

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงแนวทางการทำวิจัยดาราศาสตร์ด้านสเปกโตรสโคปิกด้วยกล้องโทรทรรศน์ขนาดเล็ก ใช้เกรตติงเป็นอุปกรณ์แยกสเปกตรัม และใช้กล้อง DSLR เป็นอุปกรณ์รับสัญญาณ โดยมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในเรื่องของการสังเกตการณ์ และการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

2.1 สเปกตรัม (Spectrum)

เมื่อให้แสงของวัตถุดำหรือแสงขาวส่องผ่านปริซึม จะเกิดแถบสีต่าง ๆ ต่อเนื่องกัน 7 สี ได้แก่ สีม่วง สีคราม สีน้ำเงิน สีเขียว สีเหลือง สีส้ม และสีแดง เรียกแถบสีต่อเนื่องทั้ง 7 สี นี้ว่า “สเปกตรัมของแสงขาว” ดังนั้นแสงขาวจึงประกอบไปด้วยสีทั้ง 7 สี ซึ่งมีความยาวคลื่นแตกต่างกัน ทำให้เกิดการหักเหตามขนาดของมุมต่าง ๆ โดยที่แสงที่มีความยาวคลื่นไม่เท่ากัน ก็จะมีการหักเหของแสงในปริซึมไม่เท่ากันเช่นกัน จึงทำให้เกิดการแยกออกเป็นแถบสีต่าง ๆ ที่มีความยาวคลื่นไม่เท่ากันต่อเนื่องกันเป็นแถบสเปกตรัม

เซอร์ไอแซค นิวตันเป็นคนแรกที่ค้นพบแสงที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถแยกแถบสีได้ 7 สี โดยทำการทดลองใช้ปริซึมแยกแสงอาทิตย์ ผลที่ได้คือปรากฏแถบสี 7 สี

ต่อมาในปี ค.ศ.1802 วิลเลียม ฮอร์วอลลาสตัน นักเคมีและนักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ ค้นพบสเปกตรัมต่อเนื่องของดวงอาทิตย์ที่ถูกบรรยากาศบัง มีเส้นมืดปรากฏอยู่บนแถบห่างกันไม่เท่ากัน ซึ่งหลังจากนั้นโยเซฟ ฟอน ฟรอนโฮเฟอร์ ค้นพบเส้นมืดจำนวน 475 เส้นในสเปกตรัมต่อเนื่องของดวงอาทิตย์

ต่อมาเรียกเส้นมืดที่ถูกค้นพบนี้ว่า เส้นดูดกลืน (Absorption lines) ซึ่งธาตุแต่ละชนิด จะทำให้เกิดเส้นดูดกลืนที่แตกต่างกันออกไป นอกจากนี้ยังค้นพบเส้นสีเหลืองในสเปกตรัมต่อเนื่องนี้ ซึ่งมีความยาวคลื่นที่ตรงกับสีเหลืองในการเผาเกลือ ทำให้ทราบว่าดวงอาทิตย์มีธาตุโซเดียม (Na)

ต่อมาในปี ค.ศ.1814 เซอร์ไอแซค นิวตันกับโจเซฟ ฟอน ฟรังก์โฮเฟอร์ นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันก็ได้ทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง แต่เปลี่ยนไปใช้แผ่นเกรตติงแทนแท่งแก้วปริซึม

โดยทำการทดลองกับการหักเหของแสงดวงอาทิตย์ พวกเขาพบเส้นมืดปรากฏบนแถบสเปกตรัมเพิ่มขึ้นมากกว่า 600 เส้น ซึ่งในปัจจุบันตรวจพบมากกว่า 30,000 เส้น ในภายหลังกุสตาฟ เคอร์ชอฟได้ประดิษฐ์สเปกโตรสโคปเพื่อใช้ในการแยกสเปกตรัมของแสงขาวและตรวจเส้นสเปกตรัมของสารที่ถูกเผาว่าประกอบด้วยธาตุอะไรบ้างได้

