

ทรงกลมพลาสมา

รังสรรค์ ศรีสาคร *

หลายคนคงเคยเห็นทรงกลมใสขนาดย่อม ภายในมีแนวแสงสีต่าง ๆ คล้ายสายฟ้า สวยงามและกระจายออกตามแนวรัศมี เมื่อเอานิ้วมือแตะที่ผิวทรงกลม แนวแสงบางส่วนจะมารวมกันที่ปลายนิ้วก่อให้เกิดความพิศวงแก่ผู้ชมอย่างมาก

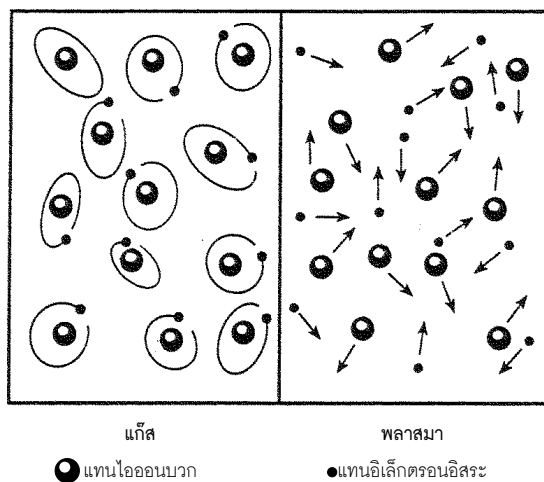
ทรงกลมนี้มีชื่อเรียกว่า **ทรงกลมพลาสมา** (plasma sphere หรืออาจเรียกชื่ออย่างอื่นได้อีก เช่น plasma globe และ nebula ball) ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นสิ่งประดิษฐ์หรือปฏิมากรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์หลายอย่าง มันสามารถดึงดูดผู้ชมให้เห็นถึงความลึกลับและพิศวง และยังกระตุ้นให้ผู้ชมอยากรู้ว่าความสวยงามอันน่าตื่นตานั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร

พลาสมาคืออะไร

สถานะของสสารต่าง ๆ มี 3 สถานะ ได้แก่ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส สถานะทั้งสามนี้เราพบเห็นในชีวิตประจำวัน แต่ในทางฟิสิกส์ สสารมี 4 สถานะ สถานะที่สี่เรียกว่า **พลาสมา** (plasma) ซึ่งพบบได้น้อยมาก

สสารที่อยู่ในสถานะแก๊ส เมื่อมีอุณหภูมิสูงมาก จะแตกตัว (ionize) กลายเป็นอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า และมีพลังงานสูง ได้แก่ ไอออนบวกและอิเล็กตรอนอิสระ สสารที่อยู่ในสภาวะเช่นนี้เรียกว่า พลาสมา ความแตกต่างระหว่างแก๊สและพลาสมา แสดงในรูป 1 จากการศึกษาพบว่า สสารส่วนใหญ่ในเอกภพอยู่ใน

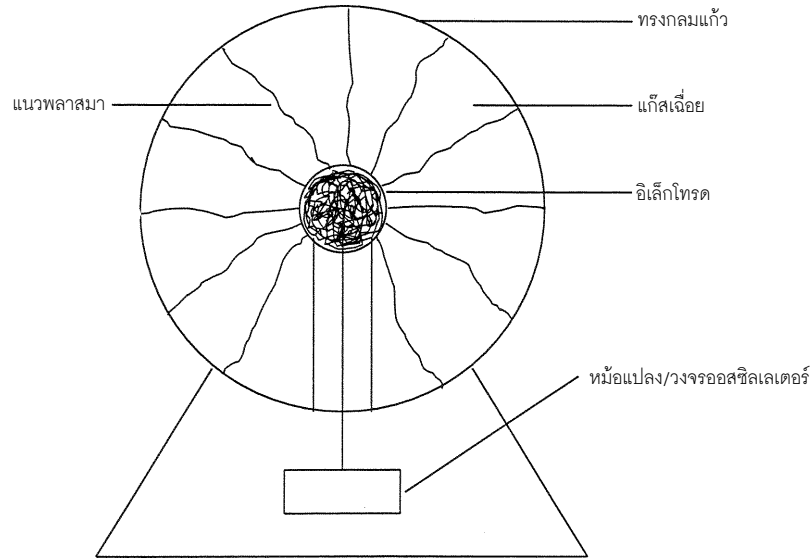
รูปของพลาสมา ดาวฤกษ์และดวงอาทิตย์ประกอบด้วยพลาสมา สำหรับบนโลกจะตรวจพบพลาสมาได้จากปรากฏการณ์บางชนิด เช่น ฟ้าผ่า และการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์แต่มีปริมาณน้อยมาก การที่อุปกรณ์นี้ได้ชื่อว่า ทรงกลมพลาสมา ก็เพราะว่า ทรงกลมบรรจุแก๊สความดันต่ำบางชนิดไว้ และแก๊สนี้บางส่วนได้เปลี่ยนสถานะเป็นพลาสมา เมื่อกลับสู่สถานะแก๊สตามเดิมจะมีการปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงที่ตามองเห็นได้ออกมา ทำให้เห็นเป็นแนวแสงสีต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของแก๊สที่ใช้



