การออกแบบแอนิเมชัน 2 มิติ เพื่อเป็นสื่อประกอบการศึกษา ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity)

โดย

พนธกร จันทร์ประเสริฐ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรศิลปมหาบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์อาร์ต
คณะดิจิทัลอาร์ต

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรังสิต
ปีการศึกษา 2566

2D ANIMATION DESIGN AS A MEDIA TOOL FOR STUDYING THE THEORY OF SPECIAL RELATIVITY INSTRUCTIONAL

BY

PHONTHAKORN JANPRASERT

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR

THE DEGREE OF MASTER OF FINE ARTS IN COMPUTER ART

FACULTY OF DIGITAL ART

GRADUATE SCHOOL, RANGSIT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2023

วิทยานิพนธ์เรื่อง

การออกแบบแอนิเมชัน 2 มิติ เพื่อเป็นสื่อประกอบการศึกษาทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity)

โดย

พนธกร จันทร์ประเสริฐ

ได้รับการพิจารณาให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาศิลปมหาบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์อาร์ต

มหาวิทยาลัยรังสิต
ปีการศึกษา 2566

ศ.กมล เผ่าสวัสดิ์
ประธานกรรมการสอบ

รศ.พรรณเพ็ญ ฉายปรีชา
กรรมการ

ศ.(กิตติคุณ) วัฒนะ จูฑะวิภาต
กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(ผศ. ร.ต. หญิง ดร. วรรณี ศุขสาตร)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
14 กรกฎาคม 2566

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Thesis entitled

2D ANIMATION DESIGN AS A MEDIA TOOL FOR STUDYING THE THEORY OF SPECIAL RELATIVITY INSTRUCTIONAL

by

PHONTHAKORN JANPRASERT

was submitted in partial fulfillment of the requirements
for the degree of Master of Fine Arts in Computer Art

Rangsit University
Academic Year 2023

Prof. Kamol Phaosavadi
Examination Committee Chairperson

Assoc. Prof. Punpen Chaypreecha
Member

Prof. Wattana Chudhavipata
Member and Advisor

Approved by Graduate School

(Asst.Prof.Plt.Off. Vannee Sooksatra, D.Eng.)
Dean of Graduate School
July 14, 2023

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดี จากความอนุเคราะห์ของ ศ.(กิตติคุณ) วัฒนะ จูฑะวิภาต อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ผู้ให้คำแนะนำการจัดทำรูปเล่ม การตรวจทาน ตลอดจนการให้คำแนะนำการแก้ไขความบกพร่องของเนื้อหา เพื่อการพัฒนารูปเล่มงานวิจัยให้ดียิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณ รศ.ชัยพร พานิชรุทติวงศ์ ผู้อำนวยการหลักสูตรศิลปมหาบัณฑิต สาขาคอมพิวเตอร์อาร์ต ผู้ให้ความสนับสนุนและคำแนะนำด้านเทคนิคการผลิตแอนิเมชัน 2 มิติ การแก้ไขปัญหาต่างๆ จนวิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ได้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณคณะดิจิตอลอาร์ต สาขาคอมพิวเตอร์อาร์ต มหาวิทยาลัยรังสิต ที่ทำให้ผู้วิจัยได้เรียนรู้และมีทักษะในการทำแอนิเมชัน การออกแบบแอนิเมชัน 2 มิติ และขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องที่ให้ความช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบคุณทุกท่านไว้ ณ ที่นี้ด้วย หวังว่าการออกแบบแอนิเมชัน 2 มิติ เพื่อเป็นสื่อประกอบการศึกษาทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจไม่มากก็น้อย

พนธกร จันทร์ประเสริฐ

ผู้วิจัย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

6406685 : พนธกร จันทร์ประเสริฐ

ชื่อวิทยานิพนธ์ : การออกแบบแอนิเมชัน 2 มิติ เพื่อเป็นสื่อประกอบการศึกษาทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity)

หลักสูตร : ศิลปมหาบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์อาร์ต

อาจารย์ที่ปรึกษา : ศ.(กิตติคุณ) วัฒนะ จูฑะวิภาต

บทคัดย่อ

ปัจจุบันนี้ ประเทศมหาอำนาจทั่วโลกกำลังร่วมมือกันเพื่อผลักดันให้มนุษยชาติเข้าสู่ยุคสำรวจอวกาศ อย่างเช่น โครงการ Artemis จึงทำให้มีบุคคลทั่วไปสนใจศึกษาฟิสิกส์มากขึ้น แต่ทว่าการศึกษาฟิสิกส์ มีความซับซ้อน มีเนื้อหาหลากหลายระดับ ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ในระดับชั้นหนึ่งๆ อาทิ เรื่องทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจได้ดีจึงเป็นเรื่องยากและท้าทาย สื่อประกอบการศึกษาจัดได้ว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญเพื่อเพิ่มพูนความเข้าใจ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงออกแบบแอนิเมชัน 2 มิติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ เรื่องการขยายขนาดของเวลา (Time Dilation) ผู้วิจัยศึกษากระบวนการการผลิตแอนิเมชัน 2 มิติความยาว 4 นาที การออกแบบบทภาพยนตร์ จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คนรับชมและทำการประเมินจากแบบสอบถาม กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยบุคคลทั่วไปที่สนใจฟิสิกส์ หรือแอนิเมชัน 2 มิติ ผลการวิจัยพบว่า ผู้ชมสามารถสรุปความรู้ได้ดี ความเข้าใจด้านเนื้อหาอยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนความพึงพอใจในด้านเทคนิคและด้านประโยชน์อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

(วิทยานิพนธ์นี้มีจำนวนทั้งสิ้น 72 หน้า)

คำสำคัญ : แอนิเมชัน 2 มิติ, ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ, การขยายขนาดของเวลา

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ลายมือชื่อนักศึกษา.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

6406685 : Phonthakorn Janprasert

Thesis Title : 2D Animation Design as a Media Tool for Studying the Theory of Special Relativity Instructional

Program : Master of Fine Arts in Computer Art

Thesis Advisor : Prof.Wattana Chudhavipata

Abstract

Currently, leading nations all over the world are collaborating to push humanity into the age of space exploration, through initiatives like Project Artemis. As a result, public interest in physics is surging. However, the study of physics is complex, with numerous levels of content to be aware of. Teaching physics topics, such as the theory of Special Relativity, can be extremely challenging in order to promote better understanding in learners. Additionally, the use of instructional media becomes vital for enhancing comprehension. Thus, to improve understanding of such theory, a 2D animation was created specifically on the topic of "Time Dilation" as the focus of this paper. The researchers examined the production process of a 4-minute-long, 2D animation screenplay. Then, 30 participants watched the animation and assessed it through a questionnaire. The participants consisted of laypeople with a general interest in physics or 2D animation. This study revealed that the audience accurately noted and understood the concept of time dilation. Technical satisfaction rates and benefits were at a very good level.

(Total 72 pages)

Keywords : 2D Animation, Special Relativity Theory, Time Dilation

Student's Signature …….. Thesis Advisor's Signature …….

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	**ก**
บทคัดย่อภาษาไทย	**ข**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**ค**
สารบัญ	**ง**
สารบัญตาราง	**ช**
สารบัญรูป	**ซ**
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
1.3 กรอบแนวคิดการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
1.7 คำถามการวิจัย	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	**4**
2.1 แอนิเมชัน 2 มิติ	4
2.1.1 ความหมายของแอนิเมชัน 2 มิติ	4
2.1.2 หลักแอนิเมชัน 12 ประการ (12 Principles of Animation)	5
2.2 ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity)	11
2.2.1 ที่มาของทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity)	11
2.2.2 ความหมายของทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ	13
2.2.3 การขยายขนาดของเวลา (Time Dilation)	14
2.2.4 ปฏิทรรศน์ฝาแฝด (Twin Paradox)	15
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
2.4 กรณีศึกษาที่เกี่ยวข้อง	17

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 ระเบียบวิธีการวิจัย	**20**
3.1 ศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
3.2 ขั้นตอนเตรียมการผลิต (Pre-production)	20
3.2.1 แนวความคิดของเนื้อเรื่องในแอนิเมชัน	20
3.2.2 บทภาพยนตร์แอนิเมชัน	20
3.2.3 ออกแบบตัวละคร	23
3.2.4 การออกแบบฉาก	26
3.2.5 ออกแบบบทภาพ (Storyboard)	28
3.2.6 ร่างช่วงภาพ (Animatic)	30
3.3 ขั้นตอนการผลิต (Production)	31
3.3.1 การสร้างตัวละคร 2 มิติ	31
3.4 ขั้นตอนหลังการผลิต (Post-Production)	33
3.4.1 การประกอบภาพรวม (Compositing)	33
3.4.2 ดนตรีและเสียงประกอบ (Music and Sound Effects)	34
3.5 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	34
3.6 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	34
บทที่ 4 ผลการวิจัย	**36**
4.1 ผลงานแอนิเมชัน 2 มิติ	36
4.2 ผลวิเคราะห์จากการสำรวจแบบสอบถาม	53
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	**56**
5.1 สรุปผลการวิจัย	56
5.2 ข้อเสนอแนะ	57
บรรณานุกรม	**59**

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ตัวอย่างแบบสอบถามออนไลน์	**61**
ประวัติผู้วิจัย	**72**

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

3.1 บทภาพยนตร์แอนิเมชัน 21

4.1 แบบสอบถามหลังการรับชมแอนิเมชัน 53

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	กรอบแนวคิดการวิจัย	2
2.1	E'mile Cohl ผู้กำกับชาวฝรั่งเศส และผลงาน Fantasmagorie	4
2.2	Squash & Stretch	5
2.3	Anticipation	5
2.4	Staging	6
2.5	Straight Ahead & Pose to Pose	7
2.6	Follow Through & Overlapping Action	7
2.7	Slow In & Slow Out	8
2.8	Arc	8
2.9	Secondary Action	9
2.10	Timing	9
2.11	Exaggeration	10
2.12	Solid Drawing	10
2.13	Appeal	11
2.14	อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Albert Einstein)	13
2.15	สมการของทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ	13
2.16	กราฟและสมการการขยายขนาดของเวลาเมื่อเทียบกับอัตราเร็วแสง	14
2.17	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของพลังงานที่ต้องใช้เมื่อเทียบกับอัตราเร็วแสง	14
2.18	ปฏิทรรศน์ฝาแฝด (Twin Paradox)	15
2.19	ภาพยนต์เรื่อง INTERSTELLAR	18
2.20	แอนิเมชันเรื่อง Over the Edge of the Universe	18
3.1	พ่อกระต่ายนักประดิษฐ์	24
3.2	มินนี่ตอนเด็ก	24
3.3	มินนี่ตอนโต	25
3.4	เปรียบเทียบความสูงของตัวละคร	25
3.5	ฉากอ้างอิงอวกาศจากเรื่อง Over the Edge of the Universe	26

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.6	ฉากอวกาศหน้าผาของหลุมบนดวงจันทร์	26
3.7	ฉากอวกาศหน้าผาของหลุมบนดวงจันทร์จากมุมสูง	27
3.8	ฉากห้องทำงานของพ่อกระต่ายนักประดิษฐ์	27
3.9	Storyboard หน้าที่ 1	28
3.10	Storyboard หน้าที่ 2	28
3.11	Storyboard หน้าที่ 3	29
3.12	Storyboard หน้าที่ 4	29
3.13	Storyboard หน้าที่ 5	30
3.14	ร่างช่วงภาพของเรื่อง Bunny on the moon / Flow of time	30
3.15	การร่างภาพบนโปรแกรม Clip Studio Paint	31
3.16	การสร้างภาพบนโปรแกรม Clip Studio Paint	32
3.17	การสร้างภาพเคลื่อนไหวบนโปรแกรม Clip Studio Paint	32
3.18	เพิ่ม Effect และตัวหนังสือเสริมเข้าไปในผลงานบนโปรแกรม Adobe After Effects	33
3.19	รวมภาพเคลื่อนไหว ใส่ดนตรีและเสียงประกอบบนโปรแกรม Adobe Premiere Pro	33
3.20	การเรียบเรียงเพลงบนโปรแกรม Ableton Live	34
4.1	พ่อที่ยืนอยู่ที่หน้าผาบนดวงจันทร์	36
4.2	พ่อถือตุ๊กตาของมินนี่	37
4.3	ภาพย้อนอดีตคิดถึงวันคืนที่อยู่กับลูก นั่งมองมินนี่วิ่งเล่นที่หน้าบ้าน	37
4.4	นึกถึงมินนี่ที่ถือตุ๊กตาตลอดเวลา	37
4.5	ภาพย้อนอดีตที่พ่อสอนหนังสือมินนี่	38
4.6	ภาพย้อนอดีตที่มินนี่หลับ	38
4.7	คิดภึงภายในวันวาน	38
4.8	พ่อเดินจูงมือมินนี่	39
4.9	นาฬิกาทรายกลับด้าน เริ่มนับปีใหม่	39
4.10	พ่อเก็บดินดวงจันทร์	39
4.11	พ่อเอานิ้วป้ายดิน	40

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

4.12 พ่อเอาดินดวงจันทร์เพิ่มลายบนหน้าลูก เพื่อสื่อถึงจำนวนอายุที่มากขึ้น 40
4.13 พ่อจับลายบนหน้าเพราะคิดถึงมินนี่ 40
4.14 ภาพย้อนอดีตของการระเบิดครั้งใหญ่ 41
4.15 ภาพย้อนอดีตที่มินนี่กำลังกระเด็นออกนอกวงโคจรของดวงจันทร์ 41
4.16 ภาพย้อนอดีตที่พ่อเห็นมินนี่กระเด็นออกจากดวงจันทร์ 41
4.17 พ่อกอดตุ๊กตาแล้วร้องไห้ 42
4.18 แสดงรูปภาพใส่กรอบของพ่อกับมินนี่ตอนแรกเกิด 42
4.19 ดวงตาพ่อที่มุมานะ 42
4.20 พ่อที่กำลังนั่งคำนวณสมการบนโต๊ะทำงาน 43
4.21 พ่อนั่งดูผลลัพธ์ของสมการ 43
4.22 ผลลัพธ์ของสมการที่พ่อคำนวณได้ 43
4.23 พ่อที่ตกใจกับผลลัพธ์ที่คำนวณได้ 44
4.24 เวลาผ่านไป 2 ปี 44
4.25 Time machine ที่สร้างเสร็จสมบูรณ์แล้ว 44
4.26 พ่อกำลังมอง Time machine 45
4.27 พ่อกำลังเดินขึ้น Time machine 45
4.28 พ่อนั่งบน time machine มองเห็นค่าสถานะต่าง ๆ และพลังงานที่เต็มเปี่ยม 45
4.29 พ่อเริ่มเดินเครื่อง Time machine 46
4.30 จรวดเริ่มเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง 46
4.31 พ่อดูนาฬิกาบน Time machine ก็พบว่าเวลากำลังเดินช้าลง 46
4.32 พ่อแสดงท่าทางดีใจ 47
4.33 เวลาผ่านไปสักพัก เหตุการณ์ข้างนอกเกือบหยุดนิ่ง 47
4.34 จอมอนิเตอร์ของ Time machine ส่งสัญญาณแจ้งเตือนว่าพลังงานกำลังจะหมดแล้ว 47
4.35 เวลากำลังกลับมาเคลื่อนที่ด้วยความเร็วปกติ 48
4.36 จรวดร่วงลงพื้น 48
4.37 พ่อที่ยังอยู่ในจรวด 48

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่

4.38 พ่อมายืนที่หน้าผาที่เดิมกับฉากเปิดตัว 49

4.39 หน้าพ่อที่สิ้นหวัง 49

4.40 พ่อกำลังจะฆ่าตัวตาย 49

4.41 มีแสงสว่างบนอวกาศ ทิศทางมาจากโลก 50

4.42 สิ่งมีชีวิตใส่ชุดนักบินอวกาศกำลังลอยลงมาบนผิวดวงจันทร์ 50

4.43 ทั้งคู่ยืนมองหน้ากันบนยอดหน้าผา 50

4.44 นักบินอวกาศถอดหมวกออกมาเป็นมินนี่ที่โตแล้ว 51

4.45 ภาพพ่อที่ดีใจ 51

4.46 ภาพมินนี่ที่ดีใจ 51

4.47 ซูมภาพพ่อที่ดีใจ 52

4.48 พ่อเอื้อมมือไปเพื่อกอด 52

4.49 พ่อและมินนี่กอดกัน 52

4.50 ซูมออกเห็นดวงจันทร์ 53

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันประเทศมหาอำนาจทั่วโลกกำลังร่วมมือกันเพื่อผลักดันให้มนุษยชาติเข้าสู่ยุคสำรวจอวกาศ อย่างเช่นโครงการ Artemis (NASA, 2019) ที่มีจุดประสงค์เพื่อทดลองสร้างอาณานิคมบนดวงจันทร์ ก่อนที่จะไปสร้างอาณานิคมจริงๆ บนดาวอังคารในโครงการต่อไป ทำให้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก้าวหน้าต่อไปอีกขั้น และจะส่งผลต่อเทคโนโลยีในอนาคต

ในยุคใหม่ที่เทคโนโลยีก้าวหน้ากำลังจะมาถึง จึงทำให้มีบุคคลทั่วไปสนใจศึกษาฟิสิกส์มากขึ้น เพื่อที่จะได้เข้าใจในโครงการ Artemis โครงการที่มนุษยชาติรวมพลังกันเพื่อความก้าวหน้าในฐานะสิ่งมีชีวิต และผลลัพธ์ที่เกิดจากการศึกษาอวกาศห้วงลึกอีกด้วย แต่ทว่าการศึกษาฟิสิกส์หรือวิทยาศาสตร์ มีความซับซ้อนมาก จึงยากที่จะเข้าใจสำหรับบุคคลทั่วไป ซึ่งอาจทำให้เทคโนโลยีก้าวหน้าได้ช้าลง เนื่องจากความรู้ทางฟิสิกส์ไม่แพร่หลายในบุคคลทั่วไป จากปัญหาที่เกิดขึ้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงตั้งใจสร้างสื่อประกอบการศึกษา ที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ ได้ความสนุกเพลิดเพลิน และสนับสนุนให้เกิดความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีอีกด้วย ซึ่งหนึ่งในทฤษฎีที่โด่งดังที่สุดและเกี่ยวข้องโดยตรงกับการสำรวจอวกาศ คือ ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity)

ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity) คือ ทฤษฎีที่อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติของวัตถุที่มีความเร็วเข้าใกล้ความเร็วแสง ที่อาจจะขัดแย้งกับสามัญสำนึกของมนุษย์ ที่ปกติเราจะเชื่อกันว่า เวลาเดินเร็วเท่ากันทั้งจักรวาล แต่สิ่งที่เกิดขึ้นจริงๆ แล้ว เวลาไม่ได้เดินเร็วเท่ากันทั้งจักรวาล บางที่เวลาเดินเร็ว บางที่เวลาเดินช้า ขึ้นอยู่กับความเร็วของผู้สังเกตการณ์นั้นๆ กล่าวคือ เมื่อเราเคลื่อนที่เร็วขึ้น เวลาจะเดินช้าลง ซึ่งทฤษฎีนี้จะเป็นรากฐานสำคัญของฟิสิกส์ยุคใหม่ ที่จะเกี่ยวข้องกับระบบที่มีความเร็วคงที่ ไม่มีความเร่ง โดยที่มีกฎอยู่ 2 ข้อ 1.กฎของฟิสิกส์นั้นไม่แปรเปลี่ยนไปตามการเคลื่อนที่ของผู้สังเกตที่ไม่มีความเร่ง 2.ไม่ว่าเราจะเคลื่อนที่อย่างไร เราจะพบว่าอัตราเร็วของแสงนั้นคงที่เสมอ คือมีความเร็วเท่ากับ 299,792,458 เมตรต่อวินาที (คลังความรู้ สสวท, 2560) ซึ่งปรากฏการณ์เวลาเดินเร็วไม่เท่ากันนี้ ถูกเรียกว่า การขยายขนาดของเวลา (Time Dilation) ซึ่งเป็นขอบเขตการศึกษาของผู้วิจัย และเป็นขอบเขตของทฤษฎีที่ใช้ในงานแอนิเมชันด้วย

แอนิเมชัน 2 มิติ คือ การสร้างภาพเคลื่อนไหวโดยการฉายภาพนิ่งหลาย ๆ ภาพต่อเนื่องกันด้วยความเร็วที่เหมาะสม และความเร็วของภาพเคลื่อนไหวจะฉายด้วยความเร็วที่ต่างกันขึ้นอยู่กับ

ชนิดของการแสดงผลที่ต้องการสื่อออกไป โดยที่มองเห็นภาพเคลื่อนไหวแบบ 2 มิติ ได้แก่ ความกว้าง และความสูง ทำให้มีความสมจริงพอสมควร แต่จะไม่เท่าภาพแบบ 3 มิติ (Allgentle, 2559)

ผู้วิจัยจึงสนใจนำเอาทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity) ของไอน์สไตน์ ถ่ายทอดผ่านผลงานแอนิเมชันสั้นแบบ 2 มิติในรูปแบบการเล่าเรื่องผ่านตัวละครหลัก โดยดำเนินเนื้อเรื่องไปตามทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษอย่างถูกต้อง เพื่อที่ผู้ชมจะได้ทำความเข้าใจได้ง่ายและสนุกเพลิดเพลินไปกับแอนิเมชันสั้นนี้ โดยกลุ่มเป้าหมายคือบุคคลทั่วไปที่สนใจในด้านฟิสิกส์หรือแอนิเมชัน 2 มิติ เพื่อให้แอนิเมชันสั้นเรื่องนี้เป็นสื่อประกอบความเข้าใจในทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ ผ่านเรื่องราวที่สร้างความตื่นเต้นกับอวกาศอันกว้างใหญ่ ทำให้เป็นการส่งต่อความรู้ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับ ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity) ของไอน์สไตน์ เรื่องการขยายขนาดของเวลา (Time Dilation)

1.2.2 เพื่อออกแบบและสร้างสรรค์แอนิเมชัน 2 มิติ เพื่อเป็นสื่อประกอบการศึกษาทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity) ของไอน์สไตน์ เรื่องการขยายขนาดของเวลา (Time Dilation)