ในปี ค.ศ.1859-1860 โรเบิร์ต นูนเซน และกุสตาฟ เคอร์ชอฟ นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ได้ทดลองเผาก๊าซร้อน แล้วพบว่า แสงจากก๊าซร้อนที่ผ่านปริซึมเกิดเส้นสว่างบนแถบสเปกตรัม ซึ่งก๊าซแต่ละชนิดให้จำนวนและตำแหน่งของเส้นสว่างแตกต่างกัน เราเรียกเส้นสว่างนี้ว่าเส้นแผ่รังสีหรือเส้นเปล่งแสง (Emission lines) เวลาต่อมา เคอร์ชอฟ ยังค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างเส้นดูดกลืนและเส้นแผ่รังสี เป็นกฎสามข้อของเคอร์ชอฟ (Kirchhoff's Laws) ได้ดังนี้

ข้อที่ 1 วัตถุที่ให้แสงขาวทำให้เกิดแถบสเปกตรัมต่อเนื่อง (Continuous spectrum) ไม่ปรากฏเส้นมืด ตัวอย่างที่เห็นได้โดยทั่วไปก็คือ สเปกตรัมของดวงอาทิตย์ หรือที่เรียกว่า รุ้งกินน้ำ และแสงรังสีจากหลอดไฟที่กระทบกับไอในอากาศเกิดเป็นแถบ 7 สีเช่นกัน ตัวอย่างแถบสเปกตรัมแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แถบสเปกตรัมต่อเนื่อง

ที่มา <https://th.wikipedia.org/wiki/เส้นสเปกตรัม>

วันที่สืบค้น 10/12/2560

ข้อที่ 2 ก๊าซร้อนทำให้เกิดเส้นแผ่รังสีหรือเปล่งแสง (Emission lines) เป็นเส้นสีสว่างบนแถบสเปกตรัมมืด ตัวอย่างเส้นแผ่รังสีหรือเปล่งแสง (Emission lines) แสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 เส้นแผ่รังสีหรือเปล่งแสงของไฮโดรเจน (Hydrogen Emission lines)

ที่มา https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen_spectral_series

วันที่สืบค้น 10/12/2560

ข้อที่ 3 แก๊สเย็นที่ขวางกั้นการแผ่รังสีของวัตถุดำ ทำให้เกิดเส้นดูดกลืน (Absorption lines) ปรากฏเป็นเส้นสีดำบนแถบสเปกตรัมต่อเนื่อง จะเกิดขึ้นเมื่อแสงจากวัตถุสว่างและให้สเปกตรัมต่อเนื่อง ส่องผ่านแก๊สแล้วจึงผ่านเข้าสเปกโตรสโคป สเปกตรัมที่ปรากฏจะมีเส้นมืด หรือแถบมืดเกิดขึ้นตรงที่เดียวกับเส้นสว่างในสเปกตรัมเปล่งแสง หรือสเปกตรัมเส้นสว่างของวัตถุนั้น และเป็นลักษณะเฉพาะของวัตถุนั้น ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.3



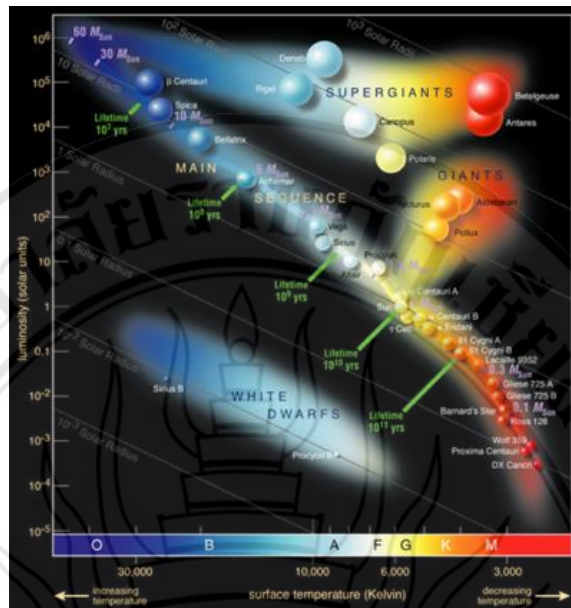
รูปที่ 2.3 เส้นดูดกลืน (Absorption lines)