รูป 1 โครงสร้างของพลาสมาเปรียบเทียบกับแก๊ส

* สาขาฟิสิกส์ สสวท.

โครงสร้างของทรงกลมพลาสมา



รูป 2 โครงสร้างของทรงกลมพลาสมา

ทรงกลมพลาสมา มีส่วนประกอบดังนี้

1. **ทรงกลมแก้ว** จำนวน 2 ลูก มีศูนย์กลางร่วมกัน ทรงกลมเล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 - 3 เซนติเมตร ตั้งอยู่บนท่อแก้วที่เชื่อมติดกับทรงกลมใหญ่

2. **อิลเล็กโทรด** มีลักษณะเป็นเส้นใยทำด้วยโลหะอัดอยู่ในทรงกลมเล็กต่ออยู่กับหม้อแปลงหรือวงจรอิลเล็กทรอนิกส์

3. **แก๊สเฉื่อย** แก๊สเฉื่อยจะถูกบรรจุอยู่ระหว่างทรงกลมเล็กและใหญ่เป็นแก๊สความดันต่ำประมาณ $10^2 - 10^4$ พาสคัล (ความดันบรรยากาศมีค่า 1.01×10^5 พาสคัล) ขึ้นอยู่กับการออกแบบ การที่ใช้แก๊สความดันต่ำจะทำให้ระยะอิสระเฉลี่ย (mean free path) ของอะตอมแก๊สมีค่าเพิ่มขึ้น (ระยะอิสระเฉลี่ยเป็นระยะทางเฉลี่ยที่พาหะประจุ (charge carriers) เดินทางได้ ก่อนชนกับพาหะประจุอื่น) ถ้าระยะอิสระเฉลี่ยมาก พาหะประจุจะถูกเร่ง (โดยสนามไฟฟ้า) ทำให้มีพลังงานจลน์สูงกว่าเมื่อแก๊สมีความดันบรรยากาศ แก๊สเฉื่อยที่นิยมใช้บรรจุ คือ ซีนอน อาร์กอน คริปตอน หรือแก๊สผสมระหว่างนีออนกับแก๊สที่กล่าวมาอย่างใดอย่างหนึ่ง แก๊สต่างชนิดกันจะให้แสงสีที่ต่างกันด้วย

4. **หม้อแปลง** อยู่ใต้ฐานของทรงกลมพลาสมา หม้อแปลงจะต่ออยู่กับอิลเล็กโทรด เป็นหม้อแปลงแบบ fly-back เหมือนกับในหลอดภาพโทรทัศน์ ทำหน้าที่ผลิตแรงดันไฟฟ้าสลับมีค่าระหว่าง 5000 - 10000 โวลต์ ที่ความถี่ประมาณ 20 กิโลเฮิร์ตซ์ สำหรับสร้างพลาสมา แต่ทรงกลมพลาสมาที่มีจำหน่ายในปัจจุบันใช้ไฟฟ้ากระแสตรงโวลต์ต่ำ 12 Vdc จากอะแดปเตอร์เป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงให้กับวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อสร้างพัลส์ของแรงดันที่มีความถี่สูง ที่สามารถแปลงให้ได้ค่าที่เหมาะสมได้ ความถี่ที่ทำให้ทรงกลมพลาสมาทำงานได้มีค่าหลายสิบกิโลเฮิร์ตซ์