1.3 กรอบแนวคิดการวิจัย

รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 แอนิเมชัน 2 มิติ ความยาว 3-4 นาที

1.4.2 กลุ่มตัวอย่างผู้สนใจงานแอนิเมชัน 2 มิติ จำนวน 30 คน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ข้อมูลเกี่ยวกับ ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity) ของไอน์สไตน์

1.5.2 สื่อแอนิเมชัน 2 มิติ ประกอบการศึกษาทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity) ของไอน์สไตน์ เรื่องการขยายขนาดของเวลา (Time Dilation)

1.5.3 แรงบันดาลใจในการศึกษาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

แอนิเมชัน 2 มิติ คือ การสร้างภาพเคลื่อนไหวโดยการฉายภาพนิ่งหลาย ๆ ภาพต่อ เนื่องกันด้วยความเร็วที่เหมาะสม โดยที่มองเห็นภาพเคลื่อนไหวแบบ 2 มิติ ได้แก่ ความกว้างและความสูง

ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity) คือ ทฤษฎีของไอน์สไตน์ ที่แสดงให้เห็นว่าความเร็วของผู้สังเกตการณ์ที่แตกต่างกัน สามารถขยายขนาดของเวลาได้แตกต่างกัน

การขยายขนาดของเวลา (Time Dilation) คือ ปรากฏการณ์ของเวลาในวัตถุที่เคลื่อนที่เร็วกว่า จะช้ากว่า เวลาในวัตถุที่เคลื่อนที่ช้ากว่า หรือคือปรากฏการณ์ที่เวลาจะเดินเร็วไม่เท่ากันในแต่ละบุคคลขึ้นอยู่กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของคนๆ นั้น

1.7 คำถามการวิจัย

1.7.1 ผู้ชมสามารถรับรู้ถึงปรากฏการณ์การขยายขนาดของเวลา (Time Dilation) จากการดำเนินเรื่องผ่านตัวละครได้หรือไม่

1.7.2 แอนิเมชัน 2 มิติเรื่อง Bunny on the Moon / Flow of Time สามารถสร้างแรงบันดาลใจในการศึกษาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยเรื่อง การออกแบบแอนิเมชัน 2 มิติ เพื่อเป็นสื่อประกอบการศึกษาทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity) ได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 แอนิเมชัน 2 มิติ

2.1.1 ความหมายของแอนิเมชัน 2 มิติ

แอนิเมชัน 2 มิติ นั้นมีต้นกำเนิดมานานแล้ว จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์ได้มีการค้นพบภาพเขียนบนผนังถ้ำเป็นรูปสัตว์ชนิดหนึ่ง ซึ่งในภาพวาดมีการวาดการเคลื่อนไหวของขาทั้ง 4 ข้าง ในยุคต่อมา 1600 ปีก่อนคริสต์ศักราช ในช่วงยุคของฟาโรห์รามาเสสที่ 2 ได้มีการก่อสร้างวิหารเพื่อบูชาเทพีไอซิสโดยมีการวาดรูปการเคลื่อนไหวของเทพีไอซิสต่อเนื่องกันถึง 110 รูป จนกระทั่งถึงยุคกรีกโรมัน เมื่อดูจากภาพที่ปรากฏบนคนโทแล้ว จะเห็นว่าเป็นภาพต่อเนื่องของการวิ่ง

แอนิเมชัน 2 มิติ ยุคแรกๆ นั้นจะดัดแปลงจากภาพยนตร์เงียบ ในฝั่งยุโรป แอนิเมชันเรื่อง Fantasmagorie ของ Émile Cohl ผู้กำกับชาวฝรั่งเศสได้ถือกำเนิดขึ้นในปี 1908 ส่วนภาพยนตร์แอนิเมชันเรื่องยาวเรื่องแรกของโลก นั่นก็คือ Satire du Pt Irigoyen ของประเทศอาร์เจนติน่าในปี 1917 และตามมาด้วย The Adventure of Prince Achmed ในขณะเดียวกันนั้นที่สหรัฐอเมริกาก็ได้เริ่มต้นพัฒนาด้านแอนิเมชันโดยในช่วงแรก ได้แก่ Koko the Clown และ Felix the Cat ในปี 1923 วอล์ท ดิสนีย์ ก็ได้เริ่มมีผลงานขึ้นด้วย (วิธิตา แอนิเมชัน, 2565)

รูปที่ 2.1 E’mile Cohl ผู้กำกับชาวฝรั่งเศส และผลงาน Fantasmagorie

ที่มา: วิธิตา แอนิเมชัน, 2565

2.1.2 หลักแอนิเมชัน 12 ประการ (12 Principles of Animation)

หลักแอนิเมชัน 12 ประการเปรียบเสมือนการเติมเต็มชีวิต และจิตวิญญาณให้กับภาพ ทำให้ผู้ชมรู้สึกถึงการมีชีวิต และสื่ออารมณ์ให้ผู้ชมมีความรู้สึกร่วมไปด้วย (Thomas & Johnston, 1981) ประกอบไปด้วยหลัก 12 ข้อ ดังนี้

2.1.2.1 Squash & Stretch การยืดและการหดวัตถุ ช่วยให้วัตถุมีการเคลื่อนไหวอย่างมีชีวิตชีวา ถึงแม้วัตถุนั้นจะไม่ใช่สิ่งมีชีวิตก็ตาม

รูปที่ 2.2 Squash & Stretch

ที่มา: Hurtt, 2017

2.1.2.2 Anticipation คือ ลักษณะการเตรียมการของวัตถุก่อนที่จะเกิดการเคลื่อนไหวหลัก เพื่อช่วยให้ผู้ชมรับรู้ว่ากำลังจะเกิดอะไรขึ้นต่อจากการเตรียมการนี้

รูปที่ 2.3 Anticipation

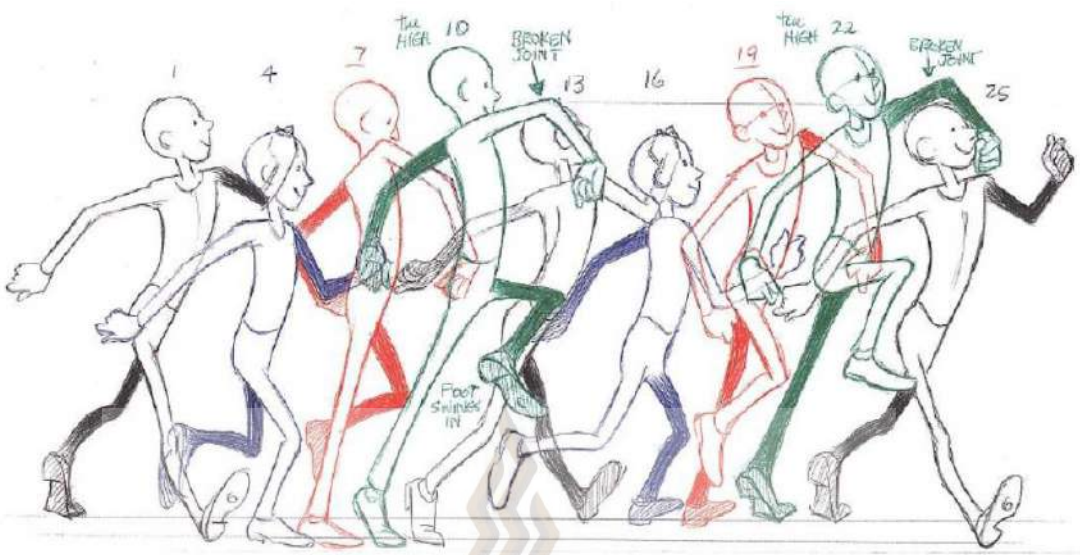
ที่มา: Darvideo, 2021

2.1.2.3 Staging เป็นหลักการเคลื่อนไหวที่เน้นการจัดวางองค์ประกอบผ่านการเคลื่อนไหวของวัตถุ เพื่อนำสายตาของผู้ชม และดึงความสนใจไปยังวัตถุที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในฉากนั้น และลดการเคลื่อนไหวของสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในฉากที่ไม่สำคัญออกไป เพื่อให้มีการเคลื่อนไหวน้อยที่สุด

รูปที่ 2.4 Staging

ที่มา: Dsource Ekalpa India, 2016

2.1.2.4 Straight Ahead Action & Pose to Pose Straight Ahead Action เป็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงภาพที่ตรงไปตรงมา คือ การกำหนดภาพ เฉพาะภาพเริ่มต้น (Start Frame) โดยภาพสุดท้าย (End Frame) จะเกิดจากการค่อยๆ เปลี่ยนจากภาพแรกไปทีละภาพจนถึงภาพสุดท้าย เทคนิคนี้จะช่วยให้เกิดการเคลื่อนไหวที่มีความลื่นไหล และมีอิสระตามที่ผู้สร้างต้องการ Pose to Pose คือ การกำหนดภาพเริ่มต้น และภาพสุดท้ายอย่างชัดเจนตั้งแต่แรก เรียกว่า ภาพหลัก (Key Frame) แล้วสร้างภาพที่อยู่ระหว่างภาพหลัก (In-Between Frame) ให้ครบจนเป็นภาพเคลื่อนไหวที่สมบูรณ์ เทคนิคนี้ช่วยให้สามารถควบคุมลักษณะของภาพได้อย่างแม่นยำ



รูปที่ 2.5 Straight Ahead & Pose to Pose

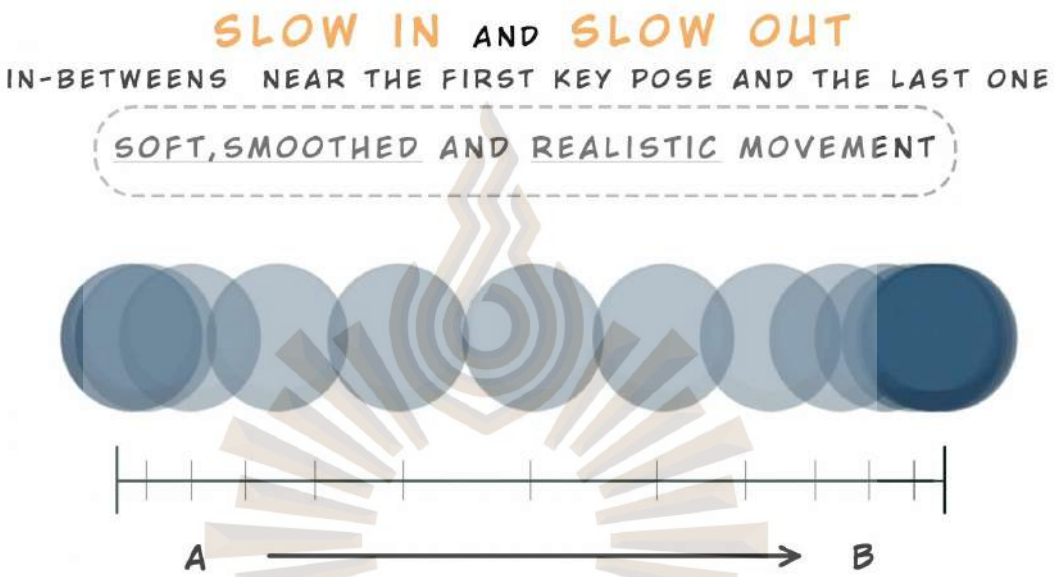
ที่มา: Jabimation, 2014

2.1.2.5 Follow Through & Overlapping Action Follow Through คือ ภาพที่เกิดจากการเคลื่อนไหวหลัก เรียกว่า Action เกิดขึ้นแล้วมีการเคลื่อนไหวอื่นๆ ที่เกิดขึ้นต่อเนื่องอันเป็นผลมาจาก Action นั้น เรียกว่า Reaction Overlapping Action คือการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการเคลื่อนไหวหลัก และการเคลื่อนไหวรอง

รูปที่ 2.6 Follow Through & Overlapping Action

ที่มา: Staley, 2020

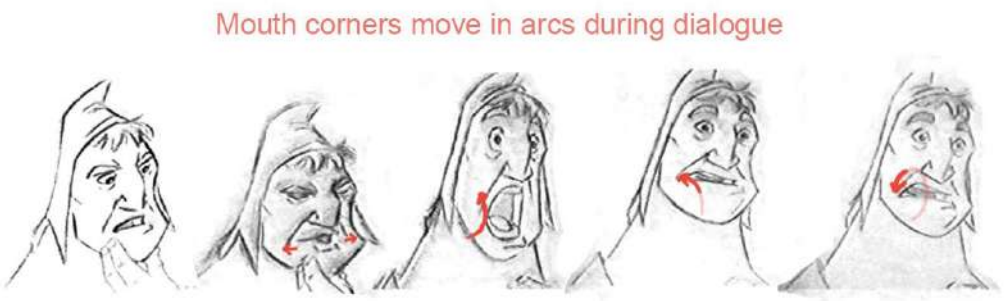
2.1.2.6 Slow In & Slow Out การสร้างความแตกต่างของความเร็ว ในช่วงเริ่มต้นและสิ้นสุดการเคลื่อนไหวนั้นๆ โดยจะเกี่ยวข้องกับอัตราเร่งสัมพันธ์กับมวล และน้ำหนัก ซึ่ง Slow In คือ การเคลื่อนที่จะช้าในตอนเริ่มต้น ส่วน Slow Out คือ การเคลื่อนที่จะช้าในตอนสิ้นสุด ของการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้น



รูปที่ 2.7 Slow In & Slow Out

ที่มา: Porri, 2017

2.1.2.7 Arc การเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นไปตามวิถีโค้ง หรือเส้นตรง โดยการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุต่างๆ จะมีขอบเขต และข้อจำกัดทางกายภาพตามธรรมชาติ



รูปที่ 2.8 Arc

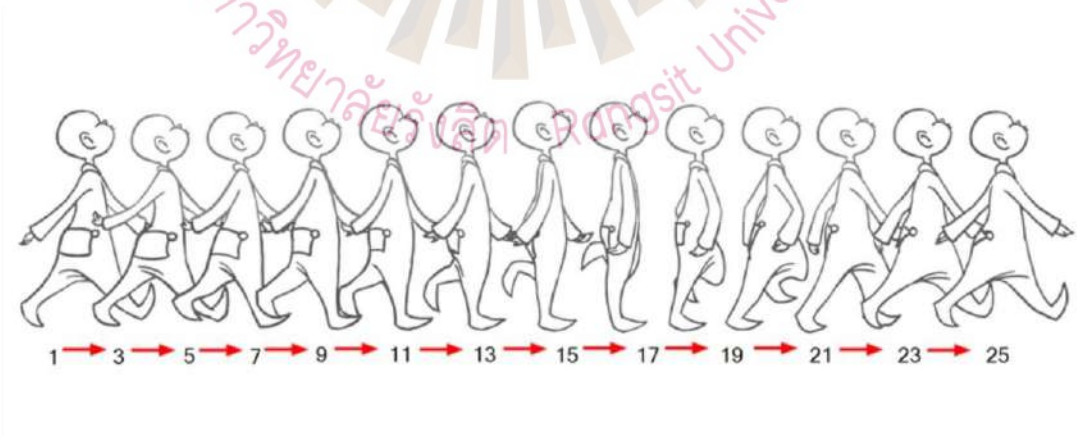
ที่มา: Wong, 2017

2.1.2.8 Secondary Action การเคลื่อนไหวรอง ที่เกิดขึ้นต่อเนื่องจากการเคลื่อนไหวหลัก เพื่อสนับสนุนการเคลื่อนไหวหลักที่เกิดขึ้นภายในเหตุการณ์นั้นๆ ให้ชัดเจนยิ่งขึ้น

รูปที่ 2.9 Secondary Action

ที่มา: Kuczera, 2011

2.1.2.9 Timing เป็นการเร่ง หรือการผ่อนความเร็วในการเคลื่อนไหวให้มีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา โดยอาศัยหลักการที่เกี่ยวข้องกับความเร็ว ความเร่ง ความหน่วง หรือแรงเฉื่อยต่างๆ

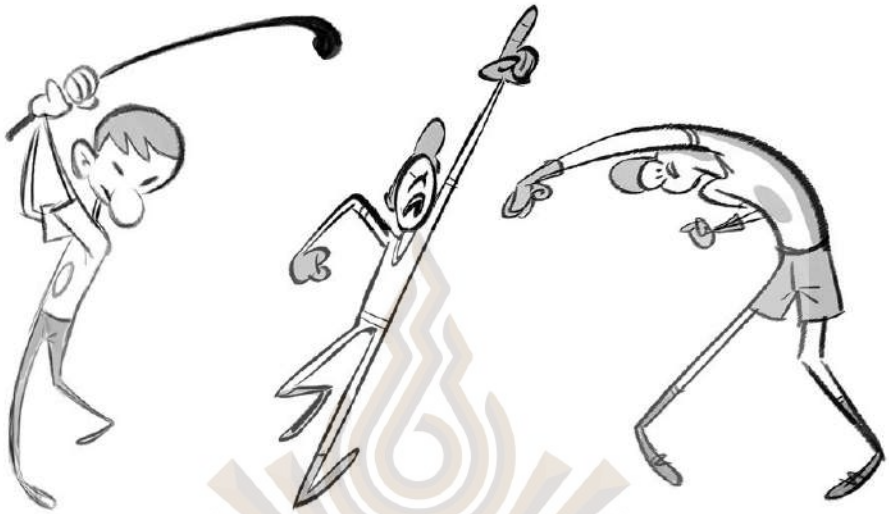


รูปที่ 2.10 Timing

ที่มา: Darvideo, 2021

มหาวิทยาลัยศิลปากร Silpakorn University

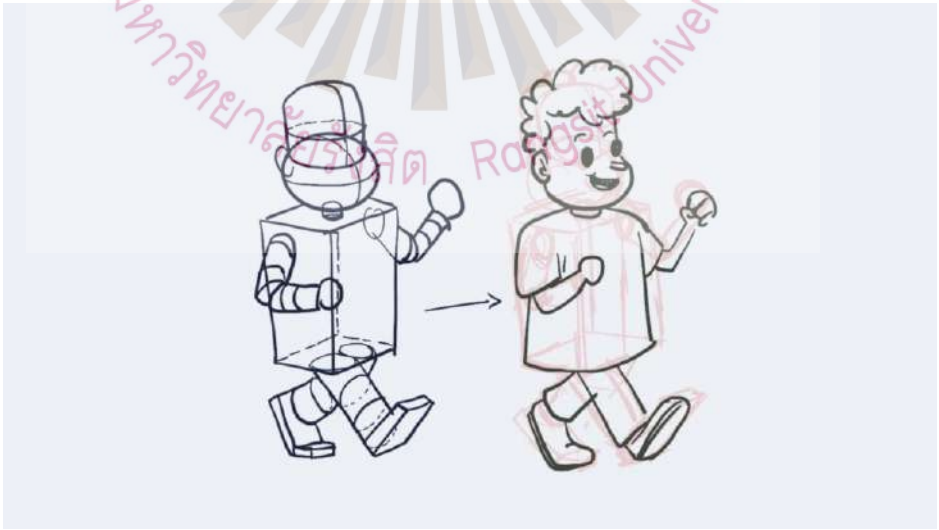
2.1.2.10 Exaggeration การสร้างความเกินจริงสำหรับการเคลื่อนไหวและการเปลี่ยนรูปร่าง รูปทรง ขนาด และสัดส่วนของวัตถุ เพื่อให้วัตถุนั้นทรงพลังและมีชีวิตชีวามากยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.11 Exaggeration

ที่มา: Dsource Ekalpa India, 2016

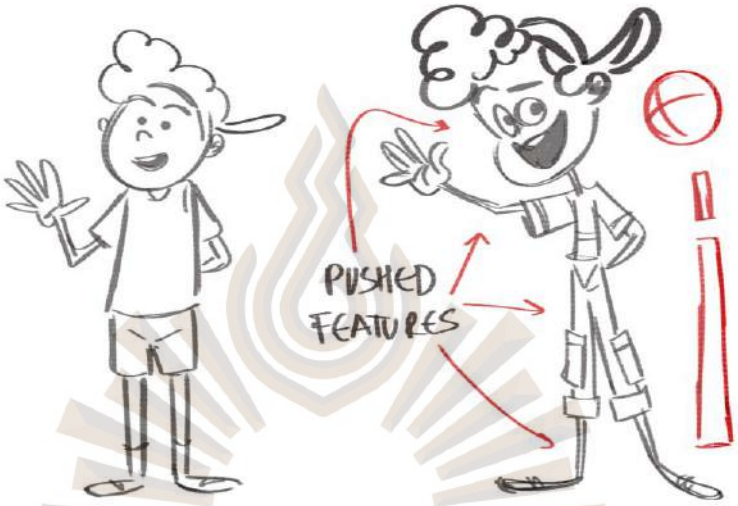
2.1.2.11 Solid Drawing การกำหนดท่าทางของตัวละคร หรือวัตถุคร่าวๆ โดยอ้างอิงพื้นฐานมาจากการวาดภาพให้เกิดลักษณะภาพแบบ 3 มิติ



รูปที่ 2.12 Solid Drawing

ที่มา: Darvideo, 2021

2.1.2.12 Appeal การสร้างจังหวะการเคลื่อนไหวที่มีความดึงดูดสายตา โดยอาศัยหลักการข้อต่างๆ มาผสมผสานกัน เพื่อสร้าง Appeal ขึ้นมาจากการศึกษาเรื่องแอนิเมชัน 3 มิติ ผู้วิจัยได้นำหลักการ Exaggeration มาเป็นการเคลื่อนไหวหลักในผลงาน เนื่องจากสามารถสื่อสารกับผู้ชมได้ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 2.13 Appeal

ที่มา: Dsource Ekalpa India, 2016

2.2 ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity)

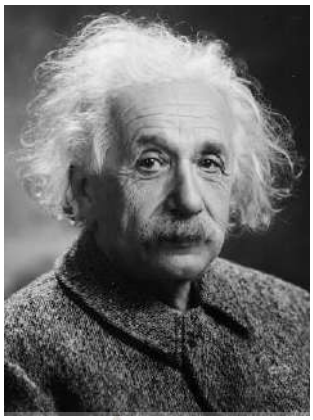
2.2.1 ที่มาของทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity)

