

อกินันทนาการ



สำนักหอสมุด

การออกแบบแอนิเมชัน 3 มิติ เพื่อการเรียนรู้
เรื่องวงจรสี " Color Trick " สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4



ศิลปนิพนธ์เสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาศิลปกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาการออกแบบสื่อวัฒนธรรม

พฤษภาคม 2560

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหิดล

3D ANIMATION DESIGN OF COLOR WHEEL

LESSON FOR PRIMARY SCHOOL STUDENTS GRADE FOUR



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Bachelor of Fine and Applied Arts in Innovative Media Design

May 2017

Copyright 2017 by Naresuan University

ศิลปนิพนธ์ เรื่อง “การออกแบบแอนิเมชัน 3 มิติ เพื่อการเรียนรู้
เรื่องวงจรสี “ Color Trick ” สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4”

ของ นางสาวชนิษฐา กล้าสกุล

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ศิลปกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการออกแบบสื่ออนิเมชัน

คณะกรรมการสอบศิลปนิพนธ์

.....ประธานกรรมการสอบศิลปนิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิสิฐ จันมา)

.....ที่ปรึกษาศิลปนิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิสิฐ จันมา)

.....กรรมการ
(อาจารย์จุมพล เข้มแสงสุวรรณ)

.....กรรมการ
(อาจารย์มยุรี สุกังคนาข)

.....กรรมการ
(อาจารย์รุ่งโรจน์ รัตนพิเชษฐกุล)

อนุมัติ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรชาติ เกษประสิทธิ์)
หัวหน้าภาควิชาศิลปะและการออกแบบ

ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของผู้วิจัยที่ให้ความสนใจและให้ การสนับสนุน ในทุกๆ ด้านอย่างดีที่สุดเสมอมา และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร. วิสิฐ จันมา ที่ปรึกษาศิลปนิพนธ์ ที่ได้อุทิศสละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษา พร้อมทั้งให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาในการทำศิลปนิพนธ์ฉบับนี้ และขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการศิลปนิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องของศิลปนิพนธ์ด้วยความ เอาใจใส่ จนทำให้ศิลปนิพนธ์ฉบับนี้เสร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์และทรงคุณค่า

ขอบพระคุณผู้ควบคุมดูแลห้องสมุดของมหาลัษณเรศวรทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ และ อำนวยความสะดวกแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดีในการเข้าไปทำวิจัย และเก็บข้อมูลในห้องสมุดของ มหาวิทยาลัยนเรศวร ขอบพระคุณผู้ควบคุมดูแลห้องปฏิบัติการทางคอมพิวเตอร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ที่ให้ความร่วมมือ และอำนวยความสะดวกแก่ผู้วิจัยเป็นอย่างดีในการเข้าไป ทำวิจัย

คุณค่าและคุณประโยชน์อันพึงจะมีจากศิลปนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแต่ผู้มี พระคุณทุกๆ ท่าน ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และผู้ที่สนใจบ้างไม่มากก็น้อย

ชนิษฐา กล่ำสกุล

ชื่อเรื่อง	การออกแบบแอนิเมชัน 3 มิติ เพื่อการเรียนรู้ เรื่องวงจรสี "Color Trick" สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4
ผู้วิจัย	ชนิษฐา กล้าสกุล
ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิสิฐ จันมา
ประเภทสารนิพนธ์	ศิลปนิพนธ์ ศป.บ สาขาวิชาการออกแบบสื่ออนัตกรรม มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2560
คำสำคัญ	วงจรสี สื่อการเรียนรู้ แอนิเมชัน

บทคัดย่อ

วงจรสี เป็นเนื้อหาที่เด็กส่วนใหญ่จะต้องได้เรียนรู้ในวิชาศิลปะ ซึ่งสีเป็นสิ่งที่ปรากฏอยู่บนโลก ทุกสิ่งที่มองเห็นรอบๆตัว ล้วนมีแต่สี สีจึงมีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับ วิถีชีวิตมนุษย์จนแยกไม่ออก เพราะสีสามารถส่งผลต่อความรู้สึกนึกคิด อารมณ์ จินตนาการ การสื่อความหมาย

สื่อการเรียนรู้ มีการพัฒนามากขึ้น แต่ในระบบของการศึกษา เป็นการเรียนที่ผู้เรียนไม่เกิดกระบวนการคิดด้วยตนเอง แต่เป็นการเรียนโดยการท่องจำเนื้อหา จึงให้ผู้เรียนไม่เข้าใจและจดจำเนื้อหาที่เรียนได้ไม่ดีเท่าที่ควร และเด็กหลายๆคนก็ยังมี ความสับสนในการแยกสี ดังนั้น

สีจึงมีอิทธิพลต่อมนุษย์ และมนุษย์ก็ใช้ประโยชน์จากสี ในการสร้างสรรค์สิ่งต่างๆอย่างไม่มีที่สิ้นสุด

จากการวิเคราะห์ดังกล่าวข้าพเจ้าเห็นว่า สีมีความสำคัญและเป็นความรู้ที่อยู่ใกล้ตัวที่ควร จะศึกษา จึงมีการจัดทำแอนิเมชันเพื่อนการเรียนรู้ และช่วยแก้ปัญหาในเรื่องการจดจำสี ทำให้ เข้าใจง่ายมากขึ้นและกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตัวเอง

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 วิธีการศึกษาและขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....	4
2.1.1 ทฤษฎีสี่.....	4
2.1.2 ความหมายของสี่.....	5
2.1.3 ประวัติความเป็นมาของสี่.....	6
2.1.4 ระบบของสี่.....	7
2.1.5 การรับรู้เรื่องสี่.....	8
2.1.6 คุณลักษณะของสี่.....	8
2.1.7 หน้าที่ของสี่.....	9
2.1.8 องค์ประกอบของสี่.....	9
2.1.9 วงจรสี่.....	10
2.1.10 วรรณะของสี่.....	11
2.1.11 การวางโครงสร้างสี่.....	12
2.1.12 ทฤษฎีการมองเห็นสี่ของมนุษย์.....	16
2.1.13 สื่กับปฏิกิริยาการมองเห็น.....	19
2.1.14 การมองเห็นสี่และตาบอดสี่.....	31

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2.2 ข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีการออกแบบ.....	39
2.2.1 ข้อมูลการเขียนการ์ตูน.....	39
2.2.2 ข้อมูลการออกแบบแอนิเมชัน.....	40
2.3 ข้อมูลพฤติกรรมกลุ่มเป้าหมาย.....	42
2.3.1 ข้อมูลทางกายภาพของกลุ่มเป้าหมาย.....	42
2.3.2 ข้อมูลทางจิตภาพของกลุ่มเป้าหมาย.....	42
2.4 กรณีศึกษา.....	43
2.4.1 Spacebound.....	43
2.4.2 FRÁVEGA MOTHER'S DAY	44
2.4.3 DORITOS	45
3 การวิเคราะห์ข้อมูลและแนวความคิดในการออกแบบ.....	46
3.1 วิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....	46
3.1 วิเคราะห์ทฤษฎีการออกแบบ.....	47
3.3 วิเคราะห์พฤติกรรมกลุ่มเป้าหมายของงานวิจัย.....	48
3.4 สรุปแนวความคิดในการออกแบบ.....	48
3.4.1 แนวทางการออกแบบ.....	49
4 การออกแบบและการสร้างสรรค์ผลงาน.....	52
4.1 ผลงานการออกแบบ	52
4.2 การพัฒนาแบบร่างครั้งที่ 1.....	63
4.3 การพัฒนาแบบร่างครั้งที่ 2.....	66
4.4 การพัฒนาแบบร่างครั้งที่ 3.....	67
4.5 สรุปผลงานการออกแบบ.....	71

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 บทสรุป.....	83
สรุปผลการวิจัย.....	83
อภิปรายผลการวิจัย.....	83
ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน.....	84
ข้อเสนอแนะ.....	84
บรรณานุกรม และเอกสารอ้างอิง.....	85
ภาคผนวก.....	88
ประวัติผู้วิจัย.....	95



สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 แสงสีขาวและสเปกตรัมของสี.....	7
2 แม่สีขั้นที่ 1 หรือ สีปฐมภูมิ.....	7
3 วงจรสี.....	10
4 วรรณะของสี.....	11
5 การใช้สีเอกรงค์.....	12
6 การใช้สีคู่ตรงข้าม.....	12
7 การใช้สีคู่ตรงข้าม.....	13
8 การใช้สีคู่ตรงข้ามโดยใช้สีใดสีหนึ่งมากกว่าอีกสีหนึ่ง.....	13
9 การใช้สี 3 สี ในช่วงห่างระหว่างสีทั้ง 3 เท่ากัน.....	14
10 การใช้สี 3 สี ในช่วงห่างระหว่างสีทั้ง 3 ไม่เท่ากัน.....	14
11 การใช้สี 4 สี โดยเลือกสีที่มีช่วงห่างระหว่างสีเท่ากัน.....	15
12 การใช้สี 4 สี โดยเลือกสีที่มีช่วงห่างระหว่างไม่สีเท่ากัน.....	15
13 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....	17
14 เซอร์ ไอแซค นิวตัน และภาพจำลองแสงอาทิตย์ส่องผ่านแก้ว Prism.....	17
15 การเกิดรุ้งกินน้ำ.....	18
16 แสงที่ตกกระทบใ่วัตถุ และสะท้อนเข้าดวงตา.....	18
17 ภาพเขียนของปีกัสโซในยุค “น้ำเงิน ” (Blue Period).....	20
18 ภาพจิตรกรรมของ แวนโก๊ะ Vincent's Room.....	20
19 อิทธิพลของสีต่อความเปลี่ยนแปลงด้านขนาด.....	21
20 อิทธิพลของสีต่อความเปลี่ยนแปลงด้านน้ำหนัก.....	21
21 อิทธิพลของสีต่อความเปลี่ยนแปลงด้านระยะทาง.....	22
22 อิทธิพลของสีต่อความเปลี่ยนแปลงด้านอุณหภูมิ.....	22
23 อิทธิพลของสีต่อความเปลี่ยนแปลงด้านความแข็งแรง.....	23
24 ภาพทดสอบการมองเห็น (1).....	24
25 ภาพทดสอบการมองเห็น (2).....	24

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
26	ภาพทดสอบการมองเห็น (3).....	25
27	รูปสี่เหลี่ยมสีเหลืองที่มีพื้นหลังแตกต่างกัน.....	26
28	สีพื้นหลังที่ทำให้อ่านตัวอักษรได้ดี.....	26
29	สีพื้นหลังที่ทำให้อ่านตัวอักษรได้ยาก.....	27
30	สีพื้นหลังกับตัวอักษรที่เสริมซึ่งกันและกัน.....	27
31	สีสด และสว่างขึ้นโดยใช้สีเข้มตัดเส้น.....	27
32	อิทธิพลของสี.....	28
33	อิทธิพลของสี ขาว เทา ดำ.....	29
34	อิทธิพลของสีในแต่ละชาติ.....	30
35	แสงสีขาวผ่านปริซึม.....	31
36	แสงกับความยาวคลื่น.....	32
37	ทดสอบตาบอดสี.....	33
38	จำลองการมองเห็นของคนตาบอดสี.....	38
39	แสดงตัวอย่างการ์ตูนแอนิเมชัน Spacebound.....	43
40	แสดงตัวอย่างการ์ตูนแอนิเมชัน FRAVEGA MOTHER'S DAY.....	44
41	แสดงตัวอย่างการ์ตูนแอนิเมชัน DORITOS.....	45
42	ตัวอย่างตัวละครที่จะนำมาใช้ในงานออกแบบ.....	49
43	ตัวอย่างตัวละครที่จะนำมาใช้ในงานออกแบบ.....	49
44	ตัวอย่างตัวละครที่จะนำมาใช้ในงานออกแบบ.....	50
45	ตัวอย่างตัวละครที่จะนำมาใช้ในงานออกแบบ.....	50
46	โทนสีโดยรวมของงานออกแบบ.....	51
47	สเก็ทตัวละครเมื่อดิสแบบที่ 1 (1).....	53
48	สเก็ทตัวละครเมื่อดิสแบบที่ 1 (2).....	53
49	สเก็ทตัวละครรวม.....	54
50	สเก็ทตัวละครคุณครู.....	54

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
51	สเก็ตท่าทางตัวละครเด็ก (1).....	55
52	สเก็ตท่าทางตัวละครเด็ก (2).....	55
53	สเก็ตตัวละครเมดสีแบบที่ 2.....	56
54	สเก็ตท่าทางตัวละคร.....	56
55	สเก็ตท่าทางตัวละครเมดสี.....	56
56	สเก็ตรถประกอบฉาก.....	57
57	สเก็ตบ้าน และร้านค้าประกอบฉาก.....	57
58	สเก็ตเครื่องจักร.....	58
59	สตอรี่บอร์ดแบบคร่าวๆ.....	58
60	ภาพโดยรวมการทำงานของเครื่องจักร.....	58
61	โมเดลซีทตัวละครเมดสี.....	59
62	เปรียบเทียบขนาดของตัวละคร.....	59
63	โมเดลซีทตัวละครเด็ก.....	60
64	โมเดลซีทตัวละครคุณครู.....	60
65	Walk Cycle.....	61
66	สเก็ตซีน 1.....	61
67	สเก็ตซีน 2.....	61
68	mood& tone (1).....	62
69	mood& tone (2).....	62
70	mood& tone (3).....	62
71	โมเดลตัวละคร 3D แบบที่ 1.....	63
72	โมเดลตัวละคร 3D แบบที่ 2.....	63
73	โมเดลเครื่องจักร 3D แบบที่ 1.....	64
74	โมเดลของประกอบฉาก 3D	64
75	ฉากบ้าน และร้านค้า 3D.....	65

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
76	จัดวางเครื่องจักร และตัวละครเข้าด้วยกัน.....	65
77	ซีน 1 5 6 และ 7 3Dแบบที่ 1.....	66
78	ซีน 9 10 และ 11 3Dแบบที่ 1.....	66
79	ซีนป้ายชื่อเรื่อง 3D	67
80	ซีนคุณครูสอน 3D	67
81	ซีนนักเรียนเดิน 3D	68
82	ซีนนักเรียนยืนง 3D	68
83	ซีนเครื่องแยกสี ชั้นที่ 3.....	69
84	ซีนเครื่องแยกสี ชั้นที่ 2.....	69
85	ซีนเครื่องดูดสี ชั้นที่ 1.....	70
86	ซีนตัวเม็ดสีอยู่บนรถบรรทุก.....	70
87	ตัวละคร 3D สีชั้นที่ 1.....	71
88	ตัวละคร 3D สีชั้นที่ 2.....	71
89	ตัวละคร 3D สีชั้นที่ 3.....	72
90	ซีนเครื่องแยกสี ชั้นที่ 2 (ล่าสุด).....	72
91	ซีนเครื่องแยกสี ชั้นที่ 3 (ล่าสุด).....	73
92	ซีนเครื่องแยกสี ชั้นที่ 3 (ล่าสุด).....	73
93	ซีนเครื่องดูดสีชั้นที่ 1 สีชั้นที่ 2 เลื่อนต่อไป.....	74
94	ซีนเครื่องดูดสีชั้นที่.....	74
95	กราฟฟิคบอกรายละเอียดของสี (1).....	75
96	กราฟฟิคบอกรายละเอียดของสี (2).....	75
97	ซีนคุณครูสอน (ล่าสุด).....	76
98	ซีนนักเรียนเดิน (ล่าสุด).....	76
99	ซีนรถบรรทุกดูดตัวเม็ดสีชั้นที่ 1 เข้ารถ.....	77
100	ซีนตัวเม็ดสีอยู่บนรถบรรทุก (ล่าสุด).....	77

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
101 จำลองผลงานเมื่ออยู่บนจอคอมพิวเตอร์.....	78
102 ปกบรรจุภัณฑ์ DVD.....	78
103 ปกแผ่น DVD.....	79
104 นามบัตรแบบที่ 1.....	79
105 นามบัตรแบบที่ 2.....	80
106 นามบัตรแบบที่ 3.....	80
107 นามบัตรแบบที่ 4.....	81
108 โปสเตอร์ ขนาด A3.....	81
109 การเล่าเรื่อง และอารมณ์ของเรื่อง.....	82
110 บูธจัดแสดงงาน.....	89
111 โมเดล 3D.....	89
112 นำเสนอต่อผู้ว่า กทม.	89
113 ผู้ที่มาชมงาน.....	90
114 ผู้ที่มาชมงาน (2).....	91
115 คอมเมนต์จากผู้ที่มาชมงาน.....	92
116 คอมเมนต์จากผู้ที่มาชมงาน(2).....	93
117 คอมเมนต์จากผู้ที่มาชมงาน (3).....	94

บทที่ 1

บทนำ

1.ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเรียนรู้เรื่องวงจรรสี เป็นเนื้อหาที่เด็กส่วนใหญ่จะต้องได้เรียนรู้ในวิชาศิลปะ ซึ่งสีเป็นสิ่งที่ปรากฏอยู่บนโลก ทุกสิ่งที่มองเห็นรอบๆตัว ล้วนมีแต่สี สีจึงมีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับวิถีชีวิตมนุษย์จนแยกไม่ออก เพราะสีสามารถส่งผลต่อความรู้สึกนึกคิด อารมณ์ จินตนาการ การสื่อความหมาย นับว่าเป็นความรู้ที่น่าสนใจ และเด็กหลายๆคนก็ยังคงมีความสับสนในการแยกสี ดังนั้นสีจึงมีอิทธิพลต่อมนุษย์ และมนุษย์ก็ใช้ประโยชน์จากสี ในการสร้างสรรค์สิ่งต่างๆอย่างไม่มีที่สิ้นสุด

การเรียนรู้เรื่องวงจรรสี ในระบบของการศึกษา เป็นการเรียนที่ผู้เรียนไม่เกิดกระบวนการคิดด้วยตนเอง แต่เป็นการเรียนโดยการท่องจำเนื้อหา จึงให้ผู้เรียนไม่เข้าใจและจดจำเนื้อหาที่เรียนได้ไม่ดีเท่าที่ควร การออกแบบแอนิเมชัน 3 มิติ เพื่อการเรียนรู้ เรื่องวงจรรสี สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ และเป็นการเสนอแนวความคิด ในรูปแบบใหม่ในการจดจำภาพให้เข้าใจเนื้อหาเรื่องวงจรรสีมากยิ่งขึ้น โดยการให้ข้อมูลด้วยภาพเคลื่อนไหว เสียง สี สัน ซึ่งกระตุ้นให้เกิดการจดจำภาพในรูปแบบอื่นๆ

ดังนั้นการออกแบบแอนิเมชัน 3 มิติ เพื่อการเรียนรู้ เรื่องวงจรรสี สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จึงเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ และช่วยเพิ่มแนวความคิดในการจดจำวงจรรสีในรูปแบบอื่นๆ สำหรับกลุ่มเป้าหมาย ทำให้เกิดแนวความคิดรูปแบบใหม่ และกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้เรื่องสีมากยิ่งขึ้น

2.วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการออกแบบแอนิเมชัน 3 มิติ
2. เพื่อศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวงจรรสี
3. เพื่อศึกษาและออกแบบแอนิเมชัน 3 มิติ ให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย
4. เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้เรื่องวงจรรสี

3.ขอบเขตของงานวิจัย

3.1 ขอบเขตของประชากรกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

3.2 ขอบเขตของผลงานออกแบบสร้างสรรค์

1. ออกแบบแอนิเมชัน 3 มิติ ความยาว 3 นาที
2. ออกแบบโปสเตอร์ประชาสัมพันธ์ ขนาด A3 จำนวน 1 แผ่น
3. ออกแบบบอร์ดนำเสนอผลงาน ขนาด A2 จำนวน 2 แผ่น
4. ออกแบบปกบรรจุภัณฑ์ DVD จำนวน 1 แผ่น

4.วิธีการศึกษาและขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวงจรรสี จากอินเทอร์เน็ตและหนังสือต่างๆ
2. ศึกษาความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย
3. วิเคราะห์ข้อมูลและจัดทำสื่อ
4. วางแนวทางการดำเนินเรื่อง
5. ออกแบบตัวละคร และฉากที่จะนำไปใช้ในงานออกแบบ
6. จัดทำแอนิเมชัน
7. ตรวจสอบความถูกต้อง

ขั้นตอนการดำเนินงาน

กิจกรรม	เดือน												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1.สืบค้นและทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา	↔												
2.รวบรวมและเตรียมข้อมูล		↔											
3.ศึกษาการออกแบบแอนิเมชัน 3 มิติ			↔										
4.วิเคราะห์ข้อมูล เรียบเรียงข้อมูล					↔								
5.ออกแบบแอนิเมชัน 3 มิติ							↔						
6.ตรวจสอบความถูกต้อง										↔			
7.เตรียมการและจัดทำรายงานฉบับร่าง											↔		
8.จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์												↔	

5.ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงการออกแบบแอนิเมชัน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4
2. ทำให้ทราบถึงข้อมูลเกี่ยวกับวงจรสี
3. ทำให้นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ได้เรียนรู้เกี่ยวกับวงจรสี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยเรื่อง การออกแบบแอนิเมชัน 3 มิติ เพื่อการเรียนรู้ เรื่องวงจรรสี สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ได้ศึกษาแบ่งข้อมูลเป็นส่วนต่างๆดังนี้

ข้อมูลในการศึกษาค้นคว้า

1. ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาของงานวิจัย

1.1 ทฤษฎีสี

สี เป็นสิ่งที่ปรากฏอยู่บนโลก ทุกๆสิ่งที่เรามองเห็นรอบๆตัวนั้น ล้วนแต่มีสี โลกของเรา ถูกจรรโลง และแต่งแต้มด้วย สีสีนหลายหลาก ทั้งสีสันตามธรรมชาติ และสีที่มนุษย์รังสรรค์ขึ้น หากโลกนี้ไม่มีสี หรือมนุษย์ไม่สามารถ รับรู้เกี่ยวกับสีได้ สิ่งนั้นอาจเป็น ความพקר่องที่ยิ่งใหญ่ ของธรรมชาติ เพราะสีมีความสำคัญต่อวัฏจักรแห่งโลก และเกี่ยวข้องกับ วิถีชีวิตมนุษย์ จนแยกกัน ไม่ออก เพราะมนุษย์ได้ตระหนักแล้วว่า สีนั้นส่งผลต่อความรู้สึกนึกคิด อารมณ์ จินตนาการ การสื่อความหมาย และความสุขสำราญใจในชีวิตประจำวันมาช้านานแล้ว ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า สีมีอิทธิพลต่อมนุษย์เราเป็นอย่างสูง และมนุษย์ก็ใช้ประโยชน์ จากสีอย่าง เอนกอนันต์ ในการ สร้างสรรค์ สิ่งต่างๆอย่างไม่มีที่สิ้นสุด

ลักษณะกระทบต่อสายตาให้เห็นเป็นสีมีผลถึงจิตวิทยา คือมีอำนาจให้เกิดความเข้มของ แสงที่อารมณ์และความรู้สึกได้ การที่ได้เห็นสีจากสายตาสายตาจะส่งความรู้สึกไปยังสมองทำให้เกิด ความรู้สึก ต่างๆตามอิทธิพลของสี เช่น สดชื่น ร้อน ตื่นเต้น เศร้า สีมีความหมายอย่างมากเพราะ ศิลปินต้องการใช้สีเป็นสื่อสร้างความประทับใจในผลงานของศิลปะและสะท้อนความประทับใจนั้นให้ บังเกิดแก่ผู้ดูมนุษย์เกี่ยวข้องกับสีต่างๆ อยู่ตลอดเวลาเพราะทุกสิ่งที่อยู่รอบตัวนั้นล้วนแต่มีสีสัน แตกต่างกันอย่างมากมาย สีเป็นสิ่งที่ควรศึกษาเพื่อประโยชน์กับตนเองและ ผู้สร้างงานจิตรกรรมเพราะ เรื่องราวของสีนั้นมีหลักวิชาเป็นวิทยาศาสตร์จึงควรทำความเข้าใจวิทยาศาสตร์ ของสีจะบรรลุผลสำเร็จ ในงานมากขึ้น ถ้าไม่เข้าใจเรื่องสีดีพอสมควร ถ้าได้ศึกษาเรื่องสีดีพอแล้ว งานศิลปะก็จะประสบความสำเร็จ สมบูรณ์เป็นอย่างยิ่ง (NovaBizz, 2559, บทความจากอินเทอร์เน็ต)

1.2 ความหมายของสี

คำว่า สี (Color) ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน หมายถึง ลักษณะของแสงที่ปรากฏแก่ สายตาเรา ให้เห็นเป็น สีขาว ดำ แดง เขียว ฯลฯ หรือการสะท้อนรังสีของแสงมาสู่ตาเรา สี ที่ปรากฏ ในธรรมชาติ เกิดจากการสะท้อนของแสงสว่าง ตกกระทบ กับวัตถุแล้ว เกิดการหักเหของแสง (Spectrum) สีเป็นคลื่นแสงชนิดหนึ่ง ซึ่งปรากฏให้เห็น เมื่อแสงผ่านละอองไอน้ำ ในอากาศ หรือ แท่งแก้วปริซึม ปรากฏเป็นสีต่างๆ รวม 7 สี ได้แก่ สีแดง ม่วง ส้ม เหลือง น้ำเงิน คราม และเขียว เรียกว่า สีรุ้ง ที่ปรากฏบนท้องฟ้า ตามธรรมชาติในแสงนั้น มีสีต่างๆ รวมกัน อยู่อย่างสมดุลเป็น แสงสีขาวใส เมื่อแสงกระทบ กับสีของวัตถุ ก็จะสะท้อนสีวัตถุนั้นออกมาเข้าตาเรา วัตถุสีขาวจะสะท้อนได้ทุกสี ส่วนวัตถุสีดำนั้น จะดูดกลืนแสงไว้ ไม่สะท้อนสีใดออกมาเลย

