

## บทที่ 11

### อะตอม

#### ประวัติและความเป็นมาของฟิสิกส์ยุคใหม่

จากบทที่ 1 ถึงบทที่ 10 ที่เรากล่าวถึงนั้น จัดอยู่ในพวกฟิสิกส์ยุคเก่าหรือฟิสิกส์ดั้งเดิม ในสามบทต่อจากนี้ไปจะเป็นการกล่าวถึงฟิสิกส์ยุคใหม่ ซึ่งในตอนแรกนี้จะเป็นเรื่องราวเชิงประวัติศาสตร์ ซึ่งกล่าวได้พอสังเขป ดังนี้

ปีค.ศ. 1895 นับเป็นก้าวแรกที่ก้าวจากฟิสิกส์ยุคเก่าสู่ฟิสิกส์ยุคใหม่ เพราะในปีที่ เรมท์เกน (Roentgen) ได้ค้นพบรังสีชนิดหนึ่ง ซึ่งต่อมาเรียกว่า รังสีเอ็กซ์ (x-ray)

ปีค.ศ. 1896 ข่าวการค้นพบรังสีเอ็กซ์ของเรมท์เกน สร้างความตื่นเต้นให้นักฟิสิกส์มาก ที่นครปารีส มีตระกูลหนึ่งซึ่งปู่ของเขาเป็นนักฟิสิกส์ พ่อของเขาเป็นนักฟิสิกส์ ตัวเขาเองก็เป็นนักฟิสิกส์ ชื่อ เอนรี เบคเคอเรล ได้ศึกษาสารเรืองแสงกับรังสีเอ็กซ์ ตอนนั้น เบคเคอเรลรู้แล้วว่า สารบางชนิดจะเรืองแสง เมื่อให้มันถูกแสงอาทิตย์ โดยอาศัยแสงอาทิตย์เป็นตัวกระตุ้นทุก ๆ วัน เขาจะเอาฟิล์มห่อสารพวกนี้ไปวางไว้กลางแดด ก็ได้ผลอย่างที่เขาคิด มีช่วงหนึ่งที่เกิดครีမ်ฟ้าครีမ်ฝน อยู่หลายวัน อย่างไรก็ตาม เบคเคอเรล ก็เอาฟิล์มที่ห่อสารแต่ยังไม่ได้ออกไปตากแดดมาล้าง ปรากฏว่าเขาพบรอยฟิล์มถูกแสงเหมือน เหมือนกับเมื่อเอาฟิล์มไปตากแดด ในปี ค.ศ. 1896 คือ หลังจากการค้นพบเอ็กซ์เรย์สามเดือน เบคเคอเรล ก็ประกาศว่ามีสารบางชนิดที่แผ่รังสีได้ด้วยตัวเอง โดยไม่ต้องอาศัยแสงแดดเป็นตัวกระตุ้น เบคเคอเรล ค้นพบธาตุกัมมันตรังสี คือ ยูเรเนียม (uranium) และต่อมาเขาก็พบเรเธอริยม (thorium)

ปีค.ศ. 1897 เจ. เจ. ทอมสัน (J. J. Thomson) สามารถวัดประจุต่อมวลของอิเล็กตรอนได้

ปีค.ศ. 1900-1901 แมกซ์ แพลงค์ (Max Plank) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการแผ่รังสีของวัตถุสีดำ และพบความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงและความถี่ คือ  $E = hv$   $h$  เรียกว่า ค่านิจของแพลงค์ หรือ ค่าคงที่ของแพลงค์ (Plank's constant)

ปีค.ศ. 1898-1902 แมรี คูรี (Mary Curie) ซึ่งเป็นนักเคมีชาวโปแลนด์ ซึ่งเราเรียกชาวโปแลนด์ว่า โปลิช (Polish) หรือชาวโปล (Pole) คูรีได้ทำงานร่วมกับสามีชาวฝรั่งเศส ชื่อ ปีแอร์ (Pierre) คูรีได้แยกธาตุจากพิทช์เบลนด์ (pitchblend) ซึ่งนำมาจากอเมริกาใต้ ทำให้ห่อค้นพบแร่ เรเดียม (radium) แอททิเนียม (actinium) โปโลเนียม ธาตุหลังสุด คือ โปโลเนียมนั้น

