

ฟิสิกส์ บทที่ 19 ฟิสิกส์อะตอม

ตอนที่ 1 การค้นพบอิเล็กตรอนและโปรตรอน

ทฤษฎีอะตอมของดาลตัน

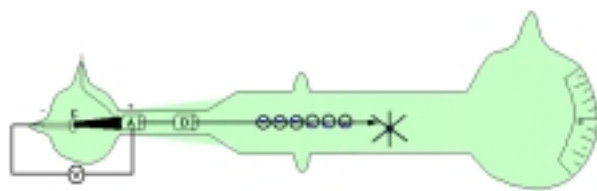
จากกฎทรงมวลของสาร และกฎสัดส่วนที่คงที่เป็นพื้นฐาน ดาลตันนักฟิสิกส์และนักเคมีชาวอังกฤษตั้งทฤษฎีอะตอมขึ้น ในปี พ.ศ. 2351 ซึ่งมีใจความว่า



- 1) สารทั้งหลายประกอบด้วยอะตอมซึ่งเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดที่ไม่สามารถ.....
- 2) ธาตุแต่ละชนิดประกอบด้วยอะตอม โดยธาตุชนิดเดียวกันจะมีอะตอมเหมือนกัน ส่วนธาตุต่างชนิดกันอะตอมจะ.....
- 3) อะตอมชนิดหนึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปเป็น.....ไม่ได้
- 4) หน่วยย่อยของสารประกอบคือ โมเลกุล ซึ่งจะประกอบด้วยอะตอมของธาตุองค์ประกอบในสัดส่วนที่.....
- 5) ในปฏิกิริยาเคมีใด ๆ อะตอมไม่มีการสูญหาย และไม่สามารถทำให้..... แต่อะตอมจะเกิดการจัดเรียงตัวกันเป็น โมเลกุลใหม่เกิดขึ้นเป็นสารประกอบ

1. ทฤษฎีอะตอมของดาลตันมีกี่ข้อ ปัจจุบันพบว่าจริงเพียง 1 ข้อ คือ ข้อที่..... ซึ่งกล่าว
ว่า.....
2. ทฤษฎีอะตอมของดาลตัน
 - ข้อ 1. ผิดเพราะ.....
 - ข้อ 2. ผิดเพราะ.....
 - ข้อ 3. ผิดเพราะ.....
 - ข้อ 5. ผิดเพราะ.....

การค้นพบอิเล็กตรอน



สมบัติของรังสีคาโทด

- 1) ทำให้สารเรืองแสงเกิดการเรืองแสงได้

2) เบี่ยงเบนเข้าหาขั้วไฟฟ้า.....	} แสดงให้รู้ว่า มีประจุไฟฟ้าเป็น.....	} ทอมสันเรียกก่อนอนุภาคที่มีประจุเป็นลบนี้ว่า
3) เบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็กและทิศการเบี่ยงเบนเป็นไปตามกฎ.....		
4) ไม่สามารถทะลุ.....ที่ขวางกั้น	} แสดงให้รู้ว่า ภายในรังสีคาโทดประกอบไปด้วย.....	
5) หมุน..... ได้		

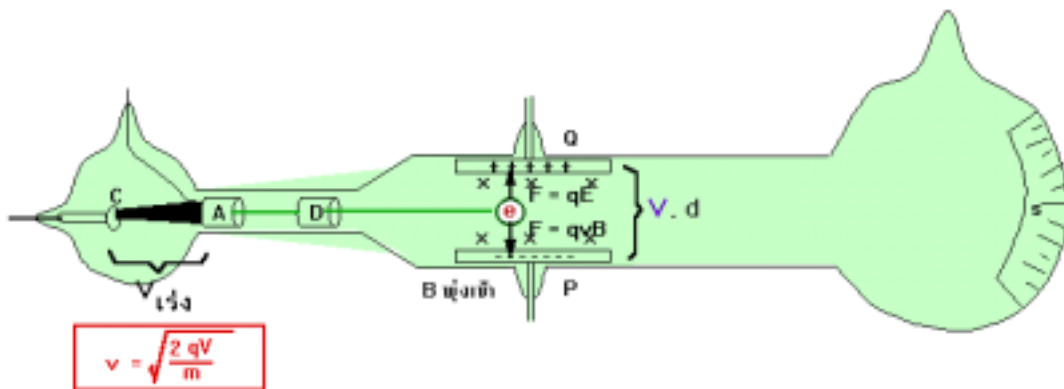
ทอมสันอธิบายสาเหตุการเกิดรังสีคาโทดว่า เมื่อโลหะที่เป็นขั้วคาโทดได้รับพลังงานไฟฟ้าที่มีศักย์สูง จะทำให้อิเล็กตรอนภายในอะตอมโลหะนั้นหลุดออกมาแล้วเคลื่อนที่ไปยังขั้วแอโนด (ขั้วบวก) ทอมสันจึงสรุปว่า ในอะตอมจะต้องมีอิเล็กตรอนเป็นองค์ประกอบอยู่ภายใน