ความหมายของสีในนัยอื่นๆ

Yellow-Green	การเจ็บป่วย - ความอิจฉา - ขี้ขลาด - การแตกแยก
Yellow	ความสุข - พลังงาน - ความเจริญ - การเรียนรู้ - การสร้างสรรค์
White	ความบริสุทธิ์ - ความดี - ความเรียบง่าย - ความยุติธรรม
Red	พลัง - อันตราย - สงคราม - อำนาจ
Purple	ความหยิ่งรู้ - ความทะเยอทะยาน - ความก้าวหน้า - ความสง่างาม - อำนาจ
Pink	เป็นมิตร - ความรัก - ความโรแมนติก - ความเคารพ
Orange	กำลัง - ความมีโชค - พลังชีวิต - การให้กำลังใจ - สุขภาพ
Light Yellow	ปัญญา - ความฉลาด
Light Red	ความรู้สึกดีใจ - เรื่องทางเพศรส - ความรู้สึกของความรัก
Light Purple	เรื่องรักใคร่ - ความสงบ -
Light Green	ความกลมกลืน - ความสงบ - สันติภาพ
Light Blue	การหยิ่งรู้ - โอกาส - ความเข้าใจ - ความอดทน - ความอ่อนโยน
Green	ความอุดมสมบูรณ์ - การเติบโต - การกลับมาของมิตรภาพ
Gold	สติปัญญา - ความร่ำรวย - ความสว่าง - ความสำเร็จ - โชคลาภ
Dark Yellow:	การตักเตือน - การเจ็บป่วย - ความเสื่อม - ความอิจฉา
Dark Red	ความโกรธ - ความรุนแรง - ความกล้าหาญ - กำลังใจ
Dark Purple	ความสูงส่ง - ความปรารถนาอันแรงกล้า - ความหรรษา
Dark Green	ความทะเยอทะยาน - ความโลภ - ความริษยา
Dark Blue	ความจริง - สัจธรรม - อำนาจ - ความรู้ - ความซื่อสัตย์ - การป้องกัน

Brown	ความอดทน – ความมั่นคง
Blue	สุขภาพ – ความเชื่อถือ – ไหวพริบ – จงรักภักดี – ความเลื่อมใส – ความถูกต้อง
Black	ความลึกลับ – ความตาย – อำนาจ – พลัง – ความแรง – สิ่งชั่วร้าย – ความปรานี
Aqua	การป้องกัน – สุขภาพ

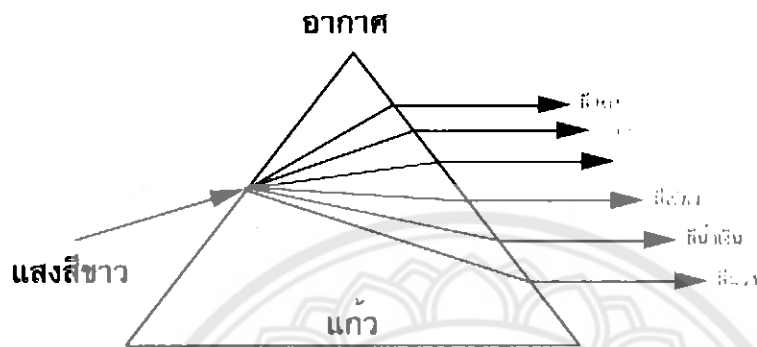
1.3 ประวัติความเป็นมาของสี

มนุษย์เริ่มมีการใช้สีตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ มีทั้งการเขียนสีลงบนผนังถ้ำ ผนังหินบนพื้นผิวเครื่องปั้นดินเผา และที่อื่นๆ ภาพเขียนสีบนผนังถ้ำ (ROCK PAINTING) เริ่ม ทำตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ในทวีปยุโรป โดยคนก่อนสมัยประวัติศาสตร์ในสมัยหินเก่าตอนปลาย ภาพเขียนสีที่มีชื่อเสียงในยุคนี้พบที่ประเทศฝรั่งเศสและประเทศสเปนในประเทศไทย กรมศิลปากรได้สำรวจพบภาพเขียนสีสมัยก่อนประวัติศาสตร์บนผนังถ้ำ และ เเพงหินในที่ต่างๆ จะมีอายุระหว่าง 1500-4000 ปี เป็นสมัยหินใหม่และยุคโลหะได้ค้นพบตั้งแต่ปี พ.ศ. 2465 ครั้งแรกพบบนผนังถ้ำในอ่าวพังงา ต่อมาก็ค้นพบอีกซึ่งมีอยู่ทั่วไป เช่น จังหวัดกาญจนบุรี อุทัยธานี เป็นต้นสีที่เขียนบนผนังถ้ำส่วนใหญ่เป็นสีแดง นอกนั้นจะมีสีส้ม สีเลือดหมู สีเหลือง สีน้ำตาล และสีดำสีบนเครื่องปั้นดินเผา ได้ค้นพบการเขียนลายครั้งแรกที่บ้านเชียงจังหวัดอุดรธานีเมื่อปี พ.ศ.2510 สีที่เขียนเป็นสีแดงเป็นรูปลายก้านขดจิตกรรมฝาผนังตามวัดต่างๆสมัยสุโขทัยและอยุธยา มีหลักฐานว่า ใช้สีในการเขียนภาพหลายสี แต่ก็อยู่ในวงจำกัดเพียง 4 สี คือ สีดำ สีขาว สีดินแดง และสีเหลืองในสมัยโบราณนั้น ช่างเขียนจะเอาวัสดุต่างๆในธรรมชาติมาใช้เป็นสีสำหรับเขียนภาพ เช่น ดินหรือหินขาวใช้ทำสีขาว สีดำก็เอามาจากเขม่าไฟ หรือจากตัวหมึกจีน เป็นชาติแรกที่พยายามค้นคว้าเรื่องสีธรรมชาติได้มากกว่าชาติอื่นๆ คือ ใช้หินนำมาบดเป็นสีต่างๆ สีเหลืองนำมาจากยางไม้ รงหรือรงทอง สีครามก็นำมาจากต้นไม้ส่วนใหญ่แล้วการค้นคว้าเรื่องสีก็เพื่อที่จะนำมาใช้ ย้อมผ้าต่างๆ ไม่นิยมเขียนภาพเพราะจีนมีคติในการเขียนภาพเพียงสีเดียว คือ สีดำโดยใช้หมึกจีนเขียน

(ART, 2559, บทความจากอินเทอร์เน็ต)

1.4 ระบบของสี

1.4.1 แม่สีของแสง เกิดจากการหักเหของแสงผ่านแท่งแก้วปริซึมมี 3 สี คือ สีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงิน อยู่ในรูปของแสงรังสี ซึ่งเป็นพลังงานชนิดเดียวที่มีสี คุณสมบัติของแสงสามารถนำมาใช้ ในการถ่ายภาพ ภาพโทรทัศน์ การจัดแสงสี ในการแสดงต่างๆ เป็นต้น



ภาพ 1 แสงสีขาวและสเปกตรัมของสี

ที่มา: <https://antimony99.wordpress.com/เนื้อหาบทเรียน/คุณสมบัติของแสง/>

1.4.2 แม่สีวัตถุธาตุ เป็นสีที่ได้มาจากธรรมชาติ และจากการสังเคราะห์โดยกระบวนการทางเคมี มี 3 สี คือ สีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงิน แม่สีวัตถุธาตุเป็นแม่สีที่นำมาใช้งานกันอย่างกว้างขวาง ในวงการศิลปะ วงการอุตสาหกรรม ฯลฯ (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2559, บทความจากอินเทอร์เน็ต)



ภาพ 2 แม่สีขั้นที่ 1 หรือสีปฐมภูมิ

ที่มา: <https://riendee.wordpress.com/colour-theory/วงจสี/>

1.5 การรับรู้เรื่องสี (Color Perception)

การรับรู้ต่อสีของมนุษย์ เกิดจากการมองเห็น โดยใช้ตา เป็นอวัยวะรับสัมผัส ตาจะตอบสนองต่อแสงสีต่างๆ โดยเฉพาะแสงสว่าง จากดวงอาทิตย์ และจากดวงไฟ ทำให้มองเห็น โดยเริ่มจากแสงสะท้อนจากวัตถุผ่านเข้านัยน์ตา ความเข้มของแสงสว่าง มีผลต่อ การเห็นสี และความคมชัดของวัตถุ หากความเข้มของแสงสว่างปกติ จะทำให้มองเห็นวัตถุชัดเจน แต่หากความเข้มของแสงสว่างมีน้อย หรือ มีมืด จะทำให้มองเห็นวัตถุไม่ชัดเจน หรือพร่ามัว นักวิทยาศาสตร์ได้เคยทำ การศึกษาเกี่ยวกับ ความไวในการรับรู้ต่อสีต่างๆของมนุษย์ ปรากฏว่า ประสาทสัมผัสของมนุษย์ ไวต่อการรับรู้สีแดง สีเขียว และสีม่วงมากกว่าสีอื่นๆ ส่วนการรับรู้ของเด็กเกี่ยวกับสีนั้น เด็กส่วนใหญ่ จะชอบภาพ ที่มีสีสะอาดสดใส มากกว่า ภาพขาวดำ ชอบภาพ หลากๆสีมากกว่าสีแดง และชอบภาพที่เป็น กลุ่มสีร้อนมากกว่าสีเย็น (โกสม สายใจ, 2540) ตาของคนปกติจะสามารถ แยกแยะสีต่างๆได้ถูกต้อง แต่หากมองเห็นสีนั้นๆเป็นสีอื่นที่ผิดเพี้ยนไป เรียกว่า ตาบอดสี เช่น เห็นวัตถุสีแดง เป็นสีอื่นที่มีใช้สีแดง ก็แสดงว่า ตาบอดสีแดง หากเห็นสีน้ำเงินผิดเพี้ยน แสดงว่าตาบอดสีน้ำเงิน เป็นต้น ซึ่งตาบอดสีเป็นความบกพร่องทางการมองเห็นอย่างหนึ่ง บุคคลใดที่ตาบอดสีก็จะเป็นอุปสรรคต่อการทำงานบางประเภทได้ เช่น งานศิลปะ งานออกแบบ การขับรถ ขับเครื่องบิน งานด้านวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

1.6 คุณลักษณะของสี (Characteristics of Colours)

ในงานศิลปะ สี นับเป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่มีความสำคัญมาก โดยเฉพาะในงานจิตรกรรม สีถือเป็นปัจจัยสำคัญ ที่ช่วยให้ศิลปิน สามารถสร้างสรรค์ผลงานได้ตามเจตนารมณ์ ซึ่งคุณลักษณะของสีในงานศิลปะที่ต้องนำมาพิจารณามีอยู่ 3 ประการ คือ

1.6.1 สีแท้ (Hue) หมายถึง ความเป็นสีนั้นๆ ที่มีได้มีการผสมให้เข้มข้น หรือ จางลงสีแท้เป็นสีในวงจรัสสี เช่น สีแดง น้ำเงิน เหลือง ส้ม เขียว ม่วง ฯลฯ

1.6.2 น้ำหนักของสี (Value) หมายถึง ค่าความอ่อนแก่ หรือ ความสว่างและความมืด ของสี โดยแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ

- สีที่ถูกทำให้อ่อนลงโดยผสมสีขาว เรียกว่า สีนวล (Tint)
- สีที่ถูกทำให้เข้มข้นโดยผสมสีดำ เรียกว่า สีคล้ำ (Shade)

1.6.3 ความจัด หรือความเข้มของสี (Intensity) หมายถึง ความสดหรือความบริสุทธิ์ของสีๆหนึ่ง ที่มีได้ถูกผสมให้สีหม่นหรืออ่อนลง หากสีนั้นอยู่ท่ามกลางสีที่มีน้ำหนักต่างค่ากัน จะเห็นสภาพสีแท้สดใสมากขึ้น เช่น วงกลมสีแดง บนพื้นสีน้ำเงินอมเทา

1.6.4 ค่าความเป็นสีกลาง (Neutral) หมายถึง การทำให้สีแท้ที่มีความเข้มของสี นั้นหม่นลง โดยการผสมสีตรงข้าม เรียกว่า การเบรกสี เช่น สีแดงผสมกับสีเขียว หรือผสมด้วยสีที่เป็นกลาง เช่น สีเทา สีน้ำตาลอ่อน สีครีม และขาว เพื่อลดความสดของสีแท้ลง

1.7 หน้าทีของสี

สีมีคุณประโยชน์ต่อโลก และ มนุษย์เรารู้จักการใช้สีมาช้านาน

1.7.1 สีที่มีอยู่ในธรรมชาติ เป็นปรากฏการณ์ที่ธรรมชาติสร้างขึ้นมาเพื่อแสดงถึงความเป็นไป ของสิ่งที่มีอยู่บนโลก ซึ่งสีจะเป็นตัวบ่งบอก สิ่งต่างๆ ได้แก่ ความเปลี่ยนแปลง หรือวิวัฒนาการ ของธรรมชาติ หรือวัตถุธาตุ เมื่อกาลเวลาเปลี่ยนไป สีอาจ กลายสภาพจากสีหนึ่งไปเป็นอีกสีหนึ่ง เช่น การเปลี่ยนสีของใบไม้ ความแตกต่างของชนิด หรือ ประเภทของวัตถุธาตุ ได้แก่ สีของอัญมณี เช่น แร่ไพไรต์มีสีน้ำเงิน แร่มรกตมีสีเขียว แร่ทับทิมมีสีแดง เป็นต้น แบ่งแยกเฉ่าพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ สีผิวของมนุษย์ที่ต่างกัน เช่น คนยุโรปผิวขาว คนเอเชียผิวเหลือง และคนแอฟริกันผิวดำ ดอกไม้ หรือแมลงมีสีหลากหลาย ขึ้นอยู่กับชนิดและเฉ่าพันธุ์ของมัน

1.7.2 สีในงานศิลปะ ทำหน้าที่ เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้งานศิลปะชิ้นนั้นมีคุณค่าทางสุนทรียะ หน้าทีหลักของสีในงานศิลปะ คือ ให้ความแตกต่างระหว่างรูปกับพื้น หรือรูปทรงกับที่ว่าง ให้ความรู้สึกเคลื่อนไหวด้วยการนำสายตาของผู้ดูบริเวณที่สีตัดกันจะดึงดูดความสนใจ ให้ความเป็นมิติแก่รูปทรง และภาพด้วยน้ำหนักของสีที่ต่างกัน ให้อารมณ์ความรู้สึกได้ด้วยตัวมันเอง

1.7.3 สีในด้านกายภาพ สีมักนำมาใช้เพื่อส่งผลต่ออุณหภูมิ เช่น สีดำ จะดูดความร้อนได้มากกว่าสีขาว และด้านความปลอดภัย สีที่สว่างจะช่วยในเรื่องความปลอดภัยได้ดีกว่าสีมืด

1.8 องค์ประกอบสี

1.8.1 สี, เนื้อสี (Hue) คือ ความแตกต่างของสีบริสุทธิ์แต่ละสี เช่น สีแดง สีฟ้า สีเขียว เป็นต้น

1.8.2 น้ำหนักสี (Value/Brightness) คือ ความสว่าง หรืออ่อน-แก่ของสี หรือ การเพิ่มขาว-เติมดำลงในเนื้อสี

1.8.3 ความสดของสี (Intensity/Saturation) หรือระดับความอุดม-ซัดจางของสี (NovaBizz, 2559, บทความจากอินเทอร์เน็ต)

1.9 วงจรสี

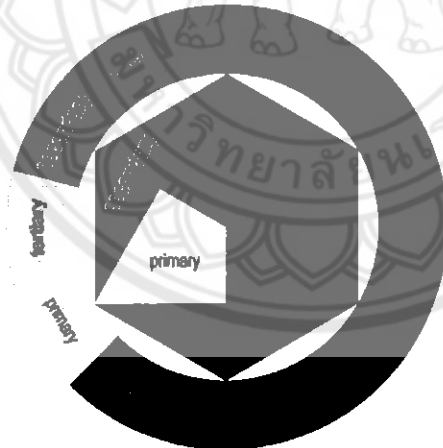
วงจรสี คือ สีที่เกิดจากการผสมกันเป็นคู่ เริ่มตั้งแต่ แม่สี 3 สี แล้วเกิดเป็นสีใหม่ขึ้นมา จนครบวงจร จะได้สีทั้งหมด 12 สี ซึ่งแบ่งสีเป็น 3 ชั้นคือ

1.9.1 สีชั้นที่ 1 (Primary Colours) คือ แม่สี 3 สี ได้แก่ สีแดง เหลือง และน้ำเงิน

1.9.2 สีชั้นที่ 2 (Secondary Colours) คือ สีที่เกิดจากการผสมกันเป็นคู่ๆ ระหว่างแม่สี 3 สี จะได้สีเพิ่มขึ้นอีก 3 สี ได้แก่ สีแดง ผสมกับสีเหลือง ได้สี ส้ม, สีแดง ผสมกับสีน้ำเงิน ได้สีม่วง , สีเหลือง ผสมกับสีน้ำเงิน ได้สีเขียว

1.9.3 สีชั้นที่ 3 (Tertiary Colours) คือ สีที่เกิดจากการผสมกันเป็นคู่ๆ ระหว่างแม่สี 3 สี กับสีชั้นที่ 2 จะได้สีเพิ่มขึ้นอีก 6 สี ได้แก่ สีแดง ผสมกับสีส้ม ได้สี ส้มแดง, สีแดง ผสมกับสีม่วง ได้สีม่วงแดง , สีเหลือง ผสมกับสีเขียว ได้สีเขียวเหลือง , สีน้ำเงิน ผสมกับสีเขียว ได้สีเขียวน้ำเงิน , สีน้ำเงิน ผสมกับสีม่วง ได้สีม่วงน้ำเงิน , สีเหลือง ผสมกับสีส้ม ได้สีส้มเหลือง

1.9.4 สีกลาง (Neutral Colour) คือ สีที่เกิดการผสมสีทุกสี ในวงจรสี หรือ แม่สี 3 สี ผสมกัน จะได้สีเทาแก่ สีทั้ง 3 ชั้น เมื่อนำมาจัดอยู่เป็นวงจรจะได้ลักษณะเป็นวงล้อสี (Art Blog, 2556, บทความจากอินเทอร์เน็ต)



ภาพ 3 วงจรสี

ที่มา: <https://krittayakorn.wordpress.com/2013/03/20/แม่สีและวงจรสี>

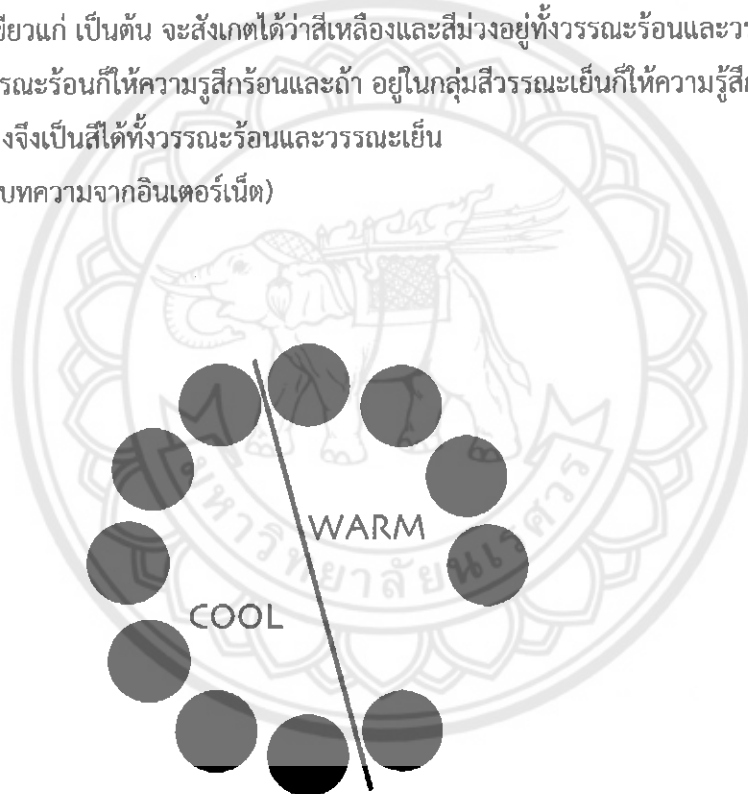
1.10 วรรณะของสี (Tone of Color)

วรรณะสี คือ ความแตกต่างของสีแต่ละกลุ่ม ในวงจรสีโดยแบ่งตามความรู้สึกด้านอุณหภูมิ โดยแบ่งออกเป็น 2 วรรณะ คือ

1.10.1 สีวรรณะร้อน (Warm Tone) ประกอบด้วยสีเหลือง, ส้มเหลือง, ส้ม, ส้มแดง, แดง และม่วงแดง วรรณะร้อนจะไม่ใช้สีสดๆ ในวงจรสีเสมอไป เพราะสีในธรรมชาติย่อมมีสีแตกต่างไปกว่าสีในวงจรสีธรรมชาติอีกมาก ถ้าหากว่าสีใด ค่อนข้างไปทางสีแดงหรือสีส้ม เช่น สีน้ำตาลหรือสีเทาอมทอง ก็ถือว่าเป็นสีวรรณะร้อน

1.10.2 สีวรรณะเย็น (Cool Tone) ประกอบด้วยสีม่วง, ม่วงน้ำเงิน, น้ำเงิน, เขียวน้ำเงิน, เขียวและเขียวเหลือง ส่วนสีอื่นๆ ถ้าหนักไปทางสีน้ำเงินและสีเขียวก็เป็นสีวรรณะเย็น ดังเช่น สีเทา สีดำ สีเขียวแก่ เป็นต้น จะสังเกตได้ว่าสีเหลืองและสีม่วงอยู่ทั้งวรรณะร้อนและวรรณะเย็น ถ้าอยู่ในกลุ่มสีวรรณะร้อนก็ให้ความรู้สึกร้อนและถ้า อยู่ในกลุ่มสีวรรณะเย็นก็ให้ความรู้สึกเย็นไปด้วย สีเหลืองและสีม่วงจึงเป็นสีได้ทั้งวรรณะร้อนและวรรณะเย็น

(NovaBizz, 2559, บทความจากอินเทอร์เน็ต)



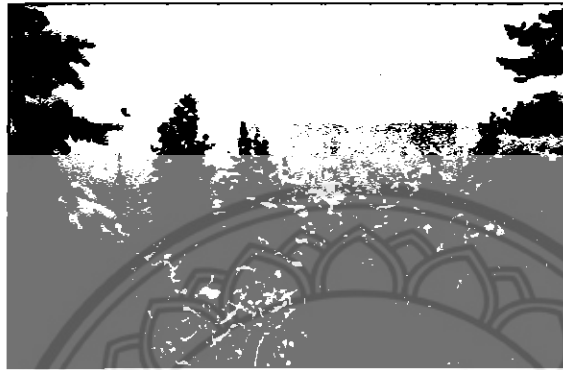
ภาพ 4 วรรณะของสี

ที่มา: http://mathkanchanaburi.blogspot.com/p/blog-page_30.html

1.11 การวางโครงสี

1.11.1 การใช้สีเอกรงค์

การใช้สีเอกรงค์ (monochromatic) เป็นวิธีการใช้สีให้ประสานกลมกลืนง่ายที่สุด เพราะเป็นการใช้สีเดียวทำให้เกิดความหลากหลายมากกว่า 1 สีโดยผสมสีขาวหรือสีดำเข้ากับสีที่มีความอิ่มตัวนั้น



ภาพ 5 การใช้สีเอกรงค์

ที่มา: <https://riendee.wordpress.com/colour-theory/วงจรสี/>

1.11.2 การใช้สีข้างเคียง

การใช้สีข้างเคียง (analogous) เป็นการใช้สี 2 สี หรือมากกว่า ซึ่งเรียงในวงจร โดยยึดสีใดสีหนึ่งเป็นหลักก่อน แล้วนับไปทางซ้ายหรือขวาทางใดทางหนึ่งหรือ 2 ทางสีหลัก และสีข้างเคียงนับรวมกันไม่เกิน 4 สี ถ้าจะให้กลมกลืนก็นับเพียง 3 สีเท่านั้น



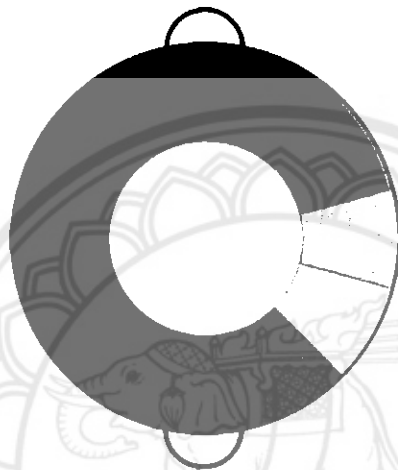
ภาพ 6 การใช้สีคู่ตรงข้าม

ที่มา: http://teerawat-mmd.blogspot.com/2010/09/blog-post_18.html

1.11.3 การใช้สีคู่ตรงข้าม

การใช้สีคู่ตรงข้าม (complementary) คือสีที่อยู่ตรงข้ามกันในวงจรัสสี
การเลือกใช้สีคู่ตรงข้าม จะทำให้งานที่ได้มีความสะดุดตาในการมอง

