

ฟิสิกส์ ม.ปลาย

แสงเชิงรังสี

ผศ.สุชาติ สุภาพ

พิมพ์และจัดจำหน่ายโดย

สุชาติ สุภาพ

133/471 หมู่ 2 (ติดกับ สนง. ที่ดินบางบัวทอง) ต.พิมลราช อ.บางบัวทอง
จ.นนทบุรี 11110

E-mail suchart11111@hotmail.com

พิมพ์ที่ หจก. SPS 1999 ม.เพชรบูรณ์ เขตคันนายาว กรุงเทพฯ 10230

คำนำ

หนังสือ ฟิสิกส์ มัธยมศึกษา เรื่อง แสงเชิงรังสี เล่มนี้ จัดทำขึ้นเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจในธรรมชาติของแสง และพฤติกรรมของแสงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางต่าง ๆ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาฟิสิกส์เกี่ยวกับทัศนศาสตร์และเทคโนโลยีทางแสงในระดับมัธยมศึกษา แสงเชิงรังสี เป็นแนวคิดที่ใช้แทนทิศทางการเดินทางของแสงเป็นเส้นตรง เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ เช่น การสะท้อน การหักเห การเกิดเงา และการสร้างภาพผ่านกระจกหรือเลนส์ ซึ่งเป็นสิ่งที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวันและมีความสำคัญต่อการพัฒนาเครื่องมือทัศนอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น แว่นตา กล้องถ่ายภาพ กล้องจุลทรรศน์ และกล้องโทรทรรศน์ หนังสือเล่มนี้ได้นำเสนอเนื้อหาอย่างเป็นลำดับขั้น เริ่มตั้งแต่แนวคิดพื้นฐานของการมองเห็น การเดินทางของแสง การวาดแผนภาพรังสี ไปจนถึงการวิเคราะห์ภาพจากกระจกเงาและเลนส์ พร้อมทั้งมีแบบฝึกหัดและตัวอย่างปัญหาที่หลากหลาย เพื่อเสริมสร้างทักษะการคิดวิเคราะห์ และความสามารถในการแก้โจทย์ทางฟิสิกส์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเล่มนี้จะเป็นสื่อการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจหลักการของแสงเชิงรังสีได้อย่างลึกซึ้ง เห็นคุณค่าของฟิสิกส์ในชีวิตจริง และเกิดแรงบันดาลใจในการศึกษาต่อในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ถ้าท่านสนใจหนังสือในรูปแบบ E-BOOK ก็มีจำหน่ายที่เว็บไซต์ ร้านนายอินทร์ , MEB , อุกปี, ซีเอ็ด , htext , ศูนย์หนังสือจุฬาฯ และ DDebook

สำหรับท่านที่สนใจหนังสือของกระผมแต่หาซื้อตามร้านหนังสือทั่วไปไม่ได้ สามารถซื้อออนไลน์ที่แอปต่าง ๆ โดยสแกน QR โค้ดข้างล่างนี้
(ที่ช้อปปีมีหนังสือมากที่สุด)



สุชาติ สุภาพ

มือถือ 083-920-3825

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 10 แสงเชิงรังสี	4
10.1 การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง	5
10.2 การสะท้อนของแสง	10
10.2.1 ภาพที่เกิดจากกระจกเงาราบ	13
10.2.2 ภาพที่เกิดจากกระจกเงาทรงกลม	15
10.3 การหักเหของแสง	20
10.3.1 การสะท้อนกลับหมดของแสง	25
10.3.2 ความลึกจริง ความลึกปรากฏ	27
10.4 เลนส์	34
10.5 ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับแสง	38
10.5.1 การกระจายแสง	38
10.5.2 รุ้งกินน้ำ	38
10.5.3 การทรงกลม	40
10.5.4 มิราจ	42
10.6 ทัศนอุปกรณ์	42
10.6.1 กล้องถ่ายรูป	43
10.6.2 กล้องจุลทรรศน์	45
10.6.3 กล้องโทรทรรศน์	48
10.7 ตาและการมองเห็นสี	51
10.8 สี	52