เมื่อประมาณ 384 ปีก่อนคริสตกาล อริสโตเติล (Aristotle) ได้ถือกำเนิดขึ้น และได้คิดค้นแนวคิดมากมายที่เป็นรากฐานของวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ทำให้ผู้คนในยุคนั้นเชื่ออริสโตเติลที่กล่าวว่า สภาพธรรมชาติของวัตถุคือการอยู่นิ่งและมันจะเคลื่อนที่ก็ต่อเมื่อมันถูกกระทำโดยแรงหรือการกระตุ้น (Impulse) กล่าวคือ อริสโตเติลเชื่อว่าโลกนั้นอยู่นิ่งและเป็นศูนย์กลางของจักรวาลโดยมีดวงดาวต่างๆ รวมไปถึงดวงอาทิตย์ที่โคจรรอบโลก อีกทั้งอริสโตเติลยังเชื่อในเวลาสัมบูรณ์อีกด้วย ซึ่งเวลาสัมบูรณ์คือเราสามารถวัดช่วงเวลาของสองเหตุการณ์หนึ่งๆ และช่วงเวลานี้จะเหมือนกันไม่ว่าใครจะเป็นคนวัดก็ตาม

ต่อมาในยุคของนิวตัน หลังจากที่กาลิเลโอ กาลิเลอี ได้พิสูจน์ว่า โลกไม่ใช่จุดศูนย์กลาง ของจักรวาล แต่ดวงอาทิตย์ต่างหากที่เป็นจุดศูนย์กลาง และโลกหมุนรอบดวงอาทิตย์ ต่อมา ไอแซก นิวตัน (Isaac Newton) ได้คิดค้นกฎการเคลื่อนที่ ที่สามารถทำนายการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ตั้งแต่ของตกลงสู่พื้น ไปจนถึงการโคจรของดวงดาวได้เป็นอย่างดี อีกทั้งการแสดงให้เห็นถึงการไม่มีอยู่ของการหยุดนิ่งอย่างสัมบูรณ์ เพราะถึงแม้เราจะยืนอยู่เฉยๆ แต่เราก็อยู่บนโลก ซึ่งโลกหมุนรอบดวงอาทิตย์ ดวงอาทิตย์หมุนรอบหลุมดำมวลยิ่งยวดที่อยู่ใจกลางทางช้างเผือก และทางช้างเผือกก็เคลื่อนที่ไปตามการขยายตัวของเอกภพ ดังนั้นเมื่อถามหาอัตราเร็ว เราต้องบอกด้วยว่าวัตถุเคลื่อนที่เมื่อเทียบกับอะไร เช่น รถวิ่งที่อัตราเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเมื่อเทียบกับถนนที่หยุดนิ่ง เป็นต้น ทำให้ผู้คนในยุคนั้นเชื่อนิวตันที่บอกว่าไม่มีความเร็วสัมบูรณ์ในเอกภพ และแสงก็ไม่มีความเร็วมันเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นทันทีทันใด แต่นิวตันเชื่อในเวลาสัมบูรณ์เหมือนกับอริสโตเติล เพราะการที่มีเวลาสัมบูรณ์เท่ากับว่ามีพระเจ้าสัมบูรณ์ เพราะนิวตันเชื่อว่าพระเจ้ามีจริง

แต่แล้วในปี ค.ศ.1676 นักดาราศาสตร์ชาวเดนมาร์กชื่อ โอเล คริสเตนเซ่น โรเมอร์ (Ole Chistensen Roemer) พบว่าแสงไม่ได้เกิดขึ้นทันทีทันใด แต่แสงนั้นมีอัตราเร็ว ซึ่งต่อมา นักฟิสิกส์ชาวราชอาณาจักรชื่อ เจมส์ เคลิร์ก แมกซ์เวลล์ (James Clerk Mexwell) ได้คำนวณหาอัตราเร็วของแสงได้เท่ากับ 299,792,458 เมตรต่อวินาที ซึ่งเกิดคำถามต่อว่า อัตราเร็วของแสงนั้นเคลื่อนที่เทียบกับอะไรตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน จึงมีการเสนอสสารที่เรียกว่า อีเธอร์ (Ether) ซึ่งจะมีอยู่ทุกที่แม้แต่ที่ว่างในอวกาศ ดังนั้นอัตราเร็วของแสงที่วัดได้เคลื่อนที่เทียบกับ
อีเธอร์ นั่นเอง

ในปี ค.ศ.1905 เสมียนในสำนักจดทะเบียนลิขสิทธิ์ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ที่ไม่มีใครรู้จักนามว่า อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Albert Einstein) ได้เสนอทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity) และสมการ E=mc^2 อันโด่งดัง และชี้ให้เห็นว่าแนวคิดของอีเธอร์ไม่มีความจำเป็นแต่อย่างใด หากเราละทิ้งแนวคิดของเวลาสัมบูรณ์ไป และบอกว่าอัตราเร็วของแสงไม่จำเป็นต้องเทียบกับอะไร เพราะอัตราเร็วของแสงคือความเร็วสัมบูรณ์ ไม่ว่าใครจะอยู่ที่ไหนและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าใดในเอกภพ จะต้องวัดอัตราเร็วแสงได้เท่ากันทุกคน ถึงจุดนี้ไอน์สไตน์ได้ทำลายเวลาสัมบูรณ์ และเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจของเราต่ออวกาศและเวลาไปตลอดกาล (Hawking, 2554)



รูปที่ 2.14 อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Albert Einstein)

ที่มา: Kean, 2014

2.2.2 ความหมายของทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ

ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ คือรากฐานสำคัญของฟิสิกส์ยุคใหม่ ที่จะเกี่ยวข้องกับระบบที่มีความเร็วคงที่ ไม่มีความเร่ง โดยที่มีกฎอยู่ 2 ข้อ 1.กฎของฟิสิกส์นั้นไม่แปรเปลี่ยนไปตามการเคลื่อนที่ของผู้สังเกตที่ไม่มีความเร่ง 2.ไม่ว่าเราจะเคลื่อนที่อย่างไร เราจะพบว่าอัตราเร็วของแสงนั้นคงที่เสมอ สรุปคือ อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Albert Einstein) อธิบายว่า อวกาศและเวลาคือสิ่งเดียวกันที่เรียกกว่ากาลอวกาศ (Spacetime) โดยที่ความเร็วสูงสุดที่เราสามารถเคลื่อนที่ได้คือความเร็วแสง ไม่มีสิ่งใดสามารถเคลื่อนที่เร็วกว่าแสงได้ และความเร็วแสงเป็นความเร็วสัมบูรณ์ในเอกภพ อีกทั้งความเร็วของวัตถุสามารถยืดหดกาลอวกาศได้ กล่าวคือ เมื่อเราเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่มากขึ้น เวลาจะเดินช้าลงและระยะทางก็สั้นลงอีกด้วย (Thorne, 2554)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Formulas of Special Relativity

$$\text{Time Dilation:} \quad t' = t\sqrt{1-\left(\frac{v^2}{c^2}\right)}$$

$$\text{Length Contraction:} \quad l' = l\sqrt{1-\left(\frac{v^2}{c^2}\right)}$$

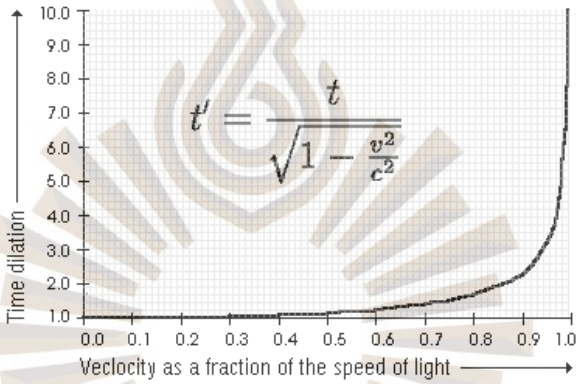
$$\text{Mass Increase:} \quad m' = \frac{m}{\sqrt{1-\left(\frac{v^2}{c^2}\right)}}$$

รูปที่ 2.15 สมการของทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ

ที่มา: Wesley, 2006

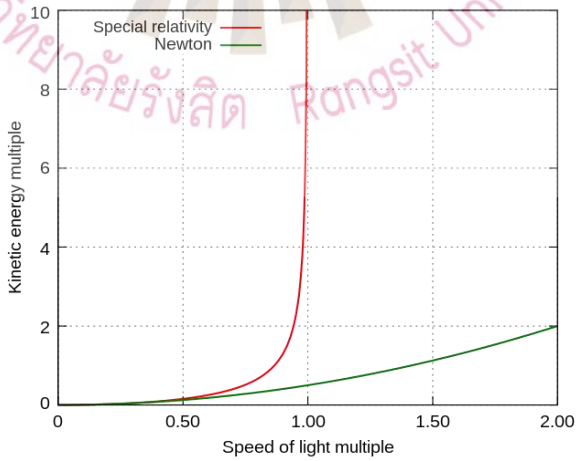
2.2.3 การขยายขนาดของเวลา (Time Dilation)

การขยายขนาดของเวลา คือปรากฏการณ์ของเวลาในวัตถุที่เคลื่อนที่เร็วกว่า จะช้ากว่า เวลาในวัตถุที่เคลื่อนที่ช้ากว่า ซึ่งความเร็วของเวลาที่ไหลได้เร็วที่สุดคือความเร็วแสง ดังนั้น ถ้าวัตถุอยู่นิ่งไม่มีความเร่ง ความเร็วของเวลาในวัตถุนั้นจะเท่ากับความเร็วแสง แต่ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วหนึ่ง ความเร็วของเวลาในวัตถุนั้นจะต้องแบ่งให้การความเร็วของการเคลื่อนที่ในแกนอวกาศ ทำให้เวลาเดินช้าลง และถ้าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุดคือเร็วแสง เวลาก็จะหยุดนิ่ง ซึ่งปรากฏการณ์นี้ทำให้เกิด ปฏิทรรศน์ฝาแฝด (Twin Paradox) ขึ้นมา (ธนู แก้วโอกาส, 2547)



รูปที่ 2.16 กราฟและสมการการขยายขนาดของเวลาเมื่อเทียบกับอัตราเร็วแสง

ที่มา: Darling, 2013



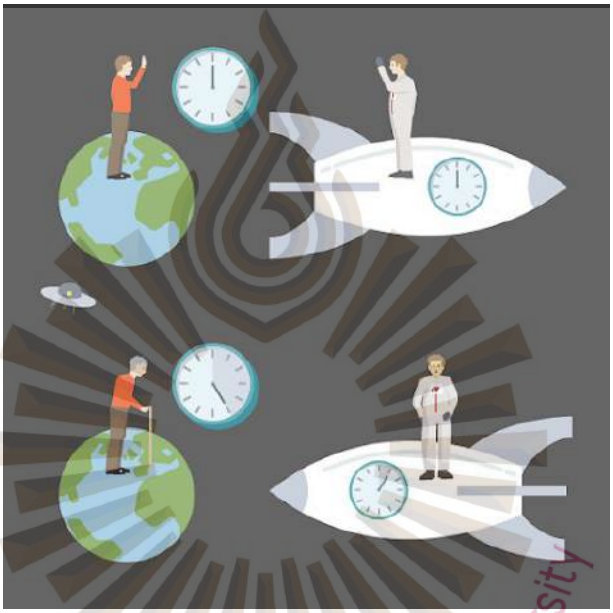
รูปที่ 2.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของพลังงานที่ต้องใช้เมื่อเทียบกับอัตราเร็วแสง

ที่มา: Course Hero, 2022

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2.2.4 ปฏิทรรศน์ฝาแฝด (Twin Paradox)

ปฏิทรรศน์ฝาแฝด คือโจทย์ปัญหาของทฤษฎีสัมพัทธภาพ มีโจทย์ว่า ถ้ามีฝาแฝดคือ A และ B โดยที่ B ขึ้นจรวดไปท่องอวกาศด้วยความเร็ว 80% ของความเร็วแสง ส่วน A รออยู่ที่โลก เมื่อนาย B กลับมาที่โลก ด้วยปรากฏการณ์การขยายขนาดของเวลา B จะพบว่า A แก่กว่า B (ธนู แก้วโอกาส, 2547)



รูปที่ 2.18 ปฏิทรรศน์ฝาแฝด (Twin Paradox)

ที่มา: Barshi, 2021

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 วิศกรณ์ โสภาภิมุข, โสพัฒน์ โสภาภิมุข และ อชิตพล มีมุ้ย (2564) ได้ทำวิจัยเรื่อง การสร้างสื่อแอนิเมชัน 3D เรื่อง ไวรัสโควิด 19 สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1) พัฒนาสื่อแอนิเมชัน 3D เรื่อง ไวรัสโควิด 19 สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี ให้ได้ประสิทธิผลตามเกณฑ์ 80/80

2) เปรียบเทียบคะแนนของแบบทดสอบก่อนการเรียนรู้กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ที่เรียนรู้โดยใช้สื่อแอนิเมชัน 3D เรื่อง ไวรัสโควิด 19 สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

3) ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อสื่อแอนิเมชัน 3D เรื่อง ไวรัสโควิด 19 สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) ทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยรวมทั้งสิ้นจำนวน 30 คน และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ สื่อแอนิเมชัน 3D เรื่อง ไวรัสโควิด 19 สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี ที่มีประสิทธิผลเหมาะสมสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี แบบประเมินคุณภาพสำหรับผู้เชี่ยวชาญ แบบทดสอบก่อนการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังการเรียนรู้ และแบบสอบถามความพึงพอใจสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี ส่วนสถิติที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและ t-test

ผลการวิจัย ได้ผลลัพธ์ ดังนี้

1) สื่อแอนิเมชัน 3D เรื่อง ไวรัสโควิด 19 สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี ที่ประเมินโดยผู้ชำนาญด้านเนื้อหาและด้านการผลิตสื่อ ทำให้ได้คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก และมีประสิทธิผลเท่ากับ 81.00/82.44

2) คะแนนทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของกลุ่มตัวอย่างหลังจากเรียนด้วยสื่อแอนิเมชัน 3D เรื่อง ไวรัสโควิด 19 สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี สูงกว่าคะแนนในแบบทดสอบก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) นักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี มีความพึงพอใจในสื่อแอนิเมชัน 3D เรื่อง ไวรัสโควิด 19 สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี อยู่ในเกณฑ์พึงพอใจมาก

2.3.2 ทัศนีย์พร สวรรณเขตร์ (2557) ได้ทำวิจัยเรื่อง การออกแบบสื่อแอนิเมชันสำหรับเด็กสมาธิสั้น โดยเน้นเรื่องสี

สีเป็นสิ่งที่สำคัญในการสร้างสรรค์ผลงานศิลปะในทุกๆแขนง รวมไปถึงงานในการออกแบบสื่อแอนิเมชัน ดังนั้นผู้รังสรรค์งานแอนิเมชันจึงจำเป็นต้องใช้โทนสีเป็นส่วนประกอบหลักของงาน เพื่อทำให้กลุ่มเป้าหมายได้รับข้อความและความบันเทิงตามที่ต้องการได้เป็นอย่างดี จากผลงานของผู้สร้างสรรค์ เด็กสมาธิสั้นเป็นหหนึ่งในกลุ่มเป้าหมาย ที่มีความพิเศษในการรับรู้และ

เรียนรู้สิ่งต่างๆ และสีก็เป็นปัจจัยสำคัญในการเรียนรู้ของเด็กสมาธิสั้นอีกด้วย โดยยังไม่มีผู้สร้างสื่อแอนิเมชันคนใดที่สร้างผลงานสำหรับเด็กสมาธิสั้นโดยตรง

งานวิจัยออกแบบสื่อแอนิเมชันสำหรับเด็กสมาธิสั้น โดยเน้นเรื่องสี มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเรื่องโทนสีกับการเรียนรู้ของเด็กสมาธิสั้น ความแตกต่างของโทนสีในแบบต่างๆ ในการผลิตสื่อแอนิเมชันมีผลต่อการเรียนรู้ของเด็กสมาธิสั้นหรือไม่ โทนสีแบบใดระหว่างโทนสีพาสเทล และโทนสีฉูดฉาด เหมาะสมที่จะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของเด็กสมาธิสั้นได้มากกว่ากัน การทำงานวิจัยได้ออกแบบเนื้อหาของงานแอนิเมชันที่เกี่ยวข้องกับการผสมสีในรูปแบบต่างๆ และเลือกใช้เทคนิคการออกแบบฉาก และออกแบบตัวละครที่มีลักษณะ 2 แบบคือโทนสีพาสเทลและโทนสีฉูดฉาดโดยมีเนื้อเรื่อง ตัวละคร และการดำเนินเรื่อง ที่มีเหมือนกัน แต่แตกต่างกันที่โทนสีโดยรวม เพื่อศึกษาให้เห็นความแตกต่างของการเรียนรู้เรื่องโทนสีของเด็กสมาธิสั้นได้ อย่างชัดเจน ผลการศึกษาพบว่าเด็กสมาธิสั้นมีสมาธิรับรู้ และเรียนรู้ผ่านสื่อแอนิเมชันจากโทนสี พาสเทลได้ดีกว่าโทนสีฉูดฉาด

ผู้วิจัยจึงสนในที่จะใช้แอนิเมชัน 2 มิติเพื่อเป็นสื่อประกอบการเรียนรู้ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity) ของไอน์สไตน์ และจะออกแบบบทภาพยนตร์แอนิเมชันให้มีการแสดงถึงทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity) เช่น การขยายขนาดของเวลา (Time Dilation) หรือปฏิทรรศน์ฝาแฝด (Twin Paradox) เป็นต้น เพื่อเป็นสื่อการเรียนรู้สำหรับคนที่สนใจในทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity)

2.4 กรณีศึกษาที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 จากการศึกษาผลงานภาพยนต์เรื่อง INTERSTELLAR โดย Christopher Nolan พบว่ามีการใช้การเล่าเรื่องแบบตัวละครนำเรื่อง ที่แสดงให้เห็นถึงการตัดสินใจหลายอย่างและผลกระทบที่ตามมาถึงตัวละคร อีกทั้งยังมีการนำทฤษฎีสัมพัทธภาพมาใช้ในเรื่อง ซึ่งทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity) ก็เป็นหนึ่งในทฤษฎีที่ในผู้สร้างหยิบยกมาใช้ ส่งผลให้เกิดความน่าสนใจและน่าติดตามตลอดภาพยนต์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รูปที่ 2.19 ภาพยนต์เรื่อง INTERSTELLAR

ที่มา: Hudson, 2014

2.4.2 จากการศึกษาผลงานแอนิเมชันเรื่อง Over the Edge of the Universe โดย Tompswell ทางสื่อสังคมออนไลน์ยูทูบ (Youtube) (Tompswell, 2018) พบว่ามีการใช้การเล่าเรื่องแบบตัวละครนำเรื่อง โดยการเล่าถึงหุ่นยนต์สำรวจอวกาศตัวหนึ่ง ที่สำรวจเอกภพไปเรื่อยๆ แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบของภาพ ทั้งโทนสีและอารมณ์ของภาพจักรวาลอันกว้างใหญ่ส่งผลให้เกิดความน่าสนใจและน่าติดตามตลอดระยะเวลาการนำเสนอของผลงานแอนิเมชัน

รูปที่ 2.20 แอนิเมชันเรื่อง Over the Edge of the Universe

ที่มา: Tompswell, 2018

ผู้วิจัยจึงสนใจนำเอาเทคนิคการใช้ตัวละครนำเรื่อง การใช้เวลาเป็นองค์ประกอบสำคัญ และโทนสีของภาพในการสร้างผลงานการออกแบบแอนิเมชัน 2 มิติ เพื่อเป็นสื่อประกอบการศึกษาทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity)

บทที่ 3

ระเบียบวิธีการวิจัย

งานวิจัยเรื่อง “การออกแบบแอนิเมชัน 2 มิติ เพื่อเป็นสื่อประกอบการศึกษาทฤษฎีสัมพัทธ-ภาพพิเศษ (Special Relativity)” มีระเบียบวิธีการวิจัยดังนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยเรื่อง “การออกแบบแอนิเมชัน 2 มิติ เพื่อเป็นสื่อประกอบการศึกษาทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity)” ได้ศึกษาทฤษฎีได้แก่ แอนิเมชัน 2 มิติ เป็นสื่อหลักที่ผู้วิจัยทำ และทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity) เป็นสิ่งที่อยากส่งเสริม และศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่เป็นการสร้างสื่อแอนิเมชัน เพื่อดูแนวทางในการสร้างสื่อที่เหมาะสม จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาสังเคราะห์เพื่อวางแผนการผลิตต่อไป

3.2 ขั้นตอนเตรียมการผลิต (Pre-production)

3.2.1 แนวความคิดของเนื้อเรื่องในแอนิเมชัน

แนวความคิดหลักของเรื่องคือ “เวลาจะไหลไปข้างหน้าเสมอ โดยที่ไม่มีทางไหลย้อนกลับ” เรื่องเกิดจาก มินนี่ ลูกสาวของพ่อกระต่ายนักประดิษฐ์ เกิดอุบัติเหตุกระเด็นออกนอกวงโคจรของดวงจันทร์ที่เขาอาศัยอยู่ พ่อกระต่ายนักประดิษฐ์จึงสร้าง Time Machine เพื่อย้อนเวลาพาลูกสาวของเขากลับมา แต่เนื่องจากแนวคิดหลักของเรื่อง จึงทำให้พ่อกระต่ายนักประดิษฐ์ไม่สามารถย้อนเวลาพามินนี่กลับมาได้ แต่เป็นมินนี่ ที่รอดจากเหตุการณ์นั้น และกลับมาหาพ่อได้ในที่สุด

3.2.2 บทภาพยนตร์แอนิเมชัน

การเขียนบทจะเริ่มจากการเขียนเรื่องย่อที่บอกถึงเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับตัวละครตั้งแต่ต้นจนจบ และเมื่อเรียบเรียงได้แล้ว จึงนำเรื่องย่อมาเขียนบทต่อไป ซึ่งงานวิจัยมีเรื่องย่อ ดังนี้