ที่มา <https://th.wikipedia.org/wiki/เส้นสเปกตรัม> วันที่สืบค้น 10/12/2560

2.2 สเปกโตรสโคปี (Spectroscopy)

สเปกโตรสโคปี (spectroscopic Techniques) เป็นเทคนิคการศึกษาลักษณะทางกายภาพของดาวในรูปของสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยอุปกรณ์ที่เรียกว่า สเปกโตรกราฟ (spectrograph) โดยใช้หลักการของเกรตติงในการแยกแสงตามการหักเหของแต่ละความยาวคลื่น ซึ่งดาวแต่ละ spectral type จะให้เส้นสเปกตรัมที่แตกต่างกันไป ดังนั้นในการวิเคราะห์เส้นสเปกตรัมของดาว จะทำให้นักดาราศาสตร์ สามารถศึกษาปริมาณของธาตุต่างๆ ในชั้นบรรยากาศของดาวฤกษ์ และยังสามารถนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพอื่นๆ ได้อีก เช่น ความโน้มถ่วงที่ผิวดาว (Surface Gravity) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ทำให้นักดาราศาสตร์ สามารถสร้างแบบจำลองของบรรยากาศของดาวฤกษ์แต่ละชั้นได้

ในขณะที่การศึกษาสเปกตรัมของดาวมีความสำคัญ ที่ทำให้ทราบถึงคุณลักษณะต่างๆ แต่ในขณะเดียวกัน spectrograph ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลก็มีราคาสูงมากเช่นเดียวกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงได้ทำการศึกษากำหนดสเปกตรัมของดาวฤกษ์ที่อยู่ในแถบกระบวนหลักในแผนภาพ HR Diagram ดังภาพที่ 1 โดยใช้เกรตติง เป็นอุปกรณ์ในการแยกสเปกตรัม และใช้กล้องดิจิทัล DSLR เป็นอุปกรณ์รับสัญญาณ และทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจำแนกชนิดสเปกตรัมของดาวตามแบบ Harvard Classification ซึ่งจำแนกชนิดสเปกตรัมของดาวออกเป็น Spectral Type คือ O, B, A, F, G, K และ M

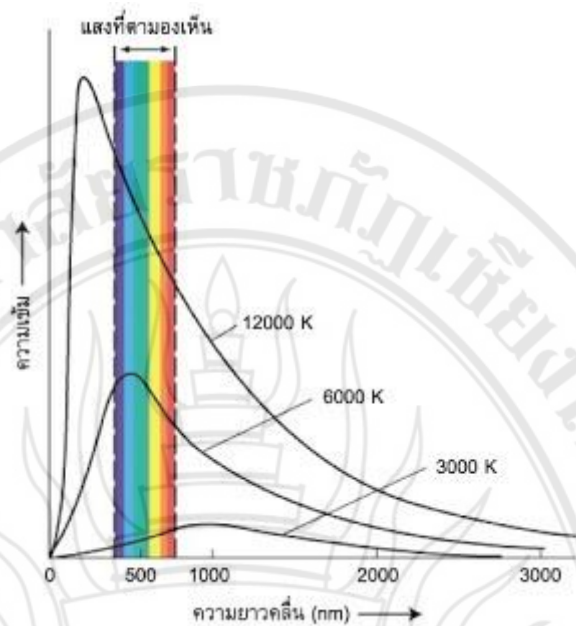


รูปที่ 2.4 แผนภาพ H-R Diagram

ที่มา https://th.wikipedia.org/wiki/H-R_Diagram วันที่สืบค้น 10/12/2560

วิธีการที่นักดาราศาสตร์ศึกษาดาวฤกษ์โดยการสังเกตจากสเปกตรัมของดาวเรียกว่า "สเปกโตรสโคปี" (Spectroscopy) โดยใช้เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ต่อพ่วงกับกล้องโทรทรรศน์เพื่อรวมแสงดาวเข้ามาผ่านเกรตติงเพื่อแยกแสงดาวออกเป็นสเปกตรัมช่วงคลื่นต่างๆ แล้วบันทึกภาพด้วยอุปกรณ์บันทึกภาพ CCD สเปกตรัมจะบอกสมบัติของดาว 3 ประการคือ อุณหภูมิพื้นผิว องค์ประกอบทางเคมีของบรรยากาศ และทิศทางการเคลื่อนที่ของดาวซึ่งสัมพันธ์กับโลก