- เมื่อรังสีคาโทดวิ่งผ่านขั้วไฟฟ้า จะเบนเข้าหาขั้ว.....
เมื่อรังสีคาโทดวิ่งผ่านสนามแม่เหล็กจะ.....
เมื่อรังสีคาโทด พุ่งชนโลหะบาง ๆ รังสีทะลุไปได้หรือไม่.....
เมื่อรังสีคาโทดพุ่งชนกั้น จะทำให้กั้น.....
- สมบัติใดของรังสีคาโทดทำให้ทราบว่า รังสีคาโทดมีประจุเป็นลบ
สมบัติใดของรังสีคาโทดทำให้ทราบว่า รังสีคาโทดมีประกอบไปด้วยก่อนอนุภาค
- ทำไมหลอดรังสีแคโทดจึงต้องจัดให้เป็นหลอดสุญญากาศหรือเกือบเป็นสุญญากาศ
 - เพื่อให้สามารถมองเห็นลำแสงที่เกิดขึ้นได้ชัดเจน
 - เพื่อลดความดันของอากาศในหลอด
 - เพื่อให้สนามไฟฟ้าระหว่างขั้วหลอดคงที่
 - เพื่อช่วยลดความร้อนให้กับขั้วของหลอด
 - ป้องกันไม่ให้รังสีแคโทดชนกับโมเลกุลของอากาศซึ่งจะทำให้เกิดรังสีได้น้อย (ข้อ ง.)
- ถ้าปรับความต่างศักย์ระหว่างขั้วของหลอดรังสีแคโทดให้เพิ่มมากขึ้น จะมีผลตามข้อใด
 - จำนวนอนุภาคในลำรังสีแคโทดจะเพิ่มมากขึ้น
 - อนุภาคจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วมากขึ้น
 - ความเข้มของการส่องสว่างบริเวณขั้วบวกมากขึ้น

คำตอบคือ (ข้อ ง.)

 - ข้อ 1 , 2 , 3
 - ข้อ 1 , 2
 - ข้อ 2 , 3
 - ข้อ 2 เท่านั้น

การทดลองหาค่าความเร็วอิเล็กตรอน



เมื่ออิเล็กตรอนวิ่งตัดสนามแม่เหล็กพร้อมกับสนามไฟฟ้า ดังรูป อิเล็กตรอนจะถูกแรง

กระทำ 2 แรง คือ 1) แรงสนามไฟฟ้าที่มีทิศขึ้น ($F = qE$)

2) แรงผลัดสนามแม่เหล็กมีทิศลง ($F = qvB$)

หากแรงทั้งสองมีค่าเท่ากัน อิเล็กตรอนจะเคลื่อนเป็นเส้นตรงอยู่ในแนวระดับ

จะได้ว่า $F_{ลง} = F_{ขึ้น}$

$$qvB = qE$$

เมื่อ v คือ ความเร็วอิเล็กตรอน (m/s)

$$v = \frac{E}{B}$$

E คือ ความเข้มสนามไฟฟ้า ($\frac{N}{C}, \frac{V}{m}$)

$$v = \frac{V}{dB}$$

$$\text{เพราะ } E = \frac{V}{d}$$

B คือ ความเข้มสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (เทสลา)

V คือ ความต่างศักย์ที่ใช้ (โวลต์)

D คือ ระยะห่างของขั้วไฟฟ้าที่ใช้จุด e นั้น(m)

7. ในการทดลองหาอัตราเร็วอิเล็กตรอน ถ้าใช้สนามแม่เหล็กความเข้ม 2×10^{-3} เทสลา และใช้สนามไฟฟ้าความเข้ม 3×10^4 นิวตัน/คูลอมบ์ ทำให้รังสีคาโทดเป็นเส้นตรงพอดี จงหาความเร็วของอนุภาครังสีคาโทด (1.5×10^7 m/s)

วิธีทำ

8. ในการทดลองหาอัตราเร็วอิเล็กตรอน ถ้าใช้สนามแม่เหล็กความเข้ม 1×10^{-3} เทสลา และใช้สนามไฟฟ้าที่เกิดจากเพลตสองเพลตที่อยู่ห่างกัน 0.01 เมตร และมีความต่างศักย์ 200 โวลต์ ทำให้รังสีคาโทดเป็นเส้นตรงพอดี จงหาความเร็วของอนุภาครังสีคาโทด $(2 \times 10^7 \text{ m/s})$