%%%%%%%%%

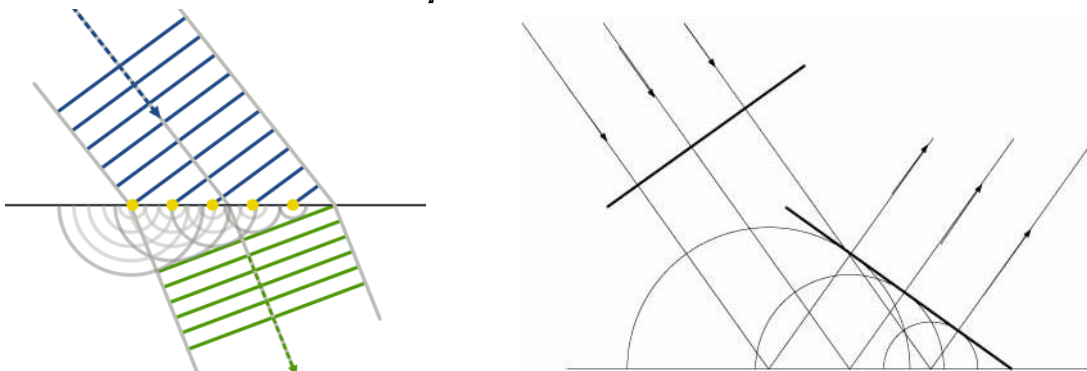
บทที่ 10

แสงเชิงรังสี

เวลาที่เรามองเห็นแสงจากดวงอาทิตย์ลอดผ่านหน้าต่าง หรือเห็นลำแสงจากไฟฉายในที่มืด เรามักจะจินตนาการว่า "แสง" เดินทางเป็นเส้นตรงเหมือนลูกศรพุ่งออกไปจากแหล่งกำเนิด นั่นแหละครับ คือแนวคิดพื้นฐานของสิ่งที่เรารู้ว่า "แสงเชิงรังสี" แสงเชิงรังสีเป็นวิธีการอธิบายพฤติกรรมของแสงแบบง่าย ๆ โดยถือว่าแสงเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง และเราสามารถแทนเส้นทางการเดินทางของแสงด้วย "เส้นรังสี" ซึ่งช่วยให้เราเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในบทเรียนนี้ เราจะได้ใช้แสงเชิงรังสีเป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์การเดินทางของแสง เรามักจะรู้ว่าการสะท้อนและการหักเห พร้อมฝึกวาดแผนภาพรังสีเพื่อคาดการณ์ทิศทางของแสง ถึงแม้ในความเป็นจริง แสงจะมีคุณสมบัติเชิงคลื่นหรือควอนตัมที่ซับซ้อนมากกว่านี้ แต่การมองแสงเป็น "รังสี" คือจุดเริ่มต้นที่ดีและเข้าใจง่าย ซึ่งจะช่วยให้เราวิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับแสงได้ในระดับพื้นฐานอย่างมีประสิทธิภาพ

ในศตวรรษที่ 17 คนทั่วไปเชื่อว่าแสงเป็นลำอนุภาคเล็ก ๆ ที่แหล่งกำเนิดแสงปล่อยออกมา โดยอนุภาคเหล่านั้นเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงในแนวเส้นตรง และจะผ่านวัตถุไปรังสีได้ แต่ถ้าอนุภาคเหล่านั้นตกกระทบวัตถุที่บดแสงจะสะท้อนกลับออกมา นักวิทยาศาสตร์ที่แสดงด้วยชัดเจนว่าแสงเป็นอนุภาคคือ เซอร์ไอแซค นิวตัน เขาได้อธิบายว่าแสงเป็นสสารของอนุภาค วัตถุที่เรามองเห็นจะปล่อยอนุภาคออกมา อนุภาคดังกล่าวเมื่อเข้ามาในดวงตาจะกระตุ้นความรู้สึกในการมองเห็น ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของแสงด้วยทฤษฎีอนุภาค นักวิทยาศาสตร์ในยุคนี้ ส่วนใหญ่ยอมรับทฤษฎีที่ว่าแสงเป็นอนุภาค

ต่อมาเริ่มมีนักวิทยาศาสตร์บางส่วนคิดมีความคิดว่าแสงไม่น่าจะเป็นอนุภาคแต่ควรจะเป็นคลื่น พร้อมกับสามารถอธิบายการสะท้อน และการหักเหของแสงโดยใช้ทฤษฎีคลื่นได้นักวิทยาศาสตร์ผู้นั้นก็คือนักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลีชื่อว่า ฮอยเกนส์ แต่ในตอนนั้นก็มีข้อโต้แย้งอยู่หลายข้อ เช่น คลื่นที่รู้จักกันสมัยนั้น เช่น คลื่นในเส้นเชือก คลื่นเสียง คลื่นน้ำ ต้องอาศัยตัวกลางแต่ แสงเดินทางไปในที่ต่างๆ ได้โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยตัวกลาง นอกจากนั้นแล้วคลื่นสามารถเลี้ยวเบนได้ แต่แสงเลี้ยวเบนไม่ได้ (ความรู้ลึกในสมัยนั้น)



