

# คัพทพิสิกส์

อะตอม ควอนตัม นิวเคลียร์

เรียบเรียงโดย

ผศ.สุชาติ สุภาพ

จัดพิมพ์โดย

สุชาติ สุภาพ

---

จัดพิมพ์โดยสุชาติ สุภาพ

133/471 หมู่ 2 ต.พิมลราช อําเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี 11110

E - mail [suchart11111@hotmail.com](mailto:suchart11111@hotmail.com)

## คำนำ

ฟิสิกส์เป็นวิชาที่ช่วยให้เราเข้าใจความลับของธรรมชาติ ตั้งแต่สิ่งที่เราเห็นด้วยตาเปล่า ไปจนถึงสิ่งที่เล็กจิ๋วจนมองไม่เห็นแลย เช่น อะตอม ซึ่งเป็นหน่วยพื้นฐานของสสาร, ควอนตัม ซึ่งเป็นโลกของพลังงานที่แบ่งเป็นหน่วยเล็กที่สุด, และ นิวเคลียร์ ที่เป็น สามารถให้พลังงานมหาศาล หนังสือเล่มนี้รวบรวม คำศัพท์ฟิสิกส์ ที่เกี่ยวข้องกับ หัวข้อ อะตอม ควอนตัม และนิวเคลียร์ โดยอธิบายด้วยภาษาที่เข้าใจง่าย เหมาะ สำหรับเยาวชนหรือผู้เริ่มต้นเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อให้สามารถเข้าใจแนวคิดพื้นฐาน ต่าง ๆ ได้อย่างสนุกสนาน และต่อ ยอดความรู้ระดับที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้นในอนาคต

นอกจากคำศัพท์และความหมายแล้ว หนังสือเล่มนี้ยังมีภาพประกอบที่ สวยงาม และคำอธิบายที่ช่วยให้ผู้อ่านเข้าใจว่า แต่ละคำศัพท์นั้นเกี่ยวข้องกับโลกจริง อย่างไร ตั้งแต่พลังงานแสงในรูปของโฟตอน ไปจนถึงพลังงานจากปฏิกิริยา นิวเคลียร์ หวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเล่มนี้จะเป็นเพื่อนคู่คิดของเยาวชนผู้ใฝ่รู้ และ ช่วยจุดประกายความสนใจในวิชาฟิสิกส์ ซึ่งเป็นรากฐานสำคัญของเทคโนโลยีและ ความเข้าใจธรรมชาติอย่างลึกซึ้ง เรียนรู้คำศัพท์วันนี้ เพื่อเข้าใจจักรวาลในวัน ข้างหน้า!

สำหรับท่านที่สนใจหนังสือของกระผมแต่หาซื้อตามร้านหนังสือทั่วไป ไม่ได้ สามารถซื้อออนไลน์ที่แอปต่าง ๆ โดยสแกน QR โค้ดข้างล่างนี้ (ที่ข้อปปีมีหนังสือมากที่สุด)



สุชาติ สุภาพ

มือถือ 083-920-3825

## สารบัญ

|                                                                 | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------|------|
| รังสีแคโทด                                                      | 6    |
| อิเล็กตรอนโวลต์                                                 | 7    |
| การทดลองของฟรังค์และเฮิร์ตซ์                                    | 7    |
| วัตถุดำ                                                         | 8    |
| สมมติฐานของพลังค์                                               | 9    |
| พลังงานขีดเหนี่ยว                                               | 9    |
| รัศมีของโบร์                                                    | 11   |
| ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก                                        | 12   |
| โฟโตอิเล็กตรอน                                                  | 12   |
| โฟตอน                                                           | 12   |
| ความต่างศักย์หยุดยั้ง                                           | 13   |
| ความถี่ขีดเริ่ม                                                 | 14   |
| ฟังก์ชันงาน                                                     | 14   |
| ปรากฏการณ์คอมป์ตัน                                              | 14   |
| ความแตกต่างระหว่างปรากฏการณ์คอมป์ตันกับปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก | 15   |
| รังสีเอกซ์                                                      | 16   |
| รังสีเอกซ์เฉพาะตัว                                              | 16   |
| เบรมสตราลุง                                                     | 17   |
| ทวิภาพของคลื่นและอนุภาค                                         | 17   |
| สมมติฐานของเดอบรอกลี                                            | 18   |
| การทดลองของเดวิสสันและเจอร์เมอร์                                | 19   |
| การเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอน                                       | 19   |

## สารบัญ

|                               | หน้า |
|-------------------------------|------|
| มวลนิ่งของอิเล็กตรอน          | 20   |
| พลังงานที่ทำให้เกิดการตื่นตัว | 20   |
| สถานะพื้น                     | 20   |
| สถานะตื่นตัว                  | 20   |
| ระดับพลังงาน                  | 21   |
| แตกตัวเป็นไอออน               | 22   |
| สมมูลมวล-พลังงาน              | 22   |
| ทฤษฎีสัมพัทธภาพของไอน์สไตน์   | 22   |
| การขีดของเวลา                 | 23   |
| การหดของความยาว               | 24   |
| ความเป็นเวลาเดียวกัน          | 25   |
| ควอนไทเซชัน                   | 26   |
| ควอนตัม                       | 27   |
| หลักความไม่แน่นอน             | 27   |
| ธาตุกัมมันตรังสี              | 28   |
| นาฬิกาเชิงอะตอม               | 28   |
| ฟิสิกส์อะตอม                  | 29   |
| ฟิสิกส์นิวเคลียร์             | 29   |
| อันตรกิริยา                   | 29   |
| ไอโซโทป                       | 29   |
| ไอโซบาร์                      | 30   |
| ไอโซโทน                       | 30   |
| ไอโซเมอร์                     | 31   |

## สารบัญ

|                                                       | หน้า |
|-------------------------------------------------------|------|
| แมสสเปกโตรมิเตอร์                                     | 31   |
| แรงนิวเคลียร์                                         | 32   |
| ธาตุกัมมันตรังสี                                      | 34   |
| ครึ่งชีวิต                                            | 34   |
| ชีวิตเฉลี่ย                                           | 33   |
| การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี                         | 33   |
| ปฏิกิริยานิวเคลียร์                                   | 33   |
| ปฏิกิริยานิวเคลียร์/ปฏิกิริยาแรก                      | 34   |
| ความแตกต่างระหว่างปฏิกิริยานิวเคลียร์กับปฏิกิริยาเคมี | 34   |
| ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน                             | 35   |
| ปฏิกิริยาฟิวชัน                                       | 36   |
| ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน                             | 36   |
| เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์              | 37   |
| การหยุดปฏิกิริยานิวเคลียร์                            | 37   |
| มวลพ้อง                                               | 39   |

%%%%%%%%%

## บทนำ

เด็ก ๆ เคยสงสัยไหมว่า... แสงหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คืออะไร และมีสมบัติอย่างไร ? ปฏิริยาภายในดวงอาทิตย์ เป็นปฏิริยาอะไร ? หรือโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ต่างจากโรงไฟฟ้าถ่านหินอย่างไร ? คำตอบของคำถามเหล่านี้ล้วนเกี่ยวข้องกับ อะตอม ควอนตัม และนิวเคลียร์ ทั้งนั้นเลย ! แม้คำถามนี้จะฟังดูยากและดูเหมือนเรื่องของนักวิทยาศาสตร์ แต่จริง ๆ แล้ว มันคือเรื่องสนุกที่อยู่ใกล้ตัวเรามากกว่าที่คิด ! และสิ่งแรกที่เราต้องทำเพื่อเข้าใจเรื่องพวกนี้ก็คือ... ทำความรู้จักกับคำศัพท์ฟิสิกส์ให้มากขึ้น

หนังสือเล่มนี้ตั้งใจรวบรวมคำศัพท์ฟิสิกส์ที่เกี่ยวข้องกับโลกของสิ่งเล็กๆ มาก ๆ เช่น อิเล็กตรอน โฟตอน นิวเคลียส พลังงานต้นตัว ปฏิกิริยาฟิวชันไฮโดรเจน และอื่น ๆ อีกมากมาย มาอธิบายให้เข้าใจง่าย พร้อมตัวอย่างสนุก ๆ และภาพประกอบที่จะช่วยให้เห็นภาพมากขึ้น ไม่ว่าคุณจะทำอะไรก็ได้เพื่อทำการบ้าน อ่านเล่น หรือเริ่มต้นเป็นนักวิทยาศาสตร์รุ่นจิ๋ว หนังสือเล่มนี้พร้อมจะพาเด็ก ๆ ไปสำรวจโลกใบเล็กๆ ที่เต็มไปด้วยความลับและความมหัศจรรย์ พร้อมหรือยัง ? ถ้าพร้อมแล้ว... ไปเปิดโลกอะตอม ควอนตัม และนิวเคลียร์กันเลย !

ศัพท์ฟิสิกส์คำแรก ที่จะกล่าวถึงคือ

รังสีแคโทด (cathode ray)

รังสีแคโทด คือ ลำแสงของอนุภาคอิเล็กตรอน ซึ่งพุ่งออกมาจากขั้วแคโทด ในหลอดสุญญากาศเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน



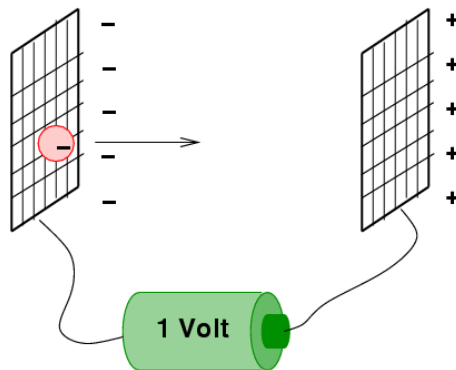
รังสีแคโทด

## อิเล็กตรอนโวลต์ (electronvolt)

อิเล็กตรอนโวลต์ (eV) คือ หน่วยของพลังงานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในฟิสิกส์

โดยเฉพาะในสาขาฟิสิกส์อะตอม ฟิสิกส์นิวเคลียร์ และฟิสิกส์ของอนุภาค

โดย 1 อิเล็กตรอนโวลต์ หมายถึงพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ผ่านความต่างศักย์ไฟฟ้าขนาด 1 โวลต์ มีค่าเท่ากับ  $1.6 \times 10^{-19}$  จูล