ณ บนดวงจันทร์ มีพ่อลูกค่ ูหนึ่งอาศัยอย่างเดียวดายท่ามกลางความว่างเปล่า มินนี่ เป็นกระต่ายน้อยซุกซน กับพ่อที่เป็นนักประดิษฐ์ และได้สอนมินนี่ทุกๆอย่างที่พ่อทำได้ ไม่ว่าจะเป็นความรู้ การใช้ชีวิต หรือกาลอวกาศ ที่กว้างใหญ่ มินนี่เรียนรู้จากพ่อทั้งสิ้น

อยู่มาวันหนึ่งได้มีอุบัติเหตุ จนทำให้เกิดการระเบิดอย่างรุนแรง พ่อคว้าตัวมินนี่ไม่ทัน ทำให้มินนี่กระเด็นหลุดออกจากวงโคจรของดวงจันทร์ (เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์ นั้นน้อยกว่าแรงโน้มถ่วงของโลกถึง 6 เท่า) แล้วล่วงหล่นสู่โลก

พ่อที่เสียใจกับเหตุการณ์ครั้งนี้มาก ๆ ได้ตัดสินใจสู้ต่อเพื่อเอามินนี่กลับมา โดยการศึกษาเวลา และการสร้างเครื่อง Time Machine ขึ้นมา โดยใช้พลังงานจากแกนกลางของดวงจันทร์

พ่อได้นั่ง Time Machine ซึ่งเริ่มหมุนจากช้า ๆ แล้วค่อยเพิ่มความเร็วขึ้นไปเรื่อย ๆ จนเร็วเข้าใกล้ความเร็วแสง แต่สุดท้ายพลังงานก็ไม่พอสำหรับการย้อนเวลา จนทำให้พ่อรู้ว่า เขาไม่มีทางย้อนเวลาได้ และเขาล้มเหลวในการย้อนเวลาเพื่อพามินนี่กลับมา

พ่อเสียใจมาก และกลายเป็นคนหมดหวัง คิดฆ่าตัวตาย แต่ว่าการที่พ่อนั่ง Time Machine แล้วมีความเร็วเข้าใกล้ความเร็วแสง ได้เกิดปรากฏการณ์การขยายขนาดของเวลา จึงทำให้มินนี่ที่รอดจากแรงระเบิด กลับมาดวงจันทร์ได้สำเร็จ ทำให้ขณะที่พ่อจะลงมือทำ ก็มีสิ่งมีชีวิตจากอวกาศ ลงมาบนพื้นต่อหน้าพ่อ เป็นกระต่ายที่ดูมีอายุมากกว่าพ่อ พ่อที่เห็นดังนั้น ก็วิ่งเข้าไปกอด เพราะรู้ทันทีว่านี่คือมินนี่ลูกของเขา จบ

หลังจากที่ได้เรื่องย่อของเรื่อง Bunny on the Moon / Flow of Time แล้ว จึงนำมาพัฒนาเป็นบทภาพยนตร์ โดยดำเนินเรื่องผ่านมุมมองของพ่อกระต่ายนักประดิษฐ์ ซึ่งผู้วิจัยทำการเขียนบท และแบ่งมุม กล้องเป็นดังนี้

ตารางที่ 3.1 บทภาพยนตร์แอนิเมชัน

Shot	มุมกล้องและคำอธิบาย
Scene 1 หน้าผาบนดวงจันทร์	
1:	ELS พ่อที่ยืนอยู่ที่หน้าผาบนดวงจันทร์
2:	LS พ่อถือตุ๊กตาของมินนี่
3:	LS ภาพย้อนอดีตคิดถึงวันคืนที่อยู่กับลูก นั่งมองมินนี่วิ่งเล่นที่หน้าบ้าน ถือตุ๊กตาตลอดเวลา
4:	MS ภาพย้อนอดีตที่พ่อสอนหนังสือมินนี่
5:	LS อธิบายเรื่องความเร็วแสง ว่าแสงมีความเร็ว
6:	MCU ภาพย้อนอดีตที่มินนี่หลับ
7:	ELS ภาพย้อนอดีตที่นาฬิกาทรายบนดวงจันทร์ ถึงเวลากลับหัวลงเพื่อนับเวลาใหม่สื่อถึงเวลาผ่านครบ 1 ปี

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 3.1 บทภาพยนตร์แอนิเมชัน (ต่อ)

Shot	มุมกล้องและคำอธิบาย
	8: MS พ่อเอาดินดวงจันทร์เพิ่มลายบนหน้าลูก เพื่อสื่อถึงจำนวนอายุที่มากขึ้น
	9: ELS ภาพย้อนอดีตของการระเบิดครั้งใหญ่
	10: LS ภาพย้อนอดีตที่พ่อเห็นมินนี่กระเด็นออกจากดวงจันทร์
	11: MS ภาพพ่อกอดตุ๊กตาแล้วร้องไห้
	12: CU แสดงรูปภาพใส่กรอบของพ่อกับมินนี่ตอนแรกเกิด
	13: CU ดวงตาพ่อที่มุมานะ
Scene 2 ในห้องทำงานพ่อ	
	1: MS พ่อที่กำลังนั่งคำนวณสมการบนโต๊ะทำงาน
	2: LS อธิบายปรากฏการณ์การขยายขนาดของเวลา
	3: MS กระดาษการคำนวณของพ่อที่แสดงผลลัพธ์ของพลังงานที่ต้องใช้ในการย้อนเวลา
	4: MS พ่อที่ตกใจกับผลลัพธ์ที่คำนวณได้
Scene 3 ลานหลังบ้าน บนเครื่อง Time Machine	
	1: ELS พ่อกำลังเดินขึ้น Time Machine ที่สร้างเสร็จสมบูรณ์แล้ว
	2: MS พ่อนั่งบน time Machine มองเห็นค่าสถานะต่าง ๆ และพลังงานที่เต็มเปี่ยม
	3: POV พ่อเริ่มเดินเครื่อง Time Machine
	4: MS พ่อดูนาฬิกาบน Time Machine ก็พบว่าเวลากำลังเดินช้าลง
	5: MCU ภาพพ่อที่ยิ้มอย่างมีความหวัง
	6: LS ภาพพ่อแสดท่าทางดีใจ
	7: MLS เวลาผ่านไปสักพัก เหตุการณ์ข้างนอกเกือบหยุดนิ่ง
	8: MS จอมอนิเตอร์ของ Time Machine ส่งสัญญาณแจ้งเตือนว่าพลังงานกำลังจะหมดแล้ว
	9: LS จรวดที่พ่อนั่งล่วงลงสู่พื้น
	10: LS พ่อที่นั่งนิ่งอยู่บนเครื่อง Time Machine

ตารางที่ 3.1 บทภาพยนตร์แอนิเมชัน (ต่อ)

Shot	มุมกล้องและคำอธิบาย
Scene 4 หน้าผาบนดวงจันทร์	
	1: ELS ซูมออกมาให้เห็นสถานที่หน้าผา และยืนอยู่ที่เดิมกับฉากเปิดตัว
	2: CU หน้าพ่อที่สิ้นหวัง และกำลังจะฆ่าตัวตาย
	3: LS มีแสงสว่างบนอวกาศ ทิศทางมาจากโลก
	4: BEV ที่มีสิ่งมีชีวิตใส่ชุดนักบินอวกาศกำลังลอยลงมาบนผิวดวงจันทร์
	5: LS ทั้งคู่ยืนมองหน้ากันบนยอดหน้าผา
	6: MS นักบินอวกาศถอดหมวกออกมาเป็นมินนี่ที่โตแล้ว
	7: MS พ่อและมินนี่กอดกัน
	8: ELS ซูมภาพออกให้เห็นดวงจันทร์ทั้งใบ
Scene 5 End Credit	
เป็นมุมมองของมินนี่ที่รอดจากเหตุการณ์ระเบิด และพยายามกลับดวงจันทร์	
	1: LS มินนี่โดนแรงระเบิด กระเด็นออกจากวงโคจรของดวงจันทร์
	2: ELS มินนี่ลอยมาถึงโลก และเห็นสิ่งก่อสร้างโบราณที่เป็นเสาตั้งจากพื้นโลกสูงทะลุผ่านชั้นบรรยากาศ ทำให้มินนี่ลงพื้นโลกได้อย่างปลอดภัย
	3: LS มินนี่พยายามหาวิธีกลับไปที่ดวงจันทร์
	4: ELS มินนี่ อยู่บนยอดสุดสิ่งก่อสร้างโบราณที่เป็นเสาตั้งจากพื้นโลกนี้ และใส่ชุดอวกาศกำลังจะบินไปดวงจันทร์
	5: CU แสดงรูปภาพใส่กรอบของพ่อกับมินนี่ตอนแรกเกิด

3.2.3 ออกแบบตัวละคร

จากบทภาพยนตร์สามารถนำมาออกแบบตัวละคร การออกแบบเป็นสิ่งมีชีวิตครึ่งคนครึ่งกระต่าย ใส่ชุดชนเผ่าที่บูชาดวงดาว ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่เคยวิวัฒนาการสูงมาก แต่อารยธรรมทั้งหมดก็ล่มสลาย เหลือเพียง 2 ตัวละครหลัก ได้ดังภาพต่อไปนี้

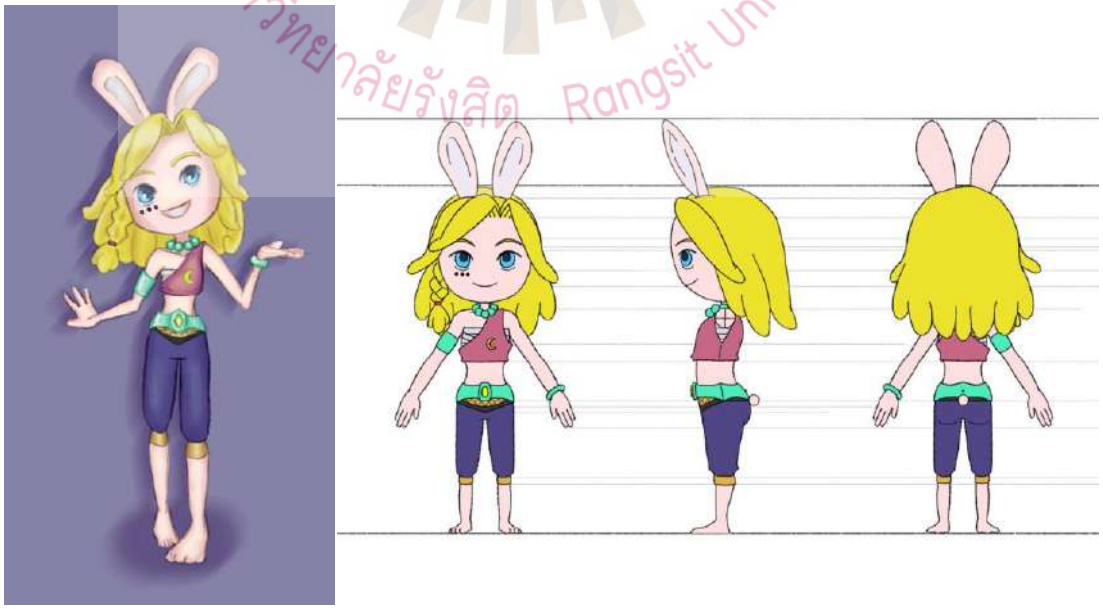
3.2.3.1 พ่อกระต่ายนักประดิษฐ์

มีความรู้รอบด้านทั้งวิชาการและการใช้ชีวิต มีลูกสาวหนึ่งคนชื่อมินนี่ ซึ่งพ่อกระต่ายรักมินนี่และเอาใจใส่เป็นอย่างมาก เป็นคนใจเย็น และทำทุกอย่างเพื่อให้ลูกสาวปลอดภัย

รูปที่ 3.1 พ่อกระต่ายนักประดิษฐ์

3.2.3.2 มินนี่ตอนเด็ก

เป็นเด็กซุกซน มีความอยากรู้อยากเห็นเป็นอย่างมาก แม้จะไม่ค่อยชอบการเรียนที่พ่อสอน แต่มินนี่ก็รักพ่อมากๆ เช่นกัน

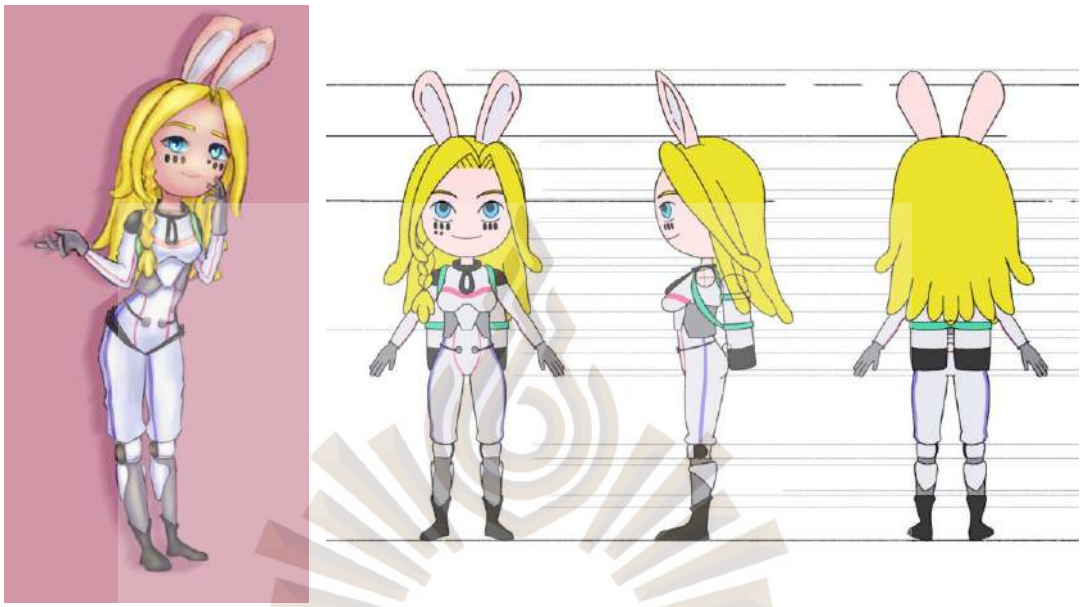


รูปที่ 3.2 มินนี่ตอนเด็ก

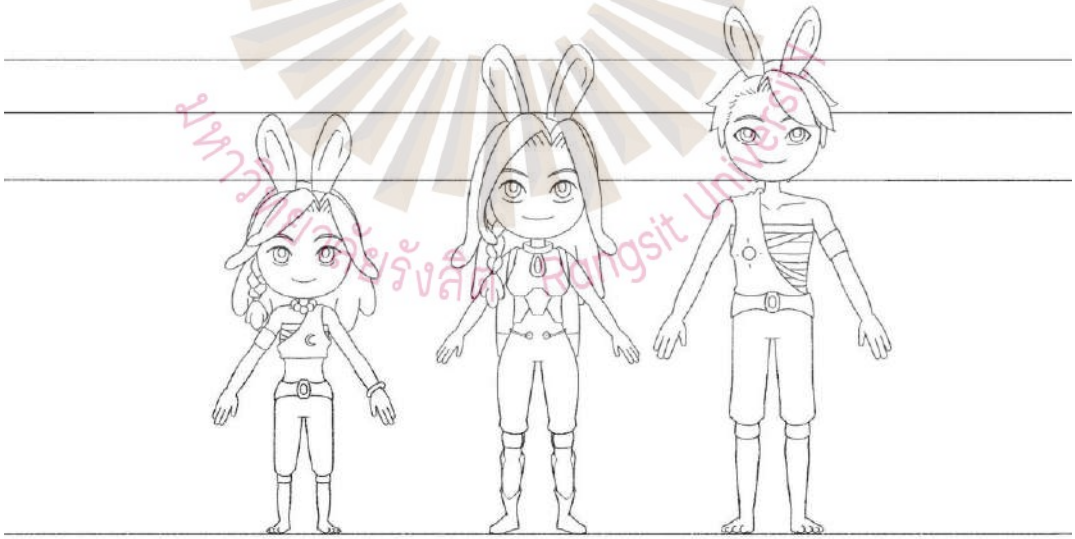
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3.2.3.3 มินนี่ตอนโต

หลังจากที่มินนี่รอดจากเหตุการณ์การระเบิดครั้งใหญ่ มินนี่ก็ได้ลงไปยังพื้นโลก และใช้ความรู้ทุกอย่างที่พ่อสอน เพื่อที่จะหาวิธีกลับดวงจันทร์ให้ได้



รูปที่ 3.3 มินนี่ตอนโต



รูปที่ 3.4 เปรียบเทียบความสูงของตัวละคร

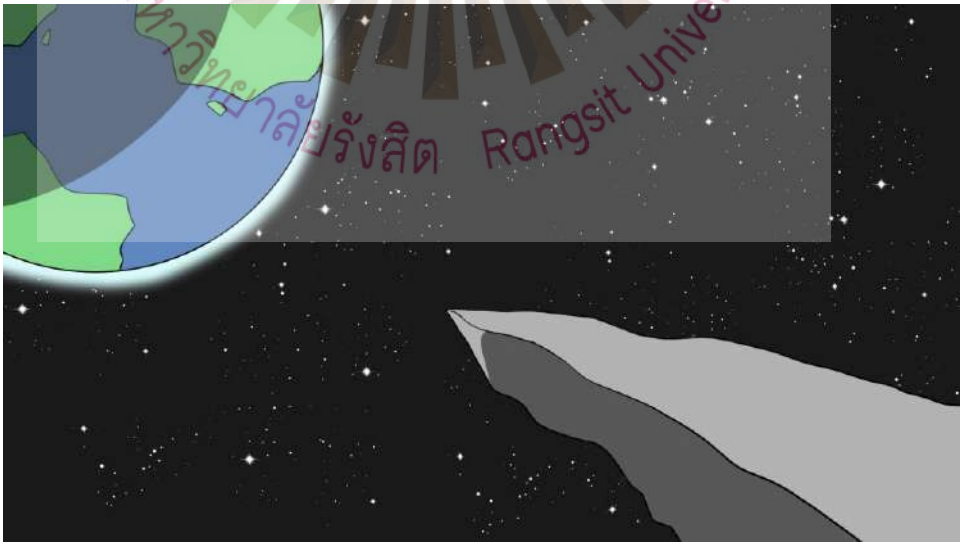
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3.2.4 การออกแบบฉาก

จากบทภาพยนตร์ทำให้ฉากทั้งหมด อยู่บนผิวดวงจันทร์ ซึ่งผู้จัดทำได้ออกแบบฉากจากการอ้างอิงในกรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องเรื่อง Over the Edge of the Universe จึงทำให้เห็นภาพรวมของฉากในเรื่องดังนี้

รูปที่ 3.5 ฉากอ้างอิงอวกาศจากเรื่อง Over the Edge of the Universe

ฉากแรกเป็นฉากเปิดตัวของแอนิเมชันเรื่องนี้ โดยที่เป็นฉากในอวกาศ ที่เป็นหน้าผาของหลุมบนดวงจันทร์ ซึ่งเป็นฉากสำคัญในการเล่าเรื่องทั้งเริ่มต้นและตอนจบด้วย

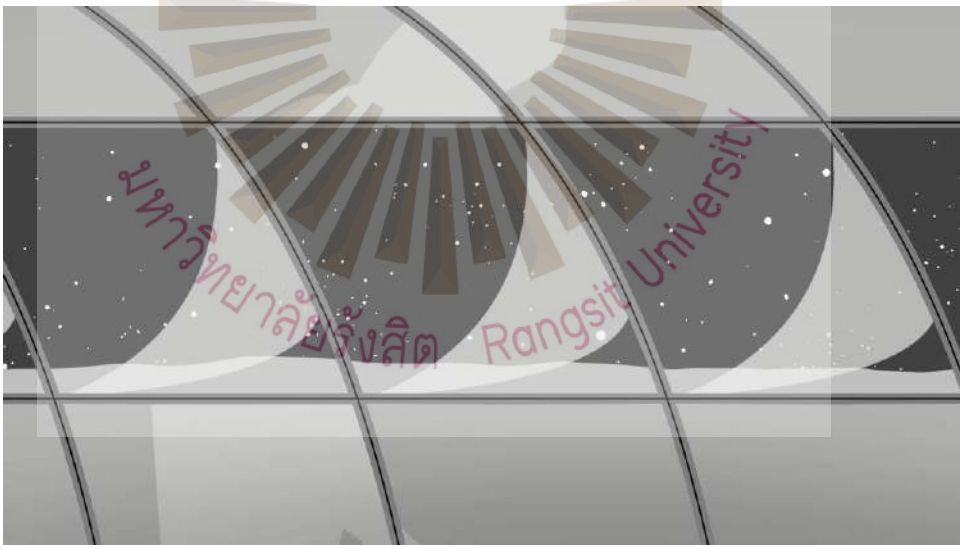


รูปที่ 3.6 ฉากอวกาศหน้าผาของหลุมบนดวงจันทร์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รูปที่ 3.7 ฉากอวกาศหน้าผาของหลุมบนดวงจันทร์จากมุมสูง

ฉากนี้เป็นฉากห้องทำงานของพ่อกระต่ายนักประดิษฐ์ โดยที่ด้านข้างจะมีกระจกยาว ทำให้มองเห็นถึงแสงดาวข้างนอกได้ ซึ่งได้แรงบันดาลใจจากการตั้งอาณานิคมบนดาวที่หนาวเหน็บในภาพยนต์เรื่อง INTERSTELLAR