ควรแบ่งพื้นที่ของสีในภาพของการใช้สีใดสีหนึ่งมากกว่าอีกสีหนึ่ง โดยประมาณ
มักจะใช้สีหนึ่ง 70% อีกสีหนึ่ง อีกสีหนึ่ง 30% ภาพที่ได้ก็จะ คงความมีเอกภาพอยู่ และยังมี
ความเด่นสะดุดตาไปได้ในตัว



ภาพ 7 การใช้สีคู่ตรงข้าม

ที่มา: http://teerawat-mmd.blogspot.com/2010/09/blog-post_18.html

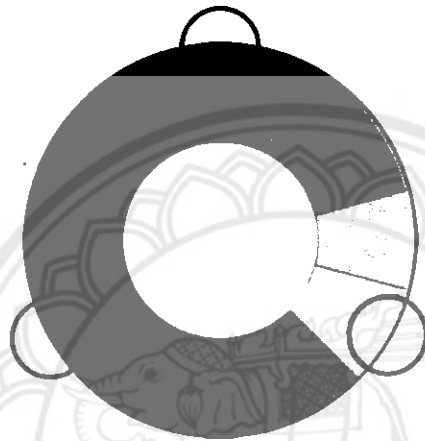


ภาพ 8 การใช้สีคู่ตรงข้ามโดยใช้สีใดสีหนึ่งมากกว่าอีกสีหนึ่ง

ที่มา: http://teerawat-mmd.blogspot.com/2010/09/blog-post_18.html

1.11.4 การใช้สีโครงสร้าง 3 สี (triads)

- เป็นการใช้สี 3 สี ในช่วงห่างระหว่างสีทั้ง 3 เท่ากัน ถ้าลากเส้นระหว่างสีทั้ง 3 สี จะได้สามเหลี่ยมด้านเท่า
- เป็นการใช้สี 3 สี ในช่วงห่างระหว่างสีทั้ง 3 ไม่เท่ากัน คือ มีช่วงห่าง 2 ช่วงเท่ากัน แต่กับอีกด้านหนึ่งช่วงห่างจะมีความยาวกว่า ถ้าลากเส้นระหว่างสีดังกล่าวแล้วจะได้รูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว



ภาพ 9 การใช้สี 3 สี ในช่วงห่างระหว่างสีทั้ง 3 เท่ากัน

ที่มา: http://teerawat-mmd.blogspot.com/2010/09/blog-post_18.html

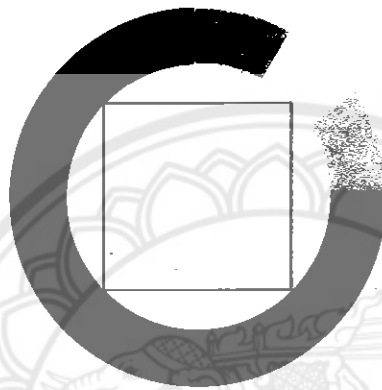


ภาพ 10 การใช้สี 3 สี ในช่วงห่างระหว่างสีทั้ง 3 ไม่เท่ากัน

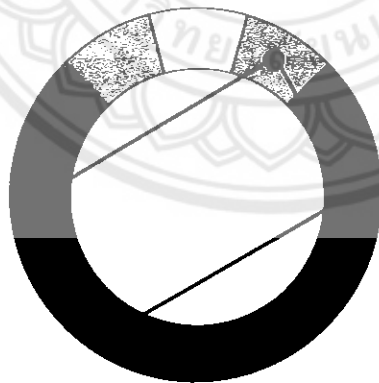
ที่มา: http://teerawat-mmd.blogspot.com/2010/09/blog-post_18.html

1.11.5 การใช้สีโครงสร้าง 4 สี (tetrads)

- การใช้สีในวงจรสี่ 4 สี โดยเลือกสีที่มีช่วงห่างระหว่างสีเท่ากันหมด กล่าวคือถ้าเราลากเส้นเชื่อมสีทั้ง 4 แล้วเราจะได้สี่เหลี่ยมจัตุรัส
- การใช้สีในวงจรสี่ 4 สี โดยเลือกสีที่มีช่วงห่างระหว่างสีไม่เท่ากัน โดยช่วงห่างของ 2 สีเป็นช่วงสั้นและอีก 2 สีเป็นช่วงยาว กล่าวคือถ้าเราลากเส้นเชื่อมสีทั้ง 4 แล้วเราจะได้สี่เหลี่ยมผืนผ้า (Noppadon, 2559, บทความจากอินเทอร์เน็ต)



ภาพ 11 การใช้สี 4 สี โดยเลือกสีที่มีช่วงห่างระหว่างสีเท่ากัน
ที่มา: <http://craftthyme.com/color-schemes-color-wheel-basics-ii/>



ภาพ 12 การใช้สี 4 สี โดยเลือกสีที่มีช่วงห่างระหว่างสีไม่เท่ากัน
ที่มา: <https://www.pinterest.com/pin/554224297870267595/>

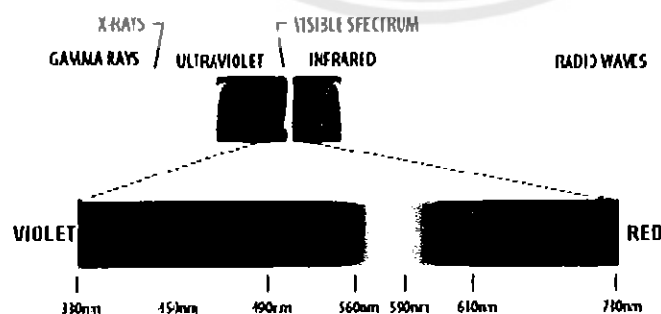
1.12 ทฤษฎีการมองเห็นสีของมนุษย์

แสง (Light)

เป็นจุดเริ่มต้นของการมองเห็น มีความสำคัญต่องานออกแบบทัศนศิลป์ เพราะถ้าปราศจากแสง ก็จะไม่เห็นภาพใด ๆ และถ้าไม่เห็นภาพ ก็ไม่มีศิลปะที่มองเห็นได้ (Visual Art) ผลของแสง จะทำให้มนุษย์ รับรู้สิ่งต่าง ๆ เช่น สี เส้น รูปร่าง รูปทรง น้ำหนัก พื้นผิว อันเป็นส่วนประกอบของการ ออกแบบทัศนศิลป์ (Element of Art) และที่สำคัญที่สุด ก็คือ แสงเป็นส่วนแหล่งกำเนิดของสี ที่นำไปสู่ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมากมาย แสงและสี จะมีความสัมพันธ์กันตลอดเวลา การศึกษาเรื่องสี ต้องศึกษาเรื่องแสง ประกอบด้วย

- รังสีแกมมา (Gamma Rays)
- รังสีเอกซ์ (X-Rays)
- แสงอุลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet)
- แสงสีที่มองเห็นได้ (Visible Color)
- แสงอินฟราเรด (Infrared)
- คลื่นไมโครเวฟ (Microwave)
- คลื่นวิทยุ (Radio Frequency)

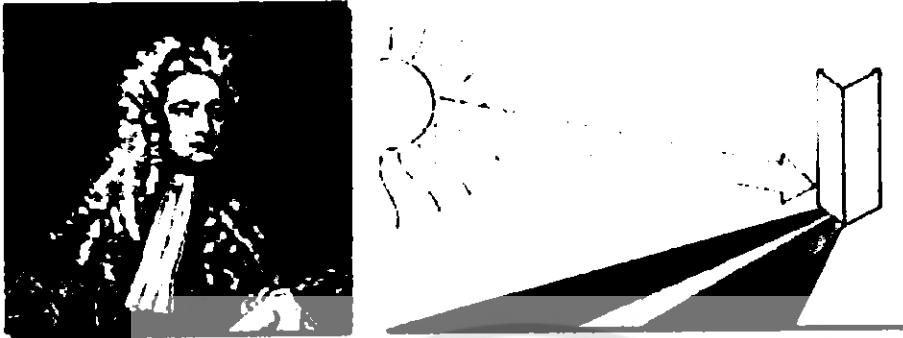
คลื่นเหล่านี้ เรียกรวมว่า Electromagnetic Spectrum โดยแต่ละคลื่น จะมี ความยาวคลื่นต่างกัน โดยคลื่นวิทยุมีความยาวที่สุด คือตั้งแต่ 1 มิลลิเมตร จนถึง หลายกิโลเมตร และรังสีแกมมา มีความยาวน้อยที่สุด คือมีความยาวน้อยกว่า 0.1 นาโนเมตร (1/10,000,000,000 เมตร) ตาของมนุษย์ สามารถรับรู้ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า อยู่ในช่วงแคบ ๆ คือ ช่วงระหว่าง 780 - 380 นาโนเมตร (nm.) ซึ่งช่วงนี้เรียกว่า ช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ (Visible Spectrum / Visible Light) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า “แสง” (Light)



ภาพ 13 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm>

แสงที่มนุษย์มองเห็นได้นี้ มองเห็น เป็น แสง สีขาว (Light White) ซึ่งที่จริงแล้ว แสงสีขาวนี้ ประกอบไปด้วยสี จำนวน 7 สี โดยการค้นพบของ เซอร์ ไอแซค นิวตัน ในปี ค.ศ. 1661



ภาพ 14 เซอร์ ไอแซค นิวตัน และภาพจำลองแสงอาทิตย์ส่องผ่านแท่งแก้ว Prism

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm>

โดย เซอร์ ไอแซค นิวตัน พบว่า แสงอาทิตย์มีสี ต่าง ๆ รวมกันอยู่ เมื่อให้แสงอาทิตย์ส่องผ่านแท่งแก้ว รูปสามเหลี่ยม (Prism) แสงที่ผ่าน ออกมาอีกด้านหนึ่ง จะมี 7 สี ดังที่เห็นในสีรุ้งกินน้ำ เซอร์ ไอแซค นิวตัน จึงได้กำหนดชื่อไว้ดังนี้
Red, Yellow, Orange, Green, Blue, Indigo, Violet
หรือเรียกเป็นชื่อย่อว่า ROY G BIV



ภาพ 15 การเกิดรุ้งกินน้ำ

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm>

แสงที่มองเห็น เป็นสีต่าง ๆ นี้ เกิดจากความยาวคลื่น และความถี่ที่ต่างกัน โดยความยาวคลื่น (Wavelength) เป็นตัวกำหนด สี (Hue) และ Amplitude เป็นตัวกำหนด ความสว่างของสี (Brightness) ความยาวคลื่น ของสีที่มองเห็นมีดังนี้

แสงสีม่วง (Violet) 380 - 450 nm.

แสงสีน้ำเงิน (Blue) 450 - 490 nm.

แสงสีเขียว (Green) 490 - 560 nm.

แสงสีเหลือง (Yellow) 560 - 590 nm.

แสงสีส้ม (Orange) 590 - 630 nm.

แสงสีแดง (Red) 630 - 780 nm.



ภาพ 16 แสงที่ตกกระทบใส่วัตถุและเข้าสะท้อนเข้าดวงตา

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm>

1.13 สีกับปฏิกิริยาการมองเห็น

ปฏิกิริยาของสี (The Effect of Color)

สีมีความเกี่ยวข้องกับ ชีวิตประจำวันของมนุษย์ เกี่ยวข้องกับการมองเห็น ความรู้สึก ความชอบ โดยเฉพาะความรู้สึกทางด้านอารมณ์ของมนุษย์นั้น แตกต่างกันไปตาม พื้นฐานประสบการณ์ สิ่งแวดล้อม และวัฒนธรรม ในบทนี้จะกล่าวถึงปฏิกิริยา ของสี ที่มีต่อมนุษย์ ใน 3 ด้านคือ ด้านศิลปะ ด้านวิทยาศาสตร์ และด้านจิตวิทยา

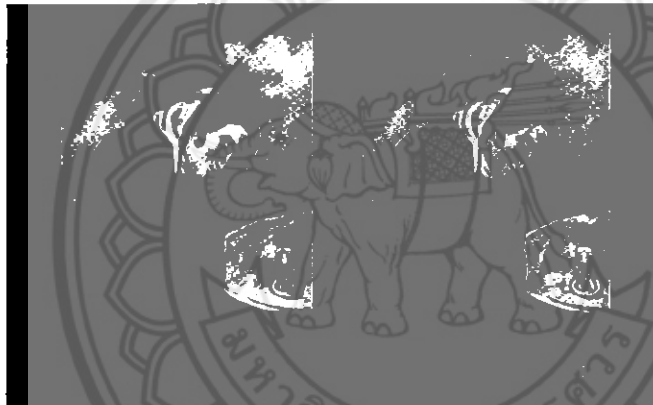
1.13.1 ปฏิกิริยาของสีทางด้านศิลปะ

สีเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของการออกแบบศิลปะ (Element of Design)

ทุกสาขา ซึ่งศิลปิน หรือ นักออกแบบ ใช้ สี เป็น "ตัวกลาง" หรือ "สื่อ" ในการ ถ่ายทอด อารมณ์ ความรู้สึก สร้างสรรค์ ออกมา เป็นงานออกแบบ หรือศิลปะสาขาใด สาขาหนึ่ง แต่สี จะ

บรรลุถึงอารมณ์ ความรู้สึกได้นั้น ต้องสัมพันธ์ กับส่วนประกอบขั้นมูลฐานของศิลปะ ด้านอื่น ๆ ด้วย ซึ่งประกอบด้วย เส้น รูปร่าง รูปทรง พื้นผิว เป็นต้น

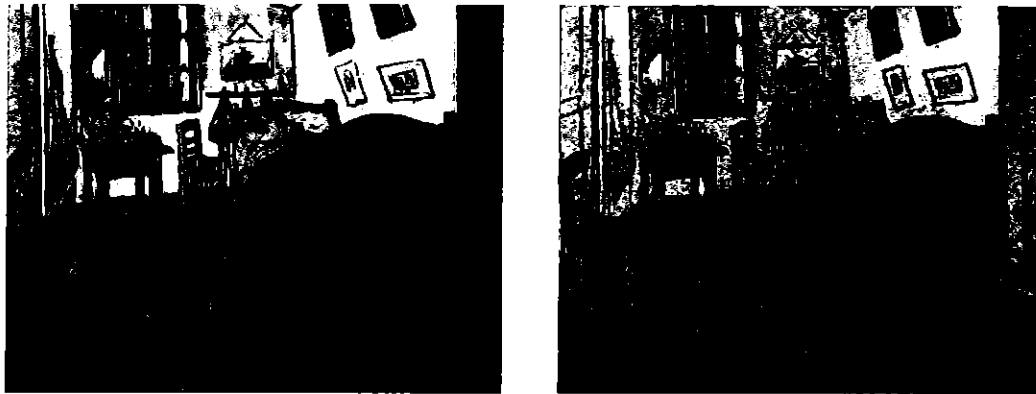
การใช้สี ให้แสดงศักยภาพ ในงานออกแบบ ศิลปะ ให้ประสบความสำเร็จนั้น ต้องมีการวางแผน การใช้ ซึ่งการวางแผนนี้ เรียกว่า การวางโครงสี (Color Schemes) เพื่อให้สี นั้น มีปฏิสัมพันธ์ต่อการมองเห็น ตามจุดประสงค์ ที่กำหนดไว้ แต่ไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัว เกี่ยวกับการใช้ สี หลักเกณฑ์ต่าง ๆ เป็นเพียงแนวทางเท่านั้น เพราะความรู้สึก การรับรู้ ทางด้านสีของมนุษย์นั้น แตกต่างกัน ในบทความนี้จะกล่าวถึง ปฏิสัมพันธ์ของสี ที่มีอิทธิพลโดยตรง ต่อการออกแบบ ทัศนศิลป์ ที่สัมพันธ์กัน กับส่วนประกอบพื้นฐาน ของการออกแบบ (Element of Design) ดังที่ นำเสนอด้วยภาพ ต่อไปนี้



ภาพ 17 ภาพเขียนของปีทัสโซ ในยุค “น้ำเงิน” (Blue Period)

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm>

ภาพด้านซ้ายเป็นภาพต้นฉบับ อยู่ในโทนสีเย็น (Cool Tone) ที่ให้ความรู้สึก เศร้า เยือกเย็น และความไม่สบายแต่ในภาพด้านขวา ได้นำมาเปลี่ยนโครงสี เป็นสีโทนร้อน (Warm Tone) อารมณ์ ความรู้สึก ในภาพจะเปลี่ยนไปดูอบอุ่น และผ่อนคลาย



ภาพ 18 ภาพจิตรกรรมของ แวนโก๊ะ Vincent's Room

ที่มา: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com>

ภาพทางด้านซ้าย ภาพจิตรกรรมของ แวนโก๊ะ ที่เขียนมุมเดียวกัน แต่ต่างเวลา และใช้ความเข้มของสี (Intensity) ต่างกัน พิจารณา อารมณ์ ความรู้สึก ที่ปรากฏ (ภาพซ้าย Vincent's Room", Arles, 1888 ภาพขวา "La chambre de Van Gogh", Arles, 1888)

สีนอกจากจะเกี่ยวข้องกับ อารมณ์ความรู้สึกแล้ว ยังมีบทบาท ที่จะทำให้งานออกแบบนั้น มีการเปลี่ยนแปลง สภาพความเป็นจริงได้ ดังต่อไปนี้



ภาพ 19 อิทธิพลของสีต่อความเปลี่ยนแปลงด้านขนาด

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm>

ด้านขนาด (Size)

สีอ่อน จะให้ความรู้สึกว่ามีขนาดใหญ่ กว้างขวาง

สีเข้ม จะให้ความรู้สึกว่ามีขนาดเล็ก คับแคบ



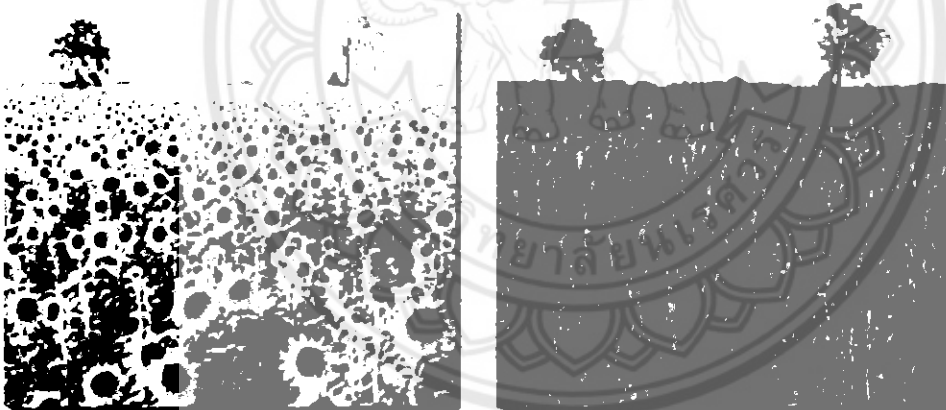
ภาพ 20 อิทธิพลของสีต่อความเปลี่ยนแปลงด้านน้ำหนัก

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm>

ด้านน้ำหนัก (Weight)

สีอ่อน สีวรรณะเย็น จะให้ความรู้สึกว่ามีน้ำหนักเบา

สีเข้ม สีวรรณะร้อน จะให้ความรู้สึกว่ามีน้ำหนักมาก



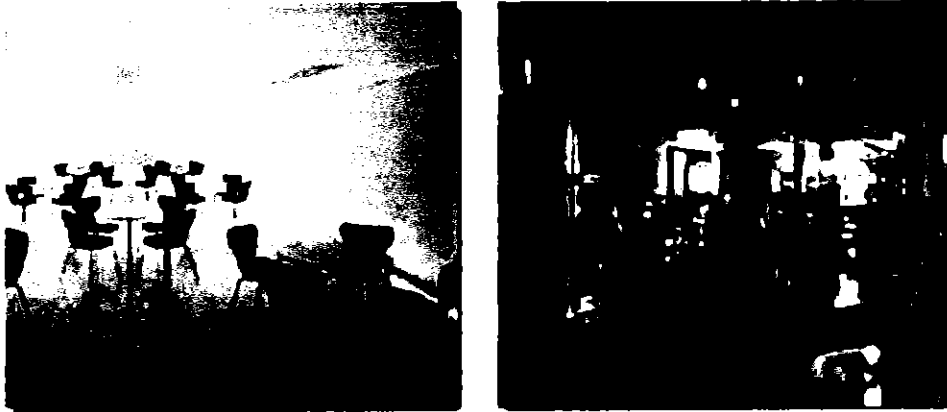
ภาพ 21 อิทธิพลของสีต่อความเปลี่ยนแปลงด้านระยะทาง

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm>

ด้านระยะทาง (Perspective)

สีอ่อน จะให้ความรู้สึกว่ามีระยะทางไกลสายตา

สีเข้ม จะให้ความรู้สึกว่ามีระยะทางใกล้สายตา



ภาพ 22 อิทธิพลของสีต่อความเปลี่ยนแปลงด้านอุณหภูมิ

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm>

ด้านอุณหภูมิ (Temperature)

สีวอร์มร้อน จะให้ความรู้สึกเร้าร้อน ตื่นเต้น ไม่สบายตา

สีวอร์มเย็น จะให้ความรู้สึกสบาย เรียบ สงบ



ภาพ 23 อิทธิพลของสีต่อความเปลี่ยนแปลงด้านความแข็งแรง

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm>

เรื่องความแข็งแรง (Wrenght)

สีตามวัตถุในธรรมชาติ ที่มีความแข็งแรงอยู่ในตัวเอง

หากใช้สีตามวัตถุในธรรมชาตินั้นจะให้ความรู้สึกว่ามีแข็งแรงกว่าสีอื่น ๆ

1.13.2 ปฏิกริยาของสีทางด้านวิทยาศาสตร์

ตาของมนุษย์เราสามารถเห็นสีได้ไม่น้อย กว่า 7 ล้านสี และสีทั้งหลายที่มองเห็นนั้น มีผลต่อ การรับรู้ แต่สิ่งที่ตาเห็นนั้น อาจแปรเปลี่ยนไปไปจากความจริง หรือหลอกตาได้ ตัวอย่างเช่น เมื่อเราเปลี่ยนสายตา จากการจับจ้อง สีใดสีหนึ่ง ไปมองยังสิ่งใหม่ สีเดิมที่ติดต้ามอาจ ทำให้สีของวัตถุใหม่นั้น เปลี่ยน ไปจากสีที่แท้จริงได้ ทั้งนี้เพราะ เกิดจากการ ปรับสภาพของ ดวงตาต่อสิ่งที่ปรากฏ โดยที่เราอาจไม่เคยสังเกต สิ่งเหล่านี้ คือปฏิกริยาของสีทางด้าน การมองเห็น (Visual Effect) ที่สำคัญ มีดังต่อไปนี้

1) ภาพติดตา (After-image)

ปฏิกริยาของสี ที่มีผลกับการมองเห็น ที่สำคัญ ประการหนึ่งก็คือ เรื่องของภาพติดตา (After-image) เช่น ถ้าเราจ้องมองสีใดสีหนึ่ง ประมาณ 30 นาที แล้วเคลื่อนสายตามามอง พื้นกระดาษสีขาว หรือสีเทา ทันทีทันใด เราจะมองเห็น สีคู่ตรงข้าม (Complementary Color) ของสีนั้นปรากฏขึ้นเรื่อย ๆ บนพื้นสีขาว หรือพื้นสีเทานั้น ภาพที่เห็น ภายหลังนี้ เรียกว่า ภาพติดตา (Afterimage)



ภาพ 24 ภาพทดสอบการมอง 1

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm>



ภาพ 25 ภาพทดสอบการมอง 2

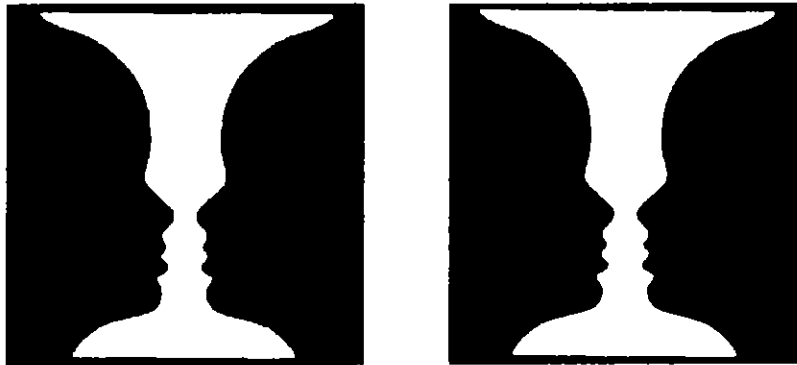
ที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm>

2) สีเปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อม

ปฏิกิริยาของสีที่ส่งผ่านดวงตา มาสู่สมอง ใ้มนุษย์รับรู้ นั้น นอกจากจะรับรู้จาก คุณสมบัติทางกายภาค (Physical Properties) ของสี แล้ว สี ยังมีการแปรเปลี่ยนคุณสมบัติทางการมองเห็น อันเกิดจาก สีที่แวดล้อมตัวมันเอง ด้วย บางลักษณะ อาจเรียกว่า สีลวงตา (Color Illusion) ในธรรมชาติ สีที่สดใส จะสะท้อนแสงได้ดีกว่า และกระตุ้นสายตา ให้สนใจ จับจ้องได้ดีกว่า สีไม่สดใส โดยเฉพาะสีเหลือง เป็นสีที่สะดุดตาที่สุดในจำนวนสี ที่ตามนุษย์มองเห็น (Visible Color) เป็นสีใช้ในการกระตุ้นเตือน เช่น ใช้เป็นเครื่องหมาย ให้ปฏิบัติตามสีที่มีการตัดกันอย่างรุนแรง จะจำแนกแยกแยะ วัตถุได้ชัดเจน กว่าสีกลมกลืน คุณสมบัติทั้งหลาย ของสีต่าง ๆ เหล่านี้ เมื่อนำมาอยู่ร่วมกันแล้ว จะก่อให้เกิดปฏิกิริยา ทางการมองเห็นมากมาย ซึ่งจะมีผลต่องานออกแบบทางทัศนศิลป์ ให้เป็นไปในทางที่ เป็นประโยชน์ หรือส่งผลเสียต่องานออกแบบนั้น



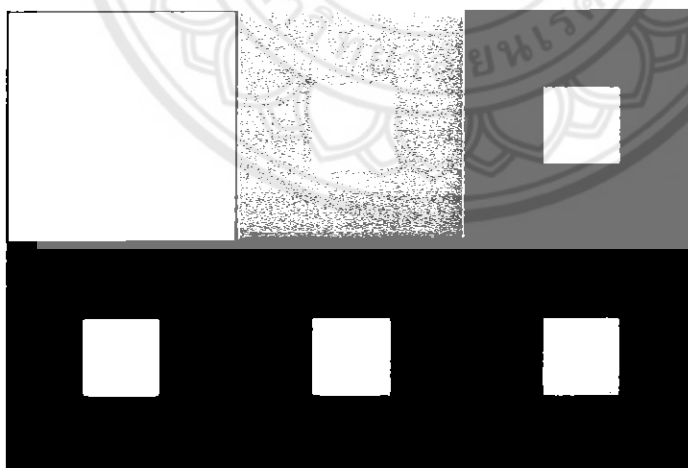
สำนักหอสมุด



ภาพ 26 ภาพทดสอบการมอง 3

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm>

สีคู่ที่ตัดกันอย่างรุนแรง จะแยกรูป และพื้น ออกจากกัน อย่างชัดเจน และกำหนดได้เลยว่า จะมองส่วนใด เป็นภาพ หรือเป็นพื้น (ภาพขวา) ลดความสดใสของทั้ง สองสีลง โดยใช้สีขาวมาผสม ทำให้ ความตัดกัน ลดลง ทำให้รูปและพื้น แตกต่างกันไม่มากนัก มองบิ่น ภาพรวม ทั้งหมด



ภาพ 27 รูปสี่เหลี่ยมสีเหลืองที่มีพื้นหลังแตกต่างกัน

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm>

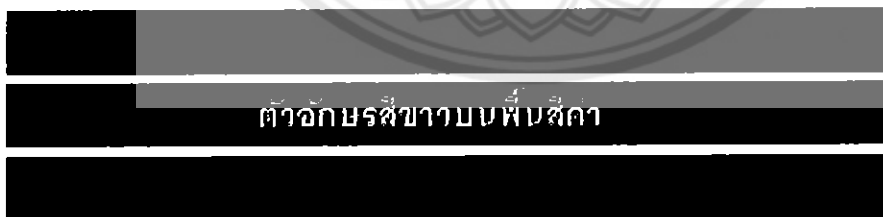
เปรียบเทียบรูปสี่เหลี่ยมสีเหลืองที่ปรากฏบนพื้นหลัง (Background) ที่มีสีแตกต่างกันมีผลทำให้สีเหลือง มีความอ่อนลง สดใส เข้มขึ้น และมีสีอื่นมาปะปน

จากผลของสีกับพื้นหลัง ได้นำมาเป็นแนวทาง หนึ่งใน การออกแบบ กราฟฟิก โดยเฉพาะ การออกแบบ ตัวอักษร พื้นหลัง (Background) มีความสำคัญมาก ที่จะทำให้ ตัวอักษรนั้น มองเห็นชัด อ่านง่าย ดังตัวอย่าง ต่อไปนี้

ตัวอักษรสีดำบนพื้นสีขาว
 ตัวอักษรสีเขียวบนพื้นสีขาว
 ตัวอักษรสีน้ำเงินเข้มบนพื้นสีขาว
 ตัวอักษรสีน้ำตาลบนพื้นสีขาว

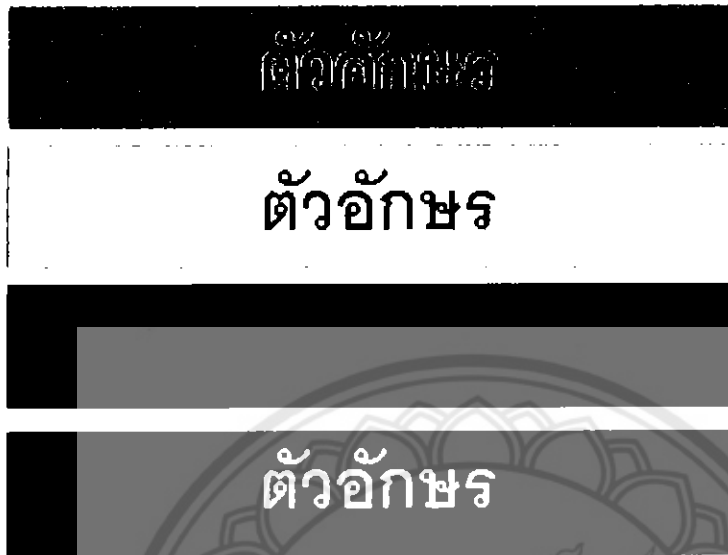
ภาพ 28 สีพื้นหลังที่ทำให้อ่านตัวอักษรได้ดี

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm>



ภาพ 29 สีพื้นหลังที่ทำให้อ่านตัวอักษรได้ยาก

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm>



ภาพ 30 สีพื้นหลังกับตัวอักษรที่เสริมซึ่งกันและกัน

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm>



ภาพ 31 สีสด และสว่างขึ้นโดยใช้สีเข้มตัดเส้น

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm>

1.13.3 ปฏิกริยาของสีทางด้านจิตวิทยา

สี มีอิทธิพลต่อจิตใจมนุษย์ สีแต่ละสี จะให้ความรู้สึก ที่แตกต่างกัน บางคนสามารถ เลือกใช้สีได้ ถูกต้อง กับโอกาส เวลา สถานที่ วัฒนธรรมประเพณี และสมัยนิยม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ ความรู้ ประสบการณ์ รสนิยม ลักษณะนิสัย เพศ ความชอบของแต่ละบุคคล ตลอดจนความเชื่อ ของแต่ละเชื้อชาติ ศาสนา เช่น ชาวจีน ชอบสีแดง เพราะถือว่า สีแดงมีอำนาจ ชาวตะวันตกชอบสีแดงเลือดนก เพราะ ถือว่าสีแดง แสดงถึงความเป็นผู้ดี ความสูงศักดิ์ สุภาพสตรีนิยมสวมใส่เสื้อผ้าสีสดใส สุภาพบุรุษนิยม สวมใส่เสื้อผ้าสีเรียบ ๆ เป็นต้น แต่ถึงแม้ความรู้สึกในเรื่องสี ของมนุษย์ จะแตกต่างกันออกไป ตามสาเหตุดังกล่าว แต่ความรู้สึกโดยรวมแล้ว สีจะมีอิทธิพลทั้งทางด้านดี และทางด้านไม่ดี ก่อให้เกิด สัญลักษณ์ วัตถุ หรือสิ่งของที่เกี่ยวเนื่อง ดังตาราง ต่อไปนี้ (Rmutphysics, 2550, บทความจากอินเทอร์เน็ต)

สี	ความหมายในทางที่ดี	ความหมายในทางไม่ดี	สัญลักษณ์ วัตถุ ที่เกี่ยวเนื่อง
สีเทา	ความสุภาพ, ความสงบนิ่ง, ความเป็นไปได้, ความมั่นคง, ความไว้วางใจ, ความซื่อสัตย์, ความซื่อสัตย์, ความยุติธรรม	ความโศกเศร้า, การเสื่อมถอย, น่าเบื่อ	ปัญญา, อนาคต, อนุรักษ์นิยม, อนาคต, ปฏิวัติ, สงบ, สื่อนำโชค
สีม่วง	ความบริสุทธิ์, ความไร้เดียงสา, ความรัก, ความฉลาด, ความสงบนิ่ง, ความเยือกเย็น, ความสะอาด, การปราศจากเชื้อโรค, ความตราบาป, ความอ่อนน้อมต่อตนเอง, ความเท็จตรง, ความดี	ความอ่อนแอ, การเจ็บป่วย, ความตาย, ความโศกเศร้า	พระมหากษัตริย์, ราชินี, การกำเนิด, ผู้หญิง, มิตรภาพ, นางพยาบาล, เกี่ยวกับคลินิก, สันติภาพ, หิมะ, เซารุ่น, กุหลาบ, ความเย็น, ความใหม่
สีดำ	อำนาจ, ความฉลาด, ความเป็นเลิศ, ความสูงส่ง, ความร่ำรวย, ความดีใจ, ความมีเสน่ห์, ความเป็นอมตะ	ความลับซ้อน, ความลึกลับ, ความเจ็บ, ความกลัว, การปกปิด, ความน่ากลัว, ความขมขื่น, ความทุกข์, ความเศร้า, ความหมอง, ความเศร้าโศก, ความโกรธ, ความลึกลับ	ความมืด, เกี่ยวกับงู, ความตาย, ไม้ดำ

ภาพ 32 อิทธิพลของสี

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm>

สี	ยุโรปอเมริกา	จีน	ญี่ปุ่น	ตะวันออกกลาง
สีแดง	อันตราย ความโกรธ, หุนหัน	ความทุกข์ กลัว, ความขมขื่น	อันตราย ความโกรธ,	อันตราย ปีศาจ
สีเหลือง	ระวัง ชีวิต	เกียรติยศ ความศักดิ์	สง่า, ผู้ดี ให้ตั้งสง่า	ความสุข ความมั่งคั่ง
สีเขียว	ความ ปลอดภัย ปลอดภัย	เจริญ เจริญเติบโต	เงินทอง ความ มีเงิน	ความสมบูรณ์ ความแข็งแรง
สีขาว	ความบริสุทธิ์ ความต	ความเศร้า ความขมขื่น	ความเศร้า ความตาย	ความบริสุทธิ์ ความตาย
สีน้ำเงิน	ความเป็นอยู่ อำนาจ ความสงบ	ความชั่วร้าย	ความเศร้า ความตาย	-
สีดำ	ความตาย ปีศาจ	ปีศาจ	ปีศาจ	ปีศาจ ความมืดมิด

ภาพ 34 อิทธิพลของสีในแต่ละเชื้อชาติ

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm>

1.14 การมองเห็นสีและตาบอดสี

การมองเห็นสีต่างๆได้นั้น (color vision) ได้นั้นเพราะจอประสาทของมนุษย์ดูดซึมคลื่นแสงต่างๆ เข้าสู่จอประสาทตาได้ แสงสว่างที่มนุษย์สัมผัสได้โดยประสาทตานั้น เป็นแสงสว่างที่มีคลื่นแสงช่วงที่มีความยาวคลื่นระหว่าง $4.1 \cdot 10^{-7}$ ถึง $6.5 \cdot 10^{-7}$ เมตร หรือ 400 - 750 หรือ 380 - 760 MU

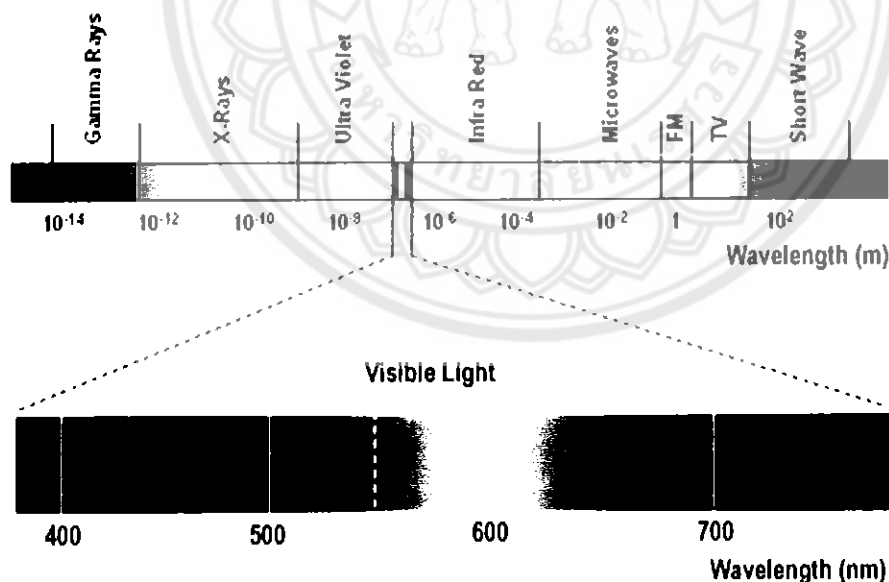
ในกระบวนการที่มนุษย์มองเห็นนี้เป็นแสงสีขาว ซึ่งประกอบด้วยสีต่างๆ เพื่อนำระดับโลกให้สวยงาม ดังนั้นแสงจากดวงอาทิตย์หรือดวงไฟจึงเป็นแสงสีขาวเซอร์ไอแซคนิวตัน พบว่าเมื่อให้แสงสีขาวผ่านปริซึมเป็นแท่งแก้วที่พื้นหน้าตัดเป็นรูปสามเหลี่ยม จะสามารถแยกแสงออกมาได้ 7 สี ซึ่งมีความยาวคลื่นต่างกัน แสงสีทั้ง 7 สี คือ แดง แสด เหลือง เขียว น้ำเงิน คราม ม่วง ถ้าหากความยาวคลื่นแสงยาวกว่า หรือสั้นกว่านั้น ประสาทตามนุษย์รับไม่ได้ และเป็นที่น่าสังเกตว่าสีต่างๆ เหล่านี้มีไข้แยกจากกันได้โดยเด็ดขาดแต่จะค่อยๆ เฝื่อนไปจากเดิม แล้วกลืนเข้าสู่สีใหม่ตลอดทั้ง 7 สี



ภาพ 35 แสงสีขาวผ่านปริซึม

ที่มา: <http://www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm>

การที่แสงสีขาวผ่านปริซึมแล้วแยกออกไปสีต่างๆนั้น เป็นเพราะสีต่างๆ มีความถี่ของคลื่นแสงต่างกัน จึงทำให้ความสามารถของคลื่นแสงในการผ่านปริซึมได้ไม่เท่ากันทำให้ทิศทางของแสงสีในแท่งแก้วปริซึม เบี่ยงแยกออกจากกัน เรียกว่า การหักเหของแสง (Refraction) อาจบอกได้ว่าการหักเหของแสงจะมากน้อยเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับความถี่ ของคลื่นแสง และสมบัติของตัวกลางที่แสงผ่าน สมบัติของวัตถุ หรือตัวกลางนี้มีค่าที่เรียกว่า ดัชนีหักเหของวัตถุ (Refractive Index) ที่กล่าวมาพูดถึงแสงสีขาวที่แยกออกมาเป็น 7 สี แต่ยังไม่ได้หมายถึงวัตถุที่เป็นสี เช่น เลื่อยสีแดง กระดาษสีเหลือง หรือหน้ากระดาษขาวที่มีตัวอักษรสีดำก็มีสีที่บอกได้ว่าสีอะไร ทั้งๆที่ตัววัตถุเองไม่มีแสงสว่างในตัวเอง แต่ที่มีสีต่างๆกันได้ก็เพราะกระดาษขาวเป็นตัวสะท้อนแสงที่ดีที่สุด สะท้อนทุกสีมาเข้าตา สีนัยน์ตาของมนุษย์ของเราไวที่สุดต่อแสงสีเขียว และสีเขียวอมแกมเหลือง แสงที่มีขนาดแสงถัดจากแสงสีแดงนั้น จะมีความยาวคลื่นแสงยาวกว่าคลื่นแสงสีแดง นัยน์ตาของมนุษย์เราไม่สามารถมองเห็นได้ เรียกว่า รังสีแสงใต้แดง (Infared Raye หรือ Dark heat rays) แสงชนิดนี้ไม่จัดเข้าอยู่ในพวกแสงสว่าง เพราะจอประสาทตาของมนุษย์ไม่สามารถรับรู้ความรู้สึกได้ ส่วนแสงที่มีความยาวคลื่นแสงถัดจากแสงสีม่วง จะมีแสงที่มีความยาวคลื่นแสงสั้นกว่าคลื่นแสงสีม่วงนั้น นัยน์ตาของมนุษย์เราไม่สามารถแลเห็นได้เช่นกัน เรียกรังสีนี้ว่า รังสีเหนือม่วง (Ultra Violet Rays หรือ Dark Chemical Rays)



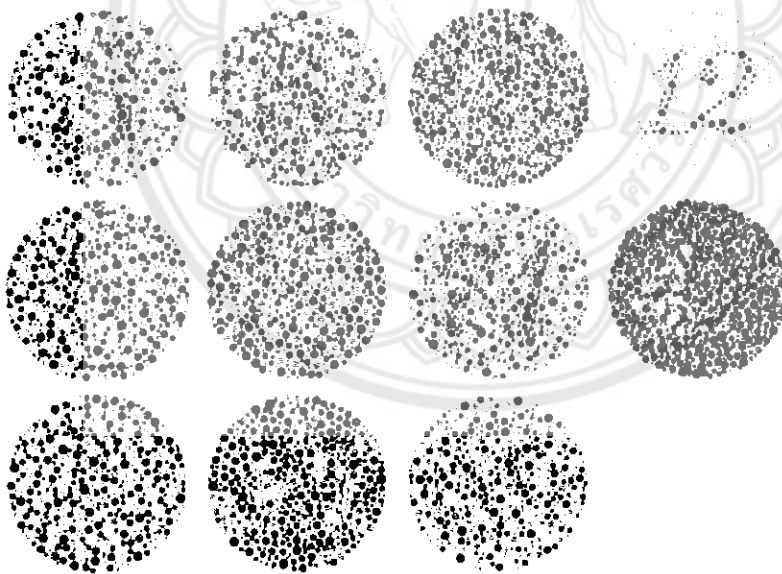
ภาพ 36 แสงกับความยาวคลื่น

ที่มา: <https://www.slideshare.net/KongratSuntornrojpatana/system-lighting>

อวัยวะที่เกี่ยวกับการมองเห็น (Organ of Vision) ของร่างกายมนุษย์นั้นเมื่อสัมผัสกับคลื่นแสงของรังสี อินฟราเรดหรือรังสีอัลตราไวโอเล็ต นั้นได้รับอันตราย โดยเฉพาะรังสีอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งเป็นรังสีที่มีความยาวคลื่นแสง มากกว่ารังสีอินฟราเรด ซึ่งเป็นรังสีที่มีความยาวคลื่นแสงสั้น (Long Ultraviolet And Short infrared) ดังนั้นเราสามารถป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้โดยการสวมแว่นตา ที่ฉาบสารเคมีไว้ที่ผิวเลนส์ เลนส์ชนิดนี้คือเลนส์ ยู . วี . เอ็กซ์ . (U.V.X. Lense) (Hiluxoptical, 2553, บทความจากอินเทอร์เน็ต)

1.14.1 ตาบอดสี (Color blindness)

เป็นภาวะ หรือบางคนเรียกว่าเป็นโรค ที่ตามองเห็นสีบางสีผิดไปจากคนปกติ ไม่ใช่ไม่เห็นสี เช่น คนตาบอดสีแดง ไม่ใช่ว่าเขาจะไม่เห็นสีแดงของวัตถุเลย เพียงแต่เขาอาจเห็นวัตถุ นั้นเป็นสีเทา และเนื่อง จากเขาถูกสอนตั้งแต่เด็กว่าวัตถุนั้นสีแดง (ทั้งๆที่เขาเห็นเป็นสีเทา) คนตาบอดสีแดงจึงบอกสีแดงได้ถูกต้อง เมื่อรับการตรวจวินิจฉัยว่าตาบอดสีแดง จึงไม่ยอมรับ เพราะก็บอกได้ว่า นั้นเป็นสีแดง ซึ่งความสามารถในการเห็น และการแยกความแตกต่างของสีต่างๆ นอกจากเกิดจากความปกติของเซลล์รับรู้การเห็นสี (Photo receptor cell) แล้ว ยังต้องอาศัยประสบการณ์เรียนรู้ด้วย ตาบอดสี เป็นภาวะพบได้บ่อยภาวะหนึ่ง พบได้บ่อยกว่าในผู้ชาย โดยในผู้ชายพบภาวะนี้ได้ประมาณ 8% ของประชากรทั้งหมด แต่พบในผู้หญิงได้เพียงประมาณ 0.4%



ภาพ 37 ทดสอบตาบอดสี

ที่มา: <http://haamor.com/th/ตาบอดสี>

1.14.1.1 กลไกการเห็นสี

การที่คนมองเห็นสีต่างๆได้ เป็นเพราะภายในจอตามีเซลล์รับรู้การเห็นสี (Photoreceptor) จะเห็นเป็นสีอะไรขึ้นอยู่กับว่ามีแสงสีอะไรมากระทบตา คลื่นแสงที่คนมองเห็นได้ เป็นคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นขนาด 400-700 นานอมิเตอร์ (Nanometre) คลื่นแสงที่มีขนาดยาวกว่า 700 นานอมิเตอร์ ได้แก่ แสงอินฟราเรด (Infra red ray) คลื่นไมโครเวฟ (Microwave) คลื่นวิทยุ คลื่นโทรทัศน์ ส่วนคลื่นแสงที่สั้นกว่า 400 นานอมิเตอร์ ได้แก่ แสงอัลตราไวโอเล็ต หรือแสงยูวี (Ultraviolet light หรือ UV light) รังสีเอกซ์ (X-ray,เอกซเรย์) และรังสีแกมมา (Gamma ray) ซึ่งตาคนเรามองไม่เห็น เนื่องจากจอตาคนเราไม่มีเซลล์รับรู้การเห็นสีนั้นๆ คลื่นแสงขนาด 400-700 นานอมิเตอร์จะให้สีออกมาต่างหาก เช่น ขนาด 450 ให้สีน้ำเงิน และขนาด 700 ให้สีแดง บางคนอาจแฉงคลื่นขนาด 400-700 ออกเป็น 7 สี ดังเช่น Sir Isaac Newton นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ เป็นคนแรกที่ใช้แก้วปริซึมแยกแสงแดดซึ่งเป็นแสงสีขาวออกมาเป็นสีรุ้ง ซึ่งท่านจินตนาการว่านับได้ 7 สี ทำให้ทุกวันนี้เราก็คงว่ารุ้งประกอบด้วยสี 7 สี ได้แก่ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง เชื่อกันว่าคนโบราณถือว่าเลข 7 เป็นเลขศักดิ์สิทธิ์ เช่น สัปดาห์ต้องมี 7 วัน ใบหน้าคนเรามีช่อง 7 ช่อง (หู ตา จมูก ปาก) นิวตันจึงพยายามนับสีรุ้งให้เป็น 7 สีดังกล่าว ในความเป็นจริงคลื่นแสงขนาด 400-700 นานอมิเตอร์ จำแนกให้ละเอียดได้ถึง 100 สีหรือมากกว่านั้น ดังเช่นอุปกรณ์ตรวจสอบสภาพการเห็นสีชนิดหนึ่งที่เรียกว่า Farnsworth Munsell 100 hue test ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยสีต่างๆ 100 สีไม่ซ้ำกัน การเห็นสีนอกจากเกิดจากคลื่นแสงสีต่างๆมากระทบตาแล้ว ยังอยู่ที่เซลล์รับรู้การเห็นสีในจอตา โดยจอตาของคนเรามีเซลล์รับรู้การเห็นอยู่ 2 ชนิด

1) ชนิดแรก มีรูปร่างเป็นแท่ง เรียกว่า รอด (Rod) หรือเซลล์รูปแท่ง มีอยู่ประมาณ 125 ล้านเซลล์ในดวงตาแต่ละข้าง เซลล์กลุ่มนี้จะกระจายอยู่บริเวณขอบๆของจอตา (Retina periphery) ทำหน้าที่มองเห็นในที่สลัวๆและเห็นเป็นภาพขาวดำ ผู้ที่มีโรคจอตาเสื่อมบริเวณขอบๆจอตา ทำให้เซลล์รูปแท่งนี้ถูกทำลายไป เช่น คนที่ขาดวิตามินเอ ทำให้เกิดภาวะตาฟางกลางคืน (Night blindness) ซึ่งเซลล์รูปแท่งนี้ไม่มีส่วนเกี่ยวกับการเห็นสี

2) ชนิดที่สอง มีรูปร่างเป็นรูปกรวย เรียกว่า โคน (Cone) หรือเซลล์รูปกรวย คนเราจะมีประมาณ 6-7 ล้านเซลล์ในดวงตาแต่ละข้าง จะมีหนาแน่นบริเวณจอตาส่วนกลางที่เรียกว่าจุดภาพชัด (Macula) ทำหน้าที่ในการมองเห็นในที่ที่มีแสงสว่าง มองเห็นทั้งภาพขาวดำและภาพสี ถ้าผู้ใดมีโรคจอตาส่วนกลางเสื่อม จึงทำให้ตามัวลงมากพร้อมทั้งมีการเห็นสีผิดไป เรียกกันว่า ตาฟางกลางวัน (Day blindness) เซลล์รูปกรวยในตาคนเรามีอยู่ 3 ชนิด คือ