รูป 10. ฮอยเกนส์ สามารถอธิบายการหักเหและการสะท้อนของแสงด้วยทฤษฎีคลื่น

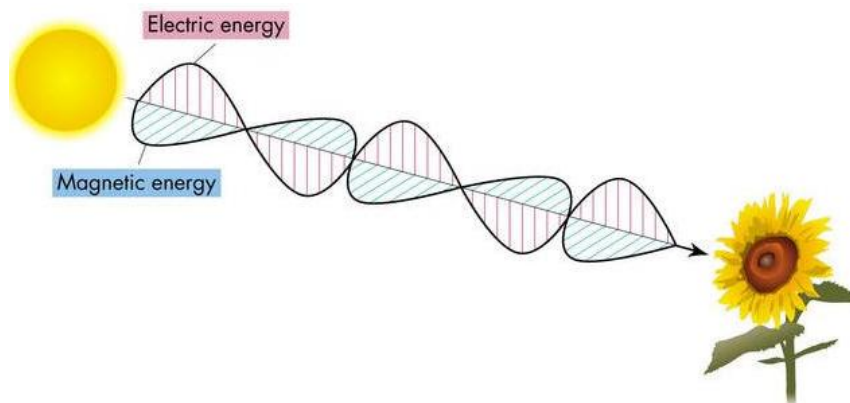
ต่อมาในปี ค.ศ. 1801 โทมัสยัง พบว่าแสงสามารถแทรกสอดซึ่งกันและกันได้เหมือนกับคลื่นน้ำและคลื่นเสียง บริเวณไหนมีการแทรกสอดแบบเสริมกัน บริเวณนั้นก็จะสว่าง บริเวณไหนมีการแทรกสอดแบบหักล้างกัน บริเวณนั้นก็จะมืด ซึ่งอนุภาคจะไม่มีสมบัติแบบนี้ หลายปีต่อมาเฟรเดอริกได้ทำการทดลองเรื่องการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสง ใน

ปี 1850 *Jean Foucault* พบว่าอัตราเร็วแสงในแก้วและของเหลวสูงกว่าในอากาศ ซึ่งตามแบบการจำลองอนุภาค อัตราเร็วของแสงในแก้วและของเหลวสูงกว่าในอากาศ ก็ทำให้แนวความคิดว่าแสงเป็นอนุภาคเริ่มต้นคลอนลงไป ต่อมา แมกซ์เวลล์ ก็พบว่าแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง

ต่อมาในศตวรรษที่ 19 สถานการณ์พลิกผันอีก เมื่อพบปรากฏการณ์ของแสงบางอย่างที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วย ทฤษฎีของคลื่น เช่น ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ปรากฏการณ์คอมตัน แนวความคิดเดิมที่เชื่อว่าแสงเป็นอนุภาคก็กลับมา อีกครั้งหนึ่ง ปัจจุบันยอมรับว่าแสงมีสมบัติคู่คือ เป็นได้ทั้งคลื่นและทั้งอนุภาค แนวความคิดดังกล่าวนี้เกิดขึ้นมาใน ศตวรรษที่ 20 เกิดขึ้นหลังจากที่มีการพัฒนาวิชากลศาสตร์ควอนตัม

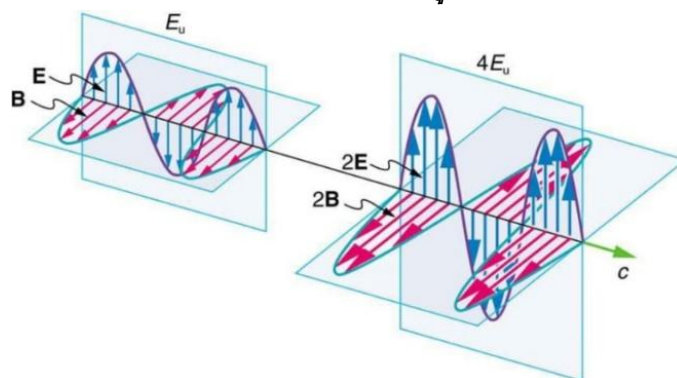
10.1 การเคลื่อนที่และอัตราเร็วของแสง

แสงมีองค์ประกอบอะไรบ้าง



รูป 10.1 องค์ประกอบของแสง

คลื่นแสงก็เหมือนกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดอื่น ๆ คือประกอบด้วยสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่ตั้งฉากซึ่งกัน และกัน และสนามทั้งสองตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น ดังรูป 10.2