ตั้งชื่อเพื่อให้เป็นเกียรติแก่มาตามคูรี โดยเขาเชื้อชาติของหล่อนมาตั้งชื่อ polonium

ปีค.ศ. 1903 อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Einstein) แดลงทฤษฎีสัมพัทธภาพ (relativistic theory) และอธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก (photoelectric effect)

ปีค.ศ. 1911 รัทเธอร์ฟอร์ด ลูกศิษย์ของ เจ. เจ. ทอมสัน ทดลองเพื่อพิสูจน์ทฤษฎีของทอมสันที่ว่าด้วยอะตอม คือ ทอมสัน เชื่อว่า อะตอมนั้นประกอบด้วยประจุบวกและลบ ประจุบวกและลบจะจัดเรียงตัวกันเหมือนลูกแตงโม โดยอิเล็กตรอนคือเมล็ดแตงโม โปรตอนคือเนื้อ และเปลือกของแตงโม แต่ผลจากการทดลองของรัทเธอร์ฟอร์ด พบว่า อะตอมประกอบไปด้วยแก่นกลางเล็ก ๆ ซึ่งเป็นที่อยู่ของประจุบวก ส่วนประจุลบจะโคจรรอบนิวเคลียส มีช่องว่างระหว่างนิวเคลียสกับวงโคจรมาก คือ รัศมีของวงโคจรจะมีขนาดประมาณหนึ่งหมื่นเท่าของรัศมีของนิวเคลียส รัทเธอร์ฟอร์ด ได้รับรางวัลโนเบล

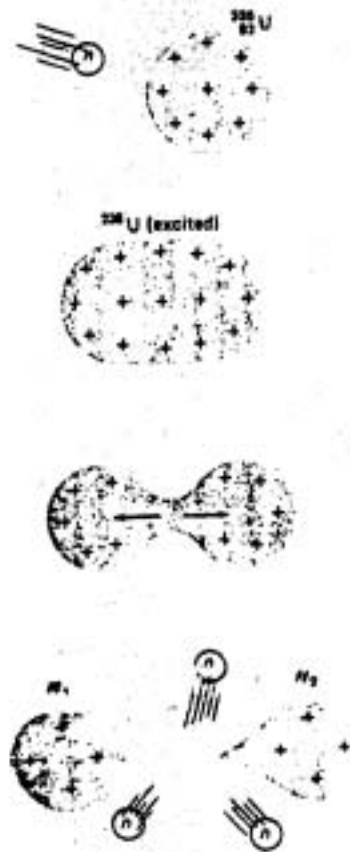
ปีค.ศ. 1913 นีล บอร์ (Neil Bohr) ได้นำเราเข้าสู่ยุคกลศาสตร์ควอนตัม คือ นีล บอร์ บอกว่า อิเล็กตรอนที่อยู่ภายนอกนิวเคลียสนั้นมิใช่ว่าจะอยู่ตรงไหนก็ได้ มันอยู่ได้ในบางวงโคจรเท่านั้น เปรียบได้คล้าย ๆ กับชั้นบันได เมื่อก้าวจากชั้นหนึ่งก็ต้องไปอีกชั้นหนึ่ง แล้วเราจะพูดถึงอะตอมของบอร์อีกครั้งหนึ่ง

ปีค.ศ. 1924 ลุยส์ เดอ บรอย ได้แกลงว่า อนุภาคก็มีลักษณะเป็นคลื่นได้

ปีค.ศ. 1926 ชโรดิงเจอร์ (Schrodinger) คิดสมการของคลื่นขึ้นมาและหาวิธีและสมการนี้พวกนักศึกษาวิชาเอกพิสิสิกส์รู้จักสมการนี้ดี เพราะจะต้องแก้สมการนี้เป็นประจำในวิชากลศาสตร์ควอนตัม

ปีค.ศ. 1930 เอนริโก เฟอร์มี ชาวอิตาลี ได้แกลงว่า นิวตรอนจะทำให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ได้ง่ายที่สุด และเขาบอกว่า เราสามารถสร้างธาตุขึ้นได้เองที่หนักกว่าธาตุที่ 92 คือ ยูเรเนียม ซึ่งสมัยนี้ถือว่าเป็นธาตุที่ใหญ่และหนักที่สุด ชีวิตของเฟอร์มีต้องเศร้าเพราะบ้านเกิดเมืองนอนอยู่ภายใต้ระบอบเผด็จการฟาสซิสต์ ภายใต้จอมเผด็จการ เบนนิโต มุสโสลินี (Benito Mussolini) เฟอร์มีได้ไปอยู่ที่สวีเดนพักหนึ่ง จึงได้ย้ายไปอยู่ที่นครชิคาโก สหรัฐอเมริกา

