยะทาง หมายถึง ความสามารถในการเปรียบเทียบระยะทางที่ลูกแก้วทั้ง 2 ลูกเคลื่อนที่ตั้งแต่ตำแหน่งเริ่มต้นไปจนถึงตำแหน่งปลายทาง

มโนทัศน์เวลา หมายถึง ความสามารถในการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ลูกแก้วทั้ง 2 ลูกเคลื่อนที่ตั้งแต่ออกจากตำแหน่งเริ่มต้นไปจนถึงตำแหน่งปลายทาง

ระดับอายุที่ถือว่าเด็กมีความเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับความเร็ว ระยะทาง และเวลา เมื่อมีจำนวนเด็กที่สามารถตอบคำถามมโนทัศน์แต่ละด้าน ตลอดจนให้เหตุผลได้ถูกต้องทุกแบบการทดลองคิดเป็นร้อยละ 75 ของนักเรียนที่เข้ารับการทดลองทั้งหมด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. เพื่อให้ได้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับพัฒนาการทางสติปัญญาความคิดของเด็กไทยตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของปีอาเจท์

2. เพื่อนำผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ไปใช้เป็นแนวทางการจัดหลักสูตร และกิจกรรมการเรียนการสอนมโนทัศน์เกี่ยวกับ ความเร็ว ระยะทาง และเวลา ได้อย่างเหมาะสมกับลำดับขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กไทย

3. เพื่อเป็นข้อมูลในการวิจัยเรื่องพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กไทยในโอกาสต่อไป