วิธีทำ

9. จงหาความเร็วอิเล็กตรอนที่วิ่งจากหยุดนิ่งผ่านความต่างศักย์ไฟฟ้า 1500 โวลต์

$$\text{กำหนด ประจุอิเล็กตรอน} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\text{มวลอิเล็กตรอน} = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg} \quad (2.3 \times 10^7 \text{ m/s})$$

วิธีทำ

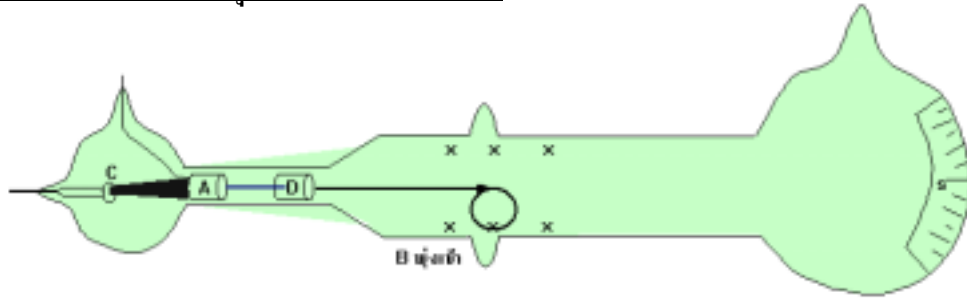
- 10(En 32) ถ้าต้องการเร่งอนุภาคมวล 4×10^{-12} กิโลกรัม ที่มีประจุ 8×10^{-9} คูลอมป์

จากสภาพหยุดนิ่งให้มีอัตราเร็ว 100 เมตร/วินาที จะต้องใช้ความต่างศักย์เท่าใด

1. 0.025 โวลต์ 2. 0.4 โวลต์ 3. 2.5 โวลต์ 4. 40 โวลต์ (ข้อ 3)

วิธีทำ

การทดลองหาค่าประจุต่อมวลของอิเล็กตรอน



เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็กด้วยความเร็ว จะเคลื่อนที่โค้งเป็นรูปวงกลม

$$\text{จาก } R = \frac{mv}{qB}$$

$$\boxed{\frac{q}{m} = \frac{v}{BR}}$$

เมื่อ q คือ ประจุของอิเล็กตรอน 1 ตัว (C)

v คือ ความเร็วของอิเล็กตรอน (m/s)

R คือ รัศมีวงโคจรอิเล็กตรอน (m)

m คือ มวลอิเล็กตรอน 1 ตัว (kg)

B คือ ความเข้มสนามแม่เหล็ก (เทสลา)

จากการทดลองของทอมสัน จะได้ $\frac{q}{m}$ ของอิเล็กตรอนมีค่า 1.76×10^{11} C/kg

11. เมื่อยิงอิเล็กตรอนความเร็ว 3×10^7 m/s พุ่งเข้าตัดตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กความเข้ม 0.001 เทสลา ทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนเป็นวงกลมรัศมี 0.2 เมตร จงหาค่าประจุต่อมวลของอิเล็กตรอน $(1.5 \times 10^{11}$ C/kg)

วิธีทำ

12. จงหาความเร็วของ e^- เมื่อพุ่งผ่านสนามไฟฟ้าเข้ม 34×10^4 V/m และสนามแม่เหล็กมีความเข้ม 2×10^{-3} เทสลา แล้วถ้า e^- ยังคงแนวเดิมไว้ กำหนดให้แรงกระทำซึ่งเกิดจากสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็กอยู่ในทิศตรงกันข้าม
- ก. จงหาความเร็วของอิเล็กตรอน
- ข. จงหารัศมีความโค้งของ e^- เมื่อ e^- วิ่งตัดสนามไฟฟ้าออกไป
- กำหนด q/m ของ $e^- = 1.76 \times 10^{11}$ C/kg $(17 \times 10^7$ m/s , 0.483 m)

วิธีทำ

13. ในการทดลองของทอมสัน เพื่อหาค่าอัตราส่วนของประจุต่อมวลของอนุภาครังสีคาโทด ถ้าใช้เพียงสนามแม่เหล็กเพียงอย่างเดียว การเบี่ยงเบนของรังสี มีรัศมีความโค้ง 0.114 เมตร และค่าสนามแม่เหล็กเท่ากับ 1×10^{-3} เทสลา ในสนามแม่เหล็กเดียวกันถ้าใช้สนามไฟฟ้าที่เกิดจากเพลตสองเพลตที่อยู่ห่างกัน 0.01 เมตร และมีความต่างศักย์ 200 โวลต์ ทำให้รังสีเดิมเป็นเส้นตรง จงหาค่าประจุต่อมวลของอนุภาคของรังสีคาโทด $(1.75 \times 10^{11} \text{ C/kg})$