1) อุณหภูมิพื้นผิวของดาวฤกษ์ นักดาราศาสตร์ศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวของดาวฤกษ์ได้จากสเปกตรัมที่ดาวแผ่รังสีออกมา โดยพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นเข้มสุดที่ดาวแผ่รังสีออกมา ($\lambda_{\max}$) กับอุณหภูมิพื้นผิว (T) ตามกฎการแผ่รังสีของวิน โดยมีความสัมพันธ์คือ $\lambda_{\max} = 0.0029/T$ ซึ่งอธิบายได้ว่า "ความยาวคลื่นของรังสีที่มีความเข้มมากที่สุดที่ดาวแผ่ออกมาแปรผกผันกับอุณหภูมิพื้นผิวของดาว" ดังรูปที่ 2.5 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ดาวฤกษ์ที่แผ่รังสีเข้มสุดเป็นรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่ความยาวคลื่น 250 nm มีอุณหภูมิพื้นผิว 12,000 K ดาวฤกษ์ที่แผ่รังสีเข้มสุดในช่วงแสงที่ตามองเห็นที่ความยาวคลื่น 500 nm มีอุณหภูมิพื้นผิว 6,000 K และดาวฤกษ์ที่แผ่รังสีเข้มสุดเป็นรังสีอินฟราเรดที่ความยาวคลื่น 1,000 nm มีอุณหภูมิพื้นผิว 3,000 K ตามลำดับ



รูปที่ 2.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง อุณหภูมิ และความยาวคลื่น

ที่มา <http://www.lesa.biz/astromy/star-properties/stellar-spectrum>

วันที่สืบค้น 10/12/2560

2) องค์ประกอบทางเคมีของดาวฤกษ์ ในการศึกษาองค์ประกอบของดาวฤกษ์ด้วยการวิเคราะห์สเปกตรัม นักดาราศาสตร์แบ่งสเปกตรัมของดาวฤกษ์ออกเป็น 7 ประเภท ได้แก่ดาวประเภท O, B, A, F, G, K, M ดาวสเปกตรัม O เป็นดาวที่มีอุณหภูมิสูงถึง 35,000 K ดวงอาทิตย์เป็นดาวสเปกตรัม G มีอุณหภูมิปานกลาง ประมาณ 5,800 K ส่วนดาว M เป็นดาวที่มีอุณหภูมิต่ำ 3,500 K ซึ่งจะเห็นได้ว่าสเปกตรัมของดาวฤกษ์แต่ละประเภทจะมีเส้นดูดกลืนสีดำ ที่แสดงถึงองค์ประกอบในบรรยากาศที่ห่อหุ้มดาวแตกต่างกัน เส้นดูดกลืนของสเปกตรัม O เกิดจากการดูดกลืนของอะตอมไฮโดรเจนและฮีเลียมดังรูปที่ 2.6

ส่วนเส้นดูดกลืนของดาวสเปกตรัม K นั้นเกิดจากการดูดกลืนของธาตุหนักหลายชนิด และสเปกตรัมดาวฤกษ์ O จะถูกธาตุอะตอม H และ He ในบรรยากาศบริเวณรอบข้าง รวมทั้งภายในดาวฤกษ์เองดูดกลืนสเปกตรัมจนเกิดเส้นดูดกลืน