ปีค.ศ. 1939 ออตโต ฮาฟน์ และ สตราสมัน (Hahn - Strassmann) ตามรอยของเฟอร์มี และได้บอกว่า เมื่อยิงนิวตรอนเข้าไปยังนิวเคลียสของยูเรเนียม 235 แล้ว นิวเคลียสใหม่จะแตกตัวออกเป็นธาตุเล็กกว่า 2 ธาตุ ดังแสดงในรูป 11.1



รูป 11.1 ปฏิกิริยานิวเคลียร์

ปีค.ศ. 1942 เตาปฏิกรณ์ปรมาณูเตาแรกได้ถูกสร้างขึ้นที่ชิคาโก โดยเฟอร์มีและผู้ร่วมงานของเขา ได้ทำการทดลองยิงนิวตรอนเข้าไปยังนิวเคลียสของยูเรเนียม แล้วเกิดการแตกตัวเป็นแบเรียม (barium) และคริปทอน (krypton) และนิวตรอนอีกสามตัวพร้อมทั้งพลังงานอีกมากมาย ในปีนี้สงครามโลกครั้งที่ 2 ได้เกิดขึ้นแล้ว คือ มีการสู้รบทั่วไปในยุโรป

ขณะที่นักวิทยาศาสตร์ในอเมริกาค้นคว้าเกี่ยวกับปฏิกิริยานิวเคลียร์ ในประเทศเยอรมันก็มีการศึกษาค้นคว้าเหมือนกัน จอมเผด็จการ ฮิตเลอร์ สั่งห้ามขายแร่ยูเรเนียมที่มีอยู่อย่างอุดมสมบูรณ์ในเชคโกสโลวาเกีย

ลองนึกวาดภาพเหตุการณ์ของสงครามโลกครั้งที่สองตอนนี้ กองทัพอากาศนาซีบุกนครคานซิก บุกออสเตรีย อังกฤษ ทางด้านฝรั่งเศสบุกถึงชานนครปารีส นายพลชาร์ล เดอ โกล

ต้องไปตั้งรัฐบาลพลัดถิ่นที่ลอนดอน ฝ่ายทหารอังกฤษถูกกองทัพนาซีไล่ขยี้จนตกทะเลที่คาบสมุทรดัตช์ ทางด้านยุโรป ฝ่ายสัมพันธมิตรได้รับความเสียหายมาก และเยอรมันก็ได้ประกาศสงครามกับอเมริกาแล้ว ทางด้านเอเชีย ญี่ปุ่นถล่มเพิร์ล ฮาร์เบอร์ ยกพลขึ้นบกที่เมืองไทย ตามสถานการณ์ดูเหมือนเยอรมันและญี่ปุ่นจะได้ครองโลกจริง