วิธีทำ

14. ในการทดลองของทอมสันเพื่อวัดอัตราส่วน q/m ของอนุภาครังสีแคโทด โดยใช้สนามแม่เหล็กสม่ำเสมอขนาด 1.5×10^{-3} เทสลา รัศมีความโค้งของอนุภาครังสีแคโทดเท่ากับ 10 เซนติเมตร แต่ถ้าต่อแผ่นโลหะทั้งสองซึ่งมีระยะห่างกัน 1 เซนติเมตร เข้ากับความต่างศักย์ไฟฟ้า 390 โวลต์ จะทำให้อนุภาครังสีแคโทดเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง จงหาอัตราส่วน q/m ของอนุภาครังสีแคโทด $(1.73 \times 10^{11} \text{ C/kg})$

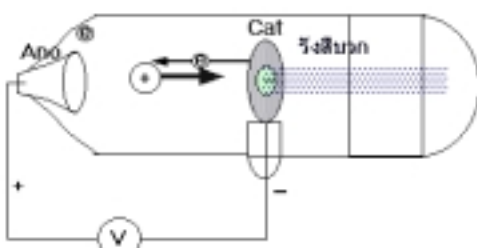
วิธีทำ

- 15(En 43/1) อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าหลายอนุภาควิ่งผ่าน บริเวณสนามไฟฟ้าตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก โดยทิศที่วิ่งตั้งฉากกับสนามทั้งสอง อนุภาควิ่งไปโดยไม่เบนจากแนวเดิม จะมีปริมาณใดเท่ากัน
1. ประจุ
 2. อัตราเร็ว
 3. มวล
 4. อัตราส่วนประจุต่อมวล (ข้อ 2.)

วิธีทำ

การค้นพบโปรตอน

Erger goldstein นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน ได้ทำการดัดแปลงหลอดรังสีคาโทด โดยจัดให้ ขั้วคาโทดอยู่เกือบตรงกลางและเจาะรูขั้วคาโทดไว้ เมื่อต่อความต่างศักย์สูงเข้าไป นอกจากจะมีรังสีคา แล้ว ยังมีรังสีอีกชนิดหนึ่ง วิ่งย้อนกลับมาหาขั้ว คาโทด (ขั้วลบ) รังสีนี้จะประกอบไปด้วยอนุภาคที่ ประจุบวก เรียกรังสีแคแนล(Canal ray) หรือ



รังสีนี้เกิดจากอะตอมของก๊าซภายในหลอดถูกชนด้วยอนุภาคอิเล็กตรอนที่พุ่งมาจากขั้วคาโทด ทำให้อะตอมของก๊าซอิเล็กตรอนในอะตอมไป แล้วกลายเป็นอนุภาคที่มีประจุ.....อนุภาคนี้ก็จะวิ่งเข้าหาขั้วคาโทดอันเป็นขั้วลบนั่นเอง

การทดลองนี้ทำให้เชื่อว่าในอะตอมต้องมีอนุภาคไฟฟ้าบวกอยู่ด้วยเรียกอนุภาคบวกนี้ว่า.....


***หากเปลี่ยนชนิดก๊าซที่บรรจุอยู่ในหลอด แล้วทดลองหาค่าประจุต่อมวล (q/m) จะพบว่าอนุภาครังสีบวกของก๊าซแต่ละชนิดจะมีค่า q/m ไม่เท่ากัน ทั้งนี้เพราะก๊าซแต่ละชนิดจะมีมวลไม่เท่ากันนั่นเอง**

16. รังสีแคแนลเกิดจาก
17. การค้นพบรังสีแคแนลทำให้เรารู้จักอนุภาคมูลฐานในอะตอมตัวหนึ่ง คือ
18. รังสีแคแนลมีค่าประจุต่อมวลไม่คงที่ เพราะ

แบบจำลองอะตอมของทอมสัน

จากการทดลองของทอมสัน, โกลด์สไตน์ และนักวิทยาศาสตร์อีกหลายท่าน ทำให้เชื่อว่า ในอะตอมใดๆ จะต้องประกอบด้วยอนุภาคที่มีประจุบวก (โปรตอน) และอนุภาคที่มีประจุลบ (อิเล็กตรอน) ทอมสันจึงได้เสนอแบบจำลองของอะตอมเอาไว้ว่า