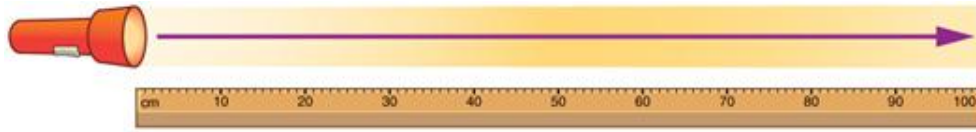


รูป 10.2 ลักษณะของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่เป็นองค์ประกอบของแสง

การเดินทางของแสง

การเดินทางของสิ่งต่างๆ ที่เราพบเห็นในชีวิตประจำวันมีรูปแบบที่ไม่แน่นอน เปลี่ยนแปลงทิศทางได้ตาม สถานการณ์ และสิ่งแวดล้อม แต่การเดินทางของแสงมีกฎเกณฑ์ในการเดินทางที่แน่นอน คือรังสีของแสงจะเดินทางเป็น เส้นตรง ออกจากแหล่งกำเนิดแสงทุกทิศทุกทาง และจำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่

แสงมีความเร็วเท่าใด



Light travels a distance of 1 meter
in $1/299,792,458$ seconds

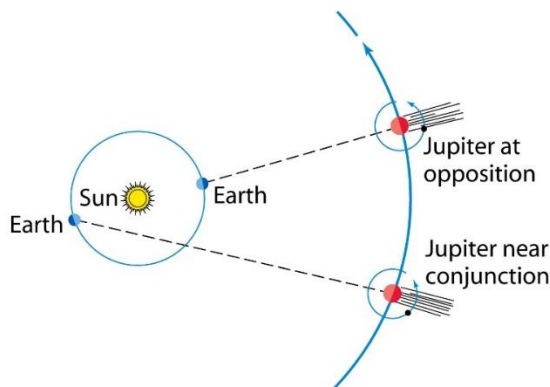
รูป 10.3 การวัดความเร็วแสง

ในปี ค.ศ. 1638 กาลิเลโอเป็นบุคคลแรกที่ได้พยายามวัดความเร็วแสง โดยให้คน 2 คนถือตะเกียงมีแผ่นโลหะปิด/เปิดแสง และอยู่ห่างกัน 1 ไมล์ เมื่อคนหนึ่งเปิดแสง แล้วอีกคนเห็นแสงนั้นให้ทำการเปิดแสงตอบกลับมาในทันที ผลการทดลองในครั้งนั้นไม่สามารถวัดความเร็วแสงได้ แต่ก็ได้อธิบายว่าแสงมีความเร็วสูงมาก



รูป 10.4 การทดลองวัดความเร็วของแสงของกาลิเลโอ

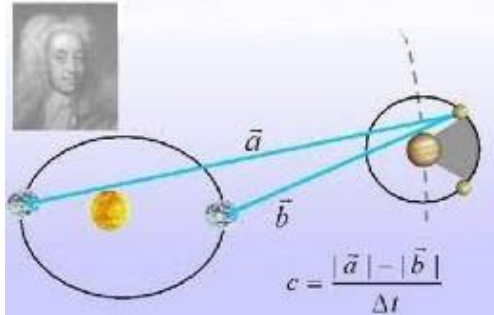
ใครสามารถวัดความเร็วได้เป็นคนแรก



รูป 10.5 แผนภาพแสดงการเกิดจันทรุปราคาของดวงจันทร์ไอโอของดาวพฤหัสบดี

ในปี ค.ศ. 1670 นักดาราศาสตร์ชาวเดนมาร์กชื่อ โอลาฟ โรเมอร์ สามารถวัดความเร็วแสงได้เป็นคนแรก โดยเขาสังเกตพบว่าช่วงเวลากการเกิดจันทรุปราคาของดวงจันทร์ไอโอซึ่งเป็นบริวารของดาวพฤหัสบดีที่โลกอยู่ใกล้ดาวพฤหัสบดี กับช่วงเวลากการเกิดจันทรุปราคาของดวงจันทร์ไอโอขณะที่โลกอยู่ไกลจากดาวพฤหัสบดีมีช่วงเวลากไม่เท่ากัน โดยจันทรุปราคาของดวงจันทร์ไอโอขณะที่โลกอยู่ไกลจากดาวพฤหัสบดีจะมีเวลานานกว่าจันทรุปราคาของดวงจันทร์ไอโอขณะที่