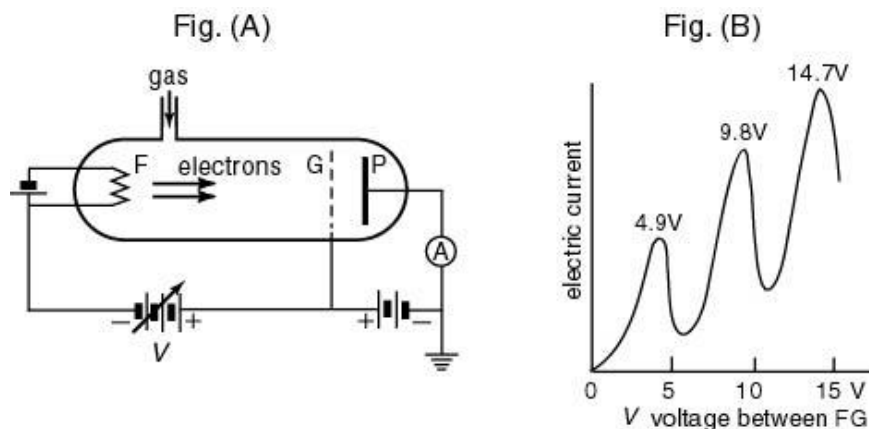


1 อิเล็กตรอนโวลต์

## การทดลองของฟรังค์และเฮิร์ตซ์ ศึกษาเกี่ยวกับอะไ

ศึกษาการชนกันระหว่าง “อิเล็กตรอน” กับ “อะตอมของแก๊ส” และการดูดกลืนพลังงานของอะตอมเพื่อ พิสูจน์ว่าอะตอมมีระดับพลังงานไม่ต่อเนื่อง

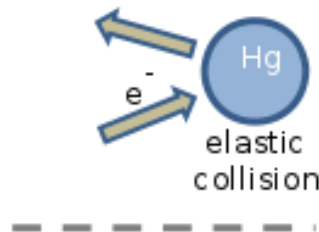
และพบว่าการชนของอิเล็กตรอนกับอะตอมของแก๊สมีทั้งการชนแบบยืดหยุ่นและการชนแบบไม่ยืดหยุ่น



การทดลองของฟรังค์และเฮิร์ตซ์

## การชนแบบยืดหยุ่น เป็นอย่างไร

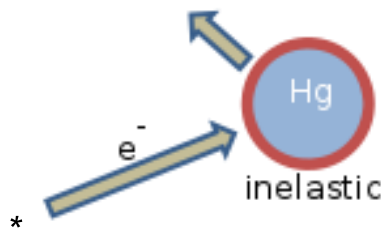
การชนแบบยืดหยุ่น คือ การชนที่ทั้งพลังงานจลน์และโมเมนตัมของระบบรวมยังคงอยู่เท่าเดิม หลังจากการชน



การชนแบบยืดหยุ่น

## การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

การชนแบบไม่ยืดหยุ่น คือ การชนที่ “โมเมนตัมรวม” ยังคงเท่าเดิม แต่ “พลังงานจลน์รวม” ไม่เท่าเดิม



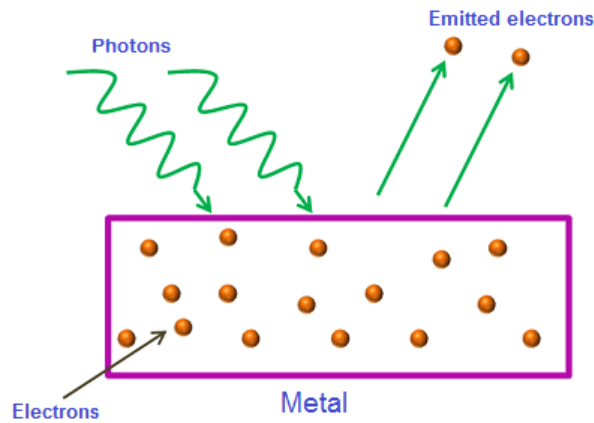
การชนแบบไม่ยืดหยุ่น

## วัตถุดำ

วัตถุดำ คือ วัตถุที่ดูดกลืนรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าทุกความยาวคลื่นได้ทั้งหมด (100%) โดยไม่สะท้อนหรือทะลุผ่านเลย และเมื่อวัตถุนั้นมีความร้อนมันก็จะแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา

## ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก คืออะไร

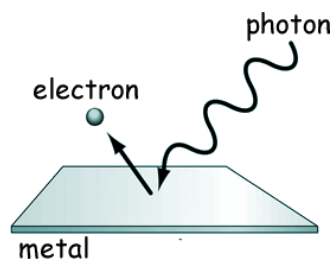
ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก คือปรากฏการณ์ที่อิเล็กตรอนหลุดออกจากพื้นผิวของโลหะ เมื่อโลหะนั้นได้รับแสงหรือรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงเพียงพอ



ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

## โฟโตอิเล็กตรอน (photoelectron)

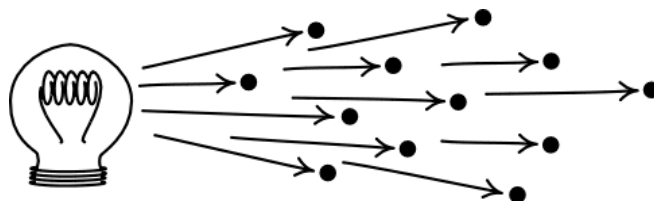
โฟโตอิเล็กตรอนคืออิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจากโลหะ เมื่อมีแสงที่มีพลังงานมากเพียงพอตกกระทบโลหะ



โฟโตอิเล็กตรอน

## โฟตอน (photon)

โฟตอนคือเม็ดพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามทฤษฎีโฟตอนของไอน์สไตน์



แสงที่หลอดไฟฟ้าปลดปล่อยออกมา มีลักษณะเป็นเม็ดพลังงาน (โฟตอน)

## พลังงานของโฟตอนมีค่าขึ้นอยู่กับอะไรบ้าง

พลังงานของโฟตอนมีค่าขึ้นอยู่กับความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว ตามสมการ

$$E = h\nu$$

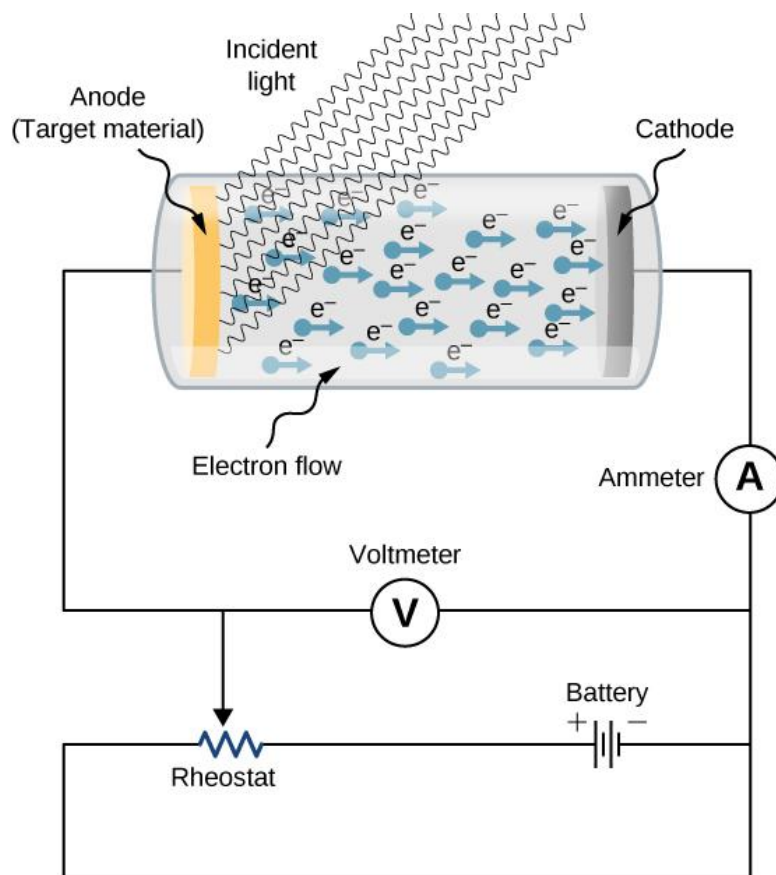
เมื่อ  $E$  คือพลังงานของโฟตอน

$h$  คือค่าคงตัวของพลังค์

$\nu$  คือความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

## ความต่างศักย์หยุดยั้ง (stopping potential)

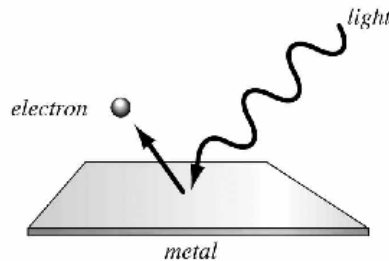
ความต่างศักย์หยุดยั้งคือความต่างศักย์ระหว่างขั้วอิเล็กโทรดทั้งสองที่น้อยที่สุด ที่สามารถหยุดโฟโตอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงสุดได้พอดี



ความต่างศักย์หยุดยั้ง

## ความถี่ขีดเริ่ม (threshold frequency)

ความถี่ขีดเริ่มคือความถี่น้อยที่สุดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ทำให้อิเล็กตรอนในโลหะหลุดออกมาได้พอดี



## ฟังก์ชันงาน (work function) คืออะไร?

ฟังก์ชันงาน คือพลังงานขั้นต่ำที่จำเป็นต้องใช้ เพื่อ ดึงอิเล็กตรอน 1 ตัว ออกจากผิวของโลหะให้หลุดออกมาเป็นโฟโตอิเล็กตรอน

$$E = hf_0$$

Planck's constant

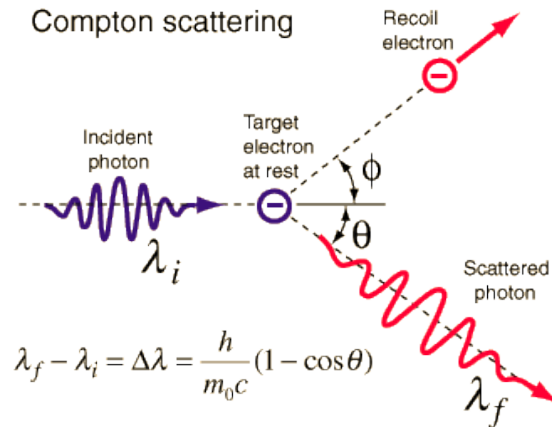
Work function

Threshold frequency

## ปรากฏการณ์คอมป์ตัน (Compton scattering) คืออะไร?

ปรากฏการณ์คอมป์ตันคือปรากฏการณ์ที่รังสีเอกซ์หรือรังสีแกมมากระทบกับวัตถุ แล้วความยาวคลื่นที่กระเจิงออกมาที่มุมต่าง ๆ มีค่าไม่เท่ากัน (พลังงานมีค่าลดลง)

ปรากฏการณ์นี้ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แต่สามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีโฟตอน



ปรากฏการณ์คอมป์ตัน

### ความยาวคลื่นคอมป์ตัน (Compton wavelength)

ความยาวคลื่นคอมป์ตัน คือค่าคงที่ที่ใช้ในการอธิบาย การเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นของโฟตอน หลังจากเกิดการกระเจิงแบบคอมป์ตันค่าเท่ากับ  $\frac{h}{m_0 c}$  หรือเท่ากับ 0.02426 อังสตรอม