สเปกตรัมดาวฤกษ์ B เส้นสเปกตรัมที่เข้มมากที่สุดได้แก่ He แต่เข้มน้อยกว่า ชนิด O

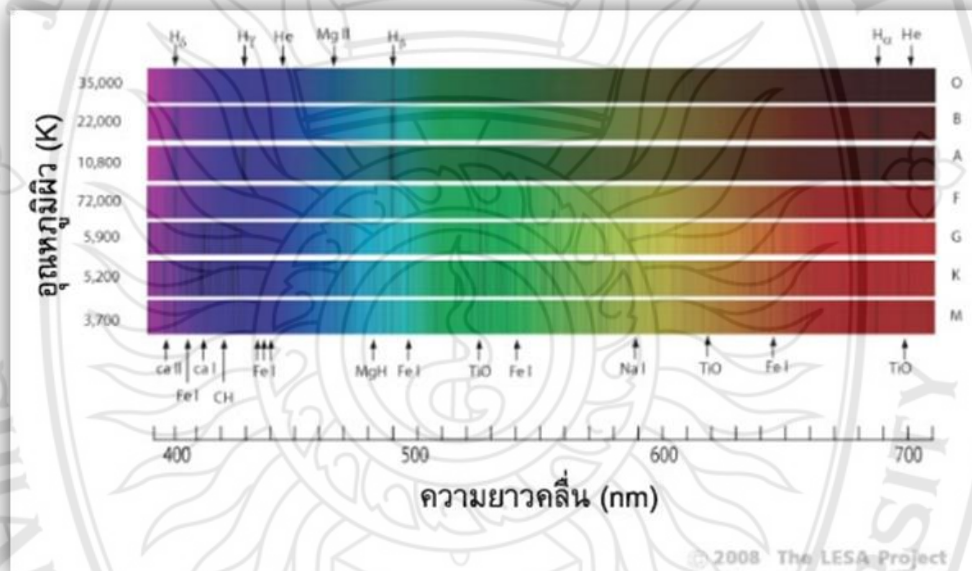
สเปกตรัมดาวฤกษ์ A เส้นสเปกตรัมที่เข้มที่สุดคือ H โดยจะเริ่มมี Mg และ Ca ปรากฏให้เห็น เนื่องจากการแตกตัวเป็นไอออน

สเปกตรัมดาวฤกษ์ F เส้นสเปกตรัมของธาตุ H เริ่มจางลง แต่เส้นของ Ca ที่ถูกไอออไนซ์ครั้งแรกจะเริ่มปรากฏชัดขึ้น และมีสเปกตรัมมืดของโลหะที่ยังไม่ถูกไอออไนซ์ขึ้นมา เช่น Fe, Cr

สเปกตรัมดาวฤกษ์ G จะเห็นเส้นสเปกตรัมของ Ca ที่ถูกแตกตัวเป็นไอออนครั้งแรก ชัดเจนขึ้นกว่า ชนิด F และเส้นของธาตุ H ยังสามารถสังเกตเห็นได้อยู่ อีกทั้งเส้นสเปกตรัมมืดของโลหะที่ยังไม่ถูกแตกตัวเป็นไอออนเข้มมากขึ้น เช่น Fe

สเปกตรัมดาวฤกษ์ K จะพบเส้นสเปกตรัมของ Ca ที่ถูกแตกตัวเป็นไอออน ครั้งที่สอง เข้มมากที่สุด และจะปรากฏเส้นสเปกตรัมของธาตุโลหะที่เป็นกลางจำนวนมาก

สเปกตรัมดาวฤกษ์ M จะมีเส้นสเปกตรัมของไทเทเนียมออกไซด์ที่ชัดเจนมาก และยังปรากฏเส้นมืดของธาตุโลหะ



รูปที่ 2.6 สเปกตรัมของดาวฤกษ์ทั้ง 7 ประเภท

ที่มา <http://www.lesa.biz/astronomy/star-properties/stellar-spectrum>

วันที่สืบค้น 10/12//2560

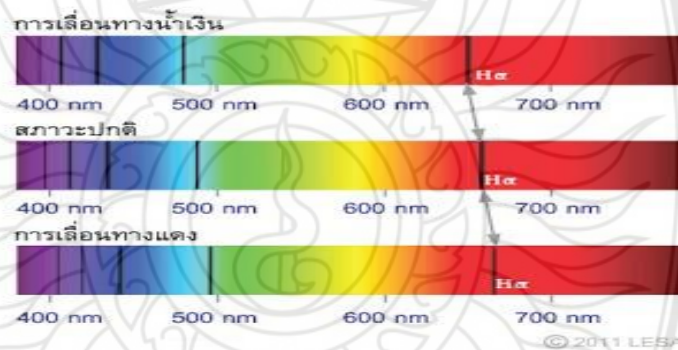
นอกจากนี้ยังพบเส้นดูดกลืนของโมเลกุลเป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีอุณหภูมิต่ำเพียงพอที่จะสามารถจับตัวกันเป็นโมเลกุล เช่น ไททาเนียมออกไซด์ (TiO) เป็นต้น