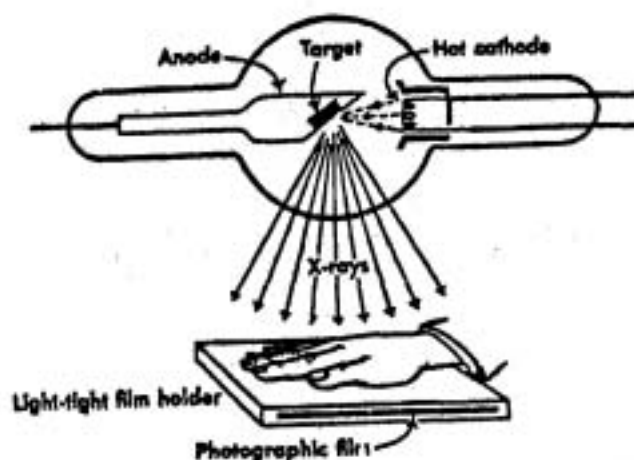
สหรัฐอเมริกาซึ่งอยู่ไกลที่เกิดเหตุก็ค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์โดยทุ่มทุนเป็นจำนวนมหาศาล สร้างห้องทดลองขนาดใหญ่ขึ้นที่เมือง ลอส อลามอส ในรัฐนิวเม็กซิโก โดยมีนักวิทยาศาสตร์จากกองทัพเรือ ชื่อ เจ. โรเบิร์ต ออพเพนไฮเมอร์ (J. Robert Oppenheimer) เป็นประธานโครงการและไฮสไตน์ เป็นที่ปรึกษา ในที่สุดปรมาณูลูกแรกที่สร้างจากยูเรเนียมก็สร้างได้สำเร็จในเดือนกรกฎาคม ค.ศ. 1945 และในวันที่ 6 สิงหาคม ค.ศ. 1945 ประมาณ 40 ปีมาแล้ว ปรมาณูลูกแรกก็ถูกส่งให้ทิ้งที่เมือง ฮิโรชิมา (Hiroshima) ทำให้ผู้คนล้มตายประมาณ 70,000-140,000 คน เนื่องจากเป็นปรมาณูลูกแรกของโลก ญี่ปุ่นจึงยังไม่รู้ว่ามันคือระเบิดปรมาณู ทหารญี่ปุ่นยังต่อสู้อยู่ ดังนั้นอีกสามวันต่อมา ระเบิดปรมาณูลูกที่สองซึ่งสร้างจากพลูโตเนียม ก็ถูกทิ้งลงที่เมืองนาซากาชิ ผู้คนตายประมาณ 23,000-70,000 คน จักรพรรดิญี่ปุ่น ประกาศยอมแพ้สงครามโลกครั้งที่สองสงบ

หลังสงครามโลกยุติ มีการถกเถียงปัญหาจนถึงเรื่อง มนุษยธรรม จรรยาบรรณ กันว่าเป็นความผิดของใครในการสังหารชีวิตมนุษยชาติประมาณสองแสนคนที่ฮิโรชิมา และนาซากาชิ กลุ่มนักวิทยาศาสตร์ที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการที่ลอส อลามอส ก็ตำหนินักวิทยาศาสตร์ที่มีส่วนร่วมในโครงการนี้ว่า ไม่ควรที่จะผลิตระเบิดปรมาณูมาสังหารชีวิตมนุษย์ ฝ่ายผู้ร่วมโครงการก็ให้เหตุผลว่า ถ้าเยอรมันผลิตระเบิดปรมาณูได้ก่อนสถานการณ์อาจเลวร้ายกว่าที่เป็นก็ได้ จึงสรุปไม่ได้ว่าเป็นความผิดของฮิตเลอร์ หรือประธานาธิบดีรูสเวลต์ หลังสงครามโลกครั้งที่สอง ฝ่ายสัมพันธมิตรได้แตกออกเป็นสองค่าย โดยการนำของสหรัฐอเมริกา และสหภาพโซเวียต ออพเพนไฮเมอร์ ประธานโครงการผลิตระเบิดปรมาณู ถูกสงสัยว่าขายความลับอาวุธปรมาณูให้รัสเซีย อย่างไรก็ดี ในปี ค.ศ. 1963-1965 ได้มีการประชุมเป็นสากลว่า จะใช้ปฏิริยานิวเคลียร์ในทางสันติเท่านั้น ในประเทศเรามีเตาปฏิกรณ์ปรมาณูเล็ก ๆ อยู่เตาหนึ่ง ตั้งอยู่บนถนนวิภาวดีรังสิต บางเขน ที่เรียกว่า "สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ" หรือใช้ชื่อย่อว่า "พปส" เตาปฏิกรณ์นี้ใช้ในการค้นคว้าวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ในประเทศเราได้มาก นอกจากนั้นยังได้ให้บริการสังคม ทางด้านการเกษตร โภชนศาสตร์ และด้านอุตสาหกรรม บางอย่างด้วย

## รังสีเอกซ์ (x-ray)

เราได้กล่าวแล้วว่า รังสีเอกซ์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ค้นพบโดยเรินท์เกน และพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความถี่ ตามสมการ  $E = hv$  รังสีเอกซ์เป็นคลื่นที่มีความยาวคลื่นสั้นมาก เมื่อเปรียบเทียบกับแสงสว่าง (แสงสว่างมีความยาวคลื่น 4000-7500 แองสตรอม คือมีความยาวคลื่น 0.01-100 แองสตรอม) หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ รังสีเอกซ์ เป็นคลื่นที่มีความถี่มากกว่าแสงสว่างเป็นพัน เป็นหมื่นเท่า ดังนั้นรังสีเอกซ์ จึงมีพลังงานมากกว่าแสงที่เรามองเห็นมาก และมีอำนาจในการทะลุสูงกว่า ในทางการแพทย์ รังสีเอกซ์ช่วยในการวินิจฉัยโรคได้ เช่น วัณโรค โรคกระดูก หรือโรคที่เกี่ยวกับอวัยวะภายใน