โลกอยู่ใกล้ดาวพฤหัสบดีประมาณ ๑๑ นาที เวลาที่ต่างกันนี้เกิดจากระยะทางต่างกันแสงก็ต้องใช้เวลาในการเดินทางต่างกัน และจากผลในเรื่องนี้ไรมเมอร์คำนวณหาความเร็วแสงได้เท่ากับ ๑๑๑,๑๑๑ กิโลเมตร/วินาที



รูป 10.6 แผนภาพแสดงหลักการคำนวณหาความเร็วแสง

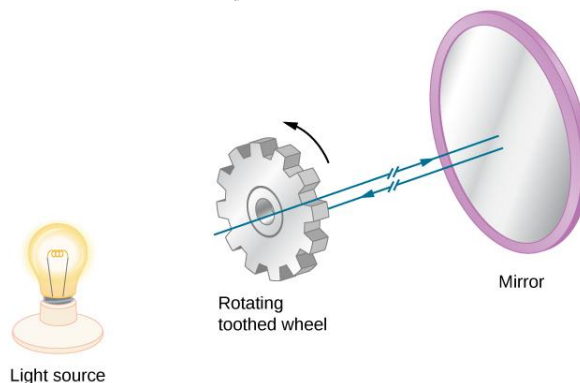
$$\text{อัตราเร็วแสง} = \frac{|\vec{a}| - |\vec{b}|}{\Delta t}$$

เมื่อ $|\vec{a}|$ คือระยะห่างระหว่างดวงจันทร์ของดาวพฤหัสบดี กับโลกที่มีระยะห่างมากที่สุด

$|\vec{b}|$ คือระยะห่างระหว่างดวงจันทร์ของดาวพฤหัสบดี กับโลกที่มีระยะห่างน้อยที่สุด

Δt คือเวลาที่แตกต่างกันของปรากฏการณ์จันทรุปราคาของดวงจันทร์ของดาวพฤหัสบดี

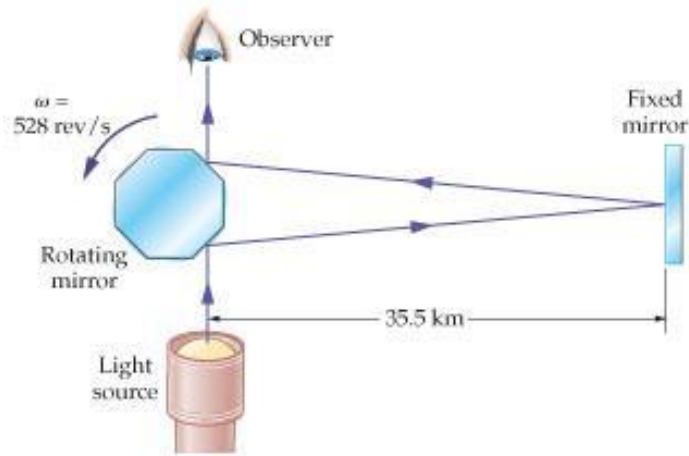
ต่อมาในปี ค.ศ. 1849 *Armand Hippolyte Fizeau* ทดลองหาอัตราเร็วของแสง ด้วยวิธีการฉายแสงไปยังกระจกสะท้อนแสง (๑) แล้วให้แสงสะท้อนไปกระทบกับซี่ฟันเฟืองที่กำลังหมุน (๒) ดังนั้นลำแสงที่สะท้อนที่กระจก (๑) จะเป็นลำแสงที่มีลักษณะเป็นท่อน ๆ ที่มีระยะห่างกันเล็กน้อย แล้วลำแสงเหล่านี้ก็จะไปสะท้อนที่กระจกอีกแผ่นหนึ่ง (๔) ถ้าฟันเฟืองหมุนในอัตราเร็วที่เหมาะสมค่าหนึ่ง ลำแสงที่เป็นท่อน ๆ เหล่านี้ก็จะลอดผ่านช่องฟันเฟืองอีกช่องหนึ่งได้ แล้วลำแสงก็จะมาเข้าตาของผู้ที่ทำการทดลองได้ ทำให้ผู้ทำการทดลองเห็นแสงสว่างเป็นช่วง ๆ แต่ถ้าอัตราเร็วในการหมุนของฟันเฟืองไม่เหมาะสมแสงที่สะท้อนกลับ ออกมาก็จะไปกระทบกับซี่ฟันเฟือง ทำให้ผู้ทำการทดลองมองไม่เห็นแสงสว่างเลย