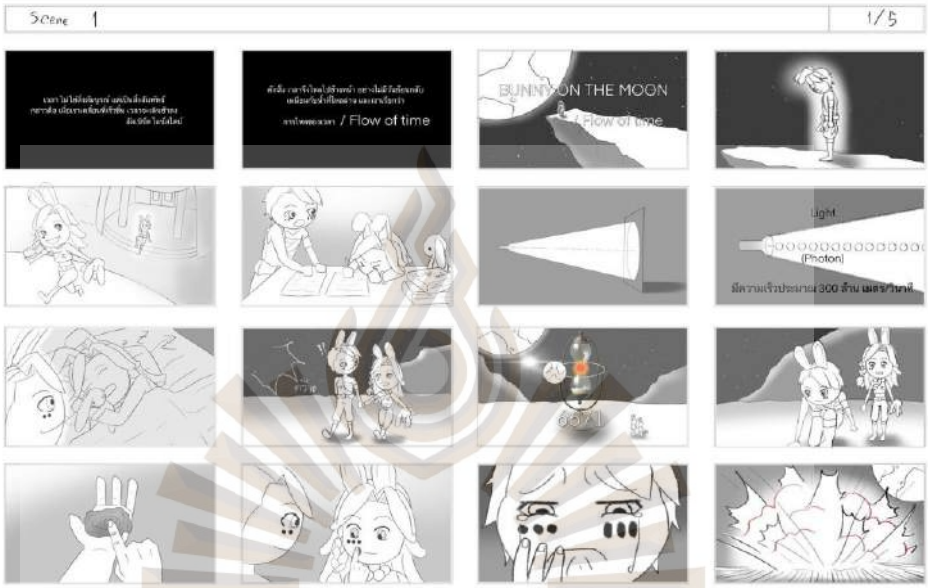


รูปที่ 3.8 ฉากห้องทำงานของพ่อกระต่ายนักประดิษฐ์

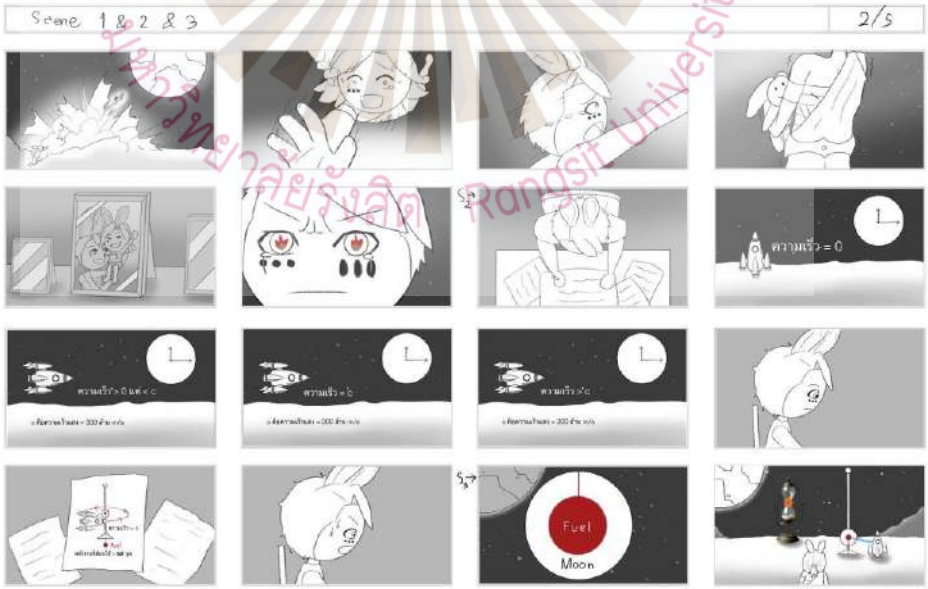
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3.2.5 ออกแบบบทภาพ (Storyboard)

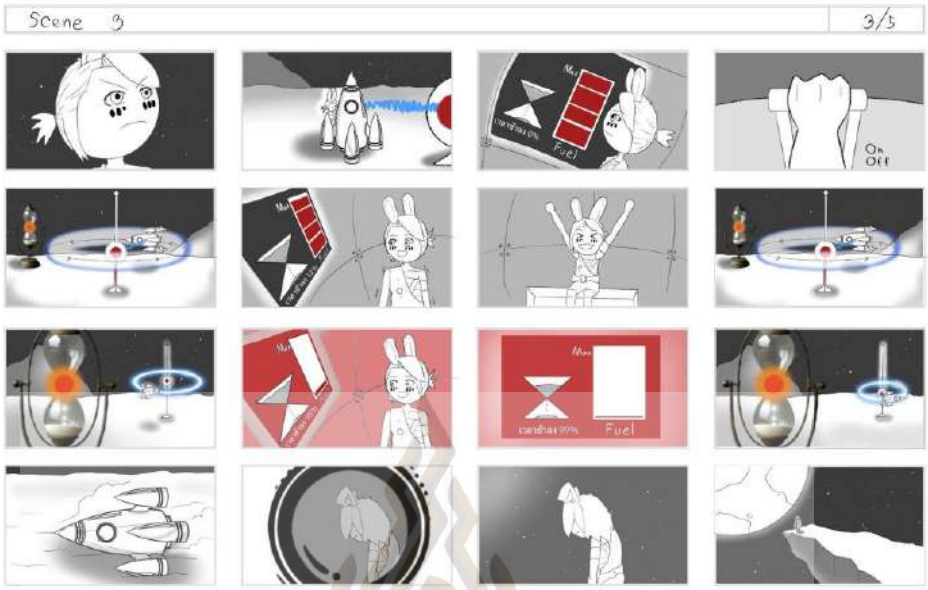
จากการออกแบบบทแอนิเมชัน ตัวละครและฉากสำเร็จ จะสามารถนำมาออกแบบบทภาพเพื่อเล่าเรื่องและดูมุมกล้องต่างๆ ทำให้ได้บทภาพดังต่อไปนี้



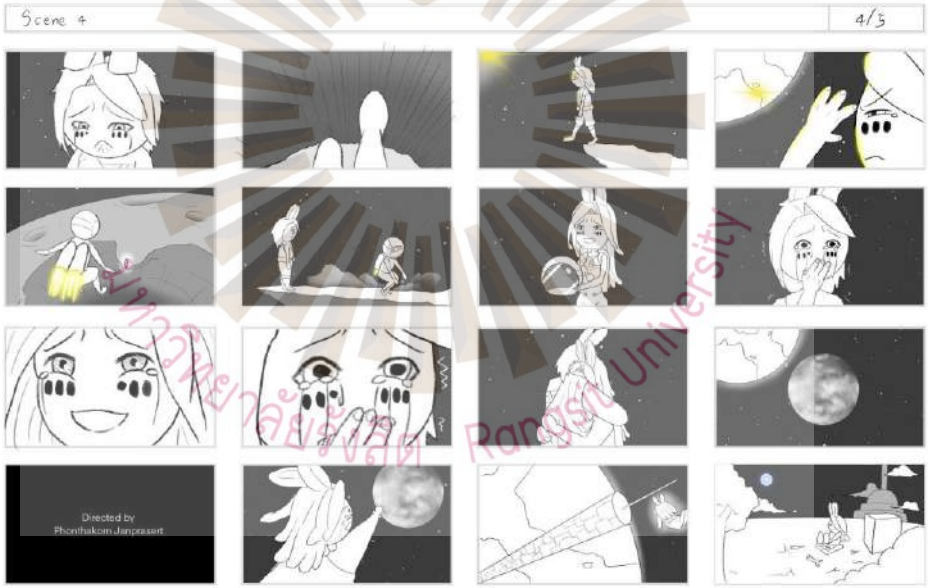
รูปที่ 3.9 Storyboard หน้าที่ 1



รูปที่ 3.10 Storyboard หน้าที่ 2



รูปที่ 3.11 Storyboard หน้าที่ 3



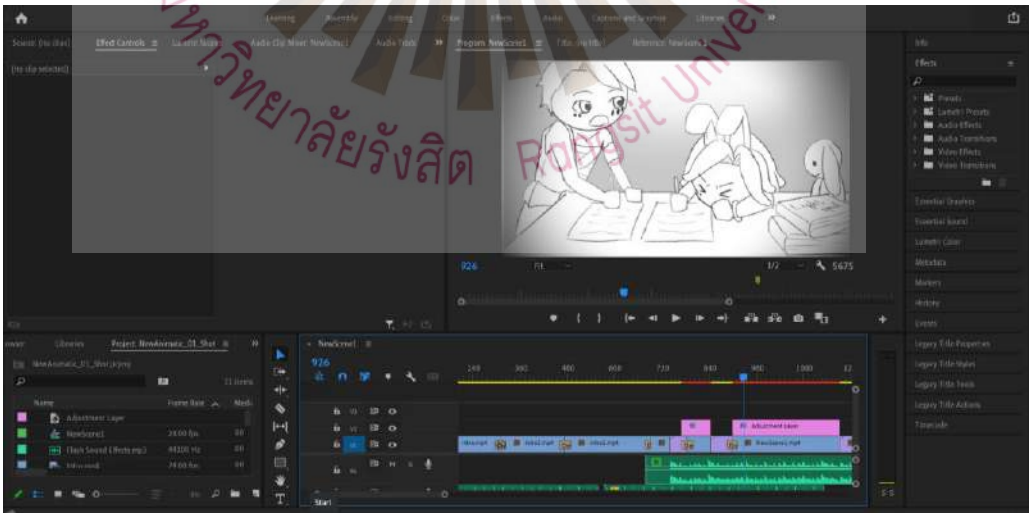
รูปที่ 3.12 Storyboard หน้าที่ 4

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รูปที่ 3.13 Storyboard หน้าที่ 5

3.2.6 ร่างช่วงภาพ (Animatic)

เมื่อผู้วิจัยได้บทภาพแล้ว จะนำบทภาพมาเรียงให้เกิดภาพเคลื่อนไหวคร่าวๆ บนโปรแกรม Adobe After Effects พร้อมทั้งใส่ดนตรีและเสียงประกอบตามที่ได้ออกแบบไว้ บนโปรแกรม Adobe Premiere Pro เพื่อดูลำดับของภาพและเสียงว่าสามารถเล่าเรื่องได้ตามที่ผู้วิจัยออกแบบได้หรือไม่



รูปที่ 3.14 ร่างช่วงภาพของเรื่อง Bunny on the Moon / Flow of Time

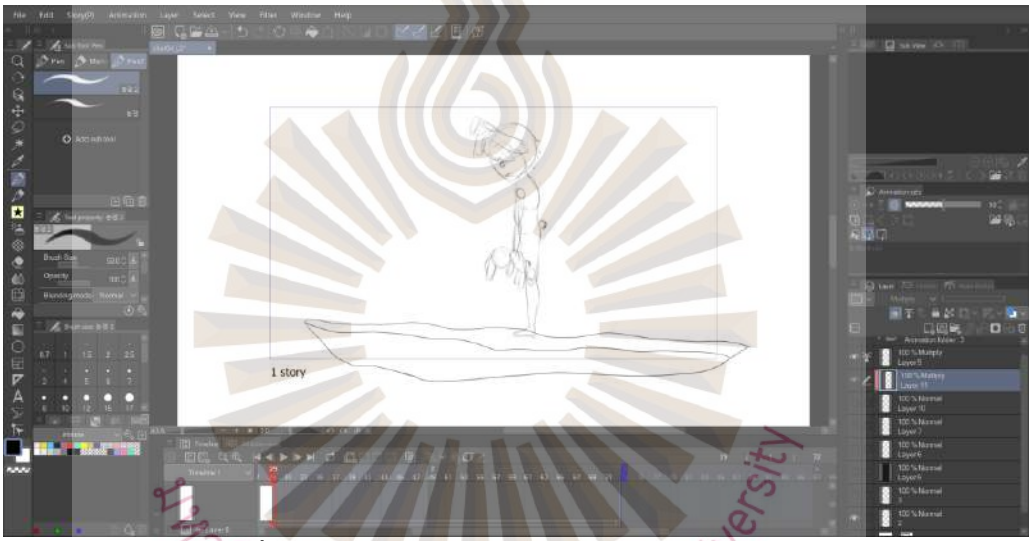
3.3 ขั้นตอนการผลิต (Production)

3.3.1 การสร้างตัวละคร 2 มิติ

ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Clip Studio Paint ในการสร้างฉากต่างๆและการสร้างภาพเคลื่อนไหว ซึ่งมีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

3.3.1.1 การร่างภาพ

การร่างภาพ คือการวาดคร่าวๆ ในฉากที่เราต้องการวาด ทั้งตัวละคร และพื้นหลังต่างๆ เพื่อให้ใกล้เคียงกับร่างช่วงภาพ (Animetic) ตามที่ออกแบบไว้ให้ได้มากที่สุด

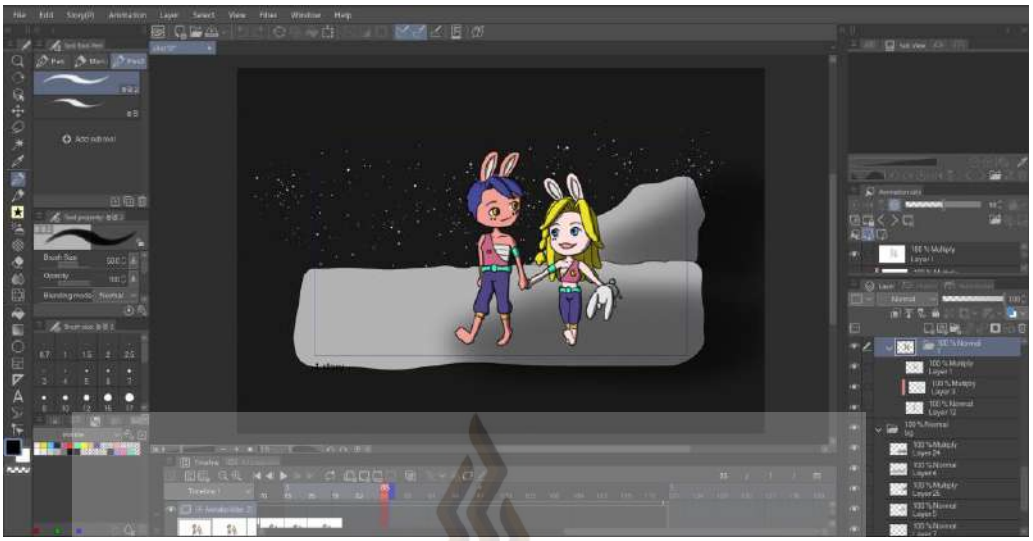


รูปที่ 3.15 การร่างภาพบนโปรแกรม Clip Studio Paint

3.3.1.2 การสร้างภาพ

การสร้างภาพ จะใช้พื้นที่ canvas ขนาด 2320x1480 px ในการวาด ซึ่งจะใหญ่กว่าขนาด 1920x1080 px อยู่ด้านละ 400 px เพื่อความสะดวกในการวาดภาพและการทำภาพเคลื่อนไหว โดยการวาด ลงสี และลงเงานั้น จะแยกเลเยอร์ออกจากกันชัดเจน และแยกพื้นหลังออกจากตัวละครด้วย

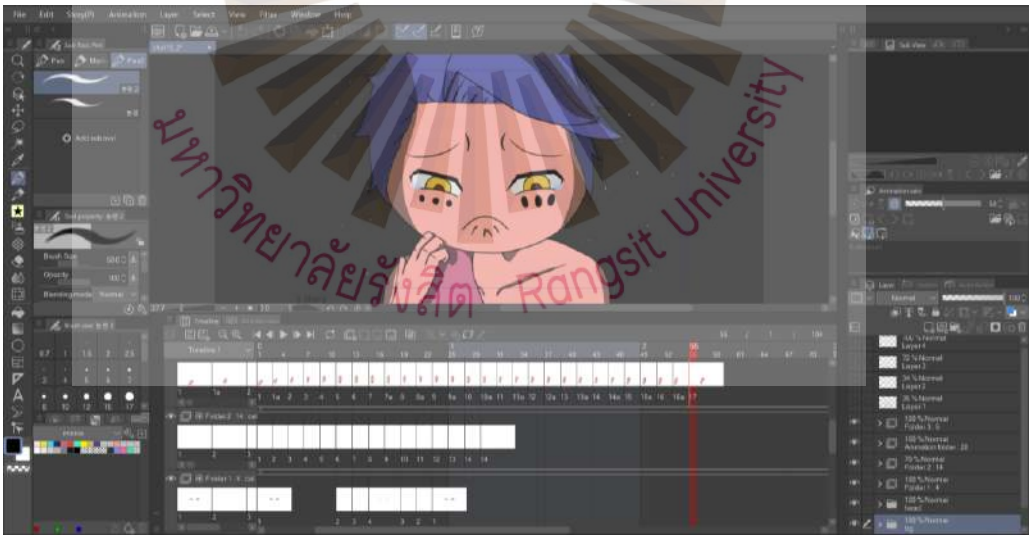
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



รูปที่ 3.16 การสร้างภาพบนโปรแกรม Clip Studio Paint

3.3.1.3 ภาพเคลื่อนไหว

การสร้างภาพเคลื่อนไหว จะใช้การวาดภาพทีละภาพเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้นทีละน้อย แล้วนำภาพแต่ละภาพ มาต่อกันบน Time slider เพื่อให้การเคลื่อนไหวที่สมบูรณ์ ซึ่งจะวาง 1 ภาพต่อ 2-3 เฟรม ตามความเหมาะสมของการเคลื่อนไหว



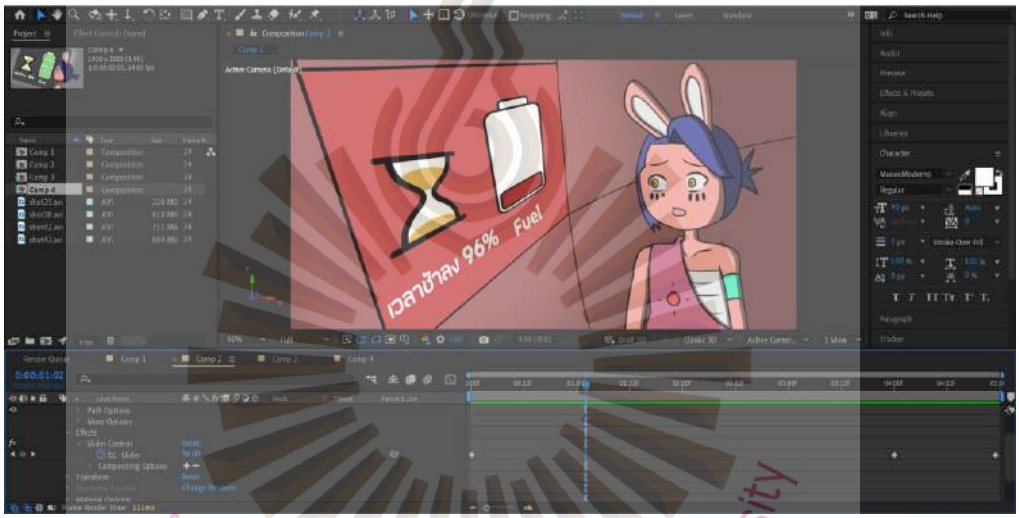
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รูปที่ 3.17 การสร้างภาพเคลื่อนไหวบนโปรแกรม Clip Studio Paint

3.4 ขั้นตอนหลังการผลิต (Post-Production)

3.4.1 การประกอบภาพรวม (Compositing)

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Adobe After Effects เพื่อเพิ่ม Effect บางอย่างและตัวหนังสือที่ใช้ดำเนินเรื่องเสริมเข้าไปในผลงาน เพื่อสร้างความน่าสนใจมากขึ้น หลังจากนั้นจะรวมภาพเคลื่อนไหวในทุกฉาก และใส่ดนตรีและเสียงประกอบ พร้อมตัดต่อบนโปรแกรม Adobe Premiere Pro เพื่อให้ผลงานเสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 3.18 เพิ่ม Effect และตัวหนังสือเสริมเข้าไปในผลงานบนโปรแกรม Adobe After Effects

รูปที่ 3.19 รวมภาพเคลื่อนไหว ใส่ดนตรีและเสียงประกอบบนโปรแกรม Adobe Premiere Pro

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3.4.2 ดนตรีและเสียงประกอบ (Music and Sound Effects)

ผู้วิจัยได้แต่งเพลงมาประกอบแอนิเมชัน เพื่อช่วยดำเนินเนื้อเรื่องและเข้าถึงความรู้สึกของตัวละครมากขึ้น โดยที่เพลงมีความเศร้าสื่อถึงการสูญเสีย ซึ่งใช้เปียโนไฟฟ้าในการบรรเลง และใช้โปรแกรม Ableton Live ในการเรียบเรียงเพลงด้วย อีกทั้งยังเลือกเสียงประกอบที่เหมาะสม เพื่อให้ผลงานเสร็จสมบูรณ์

รูปที่ 3.20 การเรียบเรียงเพลงบนโปรแกรม Ableton Live

3.5 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างคือบุคคลทั่วไปที่สนใจด้านวิทยาศาสตร์และงานแอนิเมชัน 2 มิติ จำนวน 30 คน

3.6 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

สร้างแบบสอบถามออนไลน์ด้วยกูเกิลฟอร์ม (Google Form) เพื่อสำรวจความคิดเห็นโดยใช้แอนิเมชัน 2 มิติเรื่อง Bunny on the Moon / Flow of Time มาใช้เป็นเครื่องมือวิจัย โดยเผยแพร่แอนิเมชันผ่านทางสื่อมัลติมีเดียออนไลน์ (Online Multimedia) โดยแบ่งระดับคะแนนออกเป็นดังนี้

3.6.1 ระดับคะแนนที่ใช้ในการประเมินมีเกณฑ์ดังนี้

ระดับ 5 คะแนน หมายถึง ดีมาก

ระดับ 4 คะแนน หมายถึง ดี

ระดับ 3 คะแนน หมายถึง ปานกลาง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ระดับ 2 คะแนน หมายถึง พอใช้

ระดับ 1 คะแนน หมายถึง ควรปรับปรุง

3.6.2 ระดับคะแนนเฉลี่ยที่ใช้ในการประเมินมีเกณฑ์ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.31 -5.00 หมายถึง ดีมาก

คะแนนเฉลี่ย 3.31-4.30 หมายถึง ดี

คะแนนเฉลี่ย 2.31-3.30 หมายถึง ปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.31-2.30 หมายถึง พอใช้

คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.30 หมายถึง ควรปรับปรุง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