รูป 11.2 แสดงแผนภูมิการทำงานของหลอดรังสีเอกซ์ง่าย ๆ คาโทด (cathode) เมื่อถูกเผาให้ร้อนจะมีอิเล็กตรอนหลุดออกมา อานอด (anode) เป็นขั้วบวก จะทำหน้าที่ดูดอิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจากคาโทด ความต่างศักย์ระหว่างคาโทดกับอานอด มีค่าสูงมาก อาจสูงถึงหนึ่งแสนห้าหมื่นโวลต์ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนวิ่งไปชนอานอด จะมีพลังงานจลน์สูงมาก พลังงานจลน์ที่ไม่ใช่ทั้งหมดที่จะเปลี่ยนพลังงานของรังสีเอกซ์ พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่เปลี่ยนเป็นพลังงานของรังสีเอกซ์ ส่วนพลังงานส่วนใหญ่จะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ดังนั้นในเครื่องฉายรังสีเอกซ์ จึงต้องมีระบบถ่ายเทความร้อน หรือระบบที่ทำให้เย็นที่มีประสิทธิภาพสูงมิฉะนั้นขั้วไฟฟ้าอาจร้อนถึงหลอมเหลวได้



รูป 11.2 เครื่องฉายรังสีเอกซ์

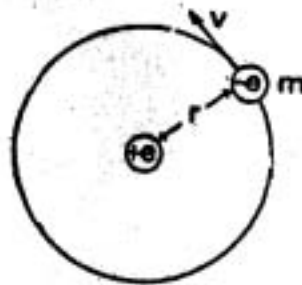
ดังได้กล่าวแล้วว่า รังสีเอกซ์ เป็นชื่อของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 0.01-100 แองสตรอม ดังนั้นพวกที่มีความยาวคลื่นสั้น หรือมีความถี่สูง ก็จะมีพลังงานสูง และมีอำนาจในการทะลุทะลวงสูง พวกนี้เราเรียกว่า hard rays ส่วนพวกที่มีความยาวคลื่นมาก หรือความถี่ต่ำ ซึ่งมีพลังงานต่ำกว่าพวกแรก เราเรียกว่า soft rays

### **ข้อควรระวังสำหรับรังสีเอกซ์**

รังสีเอกซ์เป็นรังสีที่มีพลังงานสูง ดังนั้น บริเวณที่รังสีนี้ผ่านไปจะทำให้โมเลกุลเกิดการแตกตัวเป็นประจุไฟฟ้า จากเหตุผลนี้รังสีเอกซ์ จึงมีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เพราะสามารถทำให้เซลล์ของเนื้อเยื่อตายได้ถ้าได้รังสีมาก ๆ อย่างเช่น ถ้าร่างกายมนุษย์ได้รับรังสีเอกซ์จำนวนมาก ๆ อาจจะปรากฏเป็นรอยไหม้เกรียม ซึ่งต้องกินเวลานานมากกว่าจะรักษาให้หายเป็นปกติได้ แต่จากการตรวจโดยดีแล้วพบว่า ปริมาณรังสีที่เราได้รับจากการตรวจสอบสุขภาพ หรือวินิจฉัยโรค เพื่อการรักษาพยาบาลนั้น มีปริมาณน้อยจนไม่ทำให้เกิดอันตรายแต่อย่างใด