“ อะตอมมีลักษณะเป็นทรงกลม ประกอบไปด้วยโปรตรอน ซึ่งมีประจุบวก และอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบกระจายอยู่ทั่วไป อย่างสม่ำเสมอและในอะตอมที่เป็นกลางทางไฟฟ้าจะมีจำนวน โปรตรอนเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอน ”



แบบจำลองอะตอมของทอมสัน

19. จงวาดรูป แบบจำลองอะตอมของดาลตัน

แบบจำลองอะตอมของทอมสัน

20. ตามแบบจำลองอะตอมของทอมสัน ข้อใดกล่าวถูกต้อง

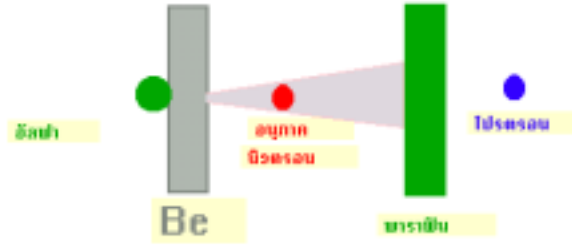
1. อะตอมมีลักษณะเป็นทรงกลม โดยเนื้อของทรงกลมเป็นประจุบวกกระจายอย่างสม่ำเสมอและมีอิเล็กตรอนฝังอยู่ในเนื้อทรงกลม
2. ปริมาณประจุบวกและปริมาณประจุลบมีจำนวนเท่ากัน
3. ในสภาพปกติอะตอมเป็นกลางทางไฟฟ้า
4. ถูกทุกข้อ

(ข้อ 4.)

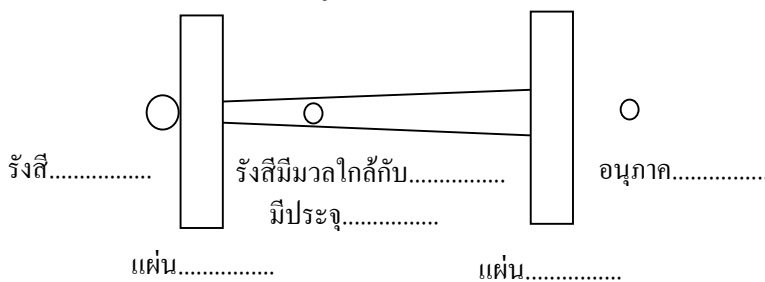
วิธีทำ

การค้นพบนิวตรอน

ปี พ.ศ. 2473 W.Bothe และ H.Becker นักเคมีชาวเยอรมันได้ทำการทดลองใช้อุณหภูมิอัลฟายิ่งแผ่โลหะแบริลเลียม ปรากฏว่าเกิดรังสีซึ่งไม่มีประจุชนิดหนึ่งที่มีอำนาจทะลุได้ดี และรังสีนี้เมื่อชนกับโมเลกุลของพาราฟินจะได้โปรตอนออกมา ต่อมาในปี พ.ศ. 2475 Jame Chadwich ได้เสนอว่ารังสีนี้ต้องประกอบด้วยอนุภาคและให้ชื่อว่า นิวตรอน และได้ทำการพิสูจน์ได้ว่านิวตรอนไม่มีประจุ และคำนวณมวลนิวตรอนได้ค่าใกล้เคียงกับมวลของโปรตอน



21. จงเติมคำลงในช่องว่างให้สมบูรณ์



ตอนที่ 2 การทดลองของมิลลิแกน

การทดลองหาค่าประจุอิเล็กตรอนของมิลลิแกน (Robert A. Millikan)

จากอุปกรณ์การทดลองดังรูป เมื่อผ่านละอองฝอยน้ำมันลงไประหว่างขั้วไฟฟ้า หยดน้ำมันเล็ก ๆ บางหยดจะมีประจุบวก บางหยดจะมีประจุลบ พวกที่มีประจุบวกจะตกลงเบื้องล่างอย่างรวดเร็ว บางหยดที่มีประจุเป็นลบขนาดเหมาะสม จะลอยอยู่นิ่ง ๆ ได้อย่างสมดุล

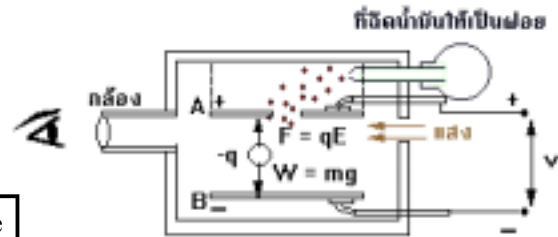
พิจารณาเฉพาะหยดที่อยู่นิ่ง ๆ

$$\text{จาก } F_{\text{ขึ้น}} = F_{\text{ลง}}$$

$$qE = mg$$

$$neE = mg \quad \text{เพราะ } q = ne$$

$$\boxed{ne = \frac{mg}{E}}$$



เมื่อ q คือ ประจุรวมทั้งหมดในหยดน้ำมัน(C) n คือ จำนวนอิเล็กตรอน

e คือ ประจุอิเล็กตรอน 1 ตัว

m คือ มวลของหยดน้ำมันทั้งหมด (kg)