3) ทิศทางการเคลื่อนที่ของดาวฤกษ์ นักดาราศาสตร์ได้ทำการศึกษาทิศทางการเคลื่อนที่ของดาวฤกษ์ที่สัมพันธ์กับโลก โดยอาศัยปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ ดังรูปที่ 2.7 โดยแสดงสเปกตรัม 3 แบบได้แก่

- สเปกตรัมของดาวฤกษ์ในสภาวะปกติ จะแสดงอยู่ตรงกลาง โดยมีเส้นดูดกลืนรังสีซึ่งเกิดจากการยกตัวของอิเล็กตรอนวงโคจรของอิเล็กตรอนในอะตอมของธาตุไฮโดรเจน จากชั้นที่ 2 ไปยังชั้นที่ 6, 5, 4, 3 ทำให้เกิดเส้นสเปกตรัมที่มีความยาวคลื่น 410 nm (H-delta), 434 nm (H-gamma), 486nm (H-beta), 656 nm (H-alpha) ตามลำดับ เรียกว่า บาลเมอร์ซีรีส์

- การเลื่อนทางน้ำเงิน (Blueshift) ซึ่งแสดงในแถบม่วง จะเกิดขึ้นเมื่อดาวเคลื่อนที่ในทิศทางเข้าหาโลก ทำให้เราสังเกตเห็นความยาวคลื่นที่สั้นกว่าความเป็นจริง ทำให้เส้นดูดกลืนรังสีทั้งสี่เส้นเคลื่อนที่ไปทางด้านสีม่วง

- การเลื่อนทางแดง (Redshift) ซึ่งแสดงในแถบส้ม จะเกิดขึ้นเมื่อดาวเคลื่อนที่ในทิศทางออกจากโลก ทำให้เราสังเกตเห็นความยาวคลื่น ยาวมากกว่าความเป็นจริง ทำให้เห็นเส้นดูดกลืนรังสีทั้งสี่เส้นเคลื่อนที่ไปทางด้านสีแดง



รูปที่ 2.7 การเคลื่อนที่ของเส้นดูดกลืนในแถบสเปกตรัม

ที่มา <http://www.lesa.biz/astromy/star-properties/stellar-spectrum>

วันที่สืบค้น 10/12/2560

ปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ สามารถบอกค่าความเร็วของการเคลื่อนที่ของดาวฤกษ์ได้ เป็นการเคลื่อนที่เชิงเรเดียน (Radial velocity) แต่อย่างไรก็ตาม ปรากฏการณ์ดอปเปลอร์จะเกิดขึ้นต่อเมื่อ มีการเคลื่อนที่ในแนวสายตาเท่านั้น แต่ถ้าดาวเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากกับสายตา ก็จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ของเส้นดูดกลืนในแถบสเปกตรัม

2.3 เกรตติง (grating)

ในทางทัศนศาสตร์ (optics) เกรตติง คือ อุปกรณ์ทางแสงที่ทำให้คุณสมบัติของแสงที่ตกกระทบมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะซ้ำๆ สม่ำเสมอ จึงทำให้แสงที่ส่องผ่าน หรือสะท้อนเกิดการเลี้ยวเบนแล้วไปแทรกสอดกัน โดยเกรตติงชนิดพื้นฐานที่สุดประกอบด้วยแถบทึบแสงและโปร่งแสงสลับกันไป หากแสงที่ผ่านเกรตติงนั้นเป็นแสงที่มีความยาวคลื่นเดียวเช่น แสงเลเซอร์ แต่หากเป็นแสงที่มีหลายความยาวคลื่นและต่อเนื่อง จะทำให้เกิดแถบสเปกตรัมสีรุ้งเช่น แสงขาว ลักษณะของเกรตติงก็จะเป็นแผ่นวัสดุบางที่ถูกแบ่งออกเป็นช่องขนานซึ่งอยู่ชิดกันมาก โดยรูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่างรูปของเกรตติงแบบส่องผ่าน(transmission grating)