### **อะตอม**

เริ่มจากอนาโตล แพรงคติน พบว่าประจุมีสองชนิด คือ บวก กับ ลบ เ. เ. ทอมสัน ได้บอกว่า อะตอมประกอบด้วย อนุภาคทั้งที่เป็นประจุบวกและลบเท่ากัน โปรตอนและอิเล็กตรอนจัดเรียงตัวกันแบบเมล็ดแตงโมในลูกแตงโม โดยโปรตอนเรียงตัวกันเป็นเนื้อและเปลือก ส่วนอิเล็กตรอนคือเมล็ดแตงโม แต่ประมาณสิบปีหลังจากนั้น ลูกศิษย์ของเขาชื่อ รัทเธอร์ฟอร์ด ได้ทำการทดลองโดยใช้แอลฟาไปยังแผ่นทองคำบาง ๆ จากการทดลองของรัทเธอร์ฟอร์ด เขาอธิบายว่า อะตอมประกอบไปด้วยแกนกลาง ซึ่งเรียกว่า นิวเคลียส ซึ่งมวลส่วนใหญ่ของอะตอมจะอยู่ที่นิวเคลียสนี้ ส่วนอิเล็กตรอนจะโคจรรอบนอกนิวเคลียส และมีช่องว่างระหว่างนิวเคลียสและวงโคจรมาก อีกสองปีต่อมา นีล บอร์ ก็แถลงว่า วงโคจรของอิเล็กตรอนจะมีลักษณะเป็นชั้น ๆ ซึ่งสมการของรัทเธอร์ฟอร์ดสามารถหาได้ดังนี้



รูปที่ 11.3 แบบจำลองอะตอมของบอร์

พิจารณาอะตอมของไฮโดรเจนซึ่งมีอิเล็กตรอนโคจรรอบโปรตอน ดังนั้นแรงดึงดูดระหว่างโปรตอนและอิเล็กตรอน เท่ากับ

$$F = ke^2/r^2 \quad (11.1)$$

การที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่เป็นวงกลม แสดงว่ามีแรงสู่ศูนย์กลาง

$$ma = mv^2/r \quad (11.2)$$

จากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน เราได้สมการที่ 11.1 เท่ากับ สมการ 11.2 นั่นคือ

$$mv^2/r = ke^2/r^2 \quad (11.3)$$

ตามทฤษฎีของบอร์ ค่าโมเมนตัมเชิงมุมของอิเล็กตรอนในวงโคจร จะเป็นจำนวนเท่าของ  $h$  ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $h/2\pi$  หรือเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$mvr = nh/2\pi$$

หรือ

$$v = nh / 2\pi mr \quad (11.4)$$

แทนค่า สมการ 11.4 ในสมการ 11.3 แล้วหารัศมีของวงโคจร ผลสุดท้ายที่ได้คือ

$$r_n = h^2 n^2 / 4 \pi^2 mke^2 \quad (11.5)$$

จากสมการที่ 11.5 แสดงว่ารัศมีของอิเล็กตรอน แปรผัน กับ  $n^2$  อย่างเช่น รัศมีของวงที่ 2 ( $n = 2$ ) จะเท่ากับสี่เท่าของวงที่หนึ่ง วงที่สามเป็นเก้าเท่าของวงแรก

แม้ว่าทฤษฎีของบอร์ จะไม่ถูกต้องสมบูรณ์ แต่การเสนอทฤษฎีขึ้นมา นับเป็นก้าวสำคัญในการก้าวจากฟิสิกส์ดั้งเดิม เข้าสู่ทฤษฎีทางควอนตัม

## แบบฝึกหัด

- 11.1 ฟิสิกส์ยุคเก่า (Classical physics) กับฟิสิกส์ยุคใหม่ (Modern physics) มีข้อแตกต่าง  
ในเนื้อหาอย่างไร
- 11.2 นักวิทยาศาสตร์ต่อไปนี้ค้นพบอะไร  
เวินท์เกน, แบคเคอเรล, เจ. เจ. ทอมสัน, หลังก์, รัทเธอร์ฟอร์ด, และไอส์ไตน์
- 11.3 ใครคือผู้สร้างเตาปฏิกรณ์ปรมาณูเตาแรกขึ้นและเขาได้ทำการทดลองอย่างไร
- 11.4 ใครเป็นผู้สร้างระเบิดปรมาณูลูกแรกที่ใช้ในสงครามโลกครั้งที่สอง สร้างขึ้นจากอะไร  
และนำไปใช้ที่ไหน เมื่อไหร่
- 11.5 เตาปฏิกรณ์ปรมาณูในเมืองไทยอยู่ที่ไหน มีประโยชน์อย่างไร
- 11.6 ท่านเข้าใจว่า "อะตอม" มีลักษณะเป็นอย่างไร
- 11.7 จงกล่าวถึงนักวิทยาศาสตร์ และผลงานที่ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องของอะตอม
- 11.8 รังสีเอกซ์ (X-ray) คืออะไร มีประโยชน์และมีโทษอย่างไร