- เซลล์รูปกรวยสีแดง (Red cone) มีอยู่ในตาข้างละประมาณ 3 ล้านเซลล์ มีสารสีแดงอยู่ในตัว ดูดซึมแสงที่มีความยาวคลื่นขนาด 400-700 แต่จะดูดซึมได้ดีที่สุดที่ 570 นานอมิเตอร์
- เซลล์รูปกรวยสีเขียว (Green cone) มีจำนวนพอกับเซลล์รูปกรวยสีแดง มีสารสีเขียวที่ดูดซึมแสงขนาด 400-650 โดยดูดซึมคลื่นแสงขนาด 540 นานอมิเตอร์ได้ดีที่สุด
- เซลล์รูปกรวยสีน้ำเงิน (Blue cone) มีอยู่ในตาข้างละประมาณ 1 ล้านเซลล์ ภายในมีสารสีน้ำเงิน ดูดซึมแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วง 380-500 และดูดซึมขนาด 400 นานอมิเตอร์ได้ดีที่สุด

อนึ่ง ความสามารถในการเห็นและแยกแยะสีต่างๆออกจากกันได้ดีแค่ไหน นอกจากอยู่ที่การทำงานของเซลล์รูปกรวยสีต่างๆในจอตาเราแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นที่มาเกี่ยวข้อง เช่น

- ตาคนเราปรับอยู่ในสภาพ เช่น ถ้าตาอยู่ในที่สว่างมาก (Light adapt) จะมองเห็นสีเหลือง เหลืองอมเขียว สีส้มดูสว่างกว่า สีน้ำเงิน สีเขียว และสีแดง ในทางตรงข้าม ถ้าตาเราปรับอยู่ในที่สลัว (Dark adapt) จะเห็นสีน้ำเงิน และสีเขียวดูสว่างกว่า ดังนั้นสภาพสตรีไปงานกลางคืน ถ้าจะให้ดูสว่างเด่นกว่าผู้อื่นจึงควรแต่งกายด้วยชุดออกสีน้ำเงิน
- ความเมื่อยล้าและภาพติดตา (Fatigue and after image) เช่น ถ้าส่องไฟสีแดงเข้าตา ทำให้เซลล์รูปกรวยสีแดงถูกกระตุ้นหลายๆวินาที เซลล์รูปกรวยสีแดงจึงเมื่อยล้า จึงดูเหมือนว่าเซลล์รูปกรวยสีเขียวและสีน้ำเงินทำงานได้ดีกว่า จึงมองเห็นสีแดงเป็นสีเขียวหรือน้ำเงิน และเมื่อปิดไฟสีแดง เซลล์รูปกรวยสีแดงจะไม่ถูกกระตุ้น แต่ยังมีภาพติดตาอยู่ จึงยังมองเห็นอะไรเป็นสีเขียว สีน้ำเงิน ทั้งๆที่ไม่มีแสงอะไร
- สีข้างเคียงมีส่วนทำให้สีที่เรามองดูเปลี่ยนไป เพราะเซลล์รูปกรวยสีที่เรามองจะถูกกระตุ้น ในขณะที่เซลล์รูปกรวยสีเดียวกันในบริเวณใกล้เคียงจะถูกกด เช่น ภาพสีชมพูที่วางบนพื้นสีแดง(สีชมพูเกิดจากสีแดงรวมกับสีน้ำเงิน) เมื่อเรามองพื้นสีแดง เซลล์รูปกรวยสีแดงถูกกระตุ้น มีผลให้เซลล์รูปกรวยสีแดงในสีชมพูถูกกด จึงเห็นสีชมพูออกเป็นสีน้ำเงินมากกว่าเป็นต้น
- ลักษณะเฉพาะบางอย่างภายในดวงตา เช่น แก้วตา จะดูดซึมสีม่วง สีน้ำเงินมาก จึงมองอะไรค่อนข้างออกสีเหลือง แตกต่างจากดวงตาที่ไม่มีแก้วตา ที่จะมองเห็นสีม่วง สีน้ำเงินได้ชัดเจน หรือในบริเวณจุดภาพชัด (Macula) จะมีสารสีเหลืองมากในเซลล์ ดังนั้นถ้ามีแสงสีเหลืองมากระทบ หรือใส่แว่นเลนส์สีเหลือง จะช่วยให้เรามองเห็นสีภาพต่างๆชัดเจน เป็นต้น

1.14.1.2 คนตาบอดสีมีปัญหาในการมองเห็นอย่างไร

ในชีวิตประจำวัน แม้จะมองเห็นสีผิดเพี้ยนไป อาจไม่มีปัญหา

มีผู้ศึกษาพบว่าประมาณ 70% ของคนตาบอดสี อาจเกิดความยุ่งยากในการตัดสินใจเกี่ยวกับการเลือกสีของสิ่งของอยู่บ้าง โดยเฉพาะผู้ที่บอดสีแดง - เขียวจะรุนแรงกว่าผู้ที่พร่องสีแดง - เขียว มีปัญหาในการตัดสินใจว่าผลไม้ที่สุกหรือใกล้สุก การเลือกไหมสีต่าง ๆ ในการตัดเย็บผืนผ้า การเลือกสีเสื้อผ้าผืนผ้า เลือกสีเฟอร์นิเจอร์ และสีทามผนังผืนผ้า เด็กนักเรียนอาจเลือกรายภาพวาดผิดไป แม้แต่การขับรถในบางประเทศจะไม่ออกใบขับขี่ให้ผู้ที่มีตาบอดสี เนื่องจากกลัวว่าจะมองสัญญาณไฟจราจร ตลอดจนไฟท้ายรถยนต์ไม่ชัดเจน เท่าที่ทราบบ้านเราจะผ่อนลงบ้างโดยอนุญาตคนตาบอดสีขับรถส่วนบุคคลได้ แต่ก็ยังห้ามสำหรับขับซิ่งสาธารณะ

1.14.1.3 แก้วตาบอดสีได้อย่างไร

ภาวะตาบอดสี เป็นภาวะที่รักษาไม่ได้ ไม่อาจหาเซลล์รูปกรวยสีต่างๆมาทดแทนเซลล์รูปกรวยสีต่าง ๆ ที่ขาดหายไป คนตาบอดสีจึงมักแยกสีที่ใกล้เคียงกันไม่ได้ แต่บางครั้ง อาจใช้แว่นซึ่งมีเลนส์บางชนิดเป็นตัวช่วยกรองแสง บางสีออกไป เพื่อช่วยให้เห็นสีต่างๆได้ชัดเจน

คนตาบอดสีแดงไม่สามารถแยกสีแดง และสีส้ม ออกจากสีเขียวได้ แต่ถ้าใช้แว่นกรองสีแดงออกจะเห็นสีเขียวชัดเจนเพราะสีเขียวจะเด่นขึ้นมา หลักการก็คือ เพิ่มความเข้มของสีหนึ่งให้ต่างจากอีกสีหนึ่ง ทำให้ผู้นั้นเห็นความแตกต่างของสี คนตาบอดสีแดง จึงใช้แว่นเลนส์สีน้ำตาลช่วยให้เห็นสีแดงเด่นชัดขึ้น จึงแยกจากสีเขียวได้ง่าย เพื่อช่วยในการสอบใบขับขี่ เป็นต้น

สำหรับคนตาบอดสีเขียว การใช้แว่นที่มีเลนส์สีเขียวไม่สามารถทำให้สีของสีเขียวเด่นขึ้นมาได้ เพราะแสงสีเขียวผ่านเลนส์ได้ยาก อีกทั้งการลดแสงสีอื่นๆ จะทำให้มองภาพมัวลงไป จึงไม่เหมาะที่จะใช้เลนส์สีเขียวแก่ภาวะตาบอดสีเขียว

อย่างไรก็ตาม การใช้แว่นกรองแสงบางสี ไม่ได้ทำให้คนตาบอดสีนั้นๆ เห็นสีเหมือนคนปกติ เพียงแต่ช่วยให้เขาแยกสีได้ดีขึ้นขณะใช้แว่นกรองแสงบางสีเท่านั้น

อนึ่ง ผู้ป่วยตาบอดสีจากสาเหตุที่เกิดในภายหลังไม่ใช่เกิดแต่กำเนิด การดูแลรักษาตาบอดสีคือการดูแลรักษาโรคที่เป็นสาเหตุ ซึ่งบางครั้งอาจช่วยให้การเห็นสีดีขึ้น แต่บางครั้งการรักษาไม่ได้ผล อย่างไรก็ตาม การดูแลรักษาสาเหตุจะช่วยป้องกันหรือช่วยชะลอโอกาสเกิดตาบอดสีได้

1.14.1.4 ตาบอดสีมีกี่ชนิด

ภาวะตาบอดสีมี 2 ชนิด ชนิดที่พบได้บ่อยมากกว่า และเป็นเกือบทั้งหมดของตาบอดสี คือตาบอดสีชนิดเกิดแต่กำเนิด (โดยทั่วไปเมื่อพูดถึงตาบอดสี จะหมายถึงตาบอดสีจากสาเหตุนี้ ซึ่งรวมทั้งในบทความนี้ด้วย) มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่เกิดในภายหลัง จากมีโรคในบริเวณจุดภาพชัด Macula จากมีการทำลายเซลล์รูปกรวยเกือบทุกชนิดไปเรื่อยๆตามสภาวะของโรคต่างๆที่เป็นสาเหตุ เช่น จากโรคเบาหวานขึ้นตา

ภาวะตาบอดสีชนิดเกิดแต่กำเนิด เป็นภาวะถ่ายทอดทางพันธุกรรม เป็นที่รู้จักกันมาหลายร้อยปีแล้ว มักเป็นในผู้ชาย โดยเป็นโรคถ่ายทอดมากับ X chromosome (โครโมโซม) ของฝ่ายแม่/ฝ่ายหญิง กล่าวคือ แม่เป็นพาหะของโรค นำโรคไปสู่ลูกชาย John Dalton นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ เป็นผู้อธิบายในเรื่องตาบอดสี จึงเรียกภาวะตาบอดสีจากพร่องสีแดง-เขียว ซึ่งเป็นภาวะที่พบได้บ่อยว่า Daltonism ตามชื่อของ Dalton

ภาวะตาบอดสีแต่กำเนิด แบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆ 3 กลุ่ม คือ

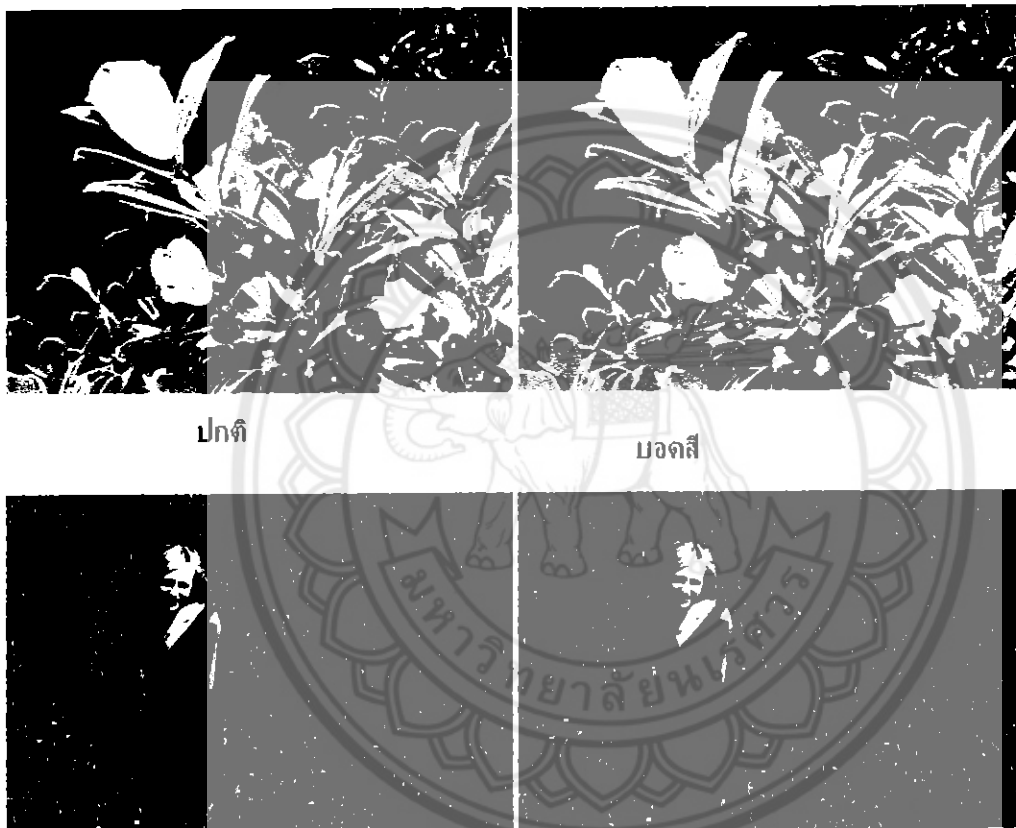
1) กลุ่มที่เห็นสีเดียว (Monochromatism) เป็นผู้มีแต่เซลล์รูปแท่ง ไม่มีเซลล์รูปกรวยเลย หรือบางรายมีเซลล์รูปกรวยสีน้ำเงินชนิดเดียว กลุ่มนี้จะเห็นเพียงภาพขาวดำ สายตามักมัวมากจนมองไม่เห็นสี ตาสู้แสงไม่ได้ ลูกตากลิ้งกลอกไปมาตลอดเวลา (Nystagmus) ผู้ป่วยกลุ่มนี้แพทย์ให้การรักษาโดยมุ่งที่การช่วยเหลือให้มองเห็นดีขึ้น การเห็นสีเป็นไปได้ แพทย์จึงมักไม่คำนึงถึงเรื่องการเห็นสีเลย

2) กลุ่มที่มีเซลล์รูปกรวย 2 ชนิด (Dichromatism) เมื่อขาดเซลล์รูปกรวยสีแดง เรียกว่า ตาบอดสีแดง (Protanopia) เมื่อขาดเซลล์รูปกรวยสีเขียว เรียกว่า ตาบอดสีเขียว (Deuteranopia) และเมื่อขาดเซลล์รูปกรวยสีน้ำเงิน เรียกว่า ตาบอดสีน้ำเงิน (Tritanopia) ซึ่งตาบอดสีน้ำเงินนี้พบได้น้อยมากๆ

3) กลุ่มที่มีเซลล์รูปกรวยทั้ง 3 ชนิด (Trichromatism) แต่มีอย่างใดอย่างหนึ่งพร่อง/น้อยกว่าปกติ (Anomalous trichromatism) ซึ่งเป็นกลุ่มตาบอดสีที่พบได้บ่อยที่สุด ได้แก่ เมื่อมีเซลล์รูปกรวยสีแดงน้อยกว่าปกติ เรียกว่า พร่องสีแดง (Protanomalous) เมื่อมีเซลล์รูปกรวยสีเขียวน้อยกว่าปกติ เรียกว่า พร่องสีเขียว (Deuteranomalous) และพร่องสีน้ำเงินเมื่อมีเซลล์รูปกรวยสีน้ำเงินน้อยกว่าปกติ (Tritanomalous) ทั้งนี้ตาบอดสีแต่กำเนิดส่วนใหญ่จะพบพร่องสีแดง และพร่องสีเขียว ส่วนพร่องสีน้ำเงินพบน้อยมากๆ จนแพทย์บางท่านเชื่อว่าไม่มีภาวะนี้

สรุป ภาวะตาบอดสีแต่กำเนิด อาจเป็น บอดสีแดง หรือพร่องสีแดง บอดสีเขียวหรือพร่องสีเขียว ทำให้มองเห็นสีผิดไปจากคนปกติ ซึ่งในชีวิตประจำวันอาจไม่เดือดร้อน แต่ความสามารถในการแยกสีที่ใกล้เคียงกันลดลงไป มีข้อจำกัดในอาชีพบางอย่างที่ต้องใช้การมองแยกสีเป็นประจำ

ภาวะตาบอดสีแต่กำเนิด จะถ่ายทอดทางโครโมโซม X (Chromosome X, โครโมโซมได้จากเพศหญิง/แม่) ในคนปกติชายมี XY (Y เป็นโครโมโซมเพศชาย ได้มาจากผู้ชาย/พ่อ) โดยที่ X ได้มาจากแม่ ถ้าแม่เป็นพาหะมีภาวะตาบอดสีอยู่ใน X ลูกชายจึงตาบอดสีได้ 50% (โอกาส 1 ในลูกชาย 2 คนจะบอดสี) ส่วนลูกหญิงมี XX (X ตัวหนึ่งมาจากแม่ X อีกตัวมาจากพ่อ) ถ้า X ตัวเดียวมีภาวะตาบอดสี ยังเหลือ X ปกติอีกตัวหนึ่ง ลูกหญิงจึงมักไม่แสดงอาการ แต่เป็นพาหะโรคได้ (Haamor, 2556, บทความจากอินเทอร์เน็ต)



ภาพ 38 จำลองการมองเห็นของคนตาบอดสี

ที่มา:

<http://topicstock.pantip.com/wahkor/topicstock/2010/10/X9756884/X9756884.html>

2 ข้อมูลเกี่ยวกับทฤษฎีการออกแบบ

2.1 ข้อมูลการเขียนการ์ตูน

2.1.1 หลักการพื้นฐานของภาพยนตร์การ์ตูน

ภาพยนตร์ที่ถ่ายทำจากภาพและวัตถุหนึ่งให้มองเห็นเคลื่อนไหวได้ หรือที่เรามักจะเรียกกันว่าภาพยนตร์การ์ตูนหรือหนังการ์ตูน หรือที่ภาษาอังกฤษเรียกว่า Animation หรือ Film animation เป็นภาพยนตร์ที่สลับซับซ้อนมาก ในการถ่ายทำต้องใช้ทักษะหรือความชำนาญ ผสมกับสติปัญญาหรือไหวพริบ และความคิดสร้างสรรค์อย่างสูงมาก วิธีถ่ายทำภาพยนตร์การ์ตูนในสมัยดั้งเดิม ใช้มือถ่ายทำเกือบทั้งหมด ในปัจจุบัน แม้จะใช้เครื่องกลและเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์เข้าช่วยในการถ่ายทำ แต่ก็ยังคงจำเป็นต้องใช้สติปัญญา ทักษะ และความคิดสร้างสรรค์เข้าช่วยในการถ่ายทำอยู่

2.1.2 ภาพยนตร์การ์ตูนเน้นเรื่องราวต่างๆด้วยสี

สิ่งที่รวมอยู่ในเครื่องหมายขีดเขียนแบบต่างๆ ในภาพยนตร์การ์ตูนก็คือ การได้เปรียบของสีต่างๆ สีสามารถเน้นส่วนเฉพาะของบทบาท เพื่อที่จะเน้นจุดใดจุดหนึ่งให้มองเห็นเด่น โดยอธิบายด้วยคำพูดให้ยืดยาวทั้งนี้ก็เพราะว่า ความแตกต่างของสีสามารถถ่ายทอดได้โดยทันทีว่า สิ่งที่ต้องอธิบายด้วยคำพูดอย่างลำบากอยากเย็น คู่กันไปกับภาพคำขวล้วนๆมีความหมายอย่างไร นอกจากนี้ยังสามารถใช้สีแทนเครื่องหมาย เพื่อชี้แนะหรือแทนสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ที่สามารถใช้พฤติกรรมทางจิตวิทยาหรือเกี่ยวกับอารมณ์หรือความรู้สึก ถ่านทอดออกมาด้วยสีได้อีกด้วย

2.1.3 ภาพยนตร์การ์ตูนใช้เสียงเพื่อเน้นบทบาท

ไม่ใช่เพียงแต่ใช้เสียงพากย์หรือบรรยายประกอบเท่านั้น ซึ่งเป็นเสียงพูดเป็นคำๆ เสียงธรรมชาติหรือเสียงที่ทำให้ขึ้นประกอบ หรือเสียงดนตรี แต่ยังเป็นเสียงที่สัมพันธ์พร้อมกันกับจังหวะของความเคลื่อนไหวในภาพยนตร์การ์ตูนนั้นด้วย จังหวะของเสียงดังกล่าวนี้จะต้องทำขึ้นด้วยความระมัดระวังและอยู่ในความควบคุมที่เหนือกว่าเสียงประกอบภาพยนตร์ที่ถ่ายจากความเคลื่อนไหวจริงเสียอีก

ความพร้อมของเสียงที่สัมพันธ์กับจังหวะความเคลื่อนไหวของภาพในภาพยนตร์การ์ตูนนี้เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในกรณีที่ต้องการแสดงให้เห็นจังหวะของเวลาอันแท้จริง ซึ่งจังหวะเวลาเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของภาพยนตร์เรื่องนั้น การใช้เสียงธรรมชาติหรือเสียงที่ทำให้ขึ้นและแม้แต่เสียงดนตรีเพื่อช่วยเน้นความจำดังกล่าวนี้ยังสามารถช่วยเพิ่มความหมายของภาพขึ้นอีกด้วยหลายทาง (ศาสตราจารย์สนั่น ปัทมะทิน, 2525, หน้า 1-11)

2.2 ข้อมูลการออกแบบแอนิเมชัน 3 มิติ

งาน 3D เป็นการสร้างสรรค์ชิ้นงานเลียนแบบธรรมชาติตามที่สายตามองเห็น โดยสามารถมองเห็นวัตถุ ตัวละครหรือฉากต่างๆ ได้ครบทุกมุมมอง มีการจัดแสงและบรรยากาศที่เหมือนจริง ต่างจากภาพหรือการ์ตูน 2 มิติ ที่มีมุมมองได้เพียงด้านเดียว

ขั้นตอนการทำงาน 3D จะต้องดูว่าจุดประสงค์การทำให้เป็นอย่างไร ถ้าต้องการสร้างเพียงตัวละครให้ยืนนิ่งๆหรือออกแบบผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนก็จะเน้นที่การขึ้นรูปทรงและกระโดดไปที่การกำหนดพื้นผิวและประมวลผล แต่ถ้าต้องการสร้างงาน 3D แบบเคลื่อนไหวได้ก็จะต้องมีขั้นตอนที่มากกว่าดังต่อไปนี้

- ขั้นที่ 1 สเก็ตซ์ภาพและเขียน Storyboard
กำหนดและวาดตัวละคร ฉาก เรื่องราว ถ้าเป็นงานแอนิเมชันแบบ 3D ต้องสร้างเรื่องราวทั้งหมดด้วยการเขียน Storyboard โดยจะระบุรูปร่าง ลักษณะของตัวละคร แล้วเรียงลำดับเรื่องให้สอดคล้องกัน
- ขั้นที่ 2 สร้างโมเดล
เป็นการขึ้นโมเดลด้วยโปรแกรม สร้างงาน 3D ให้เกิดโครงร่างแล้วลงรายละเอียดพร้อมตกแต่งโมเดล
- ขั้นที่ 3 ใส่พื้นผิวและลวดลาย
เป็นการใส่พื้นผิวให้ตัวละคร หรือวัตถุที่เพิ่งสร้างตามที่เรากำหนดไว้ เช่นต้องการสร้างแก้วน้ำ พื้นผิวที่ควรจะมีผิวใสและมันวาว ถ้าสร้างคน พื้นผิวก็จะเป็นผิวหนังและลวดลายของเสื้อผ้า
- ขั้นที่ 4 สร้างการเคลื่อนไหว
เป็นการกำหนดการเคลื่อนไหวของโมเดล สามารถทำได้หลายแบบทั้งการใส่โครงร่าง (Bones) การกำหนดเส้นทางการเคลื่อนที่ รวมทั้งการตั้งคีย์เฟรม ให้โมเดลเคลื่อนไหวไปตามคีย์เฟรมนั้น เป็นต้น
- ขั้นที่ 5 สร้าง แสงเงา มุมกล้อง
หลังจากมีตัวละครเป็นโมเดลหลักแล้ว ต่อมาคือการสร้างฉากและสภาพแวดล้อม จากนั้นก็ทำการจัดไฟและมุมกล้องให้กับฉากที่สร้างขึ้นด้วย เพื่อให้ฉากมีความสมจริงตามเรื่องราวที่เราวางไว้
- ขั้นที่ 6 ใส่เอฟเฟกต์และตกแต่งชิ้นงาน
ในโปรแกรมสร้างงาน 3D สามารถทำเอฟเฟกต์ได้มากมาย เช่น ไฟ ลม น้ำ สายฟ้า แสงเลเซอร์ ซึ่งช่วยให้งานของเรามีความน่าสนใจมากขึ้น และสร้างเรื่องราวให้ตื่นเต้นสมจริงมากขึ้น

- ขั้นที่ 7 ประมวลผลงานและนำไปตัดต่อ

ขั้นตอนการประมวลผลชิ้นงานหรือการเรนเดอร์ เป็นการทำงานให้ได้ไฟล์ภาพเคลื่อนไหว แล้วนำไปตัดต่อเพิ่มเติมในโปรแกรมตัดต่อให้เกิดความต่อเนื่องและราบรื่นของเนื้อเรื่อง เพื่อให้งานออกมาสมบูรณ์แบบมากที่สุด (จุฑามาศ จิวะสังข์, 2553, หน้า 7-11)