การทำงานของกรงกลมพลาสมา

อิเล็กโทรดตรงกลางจะทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าบวกหรือแอโนด ส่วนผิวทรงกลมใหญ่จะทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าลบหรือแคโทด เมื่อเปิดสวิตช์จะเกิดความต่างศักย์สูงระหว่างอิเล็กโทรดและผิวทรงกลมใหญ่ ทำให้เกิดสนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรดและผิวทรงกลมใหญ่ขึ้น อิเล็กตรอน “หลงทาง” บางตัวภายในแก๊สจะถูกเร่งโดยสนามไฟฟ้า (เช่นเดียวกับการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในสนามไฟฟ้า ซึ่งเคลื่อนที่จากแคโทดไปแอโนด) แต่ระหว่างทางมันจะชนกับอะตอมของแก๊สก่อนถึงแอโนด ถ้าอิเล็กตรอนที่วิ่งเข้าชนมีพลังงานจลน์ที่พอเหมาะ การชนจะทำให้อิเล็กตรอนในวงโคจรหลุดออกจากอะตอมได้ เรียกว่าเกิดไอออนไนซ์ (ionization) ผลจากไอออนไนซ์ จะได้อิเล็กตรอนอิสระและไอออนบวก อิเล็กตรอนอิสระที่เกิดขึ้นเหล่านี้จะถูกเร่งให้ไปชนอะตอมอื่น ๆ ของแก๊สจนเกิดไอออนไนซ์อีก กระบวนการนี้จะดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง จำนวนอิเล็กตรอนอิสระและไอออนบวกจะเพิ่มอย่างรวดเร็วแบบเอกซ์โพเนนเชียล ทำให้เกิดพลาสมาขึ้น

การเกิดพลาสมาไม่ได้เกิดทั่วทั้งทรงกลม แต่จะเกิดเป็นบางบริเวณเท่านั้น ทั้งนี้เพราะอิเล็กโทรดตรงกลางซึ่งปรกติทำจากฝอยเหล็กมีผิวไม่เรียบ ขณะที่ทรงกลมแก้วไวบนอกมีลักษณะสมมาตรเชิงทรงกลม ความไม่สม่ำเสมอของผิวอิเล็กโทรดทำให้สนามไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรดกับผิวทรงกลมแก้วไวบนอกมีความเข้มสูงเป็นบางบริเวณหรือบางแนวเท่านั้น และพลาสมาจะเกิดในบริเวณนี้

แก๊สที่อยู่ในสถานะพลาสมาจะอยู่ได้ไม่นานก็จะกลับสู่สถานะพื้นตามเดิม เมื่อพลาสมากลับสู่สถานะพื้นจะมีการปล่อยแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นได้ออกมา ซึ่งเราเห็นเป็นเส้นแสงสีต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของแก๊สที่บรรจุในทรงกลม ในที่นี้จะขอเรียกแนวเส้นแสงว่า **แนวพลาสมา** แผ่กระจายออกมาจากอิเล็กโทรดตามแนวรัศมีมายังผิวทรงกลมใหญ่

แนวพลาสมาในรูปที่แสดงเป็นสีน้ำเงิน-ม่วง ที่ปลายแนวพลาสมาบนผิวทรงกลมด้านในเป็นสีแดงจาง สีเหล่านี้สอดคล้องกับความต่างของระดับพลังงานของอะตอมแก๊สที่บรรจุอยู่ คือ แก๊สผสมระหว่างแก๊สนีออนกับแก๊สอาร์กอน

ทดลองเล่นๆ กับกรงกลมพลาสมา

- ใช้นิ้วมือแตะหรือวางฝ่ามือบนผิวทรงกลม จะเห็นแนวพลาสมาเข้มหรือสว่างจางกว่าเดิมมาก ทั้งนี้เป็นเพราะการสัมผัสจะทำให้บริเวณที่แตะเป็นกราวนด์หรือมีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ ความต่างศักย์ระหว่างอิเล็กโทรดและบริเวณที่แตะจะมีค่ามากขึ้นกว่าบริเวณอื่น ๆ สนามไฟฟ้าระหว่างบริเวณทั้งสองมีค่ามากตามไปด้วย ทำให้มีพลาสมาเกิดขึ้นในบริเวณดังกล่าวมากกว่าบริเวณอื่น เราจึงเห็นแนวพลาสมาเข้มหรือสว่างจางกว่าเดิมมาก

- วางแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ขนาดประมาณ 4 cm x 4 cm บนทรงกลม เปิดสวิตช์ทรงกลมพลาสมา ถือกฎูญแจหรือวัตถุปลายแหลมเช่นคัตเตอร์เข้าไปใกล้มุมแผ่นฟอยล์อย่างช้า ๆ จะเห็นการสปาร์กระหว่างแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์กับวัตถุที่ระยะห่าง 4 - 5

มิลลิเมตรได้ เมื่อทดลองเสร็จแล้วให้ปิดสวิตช์ก่อน จึงเอาแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ออก

ข้อควรระวัง อย่าดึงแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ก่อนปิดสวิตช์ เพราะจะทำให้เกิดการสปาร์กที่นิ้วมือและอาจทำให้ผิวหนังบริเวณนั้นไหม้เป็นจุดเล็กๆได้แต่ไม่เป็นอันตราย เพียงทำให้ตกใจเท่านั้น

- นำปลายไขควงวัดไฟเข้าไปใกล้ทรงกลม หลอดนีออนในไขควงวัดไฟจะสว่าง นำไขควงวัดไฟออก ให้เพื่อนวางมือลงด้านบนของทรงกลมพลาสติก แล้วนำไขควงวัดไฟไปแตะแขนเพื่อน หลอดนีออนในไขควงวัดไฟจะสว่างเหมือนเดิม

- ตรวจสอบขอบเขตของสนามไฟฟ้ารอบ ๆ ทรงกลมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดเล็ก 10 วัตต์ โดยจับปลายหนึ่งของหลอด อีกปลายจ่อใกล้ทรงกลมขณะทำงาน ทั้งหลอดจะสว่าง ลองจับตรงกลางหลอด หลอดจะสว่างเฉพาะช่วงระหว่างทรงกลมกับบริเวณที่มือจับเท่านั้น ซึ่งแสดงให้เห็นเส้นทางของกระแสไฟฟ้า (การทดลองนี้ควรทำในที่มืดจะเห็นหลอดสว่างได้ชัดเจน) จะเห็นว่า สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นไม่ได้มีเฉพาะในทรงกลมเท่านั้น แต่แผ่ออกมาข้างนอกด้วย

ความปลอดภัย

ขณะทรงกลมพลาสติกทำงาน มีการเคลื่อนที่ของพาหะประจุด้วย เมื่อใช้นิ้วมือมาจ่อใกล้หรือแตะผิวทรงกลม จะทำให้บริเวณที่แตะมีศักย์ไฟฟ้าเป็นบวกเมื่อเทียบกับพื้นดิน ดังนั้นจึงมีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น แต่มีค่าต่ำมากและผ่านไปบนผิวหนังเท่านั้นไม่ผ่านร่างกาย จึงไม่เกิดไฟดูด อย่างไรก็ตาม อาจทำให้ผิวหนังไหม้เป็นบริเวณเล็กๆได้ แต่ก็ไม่เป็นอันตรายแต่อย่างใด

สรุป

ทรงกลมพลาสติกเป็นสิ่งประดิษฐ์หรือปฏิมากรรมทางวิทยาศาสตร์ ผู้คิดค้นประดิษฐ์ได้นำหลักการทางวิทยาศาสตร์แขนงต่างๆ มาสร้างเพื่อให้ผู้ชมเกิดความรู้สึกลึกๆ กัน เราในฐานะผู้ชมต้องพยายามหาคำตอบให้ได้ว่า สิ่งเหล่านี้ทำงานได้อย่างไร ☺

บรรณานุกรม

ANSTO (Australian Nuclear Source and Technology Organization. (1992). *A nuclear source: a resource kit for teachers. Electricity and light.* (1999). [On-line]. Available: <http://rhombus.net/orb/info.htm>

Guilbert, N.R., (1999). Deconstructing a plasma globe. *The Physics Teacher*,37(1), 11-13.

Klipstein, D. (1999). *Plasma spheres* [On-line]. Available : <http://www.intermarket.net/~don/plaspher.html>

Plasma globe. (1999). [On-line]. Available: <http://www.physics.gla.ac.uk/%7Ekskeldon/PubSci/Exhibit/E6/>

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(คดีปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป 	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