รูปที่ 2.8 เกรตติงแบบส่องผ่าน

ที่มา <http://www.neutron.rmutphysics.com/teachingglossary/index.php??>

option=com_content&task=view&id=56&Itemid=11

วันที่สืบค้น 10/12//2560

2.4 กล้องดิจิทัล DSLR (Digital Single Lens Reflex)

กล้องดิจิทัล DSLR เป็นกล้องสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวด้วยระบบดิจิทัลที่อาศัยการหักเหของกลไกกระจกภาพในตัวกล้องเพื่อให้เห็นภาพจากเลนส์โดยตรงสามารถเปลี่ยนเลนส์ได้เพื่อสร้างสรรค์ภาพในรูปแบบต่างๆ และกล้องประเภทนี้จะมีขนาดเซ็นเซอร์ภาพที่ใหญ่ จึงทำให้ได้คุณภาพของภาพและมิติภาพที่ดี (Dr.Fisik Sean Buakanok, 2555)



รูปที่ 2.9 กล้องดิจิทัล DSLR

ที่มา : Canon Eos 6D. วันที่สืบค้น ตุลาคม , 16 2559 เข้าถึงได้จาก
<http://www.ec-mall.com/product/digital-camera/canon/35127.html>

คุณสมบัติในการใช้งานของกล้องดิจิทัล DSLR (Canon Marketing Thailand Co., Ltd., 2557)

- 1) มีช่องมองภาพ Viewfinder คือ แสงที่สะท้อนจากวัตถุผ่านเลนส์เข้ามายังช่องมองภาพ ทำให้มองเห็นใกล้เคียงกับความเป็นจริง
- 2) สามารถถอดเปลี่ยนเลนส์ได้
- 3) ทำให้ภาพถ่ายมีคุณภาพมีมิติที่ดีกว่า เพราะมีเซ็นเซอร์และชิ้นเลนส์ที่ใหญ่ทำให้มีพื้นที่ในการรับแสงได้ดี
- 4) ทำให้ภาพมีความละเอียดมาก มีจุดรบกวน (Noise) ที่ต่ำกว่า
- 5) มีระบบการทำงานที่มาก เช่น ชัตเตอร์รับแสง ระบบประมวลผลภาพ หรือ ระบบแฟลช สามารถถ่ายภาพสถานการณ์ต่างๆ ได้หลากหลาย

6) มีอุปกรณ์เสริมมากมาย เช่น สามารถเปลี่ยนเลนส์ได้ มีฟิลเตอร์ชนิดต่างๆเพื่อตัดแสง มีแบตเตอรี่คลิปช่วยให้ถ่ายภาพได้นานขึ้น

2.5 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

เฉลิมชนม์ วรรณทอง (2543) ได้ทำการศึกษาสเปกตรัมของดาวฤกษ์ โดยใช้ ซีซีดี สเปกโตรกราฟ ติดกับกล้องโทรทรรศน์ขนาด 16 นิ้ว โดยทำการสังเกตการณ์ที่ หอดูดาวสิรินธร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อศึกษาสเปกตรัมของดาวฤกษ์ เพื่อใช้ในการจำแนกชนิด โดยได้ ทำการศึกษาเส้นสเปกตรัมที่เด่นชัดในช่วงความยาวคลื่น 550 – 740 นาโนเมตร และนำไป เปรียบเทียบกับสเปกโตรแกรมการจำแนกชนิดสเปกตรัมมาตรฐานของดาวฤกษ์ตามแบบของ ฮาร์วาร์ต และนำข้อมูลที่ได้มาจัดทำชุดปฏิบัติการ การจำแนกชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์โดยใช้ ซีซีดี สเปกโตรกราฟ