2.3 ข้อมูลการออกแบบตัวละคร

ในการออกแบบตัวการ์ตูนขึ้นมา เราจะต้องกำหนดลักษณะเด่นและลักษณะนิสัยพอสังเขปให้กับตัวละคร จากนั้นจึงลงมือสร้างการ์ตูนให้ครบตามมุมมองต่างๆ ได้แก่ ด้านหน้า ด้านข้าง และด้านหลัง สร้างอารมณ์ของใบหน้าและท่าทางของการ์ตูนเป็นต้นแบบเอาไว้ เพื่อง่ายต่อการดึงไปใช้ทำแอนิเมชันได้สะดวก และไม่หลุดจากบุคลิกต้นแบบ

- ขั้นตอนที่ 1 ออกแบบและสร้างตัวการ์ตูน

ออกแบบตัวการ์ตูนขึ้นมาก่อนว่าเป็นใคร ชื่ออะไร เป็นเด็กหรือเป็นผู้ใหญ่ เป็นชายหรือหญิง หน้าตา ทรงผม สีผิวเป็นแบบไหน โดยออกแบบให้มีลักษณะเฉพาะบางอย่างที่จดจำได้ เช่น ทรงผมเป็นจุดเด่น ใส่แว่นอันใหญ่ๆ มีไฟ อ้วนหรือผอมมาก ฟันหลอ ผูกโบเสมอ เป็นต้น

- ขั้นตอนที่ 2 วาดการ์ตูนในมุมมองต่างๆ

เมื่อออกแบบตัวการ์ตูนเสร็จแล้ว ในแต่ละตัวให้สร้างตัวการ์ตูนในมุมมองต่างๆ เช่น ด้านหน้า ด้านหลัง ด้านข้างซ้าย ขวา โดยมีสัดส่วนการ์ตูนเท่ากับต้นแบบที่สร้างไว้ในขั้นตอนแรก และวาดโดยแยกเลเยอร์ให้แต่ละชิ้นส่วนเพื่อให้สะดวกต่อการทำแอนิเมชัน

- ขั้นตอนที่ 3 วาดใบหน้าแสดงอารมณ์และท่าทางต่างๆ

สร้างใบหน้าของการ์ตูนแต่ละตัวที่กำลังแสดงอารมณ์ต่างๆ เช่น หัวเราะ ร้องไห้ โกรธ ฯลฯ รวมทั้งวาดท่าทางอิริยาบถต่างๆ เช่น นั่ง นอน ยืน เดิน สิวสติ ฯลฯ เพื่อเก็บเป็นสต็อกการ์ตูน เมื่อต้องการทำแอนิเมชันก็สามารถนำมาทำได้อย่างสะดวกรวดเร็ว

(มนัสสินี ลำสันเตียะ, 2555, หน้า 36-39)

3 ข้อมูลพฤติกรรมกลุ่มเป้าหมายของงานวิจัย

3.1 ข้อมูลทางกายภาพของกลุ่มเป้าหมาย

วัยเด็กตอนปลายอายุระหว่าง 10-13 ปี จะคาบเกี่ยวกับวัยแรกรุ่นและวัยรุ่นตอนต้น เกิดการเปลี่ยนแปลงในร่างกายเนื่องจากการทำงานของต่อมต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงของโครงกระดูกและสัดส่วนของร่างกายเพื่อเตรียมเข้าสู่วัยรุ่น จะชอบอยู่ในหมู่เพื่อน และมีความเห็นว่าหมู่คณะเป็นสิ่งสำคัญสำหรับเขามาก จึงมีการแต่งตัว พูดจาและนิยมสิ่งต่างๆเหมือนเพื่อน เด็กวัยนี้จะเริ่มหัดเป็นตัวของตัวเอง ชอบตัดสินใจเอง ไม่ชอบให้ผู้ใหญ่เข้ามายุ่งเกี่ยวในเรื่องส่วนตัว (สุชา จันทน์เอม, 2536, หน้า 51-53)

3.2 ข้อมูลทางจิตภาพของกลุ่มเป้าหมาย

สติปัญญาของเด็กวัยนี้เห็นได้จากความสามารถในการใช้เหตุผล เข้าใจความหมายของคำพูดได้ถูกต้อง สามารถใช้คำจำกัดความแก่คำที่เป็นนามธรรมได้ สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆได้มากขึ้น ความจำพัฒนาขึ้น มีความสนใจในสิ่งต่างๆได้มากขึ้น สนใจในสิ่งแปลกใหม่ในสื่อที่สะดุดตา ภาพระบายสี มีจินตนาการสูงขึ้น เพราะได้รากฐานมาจากการอ่าน มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ คิดที่จะทำและประดิษฐ์สิ่งต่างๆ ทั้งที่เป็นงานอดิเรกและกิจกรรมในชั้นเรียน (สุชา จันทน์เอม, 2536, หน้า 53-55)

4 กรณีศึกษา

4.1 Spacebound



ภาพ 39 แสดงตัวอย่างในการ์ตูนแอนิเมชัน Spacebound

ที่มา: <http://spaceboundthemovie.tumblr.com/>

- ชั้นระบุข้อมูลผลงาน

Spacebound อนิเมชัน 3 มิติ ผลงานกำกับโดย Ellen Su และอนิเมชันโดย Ryle Moy สร้างเมื่อ มิถุนายน 2556 เทคนิคตัวการ์ตูนและฉากโดย Maya, Photoshop, AfterEffects

- ขั้นตอนการพรรณนาผลงาน

การนำเสนอโดยการเล่าเรื่องราวของเด็กชายตัวเล็ก ๆ กับสุนัข และสิ่งมหัศจรรย์ที่พวกเขาพบขณะติดอยู่ในอวกาศ

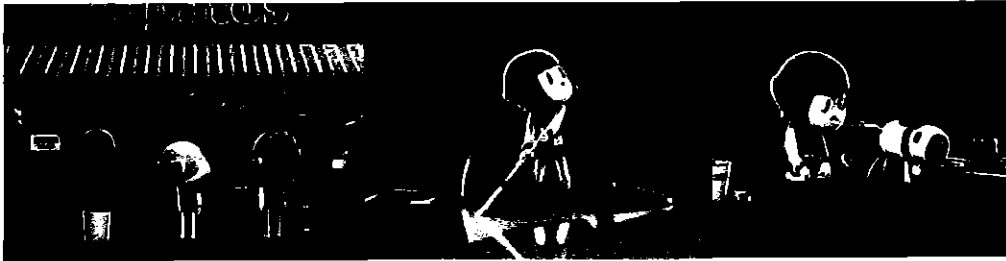
- ชั้นวิเคราะห์

การออกแบบตัวละครที่เข้าใจง่าย และมีการใช้สีเพื่อเน้นจุดเด่น จุดด้อย เพื่อให้งานมีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

- ชั้นตีความ

ต้องการสื่อถึง เพียงไม่กี่ลมหายใจของช่วงเวลาสุดท้ายของคุณ คุณจะเลือกวิธีไหนในการใช้ชีวิต

4.2 FRÁVEGA MOTHER'S DAY



ภาพ 40 แสดงตัวอย่างในการ์ตูนแอนิเมชัน FRÁVEGA MOTHER'S DAY

ที่มา: <http://www.beeta.es/work/fravega/>

- ชั้นระบุข้อมูลผลงาน

การ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ ผลงานกำกับโดย Plenty สร้างเมื่อ 2557

- ขั้นตอนการพรรณนาผลงาน

เนื้อเรื่องสื่อให้เห็นถึงตัวการ์ตูน ตามหาของขวัญพิเศษที่สุดเพื่อให้เป็นของขวัญสำหรับแม่ในวันแม่ การผจญภัยตามหาของขวัญ สื่อให้เห็นสิ่งสำคัญรอบๆตัวที่อยากจะมองข้ามไป บางสิ่งทีเล็กน้อยอาจจะมีค่ามากกว่าที่คิด

- ชั้นวิเคราะห์

มีการตัดทอนรูปร่างของตัวละคร ให้น่าสนใจและเหมาะแก่เยาวชน เนื้อหาไม่ซับซ้อนเกินความเข้าใจของกลุ่มเป้าหมาย การใช้คู่สีตรงกันข้ามเพื่อเพิ่มจุดเด่นให้แก่งาน

- ชั้นตีความ

ช่วยกระตุ้นจินตนาการและการเรียนรู้ถึงสิ่งรอบข้างที่มีความสำคัญรอบๆตัว

4.3 DORITOS



ภาพ 41 แสดงตัวอย่างในการ์ตูนแอนิเมชัน DORITOS

ที่มา: <http://www.plenty.tv/work/doritos>

- ชั้นระบุข้อมูลผลงาน

การ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ ผลงานกำกับโดย Pepsico สร้างเมื่อ 2554

- ชั้นตอนการพรรณนาผลงาน

แอนิเมชันเล่าเรื่อง การใช้ชีวิตและการคิดแบบเด็กๆ โดยการเรียนรู้ในชีวิตประจำวัน และนำมาจินตนาการในแบบของเด็ก ความอยากรู้ อยากเห็นในสิ่งแปลกใหม่ สื่อให้เห็นแนวคิดของเด็กว่าต้องการที่จะเรียนรู้อะไร

- ชั้นวิเคราะห์

การออกแบบตัวละครมีความน่าสนใจ และเข้าใจง่ายต่อการสื่อความหมายของเนื้อเรื่อง การใช้สีเส้นที่สดใสสื่อความหมายแบบมุมมองของเด็ก

- ชั้นตีความ

ช่วยกระตุ้นจินตนาการและเพิ่มการเรียนรู้ในสิ่งรอบตัว ของผู้ชม

บทที่ 3

การวิเคราะห์ข้อมูลและแนวความคิดในการออกแบบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ปัญหาของงานวิจัย

1.1 ระบบของสี

1.1.1 แม่สีของแสง

1.1.2 แม่สีวัตถุ

1.2 คุณลักษณะของสี

1.2.1 สีแท้

1.2.2 น้ำหนักของสี

1.2.3 ความจัด หรือความเข้มของสี

1.2.4 ค่าความเป็นสีกลาง

1.3 หน้าที่ของสี

1.3.1 สีที่มีอยู่ในธรรมชาติ

1.3.2 สีในงานศิลปะ

1.3.3 สีในถ่ายภาพ

1.4 องค์ประกอบของสี

1.4.1 สี, เนื้อสี

1.4.2 น้ำหนักสี

1.4.3 ความสดของสี

1.5 วงจรสี

1.5.1 สีขั้นที่ 1

1.5.2 สีขั้นที่ 2

1.5.3 สีขั้นที่ 3

1.5.4 สีกลาง

1.6 วรรณะของสี

1.6.1 สีวรรณะร้อน

1.6.2 สีวรรณะเย็น

- 1.7 การวางโครงสี
 - 1.7.1 การใช้สีเอกรงค์
 - 1.7.2 การใช้สีข้างเคียง
 - 1.7.3 การใช้สีคู่ตรงข้าม
 - 1.7.4 การใช้สีโครงสี 3 สี
 - 1.7.5 การใช้สีโครงสี 4 สี
- 1.8 ปฏิกริยาการมองเห็นสี
 - 1.8.1 ปฏิกริยาของสีทางด้านศิลปะ
 - 1.8.2 ปฏิกริยาของสีทางด้านวิทยาศาสตร์
 - 1.8.3 ปฏิกริยาของสีทางด้านจิตวิทยา
2. วิเคราะห์ทฤษฎีการออกแบบ
 - 2.1 ข้อดีของแอนิเมชัน 3 มิติ
 - 2.1.1 น่าสนใจ
 - 2.1.2 มีความแปลกใหม่
 - 2.1.3 ใช้จินตนาการได้อย่างไม่มีขอบเขต
 - 2.1.4 อธิบายเรื่องที่ซับซ้อนและเข้าใจยากให้ง่ายขึ้น
 - 2.1.5 ใช้อธิบายหรือเน้นส่วนสำคัญให้ชัดเจนและกระจ่างขึ้นได้
 - 2.2 ข้อเสียของแอนิเมชัน 3 มิติ
 - 2.2.1 ต้องใช้เวลาในการทำมาก
 - 2.2.2 สารารถตีความหมายได้หลากหลาย
 - 2.2.3 ไม่สามารถดูได้ทันที
3. วิเคราะห์พฤติกรรมกลุ่มเป้าหมายของงานวิจัย เด็กนักเรียนอายุ 10-13 ปี
 - 3.1 ลักษณะทางกายภาพ
 - 3.1.1 ชอบอยู่ในหมู่เพื่อน
 - 3.1.2 การแต่งตัว ตามเพื่อน
 - 3.1.3 พุดจาและนิยมสิ่งต่างๆเหมือนเพื่อน
 - 3.1.4 เริ่มหัดเป็นตัวของตัวเอง
 - 3.1.5 ชอบตัดสินใจเอง
 - 3.1.6 ไม่ชอบให้ผู้ใหญ่เข้ามายุ่งเกี่ยวในเรื่องส่วน

3.2 ลักษณะทางจิตภาพ

- 3.2.1 ความสามารถในการใช้เหตุผล
- 3.2.2 เข้าใจความหมายของคำพูดได้ถูกต้อง
- 3.2.3 ความจำพัฒนาขึ้น
- 3.2.4 มีความสนใจในสิ่งต่างๆได้มากขึ้น
- 3.2.5 สนใจในสิ่งแปลกใหม่ในสีสันทึ่สะดุดตา
- 3.2.6 มีจินตนาการสูงขึ้น
- 3.2.7 มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์
- 3.2.8 คิดที่จะทำและประดิษฐ์สิ่งต่างๆ

การสรุปแนวความคิดในการออกแบบ

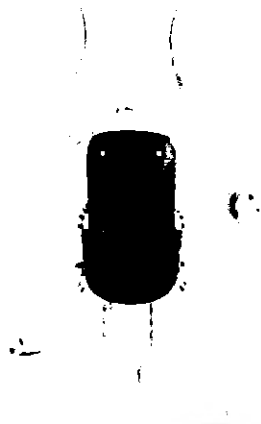
การเรียนรู้เรื่องวงจรสี ในระบบของการศึกษา เป็นการเรียนที่ผู้เรียนไม่เกิดกระบวนการคิดด้วยตนเอง แต่เป็นการเรียนโดยการท่องจำเนื้อหา จึงให้ผู้เรียนไม่เข้าใจและจดจำเนื้อหาที่เรียนได้ไม่ดีเท่าที่ควร การออกแบบแอนิเมชัน 3 มิติ เพื่อการเรียนรู้ เรื่องวงจรสี สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ และเป็นการเสนอแนวความคิด ในรูปแบบใหม่ในการจดจำภาพให้เข้าใจเนื้อหาเรื่องวงจรสีมากยิ่งขึ้น โดยการให้ข้อมูลด้วยภาพเคลื่อนไหว เสียง สีสันทึ่สะดุดตา ซึ่งกระตุ้นให้เกิดการจดจำภาพในรูปแบบอื่นๆ ทำให้เกิดแนวความคิดรูปแบบใหม่ และกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้เรื่องสีมากยิ่งขึ้น

แนวทางการออกแบบ

การออกแบบผลงานเป็นแอนิเมชัน 3 มิติ โดยมีลักษณะของตัวละครที่ไม่มีรายละเอียดมากเกินไป สีที่นำมาใช้มีลักษณะเป็นสีที่สดใสตบใจหย้จากการ์ตูนที่กลุ่มเป้าหมายมีความสนใจในสีสันทึ่สะดุดตา

1. ลักษณะตัวละครที่จะนำมาใช้ในงานออกแบบ

ตัวละครที่จะนำมาใช้ในงานออกแบบเป็นตัวการ์ตูนแบบ 3 ส่วน เพื่อให้มีรายละเอียดของตัวละครที่ไม่ซับซ้อนจนเกินไป เป็นการตัดทอนให้มีความน่าสนใจให้เหมาะกับกลุ่มเป้าหมาย

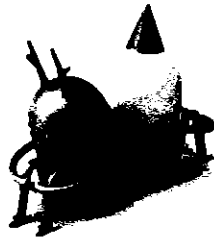


ภาพ 42 ตัวอย่างตัวละครที่จะนำมาใช้ในงานออกแบบ
ที่มา: <https://www.behance.net/gallery/10891365/MONSTER-FUR-BIKE>



ภาพ 43 ตัวอย่างตัวละครที่จะนำมาใช้ในงานออกแบบ
ที่มา: <https://www.pinterest.com/pin/268667933994067813/>





ภาพ 44 ตัวอย่างตัวละครที่จะนำมาใช้ในงานออกแบบ
ที่มา: <https://www.pinterest.com/pin/78883430950959965/>

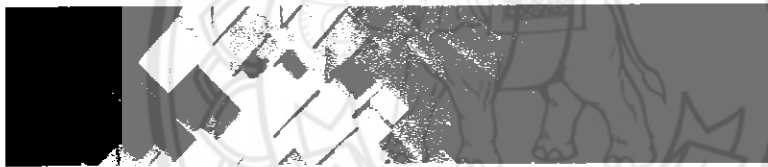
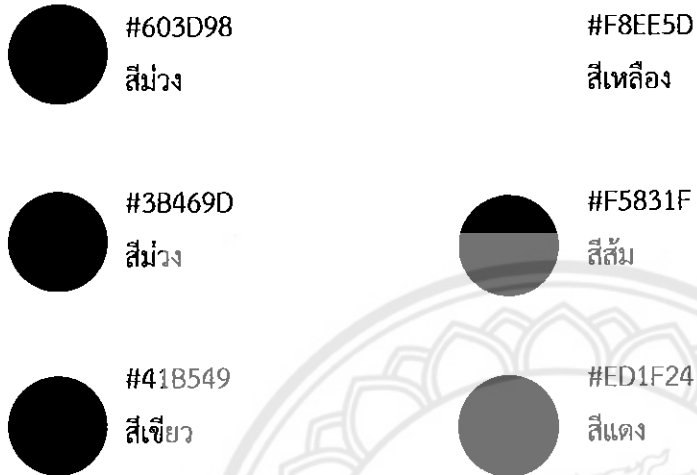
2. ลักษณะฉากที่จะนำมาใช้ในการออกแบบ
ฉาก 3 มิติ Low Poly ที่มีสีสันสดใสเพื่อดึงดูดกลุ่มเป้าหมาย



ภาพ 45 ตัวอย่างฉากที่จะนำมาใช้ในงานออกแบบ
ที่มา: <https://www.behance.net/gallery/36257045/Hanwha-X-Superfiction-Spring>

3. โทนสีของงานออกแบบ

สีที่จะนำมาใช้ในงานออกแบบส่วนใหญ่จะเป็นสีที่สดใส เพื่อเป็นการดึงดูดความสนใจของกลุ่มเป้าหมาย เพราะกลุ่มเป้าหมายที่ได้เลือกนั้น มีความสนใจในสีที่สะดุดตา



ภาพ 46 โทนสีโดยรวมของงานออกแบบ

ที่มา: <https://www.pinterest.com/pin/48484133464616219/>

4. เสียงที่จะนำมาใช้ในงานออกแบบ

เสียงประกอบ (Sound Effects) เป็นเสียงที่นอกเหนือจากบรรยาย เสียงสนทนา เสียงประกอบจะทำให้เกิดรู้สึก สมจริงสมจัง มีจินตนาการเช่น เสียงระเบิด เสียงฟ้าร้อง เป็นต้น ราวกับได้เข้าไปอยู่ในเหตุการณ์หรือสถานที่นั้นด้วย

ดนตรีประกอบ (Music) ช่วยสร้างอารมณ์ของผู้ชมให้คล้อยตามเนื้อหาและปรับอารมณ์ของผู้ชมระหว่างการเชื่อมต่อของฉากหนึ่งไปยังอีกฉากหนึ่งได้

บทที่ 4

การออกแบบและการสร้างสรรค์ผลงาน

จากกระบวนการรวบรวมข้อมูล ดังกล่าว ผู้ศึกษาจึงได้มีแนวทางในการออกแบบสื่อแอนิเมชัน เรื่อง วงจรสี “Color Trick” เพื่อช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ และเป็นการเสนอแนวความคิด ในรูปแบบใหม่ในการจดจำภาพให้เข้าใจเนื้อหาเรื่องวงจรสีมากยิ่งขึ้น โดยการให้ข้อมูลด้วยภาพเคลื่อนไหว เสียง สีเส้น ซึ่งกระตุ้นให้เกิดการจดจำภาพในรูปแบบอื่นๆ

แนวความคิดในการออกแบบ

“Color Trick” มีจุดมุ่งหมายเพื่อเพิ่มแนวความคิดในการจดจำสีในรูปแบบอื่นๆ ซึ่งทำให้เกิดแนวความคิดในรูปแบบใหม่ และกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้เรื่องสีมากยิ่งขึ้น โดยแอนิเมชันนำเสนอการแยกสี จากสีขั้นที่ 3 ย้อนกลับไปทีสีขั้นที่ 1 (แม่สี)

1. เค้าโครงเนื้อเรื่อง

เด็กนักเรียนที่ไม่เข้าใจในการผสมสี จึงเกิดเป็นภาพจินตนาการถึงเมืองแห่งการแยกสีที่ตัวเม็ดสีกำลังแยกออกจากการผสมสีออกเป็นชั้นๆ และส่งต่อออกไปยังเมืองต่างๆ เพื่อไปทำประโยชน์อีกมากมาย

2. ขั้นตอนการออกแบบ

2.1 ขั้นตอนการออกแบบตัวละคร

ตัวการ์ตูนที่ได้ออกแบบนั้นมีทั้งหมด 3 ตัว ได้แก่ คุณครู เด็กนักเรียน ตัวเม็ดสี ที่มีลักษณะตัดทอนรูปร่างรูปทรง เพื่อให้ตัวละครมีความน่ารัก เพื่อดึงดูดความสนใจกลุ่มเป้าหมาย และช่วยส่งเสริมเนื้อหาของแอนิเมชันไม่ให้ความตึงเครียดจนเกินไป

2.2 ขั้นตอนการออกแบบฉาก

ฉากที่ใช้เป็นฉาก 3 มิติ ที่จำลองบรรยากาศของความเป็นโรงงาน โดยใช้เทคนิคการปั้นโมเดลเป็นแบบ Polygon เพื่อให้งานมีความแปลกใหม่น่าสนใจ

(ก) สเก็ดตัวละครเม็ดสีแบบที่ 1 (1)

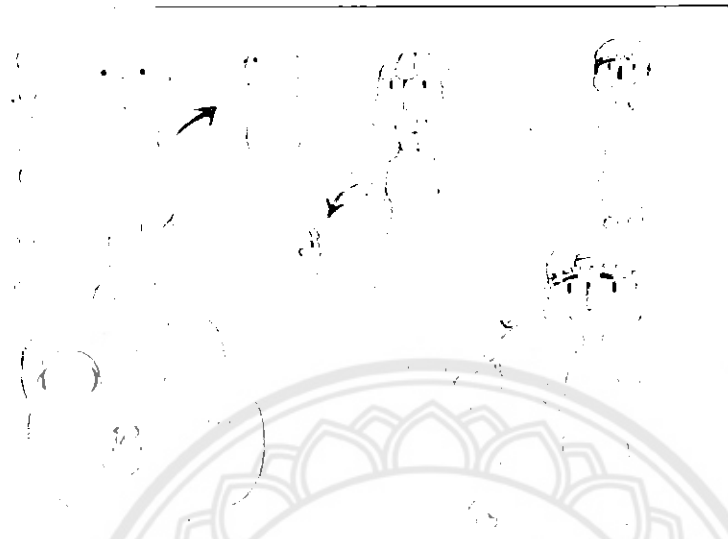


ภาพ 47 สเก็ดตัวละครเม็ดสีแบบที่ 1 (1)

ที่มา: ชนิษฐา กล้าสกุล

ภาพ 48 สเก็ดตัวละครเม็ดสีแบบที่ 1 (2)

ที่มา: ชนิษฐา กล้าสกุล



ภาพ 49 สเก็ดตัวละครรวม
ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล

ภาพ 50 สเก็ดตัวละครคุณครู
ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



ภาพ 51 สเก็ตท่าทางตัวละครเด็ก (1)

ที่มา: ขนิษฐา กล้าสกุล



ภาพ 52 สเก็ตท่าทางตัวละครเด็ก (2)

ที่มา: ขนิษฐา กล้าสกุล

ภาพ 53 สเก็ตตัวละครเมตลีแบบที่ 2

ที่มา: ขนิษฐา กล้าสกุล



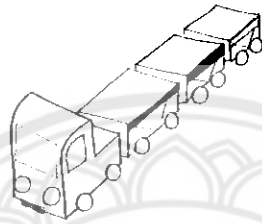
ภาพ 54 สเก็ตท่าทางตัวละคร

ที่มา: ขนิษฐา กล้าสกุล



ภาพ 55 สเก็ตท่าทางตัวละครเมตลี

ที่มา: ขนิษฐา กล้าสกุล



ภาพ 56 สเก็ตรถประกอบฉาก
ที่มา: ชนิษฐา กล่ำสกุล

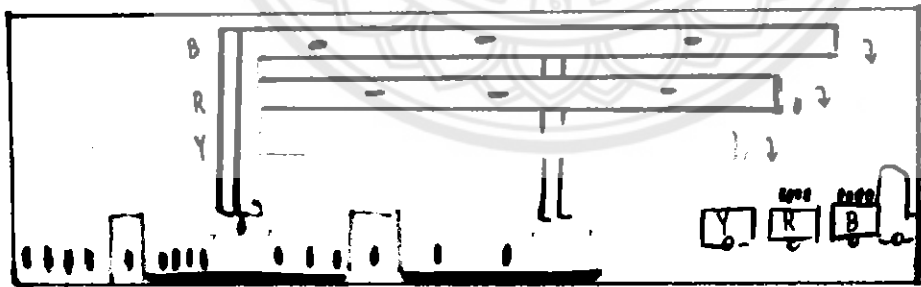
ภาพ 57 สเก็ตบ้าน และร้านค้าประกอบฉาก
ที่มา: ชนิษฐา กล่ำสกุล