### ความแตกต่างระหว่างปรากฏการณ์คอมป์ตันกับปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

ถึงแม้ว่าปรากฏการณ์ทั้งสองเป็นปรากฏการณ์ที่โฟตอนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนกับอิเล็กตรอนเหมือนกัน แต่ก็มีส่วนที่แตกต่างกันอยู่บ้าง ดังนี้

| ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก                                                            | ปรากฏการณ์คอมป์ตัน                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่ต่ำกว่า (พลังงานต่ำกว่า)                         | - ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงกว่า (พลังงานสูงกว่า)                                                            |
| - อิเล็กตรอนที่ถูกชนไม่ใช่อิเล็กตรอนอิสระ แต่เป็นอิเล็กตรอนที่ถูกอะตอมยึดเหนี่ยวไว้ | - ถือว่าอิเล็กตรอนที่ถูกชนถือว่าเป็นอิเล็กตรอนอิสระเนื่องจากพลังงานยึดเหนี่ยวมีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับพลังงานของโฟตอน |

|                                                                                                                                                                                           |                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- ไม่สนใจความยาวคลื่นของโฟตอนที่กระเจิงออกมา</li> <li>- สนใจพลังงานของอิเล็กตรอนที่หลุดออกมา</li> <li>- สนใจพลังงานของโฟตอนที่ฉายเข้าไป</li> </ul> | <p>สนใจความยาวคลื่นของโฟตอนที่กระเจิงออกมา</p> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|

## รังสีเอกซ์

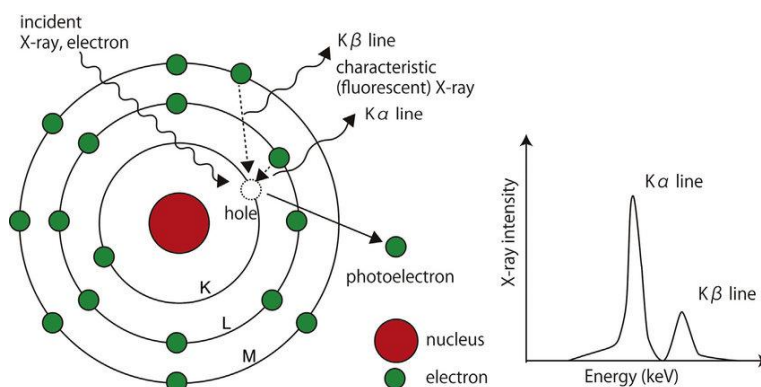
รังสีเอกซ์คือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีพลังงานและอำนาจทะลุทะลวงสูงเป็นอันดับสองรองจากรังสีแกมมา นำมาใช้ในการถ่ายภาพอวัยวะภายในร่างกาย

รังสีเอกซ์ค้นพบโดยบังเอิญโดยเฮอร์มันน์ โรดริคส์ นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันในขณะที่เขากำลังทดลองเกี่ยวกับรังสีแคโทดในห้องมืด

## รังสีเอกซ์เฉพาะตัว (Characteristic x-ray)

รังสีเอกซ์เฉพาะตัวเป็นรังสีเอกซ์ที่เกิดจากอิเล็กตรอนจากขั้วแคโทด วิ่งชนกับอิเล็กตรอนที่อยู่ในวงโคจรชั้นในของอะตอมของธาตุที่เป็นเป้า แล้วอิเล็กตรอนที่ถูกชนหลุดออกมา

ยกตัวอย่างถ้าอิเล็กตรอนชั้น  $K$  ถูกชนกระเด็นหลุดจากอะตอม อิเล็กตรอนจากชั้น  $L$  หรือ  $M$  หรือ  $N$  หรือ ชั้นถัดไปก็จะโดดลงมาชดเชย  $K$  พร้อมปลดปล่อยพลังงานที่มีค่าเท่ากับผลต่างของระดับพลังงานระหว่างชั้นนั้น ๆ พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจะอยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีค่าเฉพาะตัว ขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะที่เป็นเป้า

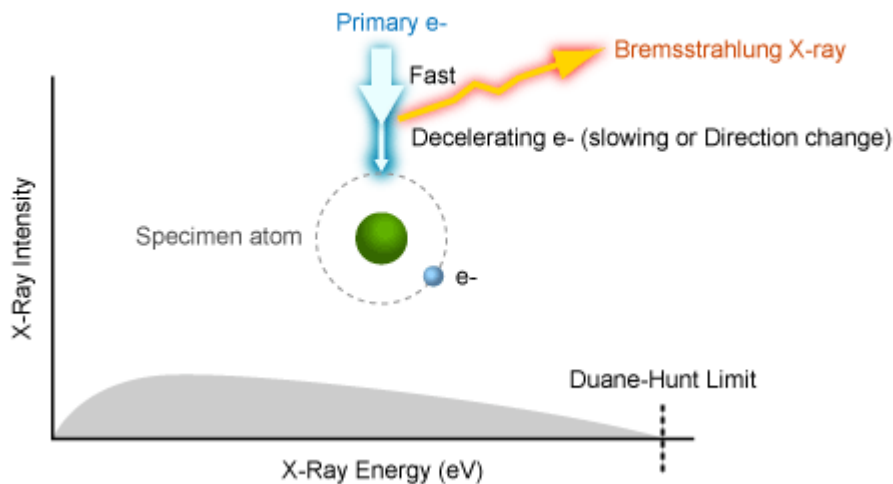


แผนภาพแสดงการเกิดรังสีเอกซ์เฉพาะตัว

## เบรมสตราลูง (Bremsstrahlung)

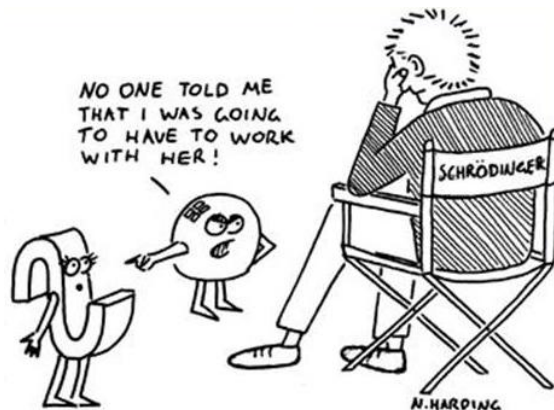
เบรมสตราลูงคือการปลดปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากประจุไฟฟ้าที่มีความเร็วสูงแล้วถูกหน่วงด้วยสนามไฟฟ้าของนิวเคลียส เช่นเมื่อเร่งอิเล็กตรอนให้วิ่งชนเป้า จะเกิดรังสีเอกซ์แผ่ออกมา เป็นต้น

### Bremsstrahlung X-ray production



รังสีเอกซ์เกิดจากกระบวนการเบรมสตราลูง

## ทวิภาพของคลื่นและอนุภาค



ทวิภาพของคลื่นและอนุภาค คือคลื่นและอนุภาคมีสมบัติคู่ คือคลื่นและอนุภาคสามารถแสดงสมบัติเป็นได้ทั้งคลื่นและอนุภาค เช่น แสงสามารถแสดงสมบัติเป็นอนุภาคได้ และ อิเล็กตรอนก็สามารถแสดงสมบัติเป็นคลื่นได้เช่นเดียวกัน

## สมมติฐานของเดอบรอซ (de Broglie hypothesis)

สมมติฐานของเดอบรอซ “เมื่อแสงประพฤติตัวเป็นอนุภาคได้ อนุภาคก็น่าจะประพฤติตัวเป็นคลื่นได้เช่นเดียวกัน”

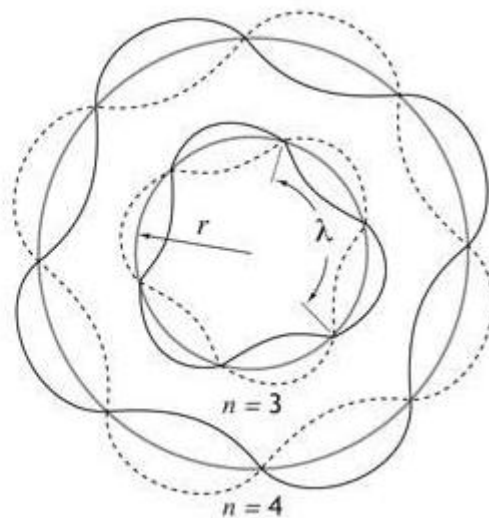
## คลื่นเดอบรอซ (de Broglie wave)

คลื่นเดอบรอซคือสมบัติความเป็นคลื่นของอนุภาค ที่คล้องจองกับโมเมนตัมของอนุภาค ตามสมการ

|                                       |                           |                                               |
|---------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------|
| de Broglie wavelength of the particle | $\lambda_B = \frac{h}{p}$ | Planck's Constant<br>Momentum of the particle |
|---------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------|

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

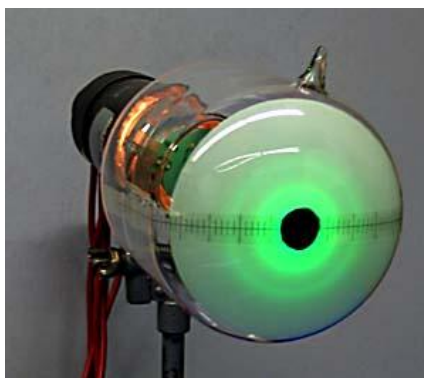
$\lambda$  = wavelength  
 $h$  = Planck's constant ( $6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ )  
 $p$  = momentum  
 $m$  = mass  
 $v$  = speed



คลื่นเดอบรอซ

## การทดลองของเดวิสสันและเจอร์เมอร์

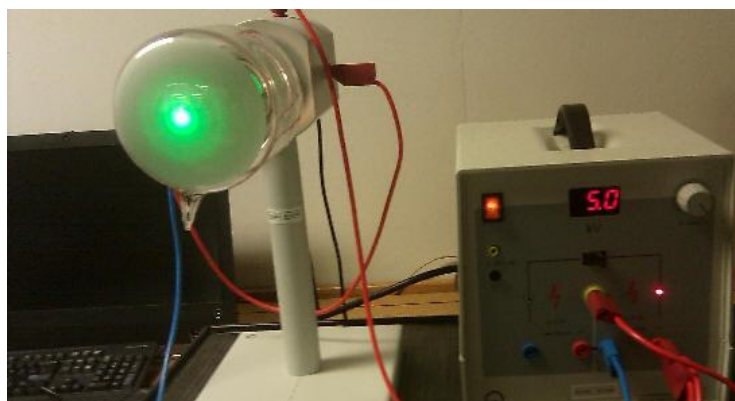
เดวิสสันและเจอร์เมอร์ได้ตรวจสอบสมมติฐานของเดอ บรอยล์ โดยการทดลองยิงอิเล็กตรอนเข้าไปกระทบผลึกของนิกเกิลปรากฏว่าเมื่อลำอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านผลึกนิกเกิล จะแสดงสมบัติการเลี้ยวเบนและแทรกสอดได้เหมือนกับเป็นคลื่น ทำให้ได้ภาพเหมือนกับภาพที่เกิดจากการเลี้ยวเบนและแทรกสอดกันของรังสีเอกซ์