E คือ ความเข้มสนามไฟฟ้า (N/C)

จากการทดลองจะได้ $ne = \text{จำนวนเต็ม} \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

$$\text{เช่น } ne = 1 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$ne = 2 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$ne = 3 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

จึงสรุปว่า อิเล็กตรอน 1 ตัว มีประจุ 1.6×10^{-19} คูลอมป์ ส่วนจำนวนเต็มคูณอยู่ ก็คือ จำนวนอิเล็กตรอนนั่นเอง

22. หยดน้ำมันอันมีจำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าจำนวนโปรตอนอยู่ 5 ตัว มีมวล $1.6 \times 10^{-15} \text{ kg}$ ลอยแขวนอยู่ระหว่างแผ่นประจุในเครื่องทดลองของมิลลิแกนซึ่งมีสนามไฟฟ้าเข้ม 2×10^4 โวลต์ต่อเมตร จงหาประจุของอิเล็กตรอน 1 ตัว ($1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

วิธีทำ

23. หยดน้ำมันอันมีจำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าจำนวนโปรตอนอยู่ 10 ตัว มีมวล 1.6×10^{-15} kg ลอยแขวนอยู่ระหว่างแผ่นประจุในเครื่องทดลองของมิลลิแกนซึ่งมีความต่างศักย์ 100 โวลต์ ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้า 1 เซนติเมตร จงหาประจุของอิเล็กตรอน 1 ตัว (1.6×10^{-19} C)

วิธีทำ

- 24(มข 36) ในการทดลองของมิลลิแกนเมื่อทำให้หยดน้ำมันมวล 1.6×10^{-14} กิโลกรัม ลอยหยุดนิ่งระหว่างแผ่นโลหะขนานซึ่งวางห่างกัน 1 ซม. โดยแผ่นบนมีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าแผ่นล่างเท่ากับ 392 โวลต์ ถ้าความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกเท่ากับ 9.8 m/s^2 และอิเล็กตรอนมีประจุ 1.6×10^{-19} คูลอมป์ จงคำนวณหาว่าหยดน้ำมันนี้มีอิเล็กตรอนแฝงอยู่ที่ตัว
1. 25 2. 50 3. 250 4. 500 (ข้อ 1.)

วิธีทำ

25. ในการหยดน้ำมันของมิลลิแกน พบว่าถ้าต้องการให้หยดน้ำมันซึ่งมีมวล m และอิเล็กตรอนเกาะติดอยู่ n ตัว ลอยนิ่งอยู่ระหว่างแผ่นโลหะ 2 แผ่น ซึ่งวางขนานห่างกันเป็นระยะทาง d และมีความต่างศักย์ V ประจุของอิเล็กตรอนที่คำนวณได้จากการทดลองนี้จะมีค่าเท่าใด
- ก. $\frac{mgd}{nV}$ ข. $\frac{mgV}{nd}$ ค. $\frac{nmgd}{V}$ ง. $\frac{nmgV}{d}$ (ข้อ ก.)

วิธีทำ

ผลการทดลองจริงเป็นดังรูป

รัทเทอร์ฟอร์ดอธิบายว่า

1. จริง ๆ แล้วอะตอมจะมีโปรตรอนทั้งหมดจะรวมตัวกันอยู่ในพื้นที่เล็ก ๆ ตรงกลางอะตอมเรียกว่า นิวเคลียส ส่วนอิเล็กตรอนจะอยู่รอบนอกนิวเคลียสระหว่างนิวเคลียสกับอิเล็กตรอนจะเป็นที่ว่าง ซึ่งจะกว้างมากเมื่อเทียบกับนิวเคลียส รั้งสีแอลฟาส่วนมากจะผ่านช่องว่างนี้ไปจึงเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง
 2. รั้งสีแอลฟา ส่วนน้อยจะวิ่งเฉียดนิวเคลียส ทำให้เกิดแรงผลักแล้วเบี่ยงเบนการเคลื่อนที่
 3. รั้งสีแอลฟาส่วนน้อยที่สุดจะชนนิวเคลียสตรงๆ แล้วรั้งสีแอลฟาจะสะท้อนกลับ เพราะมีมวลน้อยกว่านิวเคลียส ซึ่งมีโปรตรอนรวมอยู่ภายในอย่างมากมาย
- แบบจำลองอะตอมแบบนี้ เรียก แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด

28. ถ้าเชื่อว่าอะตอมเป็นไปตามแบบจำลองของทอมสัน เมื่อยิงรั้งสีอัลฟาเข้าไปในอะตอมของทองคำ รั้งสีส่วนมากจะเคลื่อนที่ ทั้งนี้เพราะเกิดแรงผลักระหว่างประจุบวกของอนุภาคอัลฟา กับ ในนิวเคลียส
29. จากการทดลองยิงรั้งสีอัลฟากระทบอะตอมทองคำ พบว่ารั้งสีส่วนมากจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง เพราะ
รั้งสีส่วนน้อยจะเพราะ
และรั้งสีส่วนน้อยที่สุดจะเพราะ
- 30(En 36) การที่รัทเทอร์ฟอร์ดทำการทดลองยิงอนุภาคแอลฟาไปยังแผ่นทองคำบางแล้ว พบว่าโครงสร้างของอะตอมไม่เป็นไปตามแบบของทอมสัน เนื่องจากรัทเทอร์ฟอร์ดพบว่า (ข้อ 4.)
1. อนุภาคแอลฟาเกือบทั้งหมดเบนไปจากแนวเดิมเป็นมุมใดๆ และบางที่มีการสะท้อนกลับ
 2. อนุภาคแอลฟาเบนไปจากแนวเดิมทุกทิศทางเท่า ๆ กัน
 3. อนุภาคแอลฟาทั้งหมดวิ่งทะลุผ่าน แผ่นทองไปในแนวเกือบเป็นเส้นตรง
 4. อนุภาคแอลฟาบางส่วนเบนไปจากแนวเดิมเป็นมุมใดๆ ทั้งที่ส่วนใหญ่ผ่านไปในแนวตรง
31. ตามแบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด ข้อใดกล่าวถูกต้อง
1. อะตอมมีลักษณะเป็นทรงกลม มีนิวเคลียสอยู่ที่จุดศูนย์กลาง มีอิเล็กตรอนเคลื่อนอยู่รอบๆ นิวเคลียส
 2. ภายในนิวเคลียสจะมีอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวกรวมกันอยู่

3. เนื้อที่ส่วนใหญ่ภายในอะตอมเป็นที่ว่างเปล่า
4. เมื่อยังอนุภาคแอลฟาเข้าไปในอะตอมของทองคำ อนุภาคแอลฟาไม่มีโอกาสที่จะสัมผัสนิวเคลียสเลยเพราะจะเกิดการเบี่ยงเบนออกจากนิวเคลียส
5. ถูกทุกข้อ

(ข้อ 5.)

32. จงวาดรูปแบบจำลองอะตอมของ

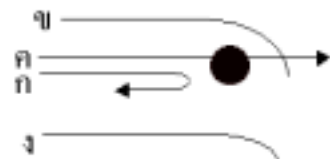
ดาลตัน

ทอมสัน

รัทเทอร์ฟอร์ด

33(En 42/1) ถ้ายิงอนุภาคแอลฟาเข้าไปในนิวเคลียสของโลหะทางเดินของอนุภาคแอลฟาที่เป็นไปได้ คือ

1. ก และ ง เท่านั้น
2. ข และ ค เท่านั้น
3. ก , ค และ ง เท่านั้น
4. ก, ข , ค และ ง



(ข้อ 1.)

วิธีทำ

34. มีอนุภาคแอลฟาวิ่งตรงเข้าสู่ นิวเคลียสของอะตอมทองคำ อนุภาคแอลฟาจะหยุดนิ่งก็ต่อเมื่ออนุภาคนั้น

(ข้อ 4.)

1. มีพลังงานรวมเป็นศูนย์
2. กระทบผิวนิวเคลียส
3. กระทบกับอิเล็กตรอนในชั้นใดชั้นหนึ่ง
4. มีพลังงานศักย์เท่ากับพลังงานจลน์เดิม

วิธีทำ

35(En 39) รังสีแอลฟาเคลื่อนที่เฉียดนิวเคลียสของทองคำ พลังงานจลน์ของรังสีแอลฟา

ณ ตำแหน่งที่เข้าใกล้ นิวเคลียสของทองคำมากที่สุดมีค่า

(ข้อ 1.)