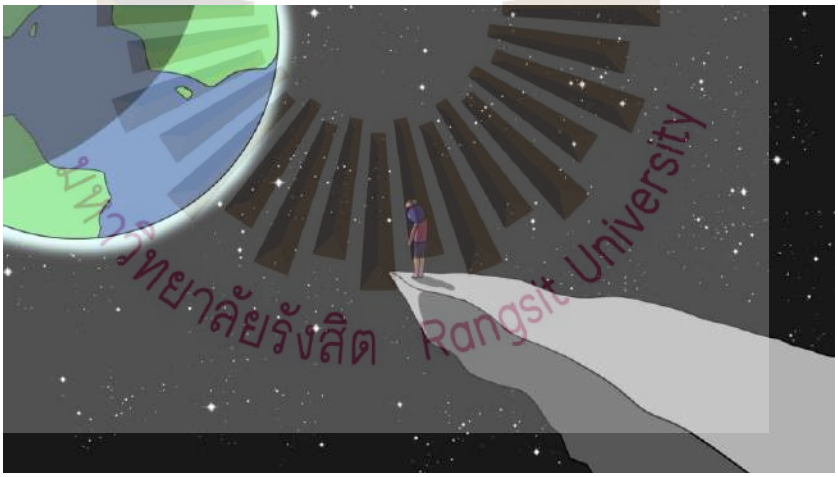
บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ผลงานแอนิเมชัน 2 มิติ

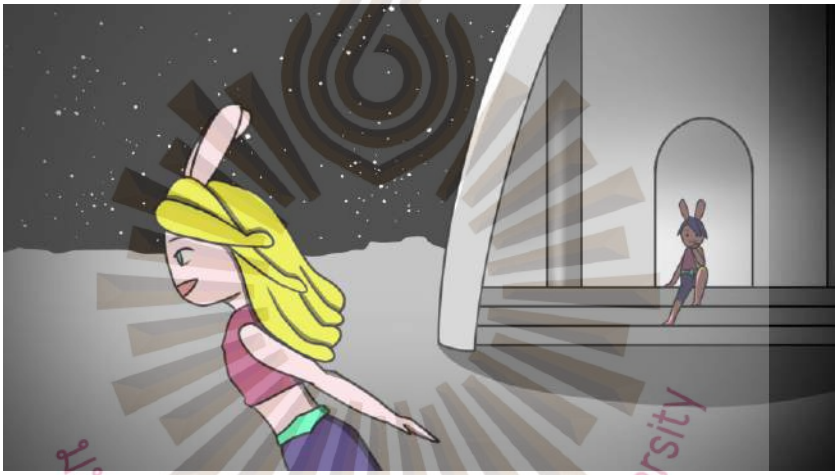
จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ ผู้วิจัยพบว่าเนื้อหาในทฤษฎีมีการใช้ความรู้ฟิสิกส์หลากหลายแขนง ทำให้คนทั่วไปทำความเข้าใจได้ยาก และจากการศึกษาการออกแบบแอนิเมชัน 2 มิติ ผู้วิจัยจึงออกแบบผลงานแอนิเมชันเพื่อใช้เป็นสื่อประกอบการศึกษาทฤษฎีสัมพัทธ-ภาพพิเศษ เรื่อง การขยายขนาดของเวลา เพราะการขยายขนาดของเวลา เป็นปรากฏการณ์ที่เป็นหัวใจสำคัญ สำหรับทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ เพื่อให้เข้าใจภาพรวมของทฤษฎีได้มากขึ้น

แอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง Bunny on the Moon / Flow of Time ความยาวรวม 4 นาที เล่าเรื่องผ่านตัวละครหลัก ได้แก่ พ่อกระต่ายนักประดิษฐ์และมินนี่ โดยใช้เทคนิค 2D Animation เพื่อการถ่ายทอดเนื้อหาทางวิชาการผ่านแอนิเมชันให้ผู้ชมรับทราบอย่างเรียบง่าย


มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รูปที่ 4.1 พ่อที่ยืนอยู่ที่หน้าผาบนดวงจันทร์

รูปที่ 4.2 พ่อถือตุ๊กตาของมินนี่



รูปที่ 4.3 ภาพย้อนอดีตคิดถึงวันคืนที่อยู่กับลูก นั่งมองมินนี่วิ่งเล่นที่หน้าบ้าน

รูปที่ 4.4 นึกถึงมินนี่ที่ถือตุ๊กตาตลอดเวลา

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รูปที่ 4.5 ภาพย้อนอดีตที่พ่อสอนหนังสือมินนี่

รูปที่ 4.6 ภาพย้อนอดีตที่มินนี่หลับ

รูปที่ 4.7 คิดถึงภาพในวันวาน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

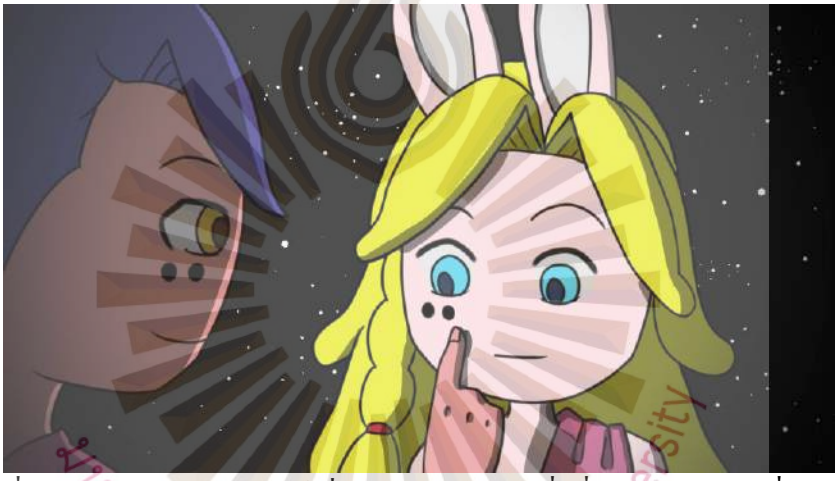
รูปที่ 4.8 พ่อเดินจูงมือมินนี่

รูปที่ 4.9 นาฬิกาทรายกลับด้าน เริ่มนับปีใหม่

รูปที่ 4.10 พ่อเก็บดินดวงจันทร์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

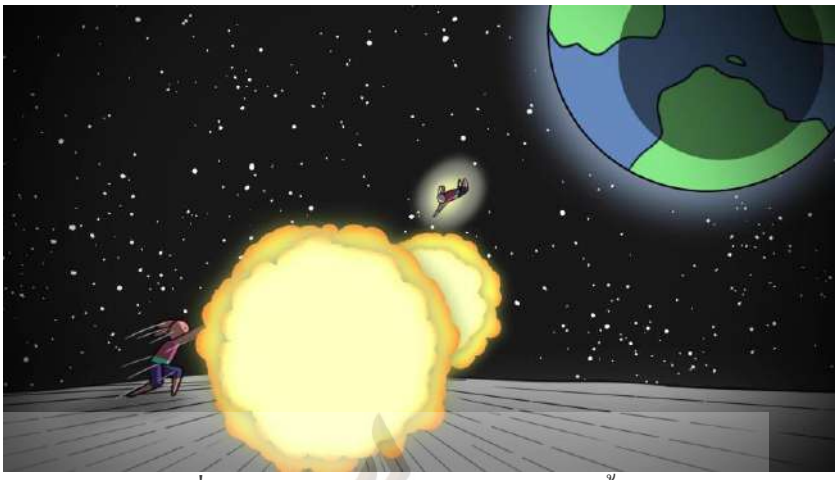
รูปที่ 4.11 พ่อเอานิ้วป้ายดิน



รูปที่ 4.12 พ่อเอาดินดวงจันทร์เพิ่มลายบนหน้าลูก เพื่อสื่อถึงจำนวนอายุที่มากขึ้น

รูปที่ 4.13 พ่อจับลายบนหน้าเพราะคิดถึงมินนี่

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

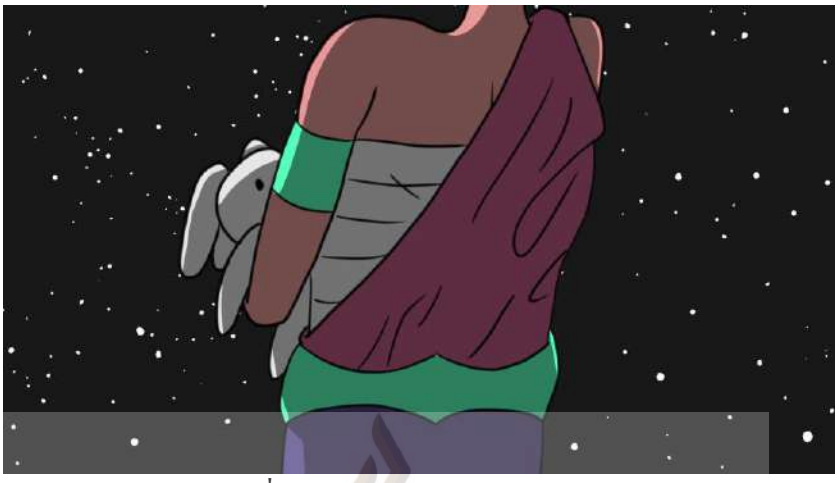


รูปที่ 4.14 ภาพย้อนอดีตของการระเบิดครั้งใหญ่

รูปที่ 4.15 ภาพย้อนอดีตที่มินนี่กำลังกระเด็นออกนอกวงโคจรของดวง**จันทร์**

รูปที่ 4.16 ภาพย้อนอดีตที่พ่อเห็นมินนี่กระเด็นออกจากดวงจันทร์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



รูปที่ 4.17 พ่อกอดตุ๊กตาแล้วร้องไห้

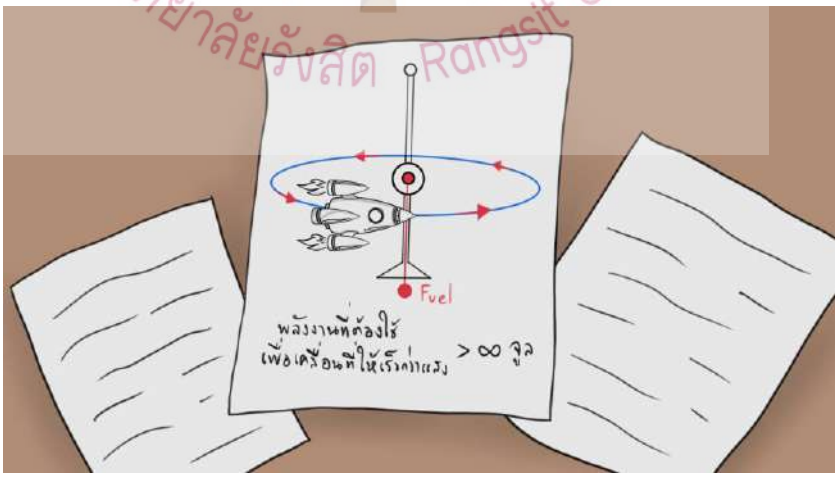
รูปที่ 4.18 แสดงรูปภาพใส่กรอบของพ่อกับมินนี่ตอนแรกเกิด

รูปที่ 4.19 ดวงตาพ่อที่มุมานะ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

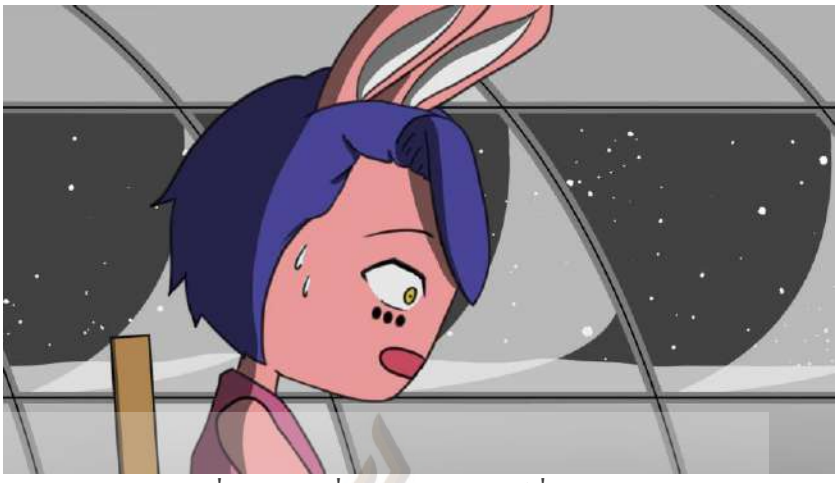
รูปที่ 4.20 พ่อที่กำลังนั่งคำนวณสมการบนโต๊ะทำงาน

รูปที่ 4.21 พ่อนั่งดูผลลัพธ์ของสมการ

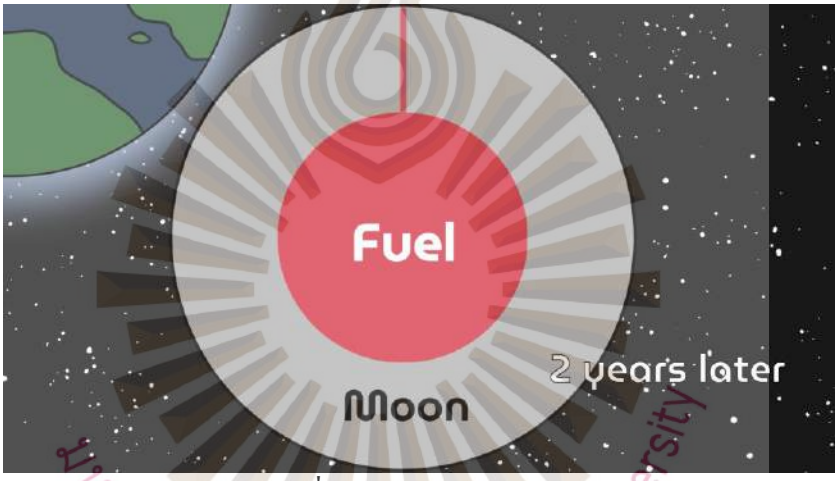


รูปที่ 4.22 ผลลัพธ์ของสมการที่พ่อคำนวณได้

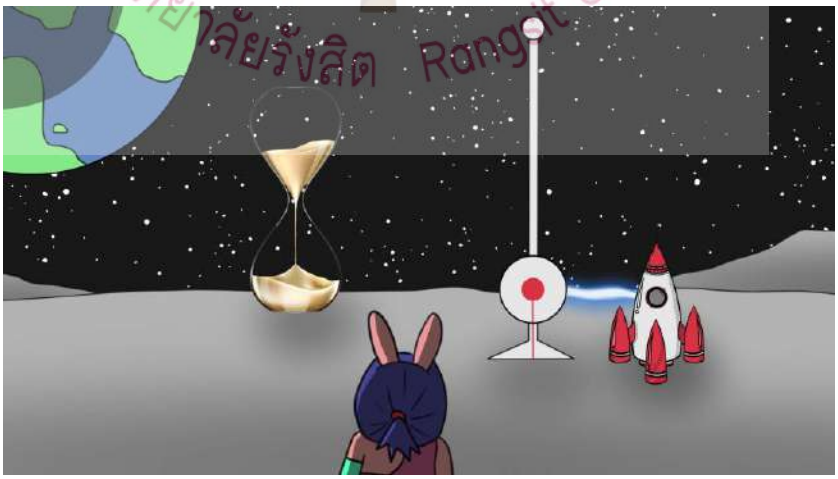
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



รูปที่ 4.23 พ่อที่ตกใจกับผลลัพธ์ที่คำนวณได้



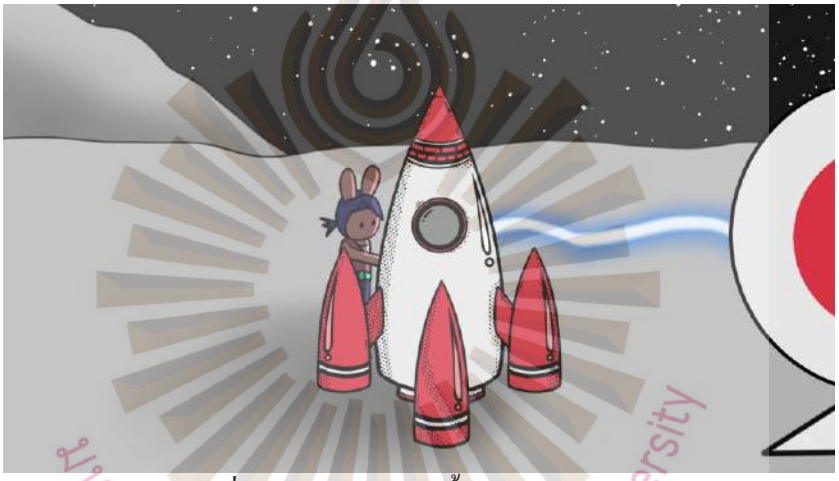
รูปที่ 4.24 เวลาผ่านไป 2 ปี



รูปที่ 4.25 Time Machine ที่สร้างเสร็จสมบูรณ์แล้ว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รูปที่ 4.26 พ่อกำลังมอง Time Machine

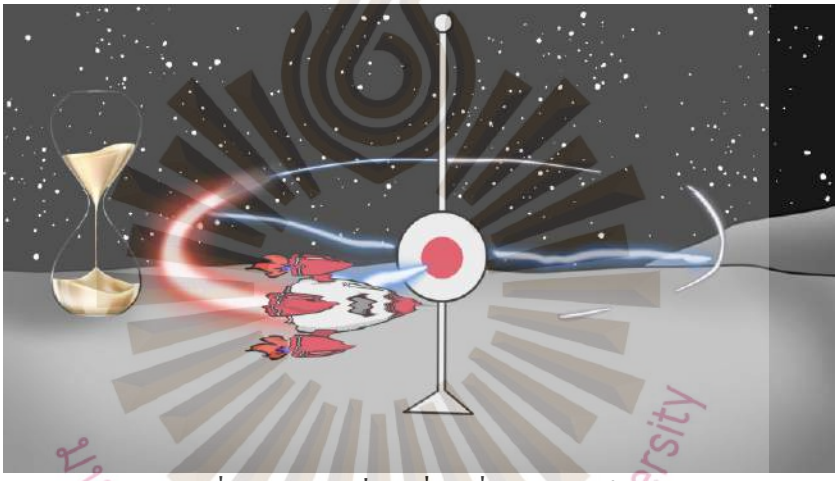


รูปที่ 4.27 พ่อกำลังเดินขึ้น Time Machine

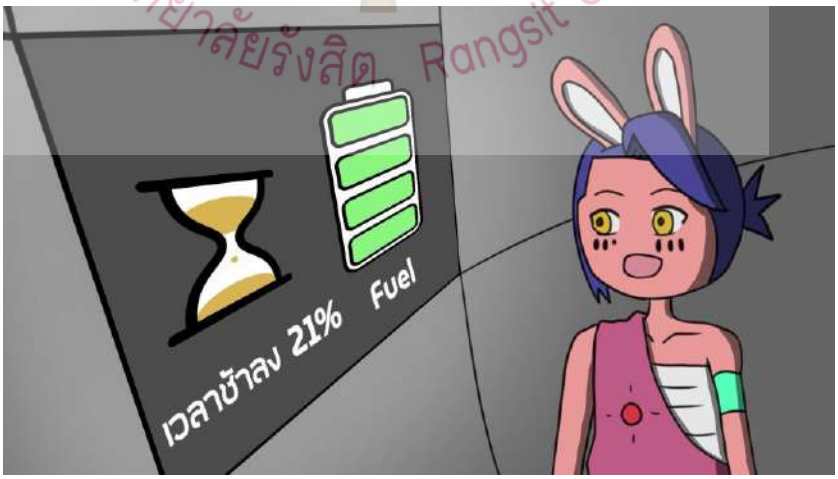
รูปที่ 4.28 พ่อนั่งบน Time Machine มองเห็นค่าสถานะต่าง ๆ และพลังงานที่เต็มเปี่ยม

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รูปที่ 4.29 พ่อเริ่มเดินเครื่อง Time Machine



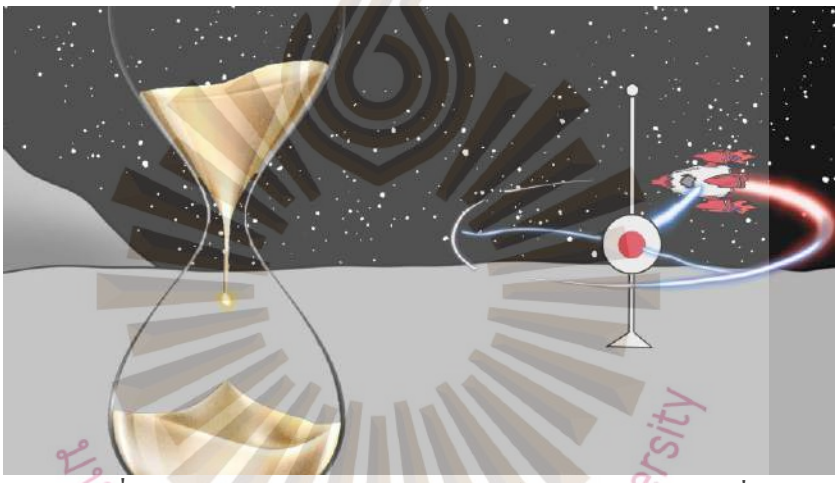
รูปที่ 4.30 จรวดเริ่มเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง



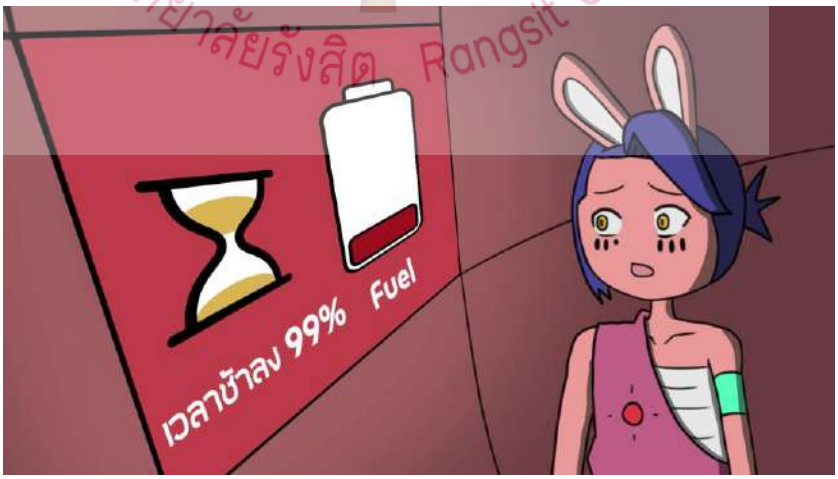
รูปที่ 4.31 พ่อดูนาฬิกาบน Time Machine ก็พบว่าเวลากำลังเดินช้าลง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รูปที่ 4.32 พ่อแสดงท่าทางดีใจ