แสดงการเลี้ยวเบนและแทรกสอดของอิเล็กตรอน

## การเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอน (*electron diffraction*)

การเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนคือการที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่อ้อมผ่านสิ่งกีดขวางได้เหมือนเป็นคลื่น



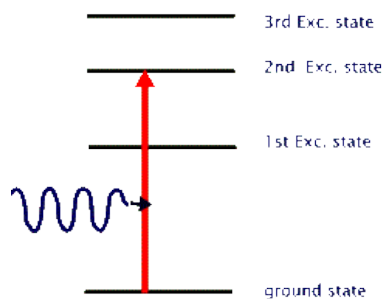
การทดลองแสดงให้เห็นสมบัติการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอน

## มวลนิ่งของอิเล็กตรอน (*electron rest mass*)

มวลนิ่งของอิเล็กตรอน คือมวลของอิเล็กตรอนขณะหยุดนิ่งเมื่อเทียบกับผู้สังเกต มักจะใช้คำนี้เมื่ออิเล็กตรอนกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วใกล้เคียง เนื่องจากเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงจะมีมวลเพิ่มขึ้น

## พลังงานที่ทำให้เกิดการตื่นเต้น (*excitation energy*)

พลังงานที่ทำให้เกิดการตื่นเต้น คือพลังงานขั้นต่ำที่ต้องใส่เข้าไปในอะตอม เพื่อให้อิเล็กตรอน เปลี่ยนจากสถานะพื้นฐาน ไปสู่สถานะพลังงานที่สูงขึ้น



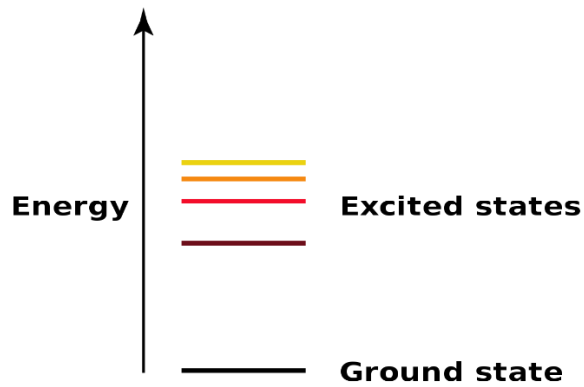
พลังงานที่ทำให้เกิดการตื่นเต้น

## สถานะพื้น (*ground state*)

สถานะพื้นคือสถานะที่อะตอมหรือนิวเคลียสมีพลังงานต่ำสุด

## สถานะตื่นเต้น (*excited state*)

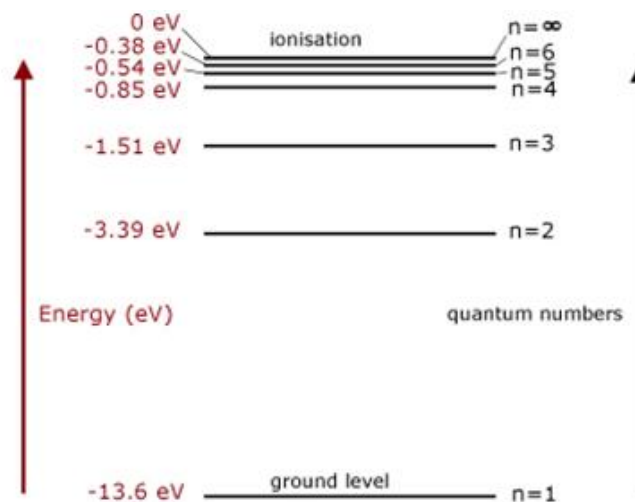
สถานะตื่นเต้นคือสถานะที่เป็นไปได้ของอะตอมหรือนิวเคลียสที่มีพลังงานสูงกว่าสถานะพื้น (*ground state*) อิเล็กตรอนที่อยู่ในสถานะกระตุ้นนี้ พร้อมทั้งจะกลับสู่สถานะพื้นตลอดเวลาโดยปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา



สถานะพื้นและสถานะตื่นเต้น

### ระดับพลังงาน (energy level)

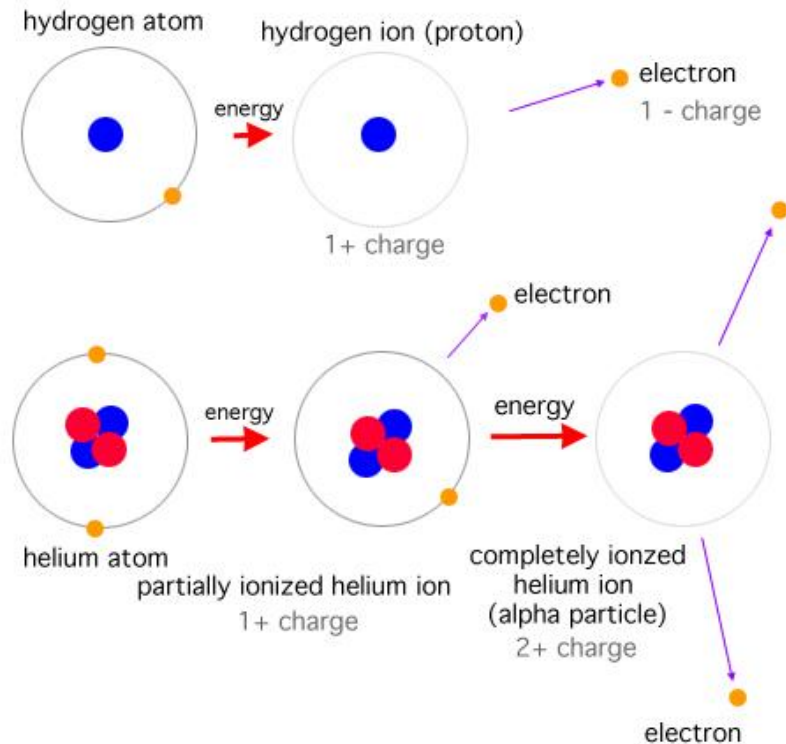
ระดับพลังงานคือชั้นของพลังงานของอะตอมที่มีค่าไม่ต่อเนื่อง มีลักษณะเป็น  
ห่วง ๆ หรือเป็นช่วง ๆ ซึ่งทำให้วงโคจรของอิเล็กตรอนมีเป็นบางชั้นเท่านั้น สำหรับ  
อะตอมไฮโดรเจน มีระดับพลังงานดังรูป



ระดับพลังงานของอะตอมไฮโดรเจน

## แตกตัวเป็นไอออน(ionization)

แตกตัวเป็นไอออนคือกระบวนการทำให้สารแตกตัวเป็นประจุบวกและประจุลบ



ไฮโดรเจนและฮีเลียม แตกตัวเป็นไอออน

## สมมูลมวล-พลังงาน (mass-energy equivalence)

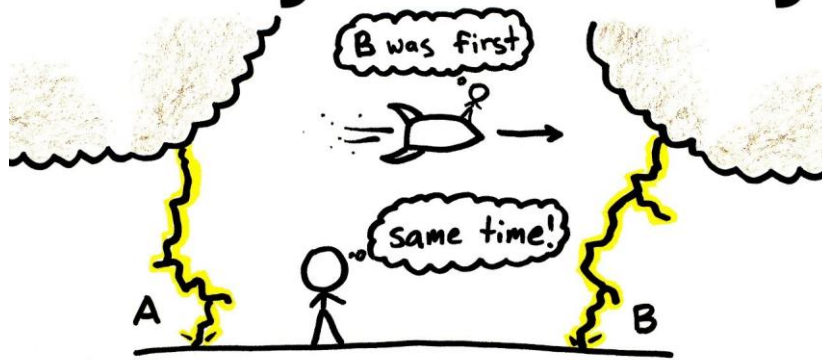
สมมูลมวล-พลังงานหมายถึงมวลและพลังงานคือสิ่งเดียวกัน สามารถเปลี่ยนรูปกันได้ไอน์สไตน์เป็นคนแรกที่กล่าวว่ามวลก็คือรูปหนึ่งของพลังงาน และถ้ามวลเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานจะได้พลังงานที่มีค่าดังนี้  $E = mc^2$

## ทฤษฎีสัมพัทธภาพของไอน์สไตน์

ทฤษฎีสัมพัทธภาพคือความจริงของธรรมชาติที่ขัดกับสามัญสำนึกของมนุษย์อย่างรุนแรง เช่น

- 1) คนที่อยู่ในกรอบอ้างอิงที่หยุดนิ่งกับคนที่อยู่ในกรอบอ้างอิงที่เคลื่อนที่ (ด้วยความเร็วใกล้เคียงกับความเร็วแสง) เห็นช่วงเวลาของเหตุการณ์เดียวกันมีเวลาไม่เท่ากัน
- 2) มวลของสิ่งที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงมากใกล้เคียงกับความเร็วแสง จะมีค่ามากขึ้น ในขณะที่ความยาวหดสั้นลง
- 3) เวลาไม่ใช่ปริมาณสัมบูรณ์แต่เป็นปริมาณที่ขึ้นอยู่กับสถานที่หรือความเร็ว

## Relativity of Simultaneity



ผู้สังเกตบนพื้นเห็นฟ้าผ่า A และ B เกิดขึ้นพร้อมกัน

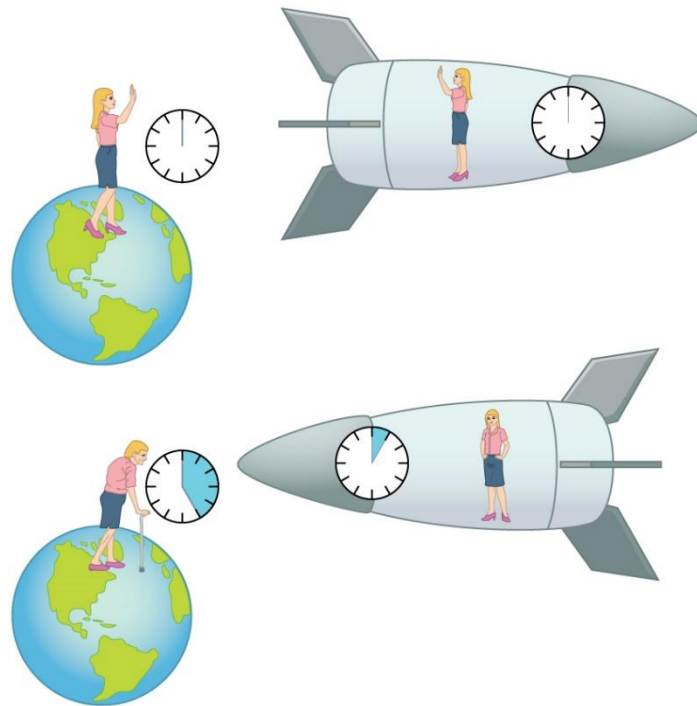
ผู้สังเกตบนยานเห็นฟ้าผ่า B เกิดขึ้นก่อน

### การยืดของเวลา (time dilation)

การยืดของเวลาหมายถึงเวลาในกรอบอ้างอิงหนึ่งกับเวลาในอีกกรอบอ้างอิงหนึ่งอาจไม่เท่ากัน เช่นเวลาในยานอวกาศที่แล่นด้วยความเร็วสูงมากจะมีเวลาช้ากว่าเวลาบนโลก