ภาพ 58 สเก็ทเครื่องจักร

ที่มา: ขนิษฐา กล้าสกุล

ภาพ 59 สตอร์รี่บอร์ดแบบคร่าวๆ

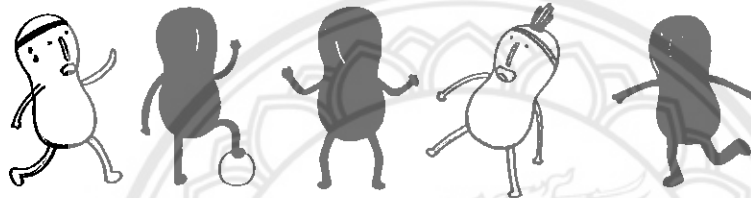
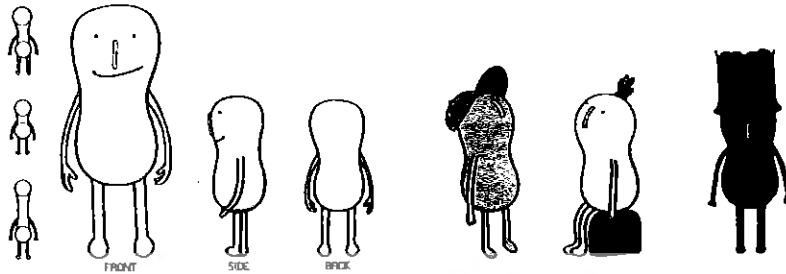
ที่มา: ขนิษฐา กล้าสกุล



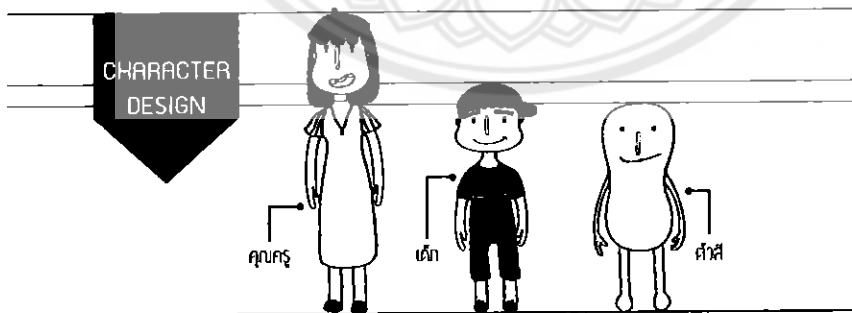
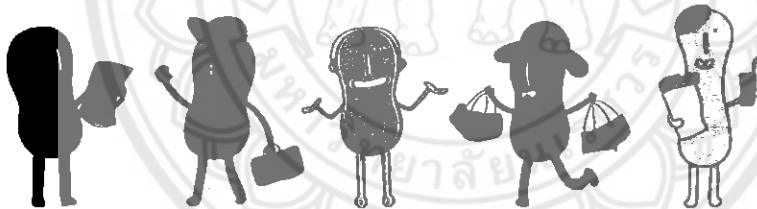
ภาพ 60 ภาพโดยรวมการทำงาน of เครื่องจักร

ที่มา: ขนิษฐา กล้าสกุล

CHARACTER

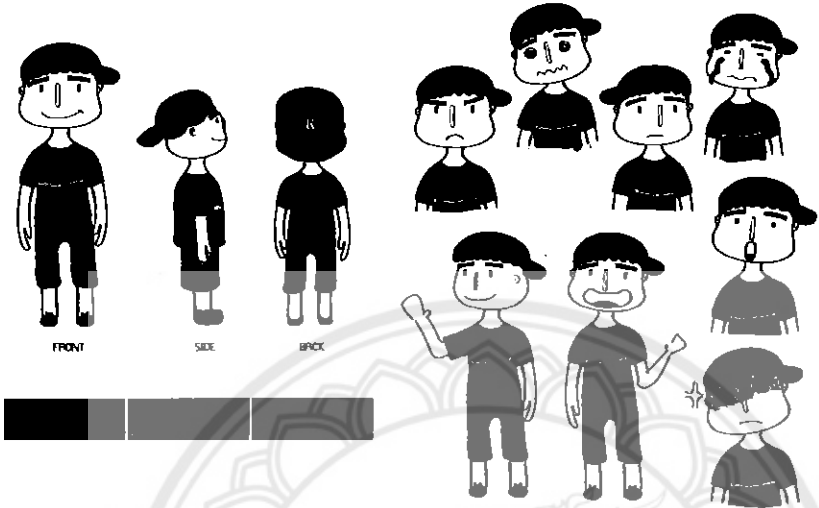


ภาพ 61 โมเดลซีทตัวละครเมคสี
ที่มา: ชนิษฐา กล่ำสกุล



ภาพ 62 เปรียบเทียบขนาดของตัวละคร
ที่มา: ชนิษฐา กล่ำสกุล

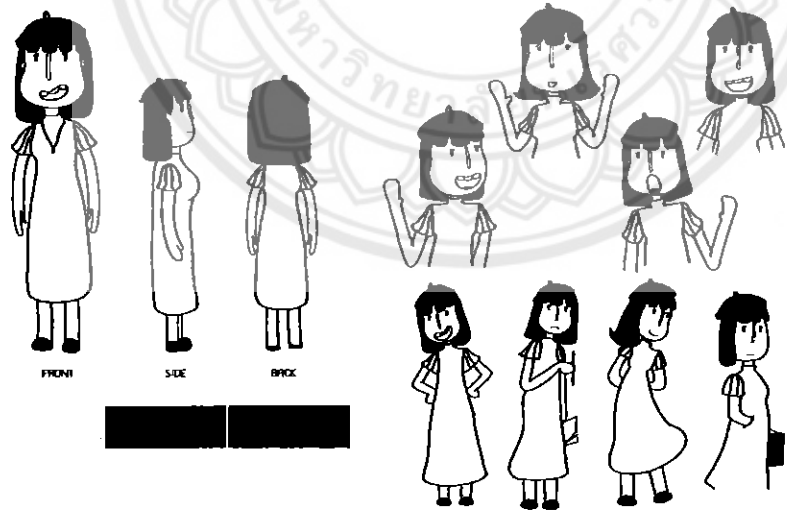
CHARACTER



ภาพ 63 โมเดลซีทตัวละครเด็ก

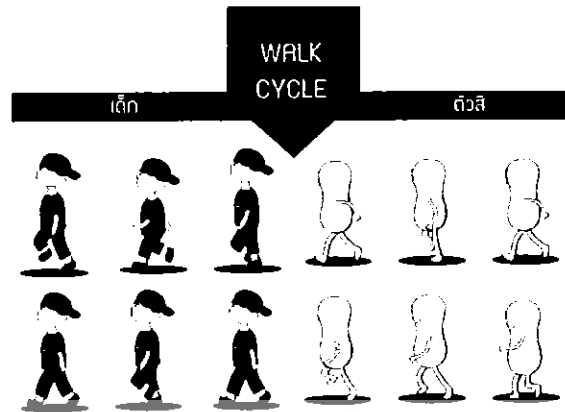
ที่มา: ขนิษฐา กล้าสกุล

CHARACTER



ภาพ 64 โมเดลซีทตัวละครคุณครู

ที่มา: ขนิษฐา กล้าสกุล



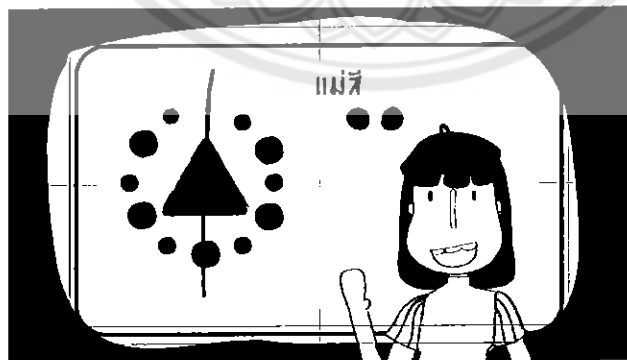
ภาพ 65 Walk Cycle

ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



ภาพ 66 สเก็ตซีน 1

ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



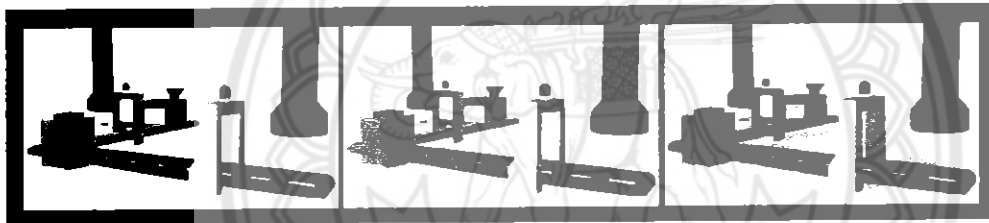
ภาพ 67 สเก็ตซีน 2

ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



ภาพ 68 mood & tone (1)

ที่มา: ขนิษฐา กล้าสกุล



ภาพ 69 mood & tone (2)

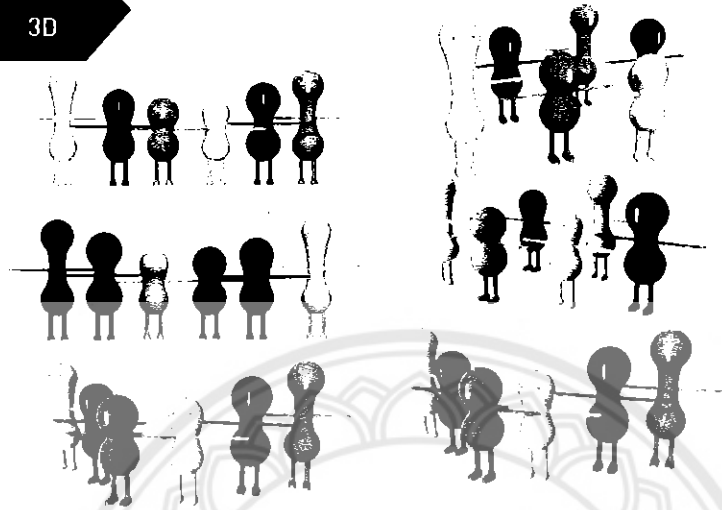
ที่มา: ขนิษฐา กล้าสกุล



ภาพ 70 mood & tone (3)

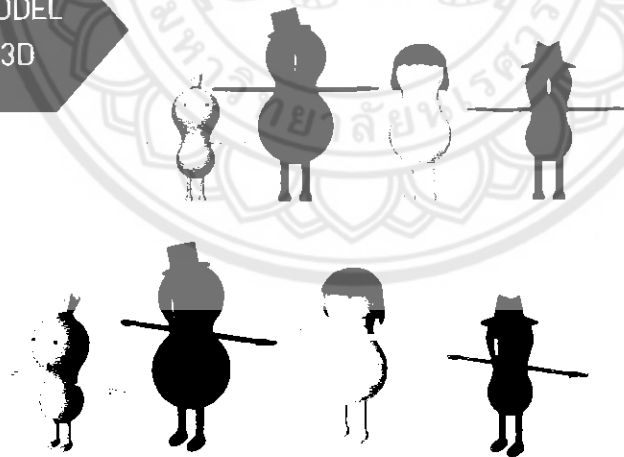
ที่มา: ขนิษฐา กล้าสกุล

MODEL
3D

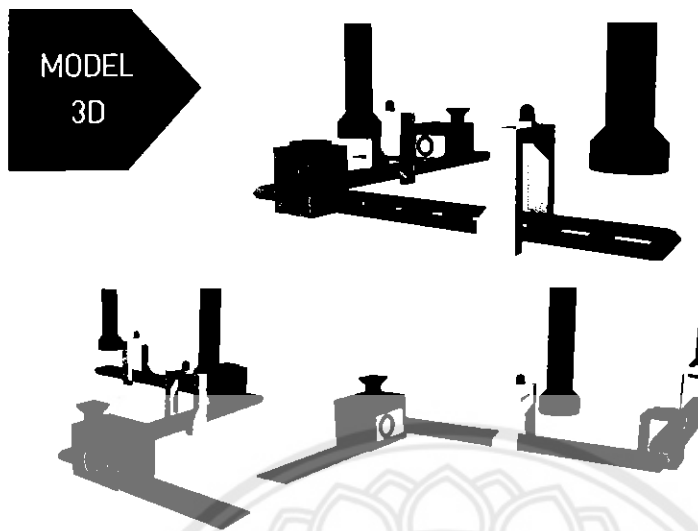


ภาพ 71 โมเดลตัวละคร 3D แบบที่ 1
ที่มา: ขนิษฐา กล้าสกุล

MODEL
3D



ภาพ 72 โมเดลตัวละคร 3D แบบที่ 2
ที่มา: ขนิษฐา กล้าสกุล



ภาพ 73 โมเดลเครื่องจักร 3D แบบที่ 1
ที่มา: ชนิษฐา กล่ำสกุล

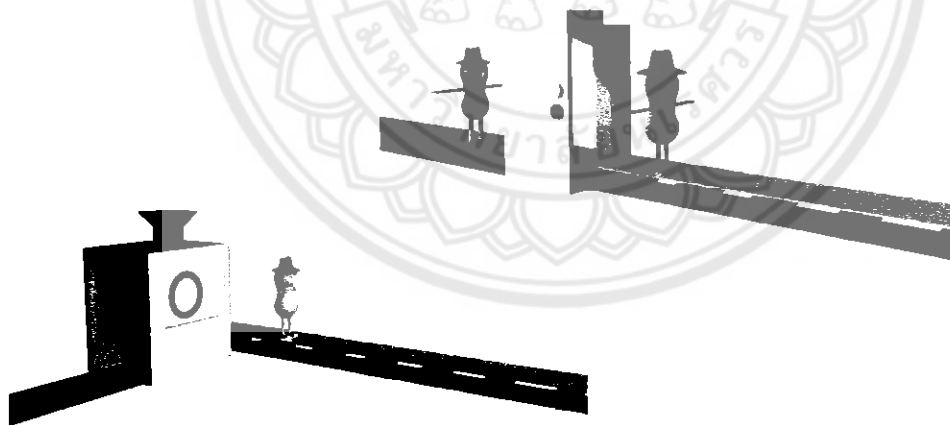


ภาพ 74 โมเดลของประกอบฉาก 3D
ที่มา: ชนิษฐา กล่ำสกุล



ภาพ 75 ฉากบ้าน และร้านค้า 3D

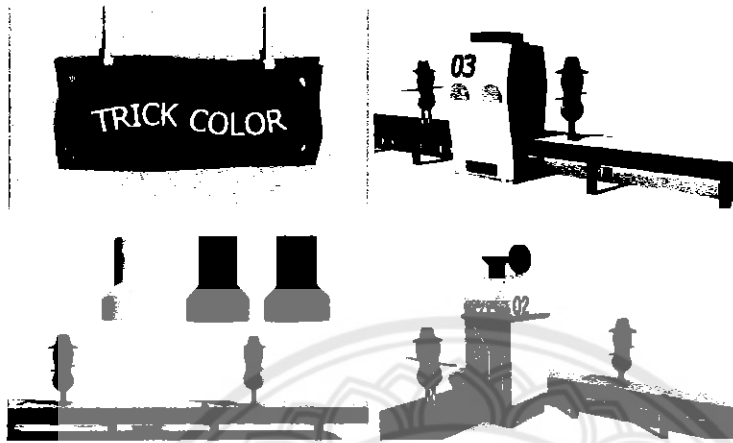
ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



ภาพ 76 จัดวางเครื่องจักร และตัวละครเข้าด้วยกัน

ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล

SCENE

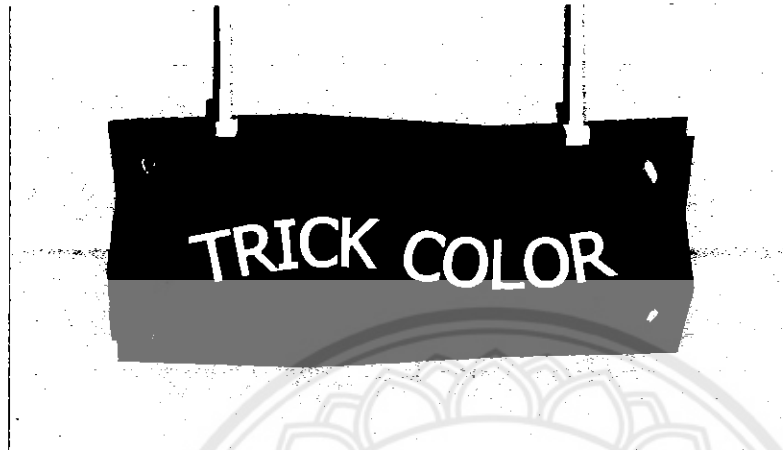


ภาพ 77 ฉีน 1 5 6 และ 7 3Dแบบที่ 1
ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล

SCENE

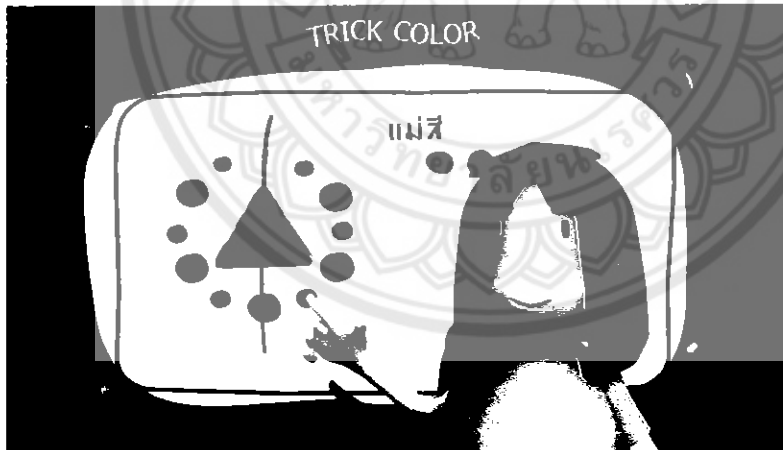


ภาพ 78 ฉีน 9 10 และ 11 3Dแบบที่ 1
ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



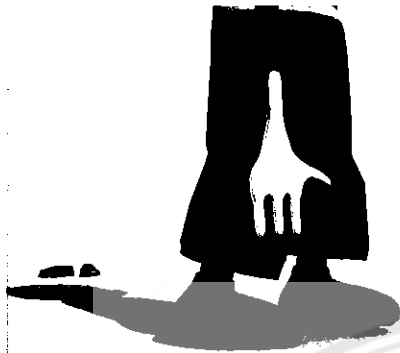
ภาพ 79 ซีนป้ายชื่อเรื่อง 3D

ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



ภาพ 80 ซีนคุณครูสอน 3D

ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



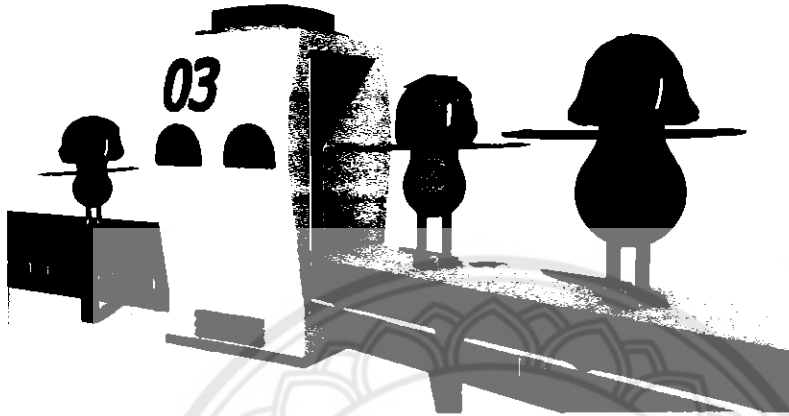
ภาพ 81 ซีนนักเรียนเดิน 3D

ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล

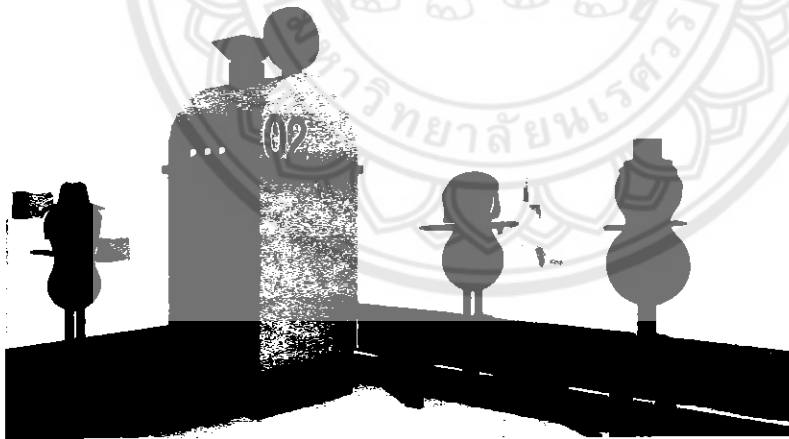


ภาพ 82 ซีนนักเรียนยืนง 3D

ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



ภาพ 83 จีนเครื่องแยกสี ชั้นที่ 3
ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



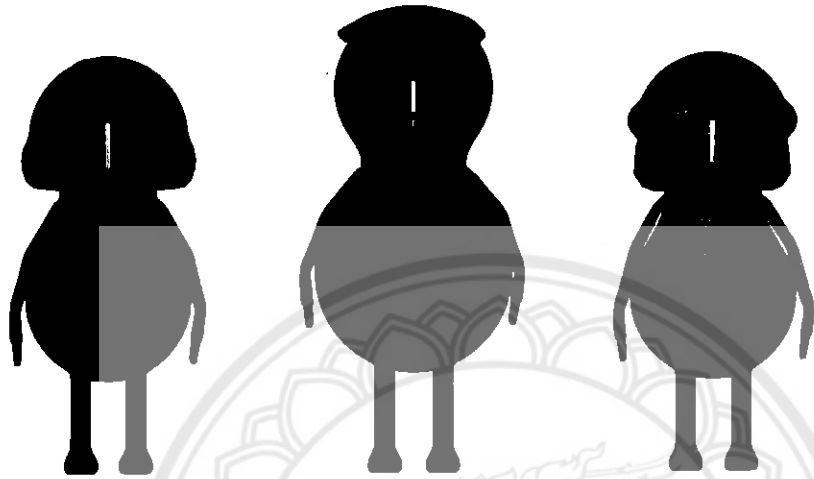
ภาพ 84 จีนเครื่องแยกสี ชั้นที่ 2
ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



ภาพ 85 จีนเครื่องดูดสี ชั้นที่ 1
ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล

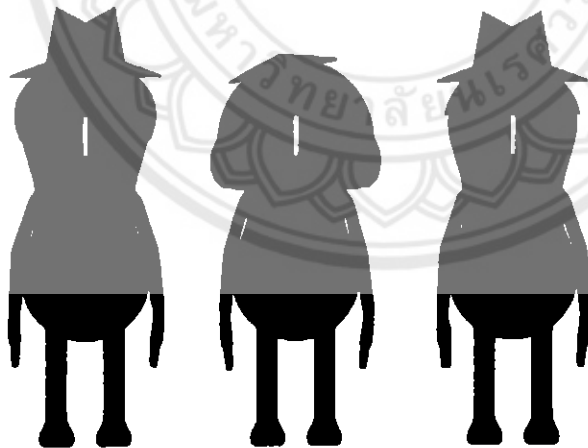


ภาพ 86 จีนตัวเม็ดสีอยู่บนรถบรรทุก
ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