รูป 10.7 การจัดอุปกรณ์การวัดอัตราเร็วของแสงของ *Fizeau*

ในการทดลองของ *Fizeau* เขาวางกระจก ๒ แผ่นห่างกัน ๑๐ ไมล์ และจากการทดลองนี้ถ้าทราบระยะห่างระหว่างกระจกทั้งสอง และช่วงเวลาที่แสงเดินทางผ่านซี่ของฟันเฟืองช่องที่ 1 และช่องที่ ๒ ก็จะสามารถคำนวณหาอัตราเร็วของแสงได้ จากสมการ อัตราเร็ว = ระยะทาง / เวลา จากการทดลองนี้ *Fizeau* คำนวณหาอัตราเร็วของแสงได้ ๑๑๑,๐๐๐ กิโลเมตรต่อวินาที ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าจริงมาก

ต่อมาได้มีการปรับปรุงอุปกรณ์การทดลอง หาอัตราเร็วของแสงให้ง่ายขึ้นโดยเปลี่ยนจากพื้นเพื่องมาเป็นกระจกสะท้อนแสงรูปหกเหลี่ยม ดังรูป



รูป 10.8 การจัดอุปกรณ์การวัดอัตราเร็วของแสง ที่มีการปรับปรุงใหม่

ความเร็วแสงมีค่าเท่าไร

เนื่องจากความเร็วของแสงในตัวกลางต่าง ๆ มีค่าไม่เท่ากัน ตัวกลางที่ไม่มีสิ่งกีดขวางใดๆเลยแสงก็จะเคลื่อนที่ได้เร็ว ดังนั้นแสงจึงเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงที่สุดเมื่อเคลื่อนที่ในสุญญากาศ โดยความเร็วของแสงในสุญญากาศมีค่าเท่ากับ 300,000,000 เมตรต่อวินาที (เป็นค่าโดยประมาณ) แต่เมื่อแสงเดินทางเข้าสู่ตัวกลางอื่นความเร็วของแสงจะลดลง ถ้าตัวกลางมีความหนาแน่นมากความเร็วก็จะลดลงมาก เช่นเมื่อแสงเดินทางในน้ำจะมีความเร็ว 225,000,000 เมตรต่อวินาที และเมื่อแสงเดินทางในเพชรจะมีความเร็ว 125,000,000 เมตรต่อวินาที

ในตัวกลางที่เป็นสุญญากาศ แสงทุกสีจะมีอัตราเร็วเท่ากัน แต่เมื่อแสงเดินทางในตัวกลางอื่นแสงแต่ละสีจะมีอัตราเร็วไม่เท่ากัน

ขีดจำกัดของความเร็ว

ทุกสิ่งทุกอย่างมีขีดจำกัด ความเร็วก็เช่นเดียวกันมีขีดจำกัดขีดจำกัดของความเร็วมีค่าเท่ากับความเร็วแสงในสุญญากาศ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 300,000,000 เมตร/วินาที ไม่มีอะไรที่จะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่านี้

เหตุผลสำคัญที่จะไม่มีอนุภาคหรือวัตถุใด ๆ เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่มากกว่าความเร็วแสงได้ เนื่องจากในการเพิ่มความเร็วนองอนุภาคหรือวัตถุในช่วงความเร็วสูงๆ จะต้องใช้พลังงานมหาศาลจึงจะสามารถเพิ่มความเร็วได้ ซึ่งสามารถทดลองได้กับการเร่งอิเล็กตรอนให้มีความเร็วใกล้เคียงความเร็วแสง จะต้องใช้พลังงานจำนวนมหาศาล



รูป 10.9 ขีดจำกัดของความเร็ว