ถึงแม้ว่าการยืดของเวลาจะขัดกับความรู้สึกของมนุษย์อย่างรุนแรง แต่ก็ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเป็นความจริง โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกัน Hafele และ Keating ได้ทำการทดลองโดยนำนาฬิกาอะตอมบินรอบโลกด้วยเครื่องบินเพื่อทดสอบทฤษฎีสัมพัทธภาพ ทั้งสองพบว่า นาฬิกาที่อยู่ในเครื่องบินที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงมากเดินช้ากว่านาฬิกาที่หยุดนิ่งจริง

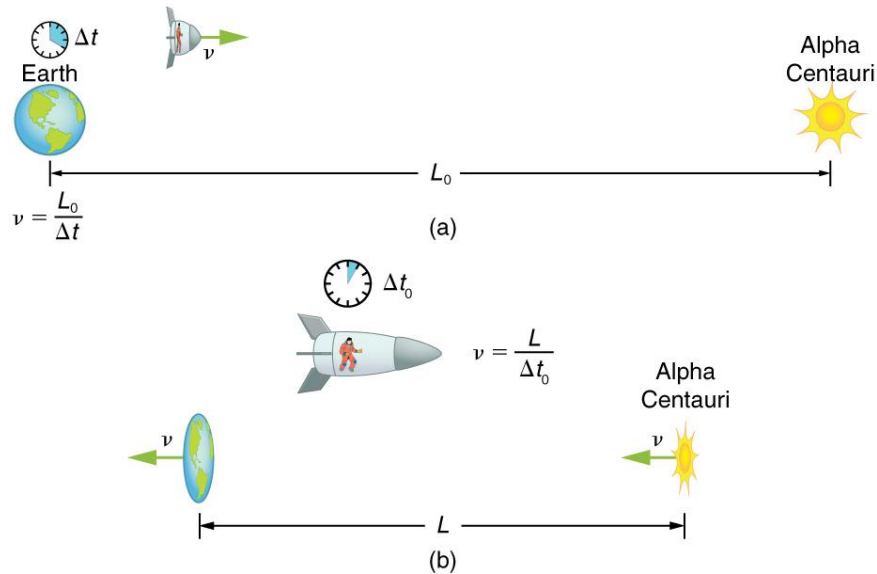
และด้วยเหตุผลนี้ นาฬิกาบนดาวเทียมกับนาฬิกาบนโลกจึงเดินไม่ตรงกัน ปัจจุบันมีการพัฒนาระบบนาฬิกาบนดาวเทียมให้เดินสอดคล้องกับนาฬิกาบนโลก โดยไม่ต้องชดเชยเวลาตามทฤษฎีสัมพัทธภาพ



การยืดของเวลา

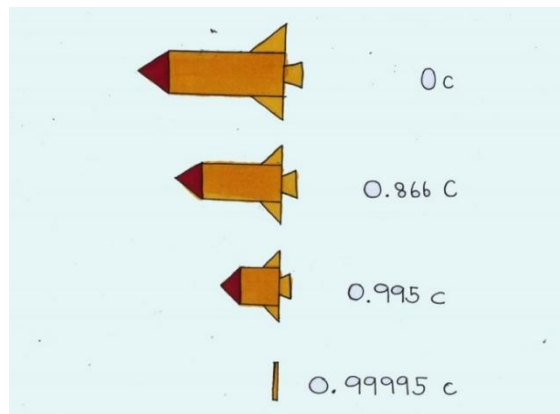
### การหดของความยาว (length contraction)

เนื่องจากในช่วงเวลาเดียวกัน ผู้สังเกตที่หยุดนิ่งกับผู้สังเกตที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง จะมีเวลาที่แตกต่างกัน และจากเหตุผลนี้ก็มีผลทำให้ระยะทางระหว่างดาว ๒ ดวง เมื่อวัดจากคนที่หยุดนิ่ง กับเมื่อวัดจากคนที่อยู่ในยานอวกาศที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง จึงมีค่าไม่เท่ากัน หรือกล่าวได้ว่าความยาวของวัตถุสิ่งของต่าง ๆ ก็ไม่ได้เป็นปริมาณสัมบูรณ์ แต่เป็นปริมาณที่มีค่าขึ้นอยู่กับกรอบอ้างอิงที่ใช้ในการวัด



ระยะห่างระหว่างดาว ๒ ดวง

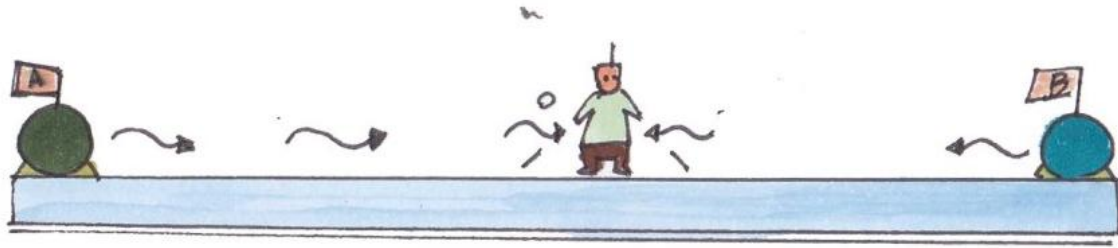
(a) เมื่อวัดโดยคนที่หยุดนิ่ง (b) เมื่อวัดโดยคนที่เคลื่อนที่ (ในยานอวกาศ)



สิ่งที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ความยาวจะหดสั้นลงเมื่อวัดโดยผู้สังเกตที่หยุดนิ่ง

## ความเป็นเวลาเดียวกัน

เนื่องจากความเป็นเวลาเดียวกันที่สมบูรณ์ไม่มีอยู่จริง จึงมีการกำหนดความเป็นเวลาเดียวกันตามคำนิยามของไอส์ไตน์เป็นดังนี้ เหตุการณ์ ๑ สองเหตุการณ์ในกรอบอ้างอิงใด ๆ จะเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นพร้อมกัน เมื่อสัญญาณแสงที่ส่งออกมาจากเหตุการณ์ทั้งสอง มาถึงผู้สังเกตพร้อมกัน



แสดงนิยามคำว่า “เวลาเดียวกัน”

## ควอนไทเซชัน(quantization)คืออะไร?

ควอนไทเซชัน คือแนวคิดในฟิสิกส์ที่ว่า ปริมาณบางอย่างไม่สามารถมีค่าได้ต่อเนื่องทุกค่า แต่มีค่าได้เฉพาะบางค่าที่แน่นอนเท่านั้น เช่น พลังงาน, โมเมนตัม, หรือ ประจุไฟฟ้าไม่ได้เพิ่มหรือลดได้แบบต่อเนื่อง แต่ต้องเป็น “ก้าว” หรือ “หน่วยเล็ก ๆ” เท่านั้น เช่น 1, 2, 3,... เช่น ประจุไฟฟ้าก็มีค่าเป็นจำนวนเท่าของประจุของอิเล็กตรอน

$$q = +3e$$

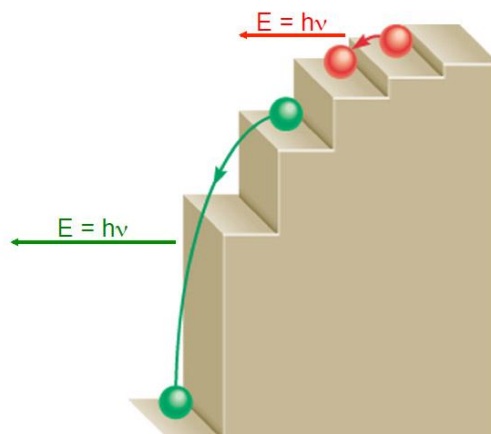
Integers  
(...-2, -1, 0, 1, 2...)

ne

Elementary Charge  
( $1.6 \times 10^{-19}$ )

ควอนไทเซชันของประจุไฟฟ้า

พลังงานของโฟตอนก็มีค่าเป็นจำนวนเท่าของ  $h\nu$  เป็นต้น



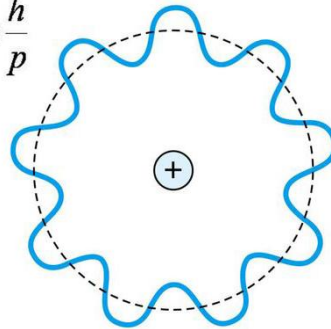
ควอนไทเซชันของพลังงานโฟตอน

โมเมนตัมเชิงมุมของอิเล็กตรอนในอะตอมก็มีค่าเป็นจำนวนเท่าของ  $\hbar$  เป็นต้น

$$2\pi r = n\lambda = n \frac{h}{p}$$

The angular momentum becomes:

$$L = rp = \frac{nh}{2\pi} = n\hbar$$



ควอนไทเซชันของโมเมนตัมเชิงมุมของอิเล็กตรอน

ควอนตัม(*quantum*)คืออะไร?

$$E = h\nu$$

Quantum energy of a photon

ควอนตัม คือหน่วยเล็กที่สุดของปริมาณทางฟิสิกส์ที่สามารถมีอยู่ได้ — เช่น พลังงาน แสง โมเมนตัม หรือประจุไฟฟ้า เช่นพลังงาน 1 ควอนตัม หาได้จาก  $E = h\nu$   
โมเมนตัมเชิงมุม 1 ควอนตัม หาได้จาก  $L = n\hbar$

ทฤษฎีควอนตัม(*quantum theory*)คืออะไร?