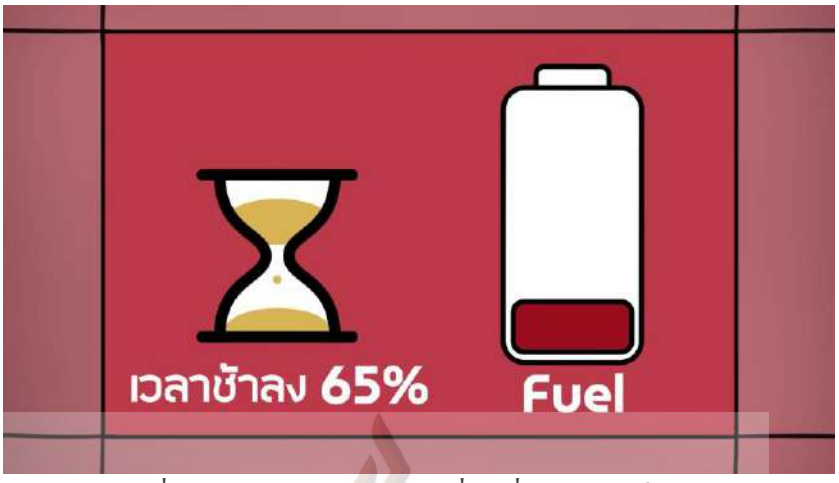


รูปที่ 4.33 เวลาผ่านไปสักพัก เหตุการณ์ข้างนอกเกือบหยุดนิ่ง

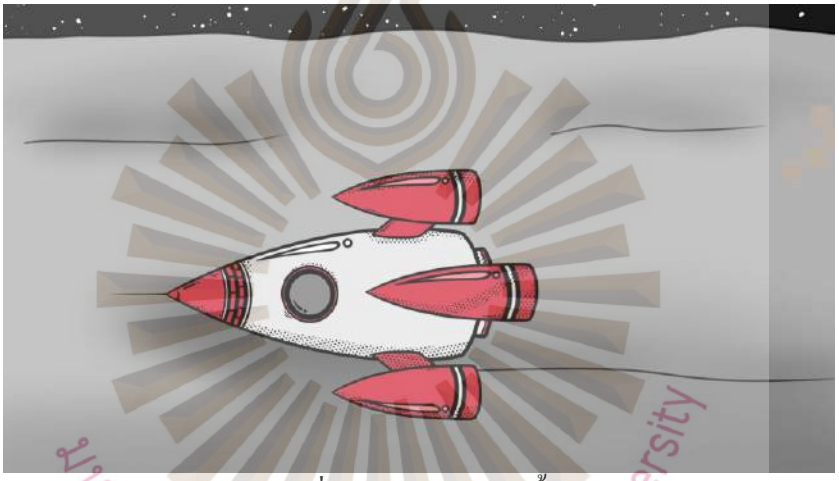


รูปที่ 4.34 จอมอนิเตอร์ของ Time Machine ส่งสัญญาณแจ้งเตือนว่าพลังงานกำลังจะหมดแล้ว

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



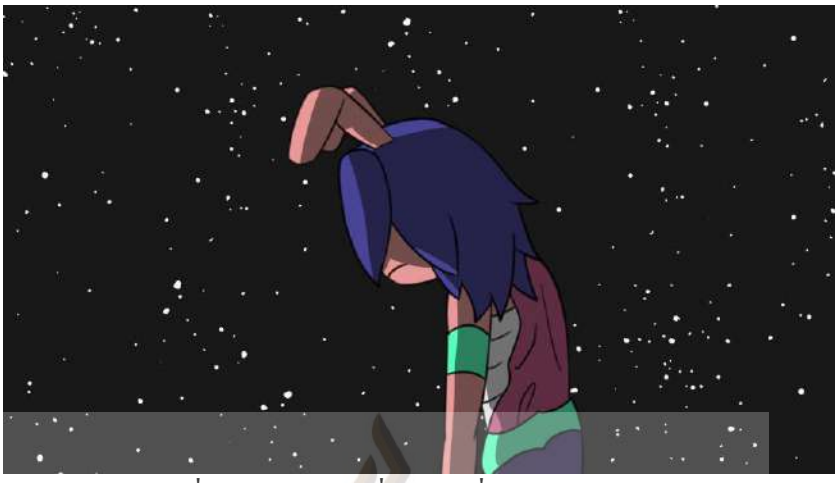
รูปที่ 4.35 เวลากำลังกลับมาเคลื่อนที่ด้วยความเร็วปกติ



รูปที่ 4.36 จรวดร่วงลงพื้น

รูปที่ 4.37 พ่อที่ยังอยู่ในจรวด

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



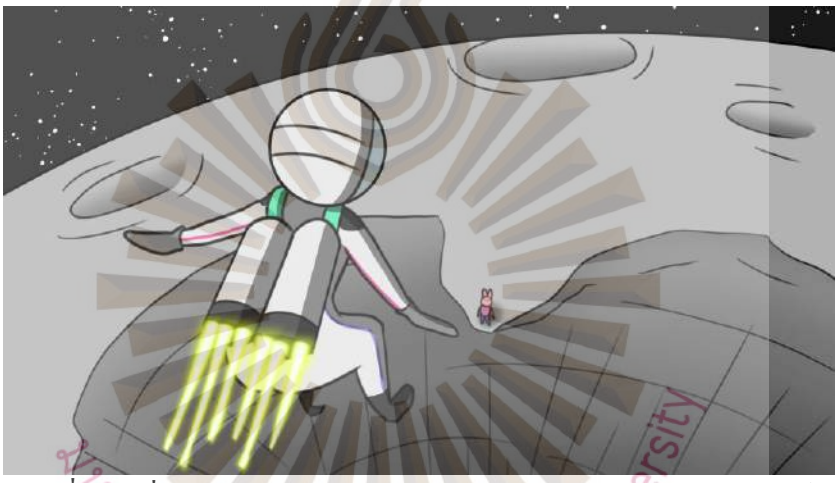
รูปที่ 4.38 พ่อมายืนที่หน้าผาที่เดิมกับฉากเปิดตัว

รูปที่ 4.39 หน้าพ่อที่สิ้นหวัง

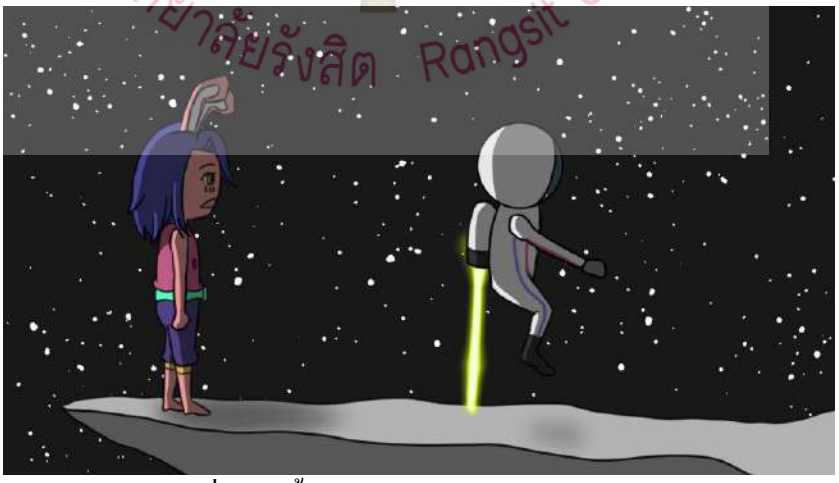
รูปที่ 4.40 พ่อกำลังจะฆ่าตัวตาย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รูปที่ 4.41 มีแสงสว่างบนอวกาศ ทิศทางมาจากโลก

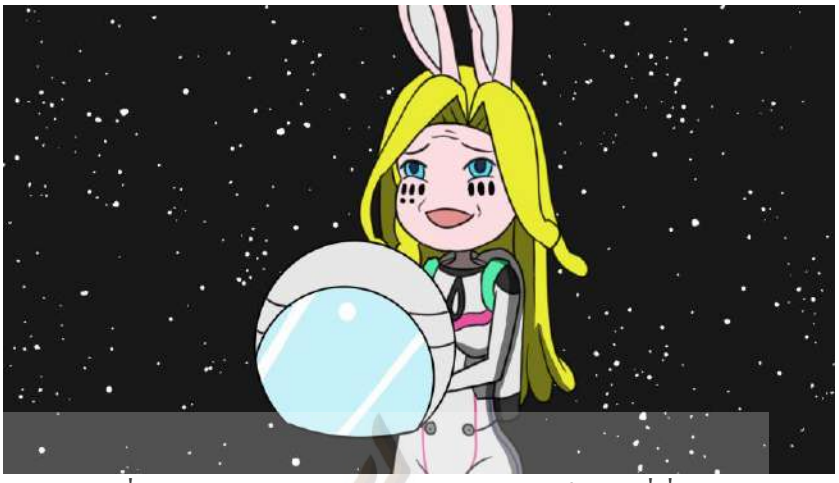


รูปที่ 4.42 สิ่งมีชีวิตใส่ชุดนักบินอวกาศกำลังลอยลงมาบนผิวดวงจันทร์



รูปที่ 4.43 ทั้งคู่ยืนมองหน้ากันบนยอดหน้าผา

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

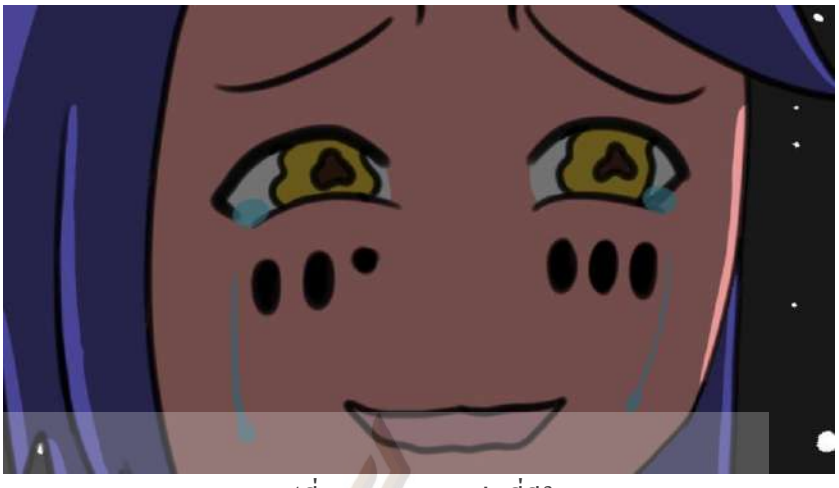


รูปที่ 4.44 นักบินอวกาศถอดหมวกออกมาเป็นมินนี่ที่โตแล้ว

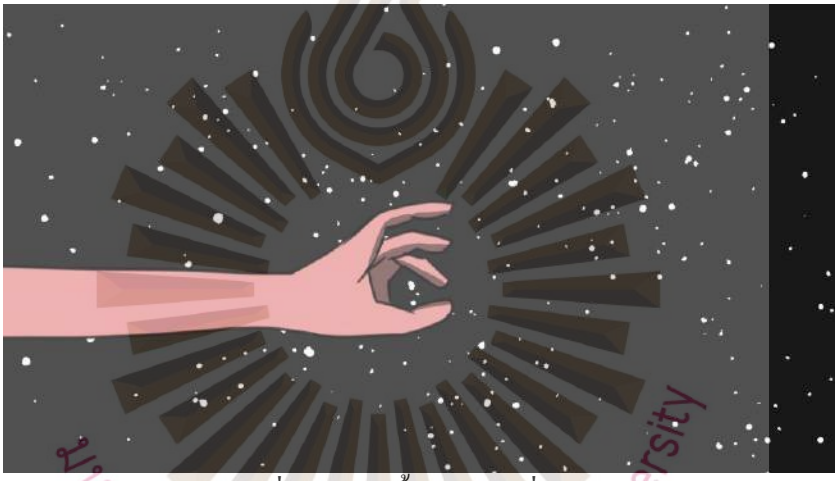
รูปที่ 4.45 ภาพพ่อที่ดีใจ

รูปที่ 4.46 ภาพมินนี่ที่ดีใจ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



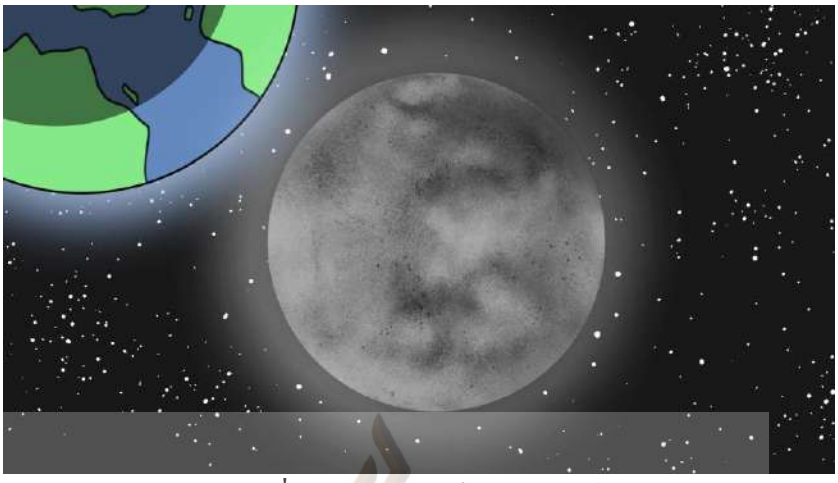
รูปที่ 4.47 ซูมภาพพ่อที่ดีใจ



รูปที่ 4.48 พ่อเอื้อมมือไปเพื่อกอด

รูปที่ 4.49 พ่อและมินนี่กอดกัน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



รูปที่ 4.50 ซูมออกเห็นดวงจันทร์

4.2 ผลวิเคราะห์จากการสำรวจแบบสอบถาม

ผู้วิจัยนำเสนอผลงานภาพยนตร์แอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง Bunny on the Moon / Flow of Time ให้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน และสำรวจความคิดเห็นด้วยแบบสอบถามออนไลน์ (Google Form) กับบุคคลทั่วไปที่สนใจในด้านฟิสิกส์หรือแอนิเมชัน 2 มิติ โดยได้กลุ่มตัวอย่าง ชายคิดเป็น 53.3% และหญิงคิดเป็น 46.7% เพื่อประเมินความพึงพอใจ ทั้งในด้านเนื้อหา ด้านเทคนิค และด้านประโยชน์ ได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 4.1 แบบสอบถามหลังการรับชมแอนิเมชัน เรื่อง Bunny on the Moon / Flow of Time

คำถาม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
<u>ด้านเนื้อหา</u>			
1.ความเข้าใจในเนื้อเรื่องโดยรวม	4.17	0.83	ดี
2.เนื้อเรื่องสื่อถึงทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ เรื่อง “ปรากฏการณ์เวลาเดินเร็วไม่เท่ากัน” อยู่ในระดับใด	4.13	1.00	ดี
3.เนื้อหาเข้าใจง่าย	4.23	0.86	ดี
รวม	4.18	0.89	ดี

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.1 แบบสอบถามหลังการรับชมแอนิเมชัน เรื่อง Bunny on the Moon / Flow of Time (ต่อ)

คำถาม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลผล
<u>ด้านเทคนิค</u>			
1.ความสวยงามของภาพ	4.37	0.80	ดีมาก
2.การออกแบบตัวละครและฉาก	4.30	0.79	ดี
3.ดนตรีและเสียงประกอบมีความเข้ากันกับเนื้อเรื่อง	4.63	0.61	ดีมาก
รวม	4.43	0.75	ดีมาก
<u>ด้านประโยชน์</u>			
1.ความเหมาะสมในการใช้เป็นสื่อประกอบการศึกษา	4.27	0.69	ดี
2.เป็นแรงบันดาลใจอยากศึกษาวิทยาศาสตร์	4.40	0.72	ดีมาก
3.อยากส่งต่อให้ผู้อื่นรับชม	4.50	0.57	ดีมาก
รวม	4.39	0.67	ดีมาก

หมายเหตุ *เกณฑ์การแปรผลจากคะแนนเฉลี่ย

4.31 -5.00 หมายถึง ดีมาก

3.31-4.30 หมายถึง ดี

2.31-3.30 หมายถึง ปานกลาง

1.31-2.30 หมายถึง พอใช้

1.00-1.30 หมายถึง ควรปรับปรุง

จากแบบสอบถาม กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ที่ได้รับชมแอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง Bunny on the Moon / Flow of Time สรุปได้ 3 ด้าน ดังนี้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

1) ด้านเนื้อหา

ผู้รับชมส่วนมากเข้าใจเนื้อหาโดยรวม ทั้งในเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น และความพยายามของพ่อกระต่ายนักประดิษฐ์ และเห็นถึงปรากฏการณ์เวลาเดินเร็วไม่เท่ากันผ่านการเล่าเรื่องได้อย่างค่อนข้างชัดเจน อีกทั้งเนื้อหายังเข้าใจได้ง่าย ซึ่งสามารถพัฒนาต่อได้ด้วยการเพิ่มรายละเอียดให้เห็นความชัดเจนของปรากฏการณ์เวลาเดินเร็วไม่เท่ากัน เช่น ทำให้รูปลักษณ์ของมินนี่ที่กลับมาหาพ่อด้วยอายุที่ห่างกันมากขึ้น มินนี่ดูแก่กว่าพ่ออย่างเห็นได้ชัด ซึ่งจากผลแบบสอบถาม ด้านเนื้อหาโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ดี

2) ด้านเทคนิค

ผู้รับชมรู้สึกพอใจมากกับความสวยงามของภาพ เห็นถึงการเคลื่อนไหวที่สื่อถึงอารมณ์และการ กระทำอย่างชัดเจน มีการออกแบบตัวละครและฉากได้อย่างเหมาะสม และดนตรีและเสียงประกอบสามารถสร้างความรู้สึกของคนดูให้เข้าถึงอารมณ์และเนื้อเรื่องได้มากขึ้น ซึ่งทำให้จากผลแบบสอบถาม ด้านเทคนิคโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ดีมาก

3) ด้านประโยชน์

ผู้รับชมส่วนมากให้คะแนนความเหมาะสมในการใช้เป็นสื่อประกอบการศึกษาอยู่ในเกณฑ์ดี อีกทั้งการสร้างแรงบันดาลใจอยากศึกษาวิทยาศาสตร์และอยากส่งต่อให้ผู้อื่นรับชมอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ทำให้แอนิเมชันนี้ สามารถสร้างความรู้ สร้างแรงบันดาลใจ และสร้างประโยชน์โดยรวมอยู่ในเกณฑ์ดีมาก

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการสร้างสรรค์ผลงาน แอนิเมชัน 2 มิติ เรื่อง Bunny on the Moon / Flow of Time เพื่อสื่อสารเกี่ยวกับ ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity) เรื่องการขยายขนาดของเวลา (Time Dilation) ให้แก่กลุ่มตัวอย่างคือบุคคลทั่วไปที่สนใจในด้านฟิสิกส์หรือแอนิเมชัน 2 มิติ รับชมจำนวน 30 คน สามารถสรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ด้านเนื้อหา

จากการศึกษาทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ ทำให้สามารถเข้าใจถึงหัวใจสำคัญของทฤษฎีคือเรื่องการขยายขนาดของเวลา ผู้วิจัยพบว่าการอธิบายเรื่องการทำงานของเวลาผ่านคำศัพท์ทางวิชาการเป็นเรื่องที่ทำความเข้าใจได้ค่อนข้างยาก ซึ่งจากแบบสอบถามจึงสรุปได้ว่า การนำเสนอผ่านการทำแอนิเมชัน 2 มิติ จึงเป็นวิธีการที่สามารถทำให้ผู้ชมจดจำและเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น ซึ่งบรรลุตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้

5.1.2 ด้านเนื้อเรื่อง

การเล่าเรื่องแบบตัวละครนำเรื่อง จะทำให้ผู้รับชมรู้สึกอยากติดตามเนื้อเรื่องและพยายามวิเคราะห์ถึงสาเหตุความเป็นมา ทำให้ผู้รับชมได้ทำความเข้าใจกับเนื้อเรื่องและทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษระดับเบื้องต้นอ้างอิงจากผลวิเคราะห์แบบสอบถาม จะเห็นได้ว่า ผู้รับชมเข้าใจในเนื้อเรื่องและปรากฏการณ์เวลาเดินเร็วไม่เท่ากันอยู่ในเกณฑ์ดี โดยรวมแล้วสามารถสื่อสารให้ผู้ชมเข้าใจในเนื้อเรื่องได้อยู่ในเกณฑ์ที่ดี

5.1.3 ด้านเทคนิคการทำแอนิเมชัน

อ้างอิงจากผลวิเคราะห์แบบสอบถาม จะเห็นได้ว่าภาพรวมในด้านเทคนิคอยู่ในเกณฑ์ดีมาก ทั้งการเคลื่อนไหวที่สื่อถึงอารมณ์และการกระทำอย่างชัดเจน การออกแบบตัวละครและฉากได้อย่างเหมาะสม และดนตรีและเสียงประกอบ สามารถสร้างบรรยากาศของคนดูให้เข้าถึงอารมณ์และเนื้อเรื่องได้มากขึ้นอีกด้วย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

5.1.4 ด้านประโยชน์ที่ได้รับ

แอนิเมชัน เรื่อง Bunny on the Moon / Flow of Time เป็นแอนิเมชันแนววิทยาศาสตร์และฟิสิกส์ ที่ช่วยอธิบายทฤษฎีที่ซับซ้อนผ่านการเล่าเรื่องด้วยเทคนิคที่ทำให้เข้าใจได้ง่ายและเพลิดเพลิน ทั้งยังสามารถใช้เป็นสื่อประกอบการศึกษาระดับเบื้องต้นได้ และสามารถสร้างแรงบันดาลใจอยากศึกษาวิทยาศาสตร์ให้กับผู้รับชมได้อีกด้วย โดยที่ผู้ชมสามารถรับรู้ได้ว่าทฤษฎีนั้นๆ ไม่ได้ทำความเข้าใจยากอย่างที่เคยรู้สึกหรือเข้าใจมาก่อน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ด้านเนื้อหา

ในด้านบทแอนิเมชัน สามารถปรับปรุงรายละเอียดเล็กน้อย เพื่อให้เข้าใจเนื้อเรื่องโดยรวมและทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษให้ดียิ่งขึ้นได้ ด้วยการลงรายเอียดของทฤษฎีและเพิ่มความยาวของแอนิเมชัน ให้ผู้ชมสามารถทำความเข้าใจได้นานขึ้นและมากขึ้น แต่เนื่องจากการทำวิจัยมีเวลาจำกัด ทำให้บางฉากมีการดำเนินเรื่องค่อนข้างเร็ว ทำให้ผู้ชมอาจได้รับสารที่ผู้วิจัยอยากจะสื่อได้ไม่ครบถ้วน

5.2.2 ด้านเทคนิค

ในด้านเทคนิค เนื่องจากเนื้อเรื่องส่วนใหญ่อยู่บนดวงจันทร์ที่มีสิ่งแวดล้อมเป็นสีขาวกับดำ ทำให้สามารถปรับปรุงได้จากการใช้สีที่หลากหลายและมีความเกี่ยวข้องกันมากขึ้น และเพราะผู้วิจัยใช้มือในการวาดเพื่อให้ได้การเคลื่อนไหวที่ดูดิบตรงตามความต้องการ จึงทำให้ความสวยงามจึงขึ้นอยู่กับฝีมือการวาดของผู้วิจัย จึงการทำภาพเคลื่อนไหวสามารถทำให้ดีและละเอียดขึ้นได้

5.2.3 ด้านระยะเวลา

เนื่องด้วยระยะเวลาในการทำวิจัยมีจำกัด ทำให้รายละเอียดการเคลื่อนไหวของตัวละครอยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงระดับดี และการสื่อสารทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ อยู่ในเกณฑ์ดี จึงทำให้สามารถเพิ่มคุณภาพของงานให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้นได้อีกจากการเพิ่มระยะเวลาของแอนิเมชันและการทำงาน เพื่อให้ได้งานที่มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

5.2.4 ด้านการต่อยอด

งานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอดเพิ่มได้ โดยประยุกต์ใช้กับทฤษฎีอื่นๆ ของฟิสิกส์หรือวิทยาศาสตร์ เพิ่มเนื้อหาเกี่ยวกับการทำงานของทฤษฎีนั้นๆ อาจช่วยให้ผู้รับชมเข้าใจเนื้อหาและได้ประโยชน์จากการรับชมมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

คลังความรู้ สสวท. (2560). *ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ*. สืบค้น 6 กันยายน 2565, จาก https://www.scimath.org/lesson-physics/item/7220-2017-06-11-05-36-38

ทอร์น, เค. (2554). *ประวัติย่อของหลุมดำ[Black Holes and Time Warps : Einstein's Outrageous Legacy]* (พิมพ์ครั้งที่ 3) (ดนัย วิโรจน์อุไรเรือง, ผู้แปล). นนทบุรี: มติชน.