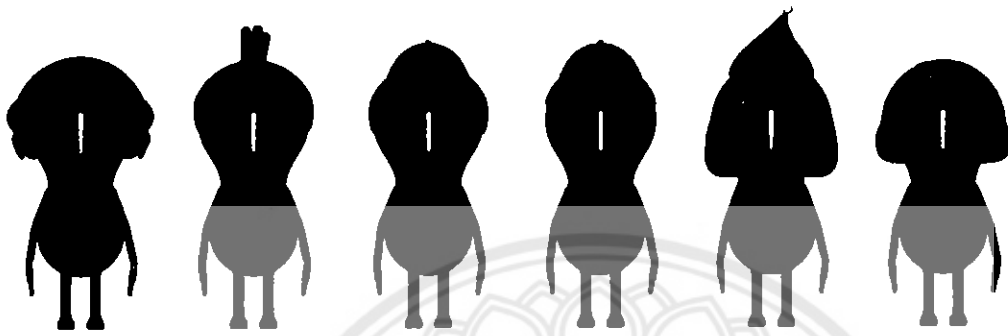
ภาพ 87 ตัวละคร 3D สีขั้นที่ 1

ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



ภาพ 88 ตัวละคร 3D สีขั้นที่ 2

ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



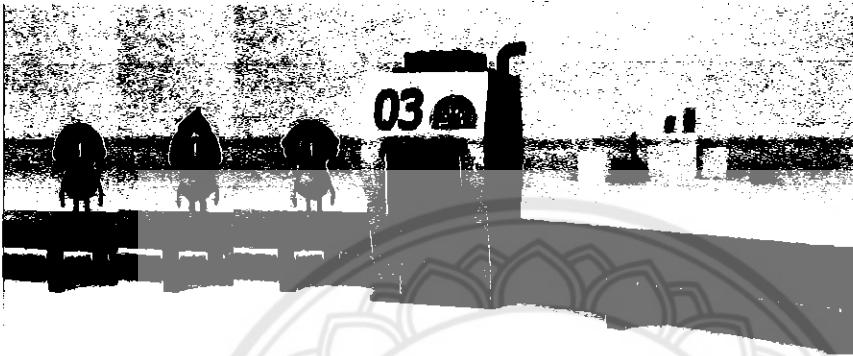
ภาพ 89 ตัวละคร 3D สีชั้นที่ 3

ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล

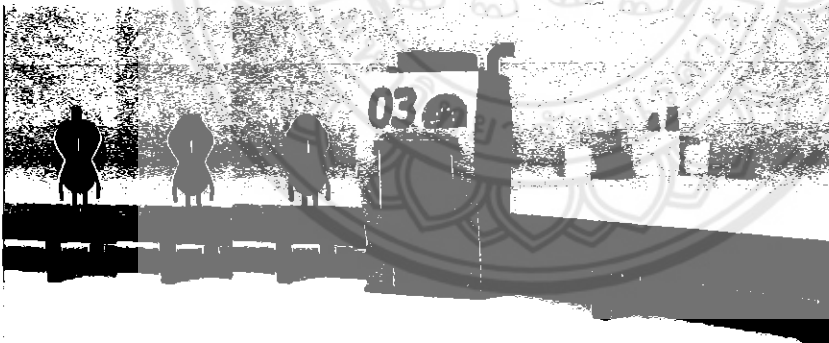


ภาพ 90 ซีนเครื่องแยกสี ชั้นที่ 2 (ล่าสุด)

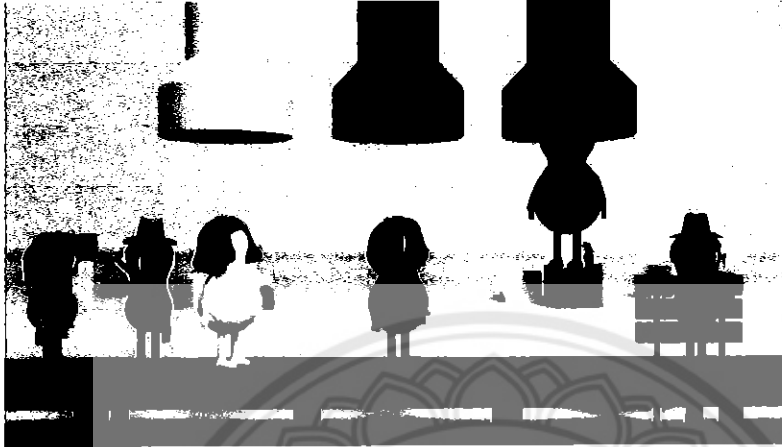
ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



ภาพ 91 จีนเครื่องแยกสี ชั้นที่ 3 (ล่าสุด)
ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



ภาพ 92 จีนเครื่องแยกสี ชั้นที่ 3 (ล่าสุด)
ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



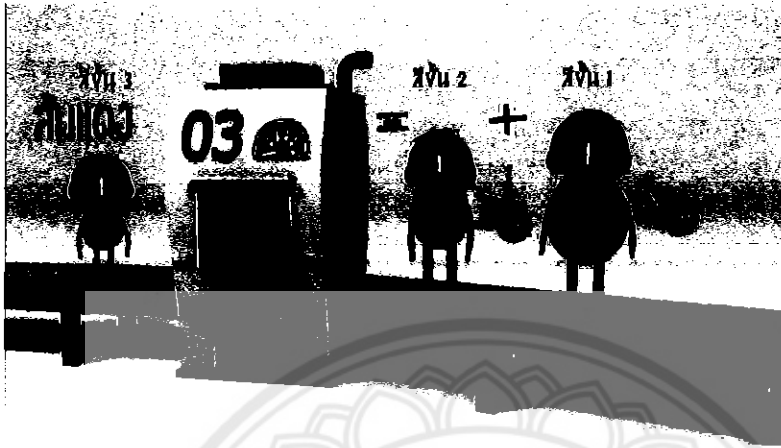
ภาพ 93 ซีนเครื่องดูดสีชั้นที่ 1 สีชั้นที่ 2 เลื่อนต่อไป

ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



ภาพ 94 ซีนเครื่องดูดสีชั้นที่ 1

ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



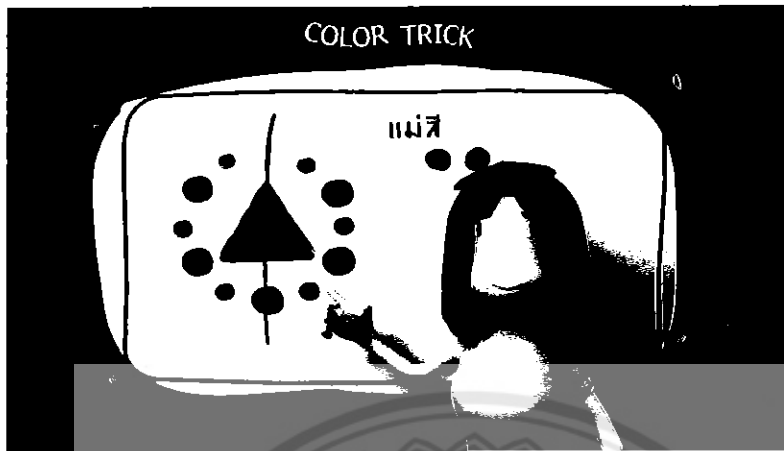
ภาพ 95 กราฟฟิกบอกรายละเอียดของสี (1)

ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



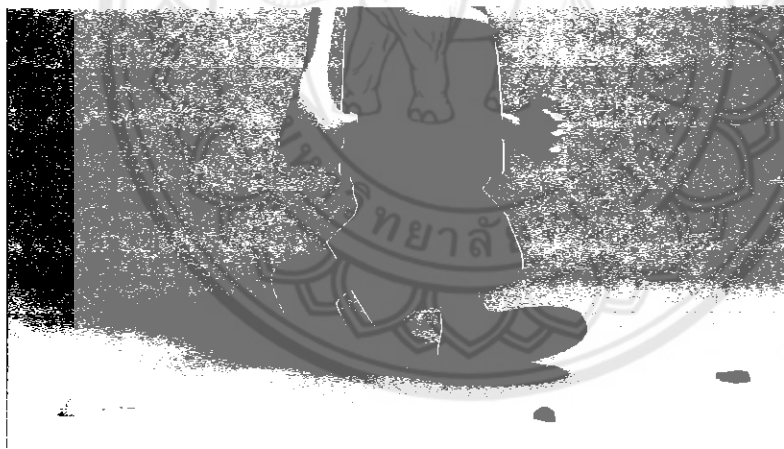
ภาพ 96 กราฟฟิกบอกรายละเอียดของสี (2)

ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



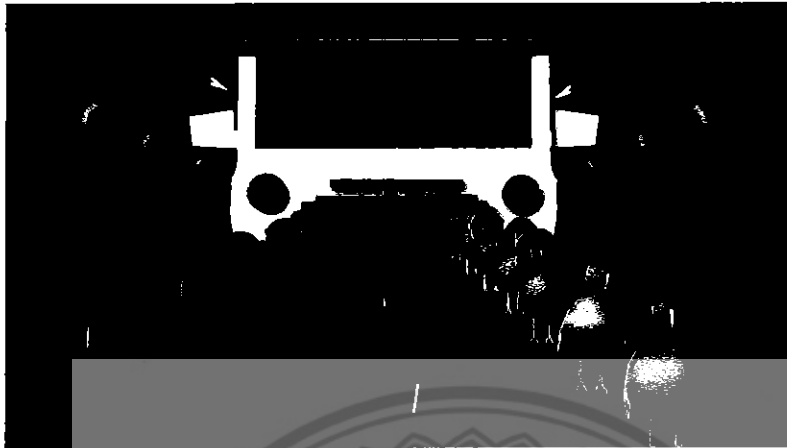
ภาพ 97 ชี้นคุณครูสอน (ล่าสุด)

ที่มา: ชนิษฐา กล่ำสกุล



ภาพ 98 ชี้นนักเรียนเดิน (ล่าสุด)

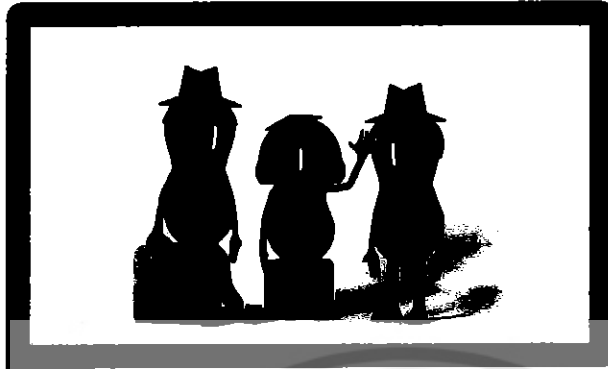
ที่มา: ชนิษฐา กล่ำสกุล



ภาพ 99 จีนรถบรรทุกตุตตัวเม็ดสีชั้นที่ 1 เข้ารถ
ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



ภาพ 100 จีนตัวเม็ดสีอยู่บนรถบรรทุก (ล่าสุด)
ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



ภาพ 101 จำลองผลงานเมื่ออยู่บนจอคอมพิวเตอร์
ที่มา: ชนิษฐา กล้าสกุล

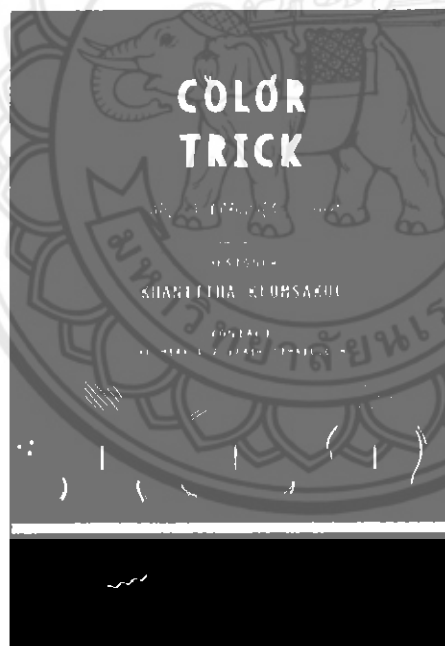


ภาพ 102 ปกบรรจุภัณฑ์ DVD
ที่มา: ชนิษฐา กล้าสกุล



ภาพ 103 ปกแผ่น DVD

ที่มา: ชนิษฐา กล้าสกุล



ภาพ 104 นามบัตรแบบที่ 1

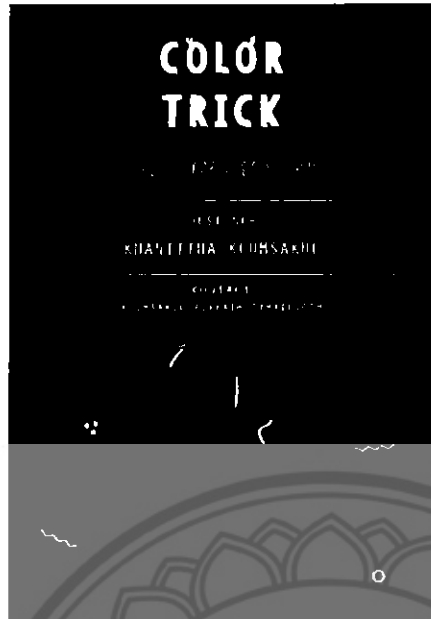
ที่มา: ชนิษฐา กล้าสกุล



ภาพ 105 นามบัตรแบบที่ 2
ที่มา: ขนิษฐา กล้าสกุล



ภาพ 106 นามบัตรแบบที่ 3
ที่มา: ขนิษฐา กล้าสกุล



ภาพ 107 นามบัตรแบบที่ 4
ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



ภาพ 108 โปสเตอร์ ขนาด A3
ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล

บทที่ 5

บทสรุป

การสรุปผลรายงานวิจัยเรื่อง การออกแบบแอนิเมชัน 3 มิติ เพื่อการเรียนรู้ เรื่องวงจรสี่ “Color Trick” สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 วัตถุประสงค์เพื่อให้เด็กมี แนวความคิดในการจดจำวงจรสี่ในรูปแบบใหม่ๆ และกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้เรื่องสีมากยิ่งขึ้น โดย การทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการสรุปผลการวิจัยต่างๆไว้ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

จากการออกแบบแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่องวงจรสี่ “Color Trick”

1. แอนิเมชันมีความน่าสนใจ ส่งเสริมให้เด็กเกิดการเรียนรู้
2. ผู้ชมได้เรียนรู้ในสื่อที่แปลกใหม่ ที่นอกเหนือจากหนังสือเรียน
3. เสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ให้กับผู้ชม

ขอบเขตของประชากรกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

ขอบเขตของผลงานออกแบบสร้างสรรค์

1. ออกแบบแอนิเมชัน 3 มิติ
2. ออกแบบโปสเตอร์ประชาสัมพันธ์
3. ออกแบบบอร์ดนำเสนอผลงาน
4. ออกแบบปกบรรจุภัณฑ์

อภิปรายผลการวิจัย

การออกแบบแอนิเมชัน 3 มิติ เพื่อการเรียนรู้ เรื่องวงจรสี่ “Color Trick” สำหรับ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จะช่วยส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้เรื่องวงจรสี่มากขึ้น สำหรับ กลุ่มเป้าหมาย เพราะเป็นสื่อที่มีความน่าสนใจกว่ารูปแบบเดิมๆ แอนิเมชัน 3 มิติเป็นสื่อรูปแบบ ใหม่ที่จะช่วยให้เกิดการเรียนรู้มากขึ้น และเข้าใจได้ง่ายมากขึ้น และที่สำคัญเป็นสื่อที่เหมาะสม สำหรับ กลุ่มเป้าหมาย มีการให้ข้อมูลด้วยภาพเคลื่อนไหว เสียง สี สัน และข้อมูลที่กระชับชัดเจน และ เข้าใจง่าย ซึ่งสามารถช่วยแก้ปัญหาในเรื่องที่ไม่ต้องท่องจำเนื้อหา และเนื้อหาที่ไม่เข้าใจ อีกทั้งยัง กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ด้วยตัวเองมากขึ้นอีกด้วย ดังนั้นการออกแบบแอนิเมชันนี้ถือว่าเป็นการ

ออกแบบที่บรรลุวัตถุประสงค์ในระดับที่ดี ที่สามารถช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับการเรียนรู้ให้เด็กหันมาสนใจเรียนรู้ในสิ่งต่างๆรอบตัว ได้สะดวกและไม่ทำให้เด็กเบื่อ

ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

การทำแอนิเมชันเป็นสิ่งที่ต้องใช้เวลาในการทำที่นาน จะต้องมีการวางแผนที่ดี เนื้อหาที่จะสื่อออกมาสามารถทำให้คนดูสื่อความหมายไปได้หลากหลาย โดยเนื้อหาจะต้องไม่ซับซ้อน เพื่อให้เด็กที่ชมนั้นเข้าใจในเนื้อหา จึงทำให้เป็นอุปสรรคในการสร้าง จึงได้ขอคำปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษา ทำให้ผ่านไปได้ด้วยดี

ข้อเสนอแนะ

1. ความยาวของแอนิเมชัน ไม่ควรยาวจนเกินไปเพราะอาจจะไม่เหมาะสำหรับเด็กเล็กๆ
2. ควรมีการลงพื้นที่เพื่อสำรวจความชอบ ความสนใจของกลุ่มเป้าหมาย
3. ควรมีลูกเล่นให้กับผลงานเพื่อสร้างความตื่นเต้นให้กับผู้ชม และดึงดูดความสนใจของผู้ชมจนจบแอนิเมชัน





บรรณานุกรม และเอกสารอ้างอิง

บรรณานุกรมประเภทหนังสือ

หนังสือทั่วไป

จุฑามาศ จิระสังข์. (2553). คู่มือสร้างงาน 3D. กรุงเทพฯ: ชิมพลีฟาย.

มนัสสินี ลำสันเตียะ. (2555). ออกแบบและสร้างภาพเคลื่อนไหวให้การ์ตูนอย่างมีชีวิตชีวา.

กรุงเทพฯ: รีไวว่า.

ศาสตราจารย์สนั่น ปัทมะทิน. (2525). ภาพยนตร์การ์ตูน : กรรมวิธีง่ายๆ. กรุงเทพฯ:

คณะวารสารศาสตร์และสื่อสารมวลชน.

สุชา จันทน์เอม. (2536). จิตวิทยาเด็ก. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

บรรณานุกรมสื่อออนไลน์

บทความออนไลน์

สำนักงานแว่นตา ไฮลักส์. (1 มิถุนายน 2553). การมองเห็นสี และตาบอดสี. Hiluxoptical

สืบค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2560, จาก www.hiluxoptical.com/HILUXOPTICAL9/การมองเห็นสีและตาบอดสี.html.

แพทย์หญิง สกาวรัตน์ คุณาวิศรุต. (17 กรกฎาคม 2556). ตาบอดสี (Color Blindness). haamor

สืบค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2560, จาก

<http://haamor.com/th/%E0%B8%95%E0%B8%B2%E0%B8%9A%E0%B8%AD%E0%B8%94%E0%B8%AA%E0%B8%B5/>.

Noppadon. (29 กันยายน 2553). องค์ประกอบสี. BlogSpot สืบค้นเมื่อ 25 พฤศจิกายน 2559,

จาก http://noppadon-mmd.blogspot.com/2010/09/blog-post_6380.html.

(10 มกราคม 2559). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ สี (Introduction to Colour). NovaBizz สืบค้นเมื่อ

25 พฤศจิกายน 2559, จาก

https://www.novabizz.com/CDC/Interior/Interior_Colour_01.htm.

(1 มีนาคม 2556). ทฤษฎีสี. ART สืบค้นเมื่อ 25 พฤศจิกายน 2556, จาก <https://Homepage9.wordpress.com/ทฤษฎีสี/>.

[wordpress.com/ทฤษฎีสี/](https://Homepage9.wordpress.com/ทฤษฎีสี/).

(20 มีนาคม 2556). แม้สี และวงจรีสี. ART BLOG สืบค้นเมื่อ 29 พฤศจิกายน 2559, จาก

<https://krittayakorn.wordpress.com/2013/03/20/แม้สีและวงจรีสี/>.

(21 กรกฎาคม 2559). สี. วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี สืบค้นเมื่อ 24 พฤศจิกายน 2559, จาก

<https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%AA%E0%B8%B5>.

(2550). ทฤษฎีการมองเห็นสีของมนุษย์. Rmutphysics สืบค้นเมื่อ 28 พฤศจิกายน 2559, จาก

www.rmutphysics.com/charud/naturemystery/colour/colour.htm.



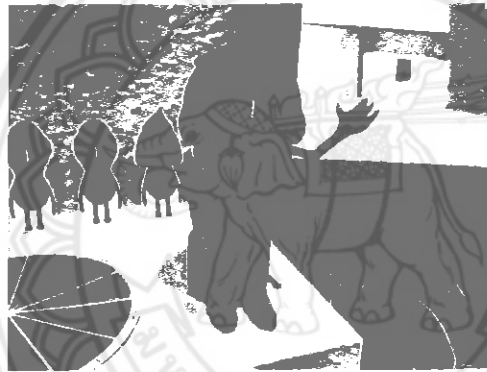


ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยนเรศวร



ภาพ 110 บุรจัดแสดงงาน
ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



ภาพ 111 โมเดล 3D
ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



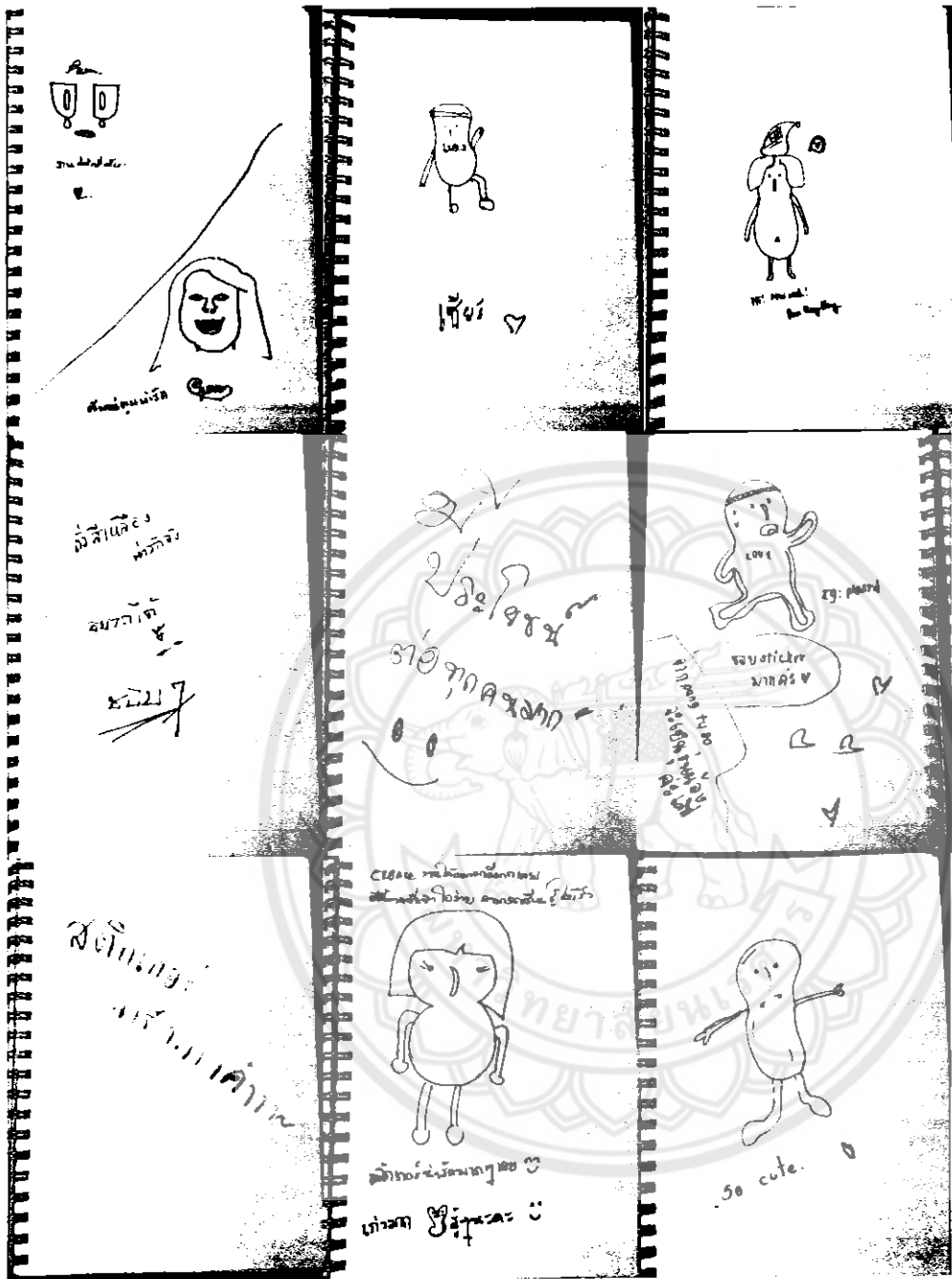
ภาพ 112 นำเสนอต่อผู้ว่า กทม.
ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



ภาพ 113 ผู้ที่มาชมงาน
ที่มา: ชนิษฐา กล่ำสกุล

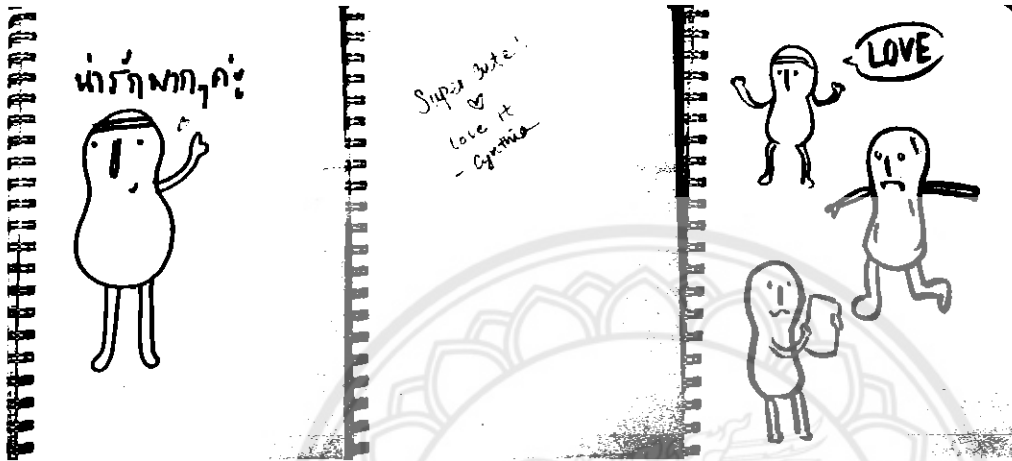


ภาพ 114 ผู้ที่มาชมงาน (2)
ที่มา: ขนิษฐา กล่ำสกุล



ภาพ 116 คอมเมนต์จากผู้ที่มาชมงาน (2)

ที่มา: ขนิษฐา กล้าสกุล



ภาพ 117 คอมเมนต์จากผู้ที่มาชมงาน (3)

ที่มา: ขนิษฐา กล้าสกุล