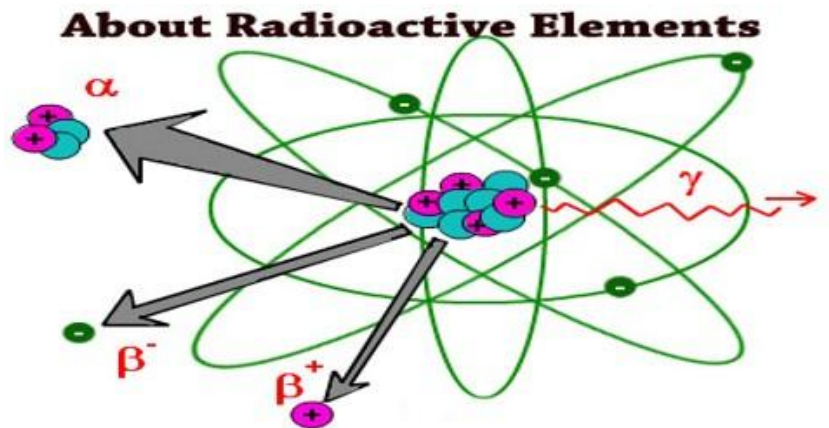
ทฤษฎีควอนตัมคือทฤษฎีที่นำมาใช้ในการอธิบายผลการทดลองต่าง ๆ ในระดับอะตอมหรือนิวเคลียส ซึ่งการทดลองในระดับนี้ฟิสิกส์ดั้งเดิมไม่สามารถอธิบายได้

หลักความไม่แน่นอนของไฮเซนเบิร์ก กล่าวอย่างไร?

หลักความไม่แน่นอนของไฮเซนเบิร์ก กล่าวว่า เราไม่สามารถวัด “ตำแหน่ง” และ “โมเมนตัม” ของอนุภาคใด ๆ ได้อย่างแม่นยำพร้อมกันได้ในเวลาเดียวกัน

## ธาตุกัมมันตรังสีคืออะไร?

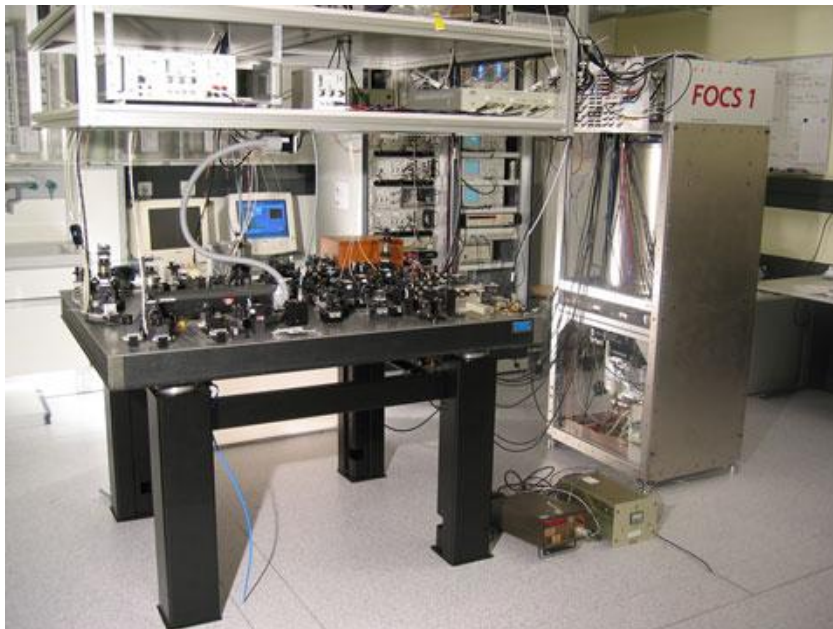
ธาตุกัมมันตรังสีคือธาตุที่สามารถแผ่รังสีออกมาได้เอง ซึ่งรังสีที่แผ่ออกมาจากธาตุเหล่านี้มีอยู่ด้วยกัน ๓ ชนิด คือ รังสีแอลฟา รังสีบีตา และรังสีแกมมา



รังสีต่าง ๆ เปล่งออกมาจากนิวเคลียส

## นาฬิกาเชิงอะตอม (atomic clock) คืออะไร?

นาฬิกาเชิงอะตอม คือนาฬิกาที่ใช้การสั่นของอะตอม (เช่น ซีเซียม หรือรูบิเดียม) เป็นตัวกำหนดเวลาซึ่งแม่นยำมากกว่านาฬิกาทั่วไปอย่างมหาศาล



นาฬิกาเชิงอะตอม

## ฟิสิกส์อะตอมคืออะไร?

ฟิสิกส์อะตอม คือสาขาหนึ่งของวิชาฟิสิกส์ที่ศึกษาเกี่ยวกับ โครงสร้างของอะตอม โดยเฉพาะการทำงานของอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียส และการเปลี่ยนแปลงพลังงานของอิเล็กตรอนในอะตอม

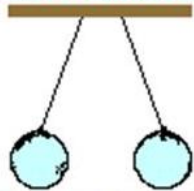
## ฟิสิกส์นิวเคลียร์คืออะไร?

ฟิสิกส์นิวเคลียร์เป็นฟิสิกส์สาขาหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในนิวเคลียส

## อันตรกิริยา (interaction) คืออะไร?

อันตรกิริยา คือการที่อนุภาคมีผลกระทบต่อกัน ไม่ว่าจะเป็นการดึงดูด ผลัก หรือถ่ายเทพลังงานกันทั้งในระดับที่มองเห็นได้ (เช่น การชนกันของวัตถุ) และระดับจุลภาค (เช่น แรงระหว่างอนุภาคในอะตอม)

Repulsive Interactions



Attractive Interactions

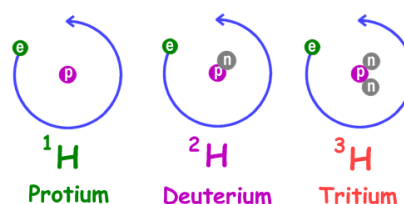


อันตรกิริยาระหว่างอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า

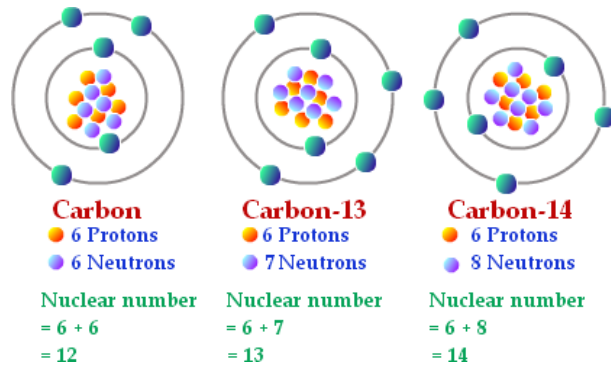
## ไอโซโทป (isotope) คืออะไร?

อะตอมของธาตุเดียวกันที่มีจำนวนโปรตอนเท่ากัน แต่มีจำนวนนิวตรอนต่างกัน

Three Isotopes of Hydrogen



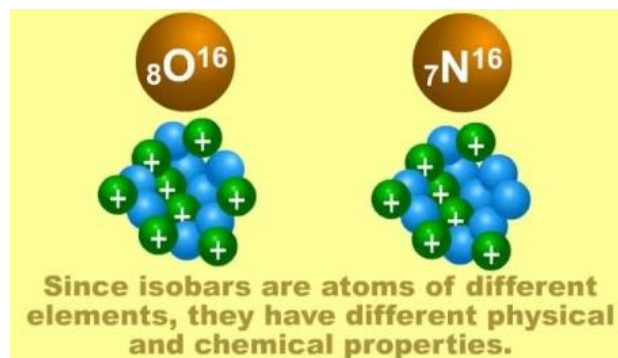
๓ ไอโซโทปของไฮโดรเจน



ไอโซโทปของคาร์บอน

ไอโซบาร์ (isobar) คืออะไร?

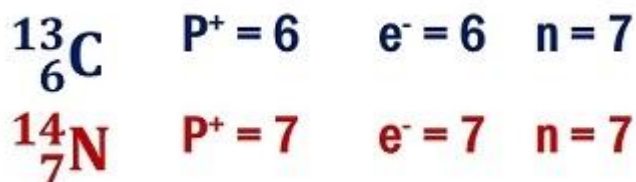
ไอโซบาร์ คืออะตอมของธาตุที่มี "เลขมวล ( $A$ )" เท่ากัน แต่มี "จำนวนโปรตอน ( $Z$ )" ต่างกัน เช่น  $^{16}_8\text{O}$  กับ  $^{16}_7\text{N}$



ไอโซบาร์

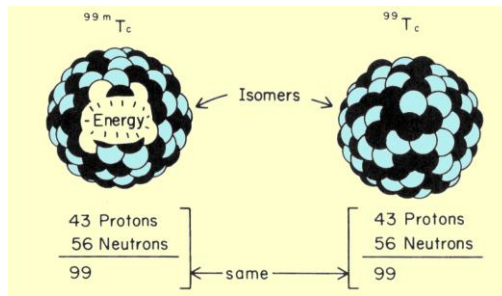
ไอโซโทน (isotone) คืออะไร?

ไอโซโทน คืออะตอมของธาตุที่มี "จำนวนนิวตรอน ( $N$ )" เท่ากัน แต่มี "จำนวนโปรตอน ( $Z$ )" ต่างกัน เช่น  $^{13}_6\text{C}$  กับ  $^{14}_7\text{N}$  เป็นไอโซโทนกัน



## ไอโซเมอร์ (isomer) คืออะไร?

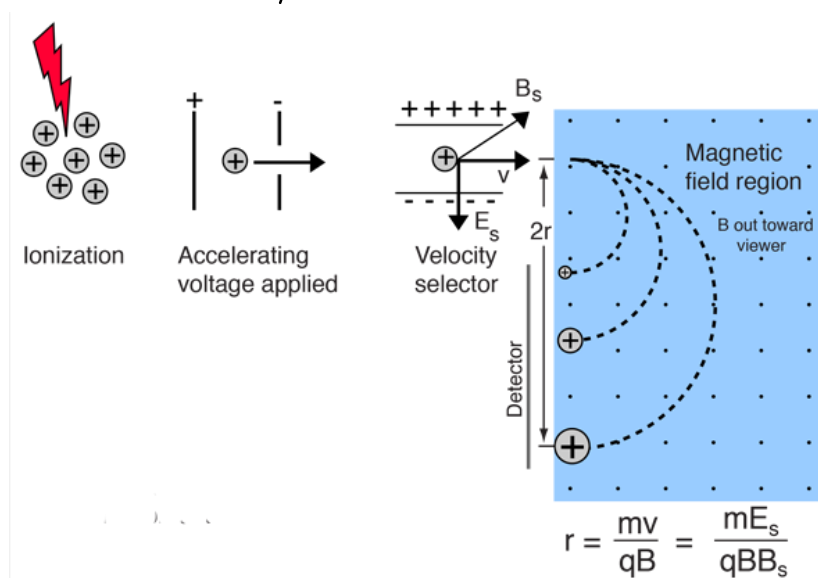
ไอโซเมอร์ หมายถึง นิวเคลียสของธาตุเดียวกัน (มีจำนวนโปรตอนและนิวตรอนเท่ากัน) แต่อยู่ในสถานะพลังงานที่ต่างกัน จะใช้เครื่องหมายดอกจัน (\*) หรืออักษรเอ็ม (m, metastable state) กำกับไว้บนนิวเคลียสที่มีพลังงาน