ธนู แก้วโอกาส. (2547). *เอกภพของไอน์สไตน์* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สุขภาพใจ.

วิธิตา แอนิเมชัน. (2564). *ANIMATION อนิเมชั่น คืออะไร ?*. สืบค้น 9 กันยายน 2565, จาก https://vithita.com/animation101/

วิศกรณ์ โสภาภิมุข, โสพัฒน์ โสภาภิมุข และอชิตพล มีมุ้ย. (2564). *การสร้างสื่อแอนิเมชัน 3D เรื่อง ไวรัสโควิด 19 สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี*. สืบค้น 9 กันยายน 2565, จาก https://tci-thailand.org/wp-content/themes/magazine-style/tci_search/article.html?b3Blbk FydGljbGUmaWQ9NjQ3MzIy

ออลเจนเทิล. (2559). *แอนิเมชัน 2 มิติ*. สืบค้น 6 กันยายน 2565, จาก https://www.allgentle.com/2d-animation-applied-for-business/

ไอแซคสัน, ดับบลิว. (2554). *สตีฟ จ็อบส์* (พิมพ์ครั้งที่ 1) (ณงลักษณ์ จารุวัฒน์, ผู้แปล). สมุทรปราการ: เนชั่นบุ๊คส์.

ฮอว์คิง, เอส. ดับบลิว. (2554). *ประวัติย่อของกาลเวลา[A Brief History of Time]* (พิมพ์ครั้งที่ 3) (ปิยบุตร บุรีคำ, อรรถกฤต ฉัตรภูติ, ผู้แปล). นนทบุรี: มติชน.

Allison, R. (2019). *Space and Time*. Retrieved September 11, 2022, from https://slideplayer.com/slide/13102281/

Anthony, W. (2017). *Arc: The 12 Basic Principles of Animation.* Retrieved September 9, 2022, from https://www.animationmentor.com/blog/arc-the-12-basic-principles-of-animation/

Chris, H. (2017). *Squash and Stretch: The 12 Basic Principles of Animation*. Retrieved September 9, 2022, from https://www.animationmentor.com/blog/squash-and-stretch-the-12-basic-principles-of-animation/

CourseHero (2017).*Special Relativity.* Retrieved September 11, 2022, from https://www.coursehero.com/study-guides/boundless-physics/relativistic-quantities/

บรรณานุกรม (ต่อ)

Daviddarling (2018) .*Time dilation.* Retrieved September 11, 2022, from https://www.daviddarling.info/encyclopedia/T/timedilation.html

Iwanttobeananimator (2017). *LESSON #6 – SLOW IN & SLOW OUT.* Retrieved September 9, 2022, from https://iwanttobeananimator.wordpress.com/2017/03/29/lesson-6-slow-in-slow-out/

Jabimation. (2019). 2: *Strait Ahead vs Pose to Pose.* Retrieved September 9, 2022, from http://jabimation.com/2-strait-ahead-vs-pose-to-pose

LizStaley (2020). *12 Principles of Animation.* Retrieved September 9, 2022, from https://tips.clip-studio.com/en-us/articles/3409

MIT College of Railway Engineering and Research (2021). *Twin Paradox*. Retreived September 11, 2022, from https://mitcorer-barshi.medium.com/twin-paradox-8ec93a729591

Nasa. (2019). *Artemis*. Retrieved May 3, 2023, from https://www.nasa.gov/what-is-artemis

Rob, H. (2014). *Interstellar movie posters and main title*. Retrieved September 11, 2022, from https://fontsinuse.com/uses/6820/interstellar-movie-posters-and-main-title

Sam, K. (2014). *The Face of Science How Albert Einstein became a celebrity.* Retrieved September 11, 2022, from https://www.neh.gov/humanities/2014/mayjune/feature/the-face-science

Tetali et al. (2019). *Principles of Animation The 12 Fundamentals.* Retrieved September 9, 2022, from https://www.dsource.in/course/principles-animation/staging

Thomas, F., & Johnston, O. (2524). *The Illusion of Life : Disney Animation.* New York: Abbeville Press.

Tompswell. (2018, June 9). Over the Edge of the Universe - Animated Short Film by Tompswell [Video file]. Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=lnx7JxbzsFY

ภาคผนวก

ตัวอย่างแบบสอบถามออนไลน์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

แบบสอบถามออนไลน์ (Google Form)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ส่วนที่ 3 จาก 4

ด้านเทคนิค

คำอธิบาย (ระบุหรือไม่ก็ได้)

ความสวยงามของภาพ *

	1	2	3	4	5	
น้อยที่สุด	○	○	○	○	○	มากที่สุด

การออกแบบตัวละครและฉาก *

	1	2	3	4	5	
น้อยที่สุด	○	○	○	○	○	มากที่สุด

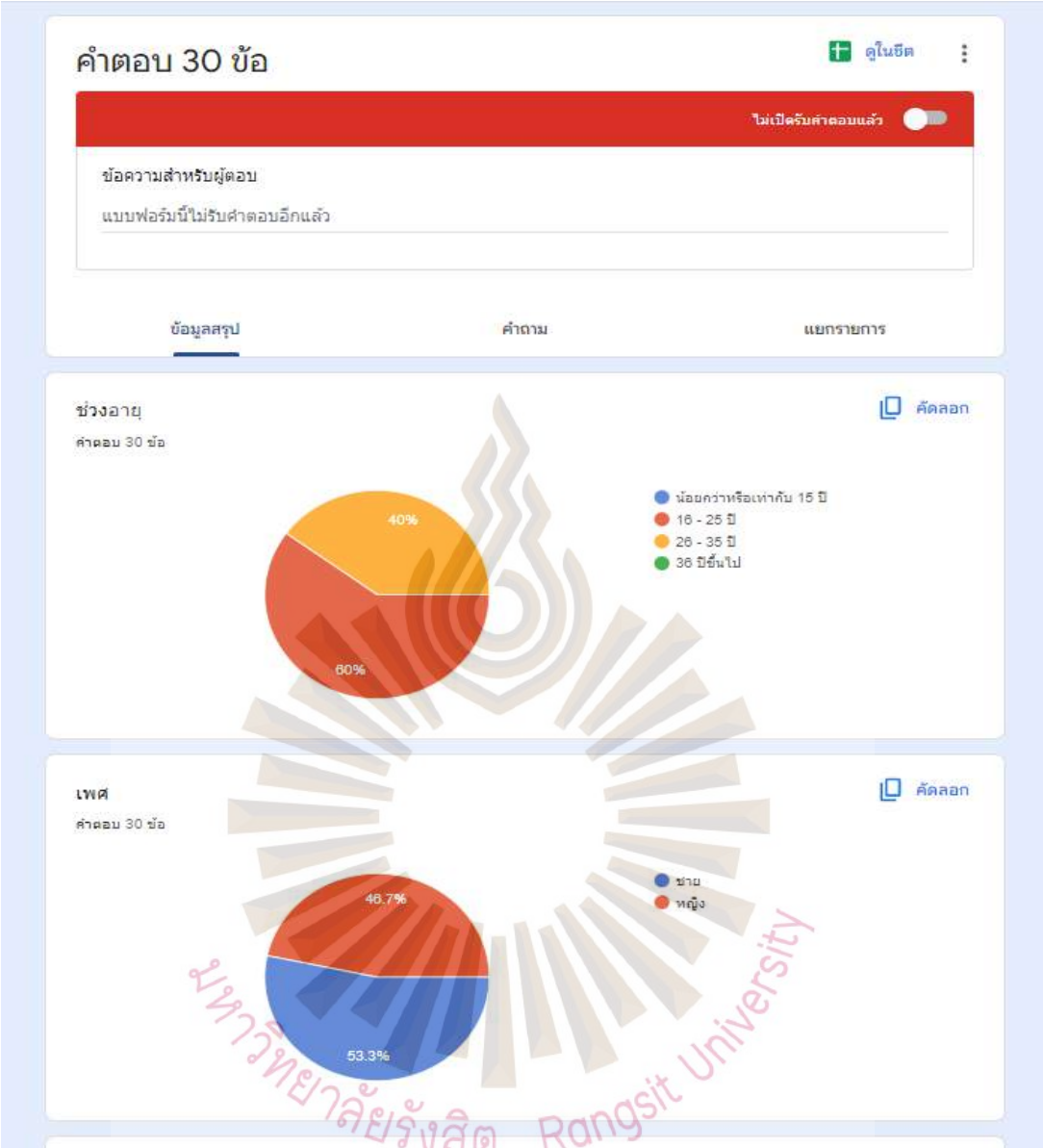
ดนตรีและเสียงประกอบมีความเข้ากันกับเนื้อเรื่อง *

	1	2	3	4	5	
น้อยที่สุด	○	○	○	○	○	มากที่สุด

ต่อจากส่วนที่ 3 ไปยังส่วนถัดไป

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

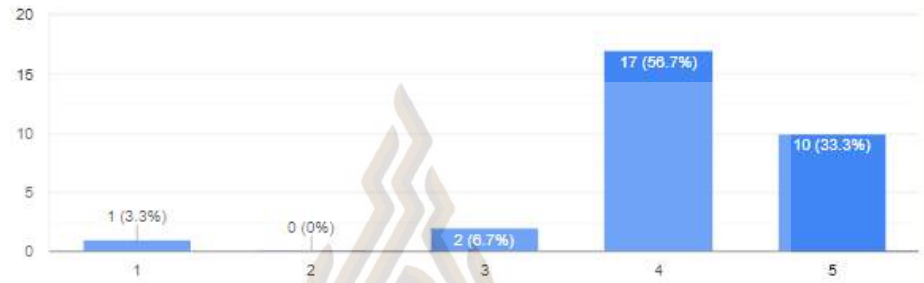
ตัวอย่างงานภาพแอนิเมชันสุดท้าย

ด้านเนื้อหา

คุณมีความเข้าใจในเนื้อเรื่องโดยรวม

คัดลอก

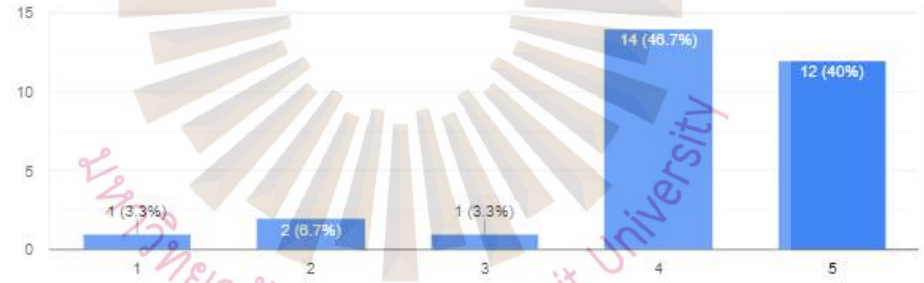
ค่าตอบ 30 ข้อ



คุณคิดว่าเนื้อเรื่องสื่อถึงทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Relativity) เรื่อง "ปรากฏการณ์เวลาเดินเร็วไม่เท่ากัน" อยู่ในระดับใด

คัดลอก

ค่าตอบ 30 ข้อ

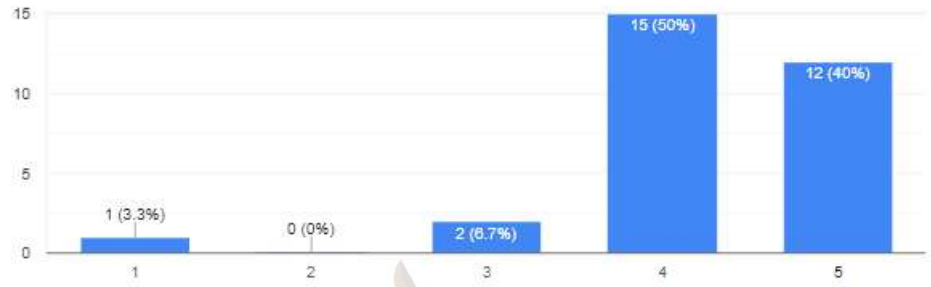


มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

คุณคิดว่าเนื้อหาเข้าใจได้ง่าย อยู่ในระดับใด

คัดลอก

คำตอบ 30 ข้อ

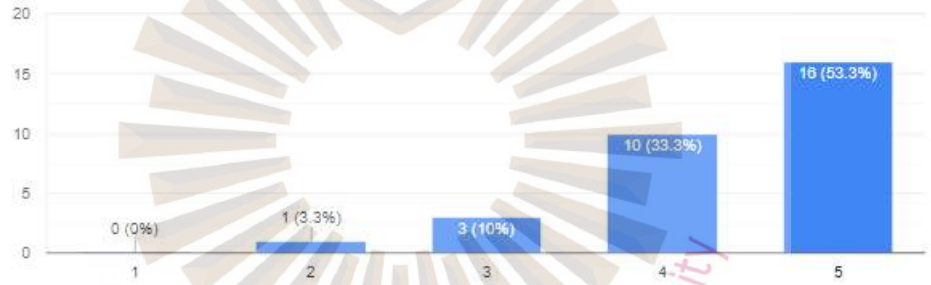


ด้านเทคนิค

ความสวยงามของภาพ

คัดลอก

คำตอบ 30 ข้อ

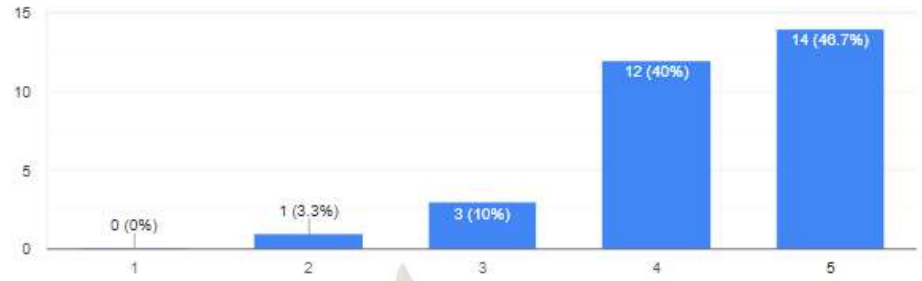


มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

การออกแบบตัวละครและฉาก

คัดลอก

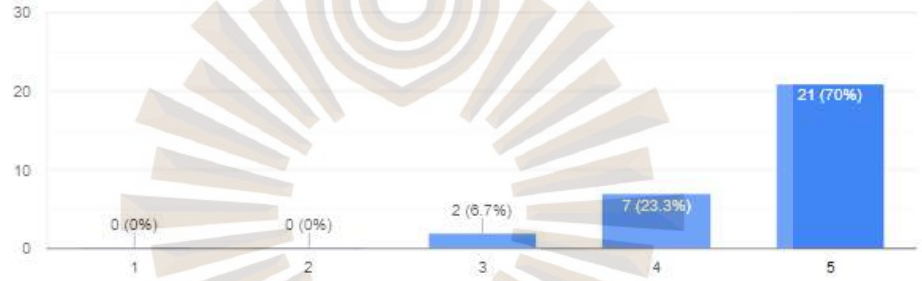
คำตอบ 30 ข้อ



ดนตรีและเสียงประกอบมีความเข้ากันกับเนื้อเรื่อง

คัดลอก

คำตอบ 30 ข้อ



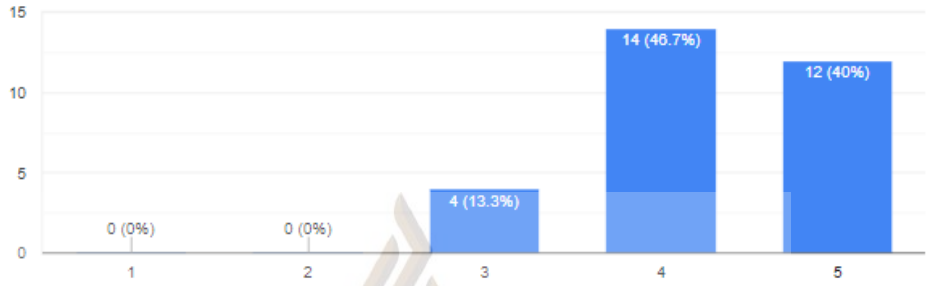
มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ด้านประโยชน์

ความเหมาะสมในการใช้เป็นสื่อประกอบการศึกษา

คัดลอก

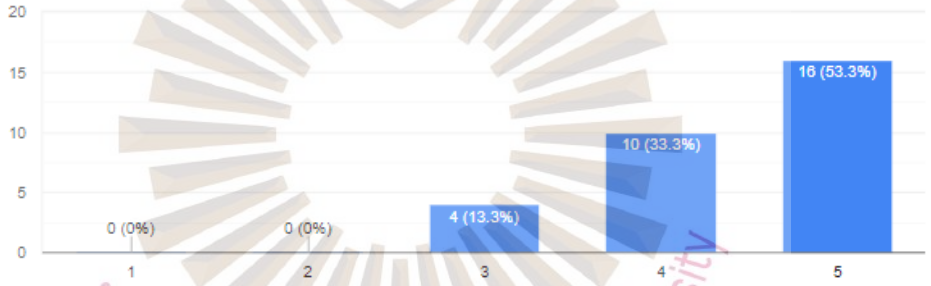
ค่าตอบ 30 ข้อ



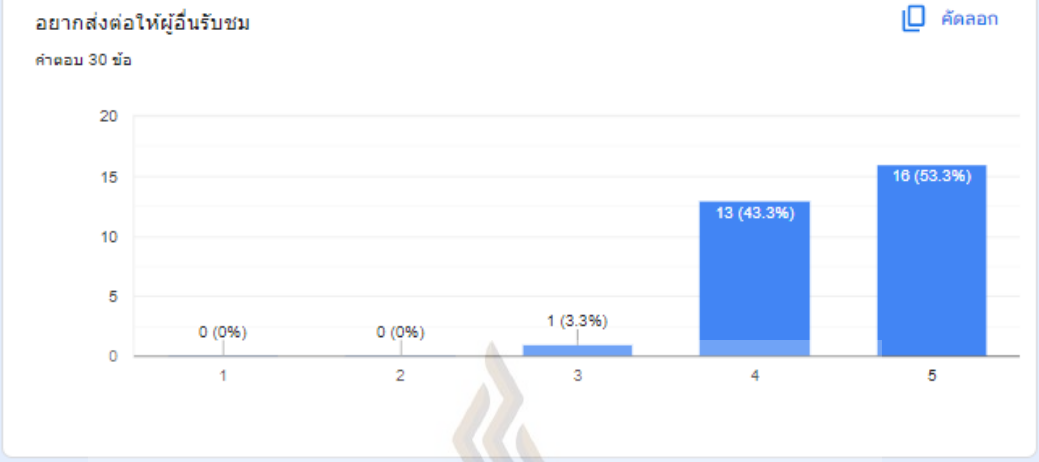
เป็นแรงบันดาลใจอยากศึกษาวิทยาศาสตร์

คัดลอก

ค่าตอบ 30 ข้อ



มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	พนธกร จันทร์ประเสริฐ
วัน เดือน ปีเกิด	12 กรกฎาคม 2542
สถานที่เกิด	จังหวัดฉะเชิงเทรา ประเทศไทย
ประวัติการศึกษา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, 2563 มหาวิทยาลัยรังสิต ปริญญาศิลปมหาบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์อาร์ต, 2566
ที่อยู่ปัจจุบัน	10 หมู่ 6 ตำบลบางสมัคร อำเภอบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา 24180

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University