ไอโซเมอร์

## แมสสเปกโตรมิเตอร์ (mass spectrometer) คืออะไร?

แมสสเปกโตรมิเตอร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์หามวลอะตอม ของธาตุต่าง ๆ โดยใช้หลักการให้อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณสนามแม่เหล็กในทิศทางที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก แล้วประจุไฟฟ้าก็จะเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้ง ถ้าอนุภาคมีมวลต่างกันรัศมีความโค้งของการเคลื่อนที่ก็จะแตกต่างกัน ด้วยวิธีการนี้เราจึงสามารถคำนวณหามวลของอนุภาคได้



แผนภาพการทำงานของแมสสเปกโตรมิเตอร์

## แรงนิวเคลียร์ (Nuclear force) คืออะไร?

แรงนิวเคลียร์ คือแรงที่ยึดเหนี่ยวนิวตรอนและโปรตอนให้อยู่รวมกันในนิวเคลียสของอะตอม แม้ว่าโปรตอนจะมีประจุบวกเหมือนกันและควรจะผลักกันตามแรงไฟฟ้า

แรงนิวเคลียร์แบ่งออกได้เป็น ๒ ประเภท ได้แก่

- 1) แรงนิวเคลียร์แบบเข้ม (strong nuclear force)
- ๒) แรงนิวเคลียร์แบบอ่อน (weak nuclear force)

## ธาตุกัมมันตรังสี (Radioactive Elements) คืออะไร?

ธาตุกัมมันตรังสี หมายถึงธาตุที่ไม่เสถียรและจะมีการสลายตัวโดยการปล่อยรังสีออกมาอยู่ตลอดเวลา แล้วเปลี่ยนเป็นนิวเคลียสของธาตุอื่น หรือยังเป็นธาตุเดิมแต่พลังงานไม่เท่าเดิม

ธาตุกัมมันตรังสีเกิดจากสาเหตุ ๓ อย่างด้วยกัน คือ

- 1) มีโปรตอนมากเกินไป
- ๒) มีนิวตรอนมากเกินไป
- ๓) มีทั้งโปรตอนและนิวตรอนมากเกินไป
- 4) นิวเคลียสมีพลังงานมากเกินไป

## ครึ่งชีวิต (half-life ; $T_{1/2}$ ) คืออะไร?

ครึ่งชีวิตคือเวลาที่สารกัมมันตรังสีใช้ในการสลายตัวเหลือครึ่งหนึ่งของที่มีอยู่เดิม คำนวณหาได้จาก

$$T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

## ชีวิตเฉลี่ย (average life; $\tau$ ) คืออะไร?

ชีวิตเฉลี่ย คือค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาที่นิวเคลียสกัมมันตรังสีจะคงอยู่ก่อนจะสลายตัวหรืออีกนัยหนึ่งคือเวลาที่อนุภาคกัมมันตรังสีมีชีวิตอยู่เฉลี่ยก่อนจะสลายตัวลง คำนวณหาได้จาก

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

## การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี มีกี่แบบอะไรบ้าง ?

การสลายตัวของนิวเคลียสกัมมันตรังสี แบ่งออกเป็น ๓ แบบด้วยกันคือ

- 1) สลายตัวให้อนุภาคแอลฟา
- 2) สลายตัวให้อนุภาคบีตา
- 3) สลายตัวให้รังสีแกมมา

## ปฏิกิริยานิวเคลียร์ (Nuclear reaction)

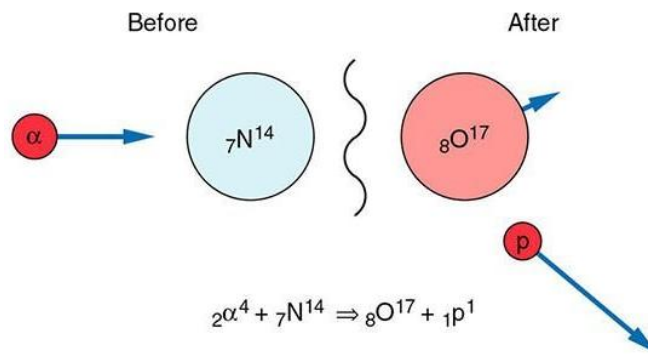
ปฏิกิริยานิวเคลียร์คือปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภายในนิวเคลียสโดยตรงจากการยิงอนุภาคเข้าไปในนิวเคลียสหรือผ่านเข้าไปใกล้นิวเคลียสแล้วทำให้นิวเคลียสของเป้าเกิดการเปลี่ยนแปลงอยู่ในสถานะกระตุ้น

ปฏิกิริยานิวเคลียร์แบ่งเป็น ๒ ประเภทคือ

- 1) ปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่ให้พลังงานออกมาได้
- 2) ปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่ต้องดูดกลืนพลังงานเข้าไป

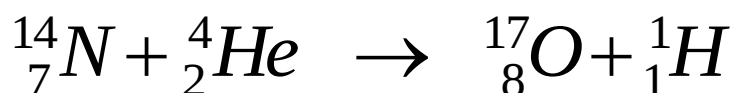
## ปฏิกิริยานิวเคลียร์ปฏิกิริยาแรก

นักวิทยาศาสตร์คนแรกที่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ได้คือ รัทเทอร์ฟอร์ด รัทเทอร์ฟอร์ดได้ทำการยิงอนุภาคแอลฟาไปยังนิวเคลียสของไนโตรเจน แล้วได้ออกซิเจนและโปรตอน



## ปฏิกิริยานิวเคลียร์ปฏิกิริยาแรก

ในการยิงนิวเคลียสของไนโตรเจน รัทเทอร์ฟอร์ดใช้อนุภาคแอลฟาที่เกิดจากการสลายตัวของโปโลเนียม พบว่าหลังปฏิกิริยา ไนโตรเจนเปลี่ยนไปเป็น ออกซิเจน และมีโปรตอนเกิดขึ้นด้วย ดังสมการ



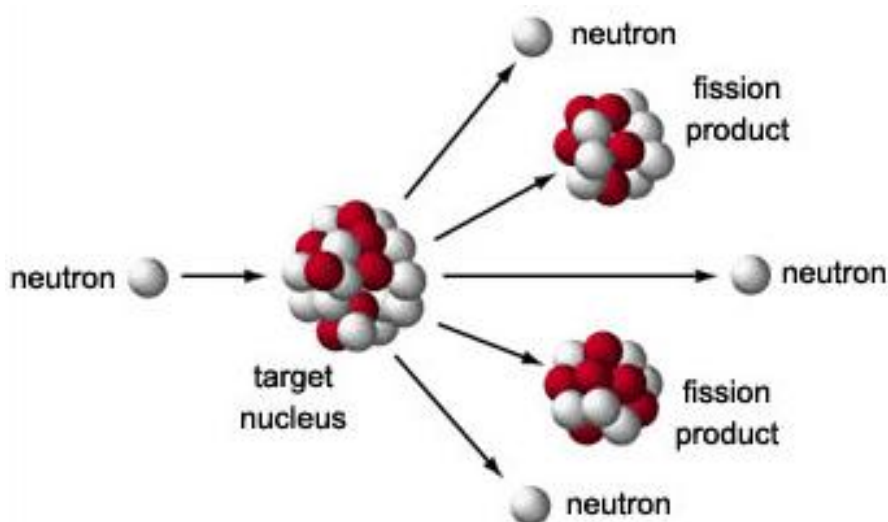
## ความแตกต่างระหว่างปฏิกิริยานิวเคลียร์กับปฏิกิริยาเคมี

| ปฏิกิริยาเคมี                   | ปฏิกิริยานิวเคลียร์            |
|---------------------------------|--------------------------------|
| เกิดขึ้นในอะตอม (อิเล็กตรอน)    | เกิดขึ้นในนิวเคลียส            |
| มีการดูดหรือคายพลังงานไม่มากนัก | มีการดูดหรือคายพลังงานจำนวนมาก |

|                                                                      |                                                       |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| อะตอมจัดเรียงตัวใหม่ มีการสลาย และ<br>สร้างพันธะ                     | ธาตุเปลี่ยนเป็นธาตุใหม่ หรือไอโซโทป<br>ใหม่(ธาตุเดิม) |
| เกี่ยวข้องกับอะตอมอิเล็กตรอนวงนอกสุด                                 | เกี่ยวข้องกับอนุภาคในนิวเคลียส<br>(โปรตอน นิวตรอน)    |
| อัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นกับ อุณหภูมิ<br>ความดัน และตัวเร่งปฏิกิริยา | อัตราการเกิดปฏิกิริยาไม่ขึ้นกับ<br>สิ่งแวดล้อมภายนอก  |

### ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน(nuclear fission)

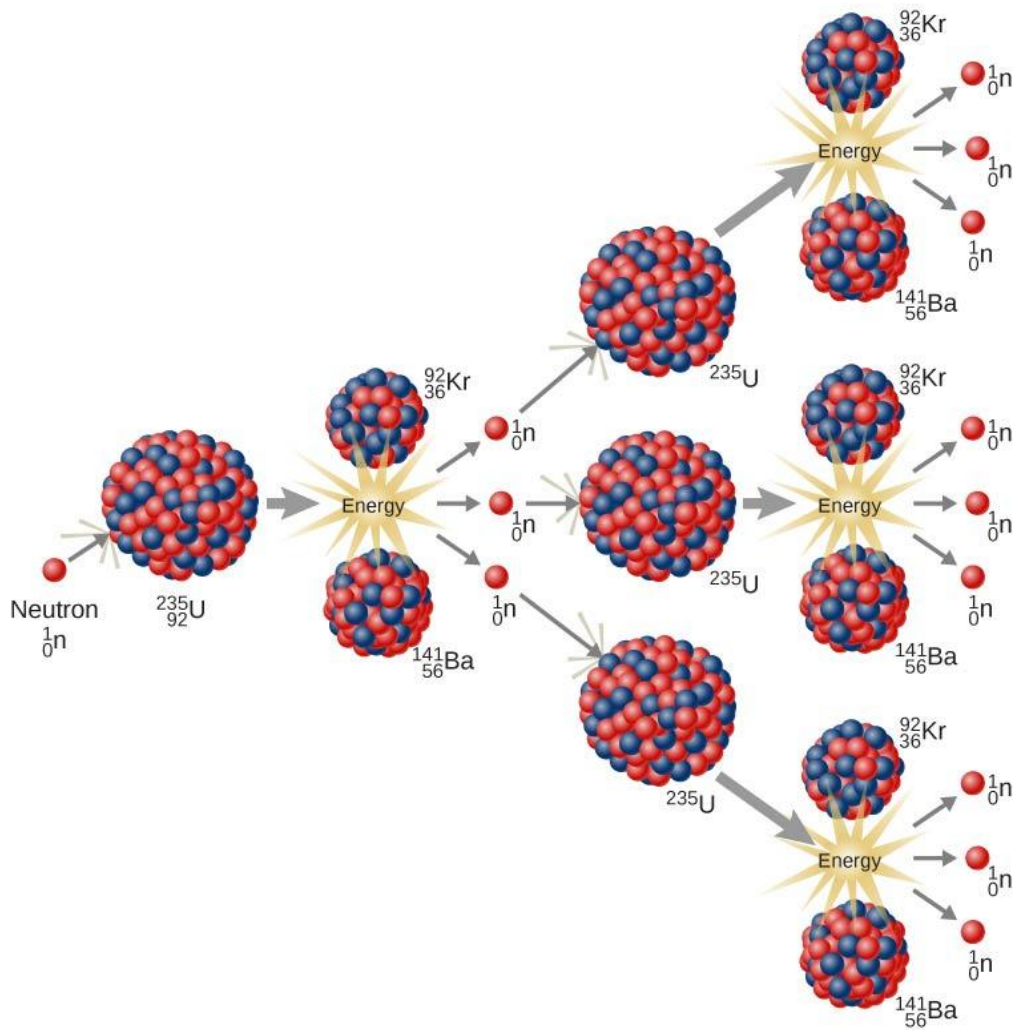
ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันเป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่เกิดจากการยิงอนุภาคนิวตรอนเข้าไปชนกับนิวเคลียสของธาตุหนัก ๆ ที่เป็นเป้า เช่น ยูเรเนียม พลูโทเนียม แล้วได้นิวเคลียสของธาตุใหม่ 2 นิวเคลียส มีขนาดใกล้เคียงกัน และให้นิวตรอนออกมาพร้อม ๆ กับพลังงานจำนวนมาก



### ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน

## ปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) เป็นอย่างไร

ปฏิกิริยาลูกโซ่เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากนิวตรอนที่เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันประมาณ 2-3 ตัวต่อ 1 ฟิชชัน วิ่งไปชนกับนิวเคลียสที่อยู่ข้างเคียงแล้วเกิดเป็นปฏิกิริยาต่อเนื่อง



ปฏิกิริยาลูกโซ่

## ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน (nuclear fusion) คืออะไร?

ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันเป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่เกิดจากนิวเคลียสของอะตอมของธาตุเบา รวมตัวกันได้นิวเคลียสของธาตุหนักขึ้น และได้พลังงานจำนวนหนึ่งออกมา

## เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์

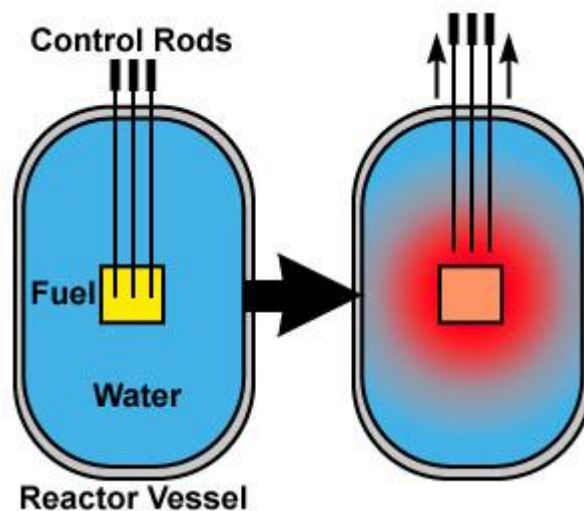
ในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์จะใช้ยูเรเนียม - 235 เป็นเชื้อเพลิง เนื่องจาก ยูเรเนียม - 235 เป็นไอโซโทปเดียวของยูเรเนียมที่มีสมบัติในการสามารถรักษาการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ไว้ได้



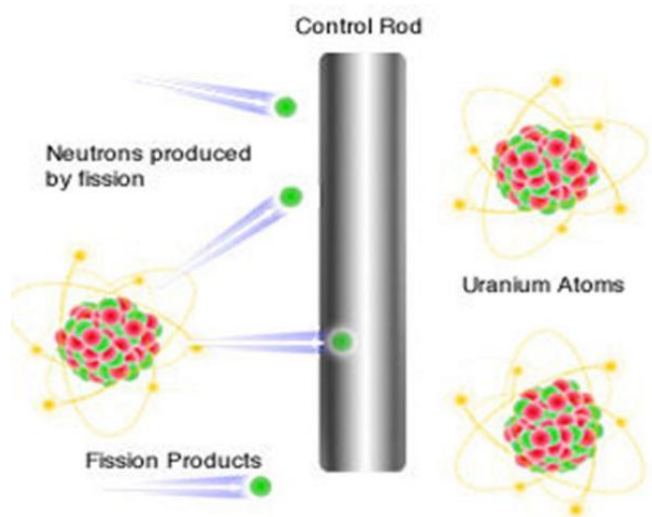
เชื้อเพลิงนิวเคลียร์

## การหยุดปฏิกิริยานิวเคลียร์

การหยุดปฏิกิริยานิวเคลียร์ในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ทำได้โดยดันแท่งควบคุม (control rod) เข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์



เมื่อแท่งควบคุมเข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์จะดูดจับนิวตรอน



แท่งควบคุมทำหน้าที่ดูดจับนิวตรอน

### การแผ่รังสีเชเรนคอฟ

การแผ่รังสีเชเรนคอฟ คือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า (เช่น อิเล็กตรอน) เคลื่อนที่เร็วกว่า "ความเร็วของแสงในตัวกลาง" (เช่น น้ำหรือแก้ว) (ไม่ได้มากกว่าความเร็วแสงในสุญญากาศ) ทำให้เกิดการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาเป็น แสงสีฟ้าสว่างเรือง

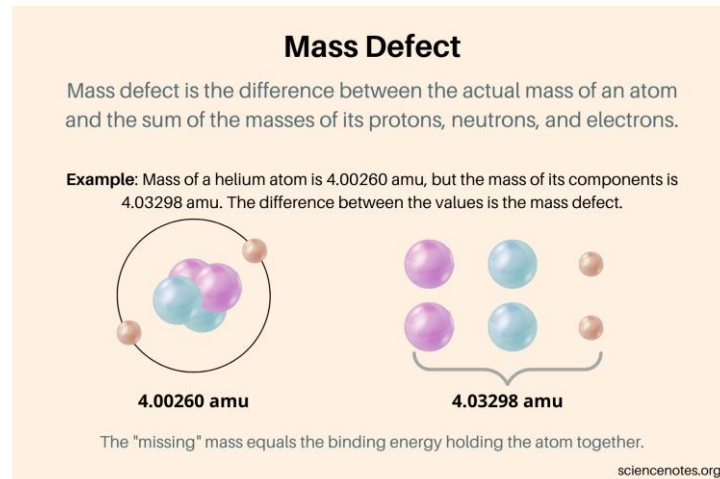


รังสีเชเรนคอฟ

**ข้อสังเกต** รังสีนี้ไม่ได้มีความเร็วมากกว่าแสงในสุญญากาศ

## มวลพร่อง (mass defect) คืออะไร?

มวลพร่อง คือส่วนต่างของมวลระหว่าง “มวลรวมของโปรตอนและนิวตรอนที่แยกจากกัน” กับ “มวลของนิวเคลียสเมื่อรวมกันแล้ว”



หรือ มวลพร่องหมายถึงมวลส่วนหนึ่งที่หายไป โดยเมื่อนิวคลีออนอิสระมารวมกันเป็นนิวเคลียส มวลส่วนนี้จะเปลี่ยนเป็นพลังงานยึดนิวคลีออนไว้ด้วยกัน

## บทสรุป

ในการเรียนรู้เรื่องฟิสิกส์ระดับอะตอม ความดัน และนิวเคลียร์นั้น เราอาจเริ่มจากความสงสัยเล็ก ๆ เช่น “อะตอมคืออะไร?” “ทำไมแสงจึงเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ในเซลล์แสงอาทิตย์?” หรือ “พลังงานนิวเคลียร์มาจากไหน?” คำถามเหล่านี้คือจุดเริ่มต้นของการเปิดประตูสู่โลกวิทยาศาสตร์ที่ทั้งลึกจึ้ง และน่าทึ่ง หนังสือเล่มนี้ได้รวบรวมคำศัพท์สำคัญ พร้อมคำอธิบายที่เข้าใจง่าย เพื่อให้เราชนได้เรียนรู้หลักพื้นฐานทางฟิสิกส์ในระดับที่ลึกลงไปถึงระดับอนุภาคเล็กที่สุดของธรรมชาติ ซึ่งคำศัพท์แต่ละคำไม่ใช่แค่คำจำกัดความ แต่เป็น “กุญแจ” ที่จะไขความลับของจักรวาล ตั้งแต่โครงสร้างของอะตอม ไปจนถึงพลังงานมหากาฬในดวงดาว แม้ศัพท์ฟิสิกส์จะดูยากในตอนแรก แต่เมื่อเข้าใจแล้ว มันจะกลายเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้เรา “มองเห็นสิ่งที่ตามองไม่เห็น” และ “เข้าใจสิ่งที่อยู่ไกลเกินจินตนาการ”

ขอให้หนังสือเล่มนี้เป็นอีกหนึ่งแรงบันดาลใจเล็กๆ ที่จะทำให้เราชนก้าวสู่โลกของวิทยาศาสตร์อย่างมั่นใจ และอาจเป็นจุดเริ่มต้นของนักคิด นักค้นคว้า หรือนักวิทยาศาสตร์ในอนาคตก็เป็นได้ จงอย่าหยุดตั้งคำถาม เพราะคำถามที่ดี คือจุดเริ่มต้นของความรู้ที่ยิ่งใหญ่

## ประวัติผู้เรียบเรียง



ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุชาติ สุภาพ

วุฒิการศึกษา: วท.ม. พิสิทธ์ (จุฬาฯ)

ประสบการณ์

- อดีตหัวหน้าภาควิชาพิสิทธ์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
- ฐานด้านโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ประเทศญี่ปุ่น

โทรศัพท์มือถือ 083-920-3825

%%%%%%%%%



**แนะนำ**  
**ร้านหนังสือออนไลน์**  
ของ พศ. สุชาติ สุภาพ  
ในแอปฯ ลาซาด้า และ TikTok  
โดยสแกน QR โค้ด ด้านนี้



SHOPEE



Lazada



TikTok