1. ศูนย์
2. มากที่สุด
3. เท่าเดิม
4. น้อยที่สุด

วิธีทำ

36. อนุภาคแอลฟาถูกเร่งด้วยความต่างศักย์ที่โวลต์ เมื่อวิ่งตรงไปยังนิวเคลียสของทองคำ (^{79}Au) ได้มากที่สุด 7.9×10^{-15} เมตร

(1.44x10⁷ โวลต์)วิธีทำ

ตอนที่ 4 แบบจำลองอะตอมของโบร์ (1)

โบร์ ได้เสนอแบบจำลองอะตอมของไฮโดรเจนขึ้นมาโดยนำแนวคิดเรื่องควอนตัมของพลังงานของพลังค์มาใช้กับแบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด พร้อมทั้งเสนอสมมติฐานขึ้นใหม่ 2 ข้อ คือ

1. อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมรอบนิวเคลียสจะมีวงโคจรบางวงที่อิเล็กตรอนไม่แผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา ในวงโคจรดังกล่าวอิเล็กตรอนจะมีโมเมนตัมเชิงมุม (L) คงตัว และโมเมนตัมเชิงมุมนี้มีค่าเป็นจำนวนเต็มเท่าของค่าตัวมูลฐานค่าหนึ่งคือ \hbar (อ่านว่า เอชบาร์) ซึ่งมีค่าเท่ากับ $\frac{h}{2\pi}$

ดังนั้น สำหรับอิเล็กตรอนมวล m ที่เคลื่อนที่รอบนิวเคลียสในวงโคจรรัศมี r โดยมีอัตราเร็วเชิงเส้น v ตามสมมติฐานข้อนี้จะได้ว่า

$$L = mvr = n\hbar$$

เมื่อ n เป็นเลขจำนวนเต็มบวก 1, 2, 3, ในที่นี้เรียกว่า เลขควอนตัม ของวงโคจร

2. อิเล็กตรอนจะรับหรือปล่อยพลังงานออกมา เมื่อมีการเปลี่ยนวงโคจรตามข้อ 1. พลังงานที่อิเล็กตรอนรับหรือปล่อยออกมาจะอยู่ในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

รายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับทฤษฎีอะตอมของโบร์

1. สูตรหารัศมีวงโคจรของอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจน

$$\begin{aligned} r_n &= \frac{\hbar^2}{mke^2} n^2 \\ &= \frac{(1.05 \times 10^{-34})^2}{(9.1 \times 10^{-31})(9 \times 10^9)(1.6 \times 10^{-19})^2} n^2 \end{aligned}$$

$$r_n = 5.3 \times 10^{-11} n^2$$

เมื่อ r_n คือ รัศมีวงโคจรที่ n (เมตร)

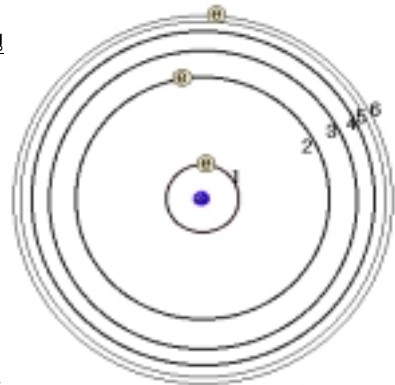
$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = \frac{6.6 \times 10^{-34}}{2\pi} = 1.05 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

$$m \text{ คือ มวลของอิเล็กตรอน} = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$k = 9 \times 10^9 \text{ N/m}^2 / \text{C}^2$$

$$e = \text{ประจุอิเล็กตรอน} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

n คือ ลำดับของวงโคจร



37(มข 34) รัศมีวงโคจรที่สองจากในสุดของอะตอมไฮโดรเจนมีค่าเท่ากับ.....เมตร

วิธีทำ

38(E_n 41) ในแบบจำลองอะตอมไฮโดรเจนของโบร์รัศมีวงโคจรของอิเล็กตรอนในสถานะ

$$n = 4 \text{ เป็นกึ่งเท่าของรัศมีวงโคจรในสถานะ } n = 1$$

(16 เท่า)

วิธีทำ

2. สูตรหาพลังงานของอิเล็กตรอนในวงโคจรต่างๆ ของอะตอมไฮโดรเจน

เนื่องจาก พลังงานรวมของอิเล็กตรอน = พลังงานศักย์ไฟฟ้า + พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอน

$$E_n = -\frac{k e^2}{r_n} + \frac{1}{2} \frac{k e^2}{r_n}$$

$$E_n = -\frac{1}{2} \frac{k e^2}{r_n}$$

$$\text{เมื่อ } r_n = \frac{\hbar^2}{m k e^2} n^2$$

$$E_n = -\frac{1}{2} \frac{m k^2 e^4}{n^2 \hbar^2}$$

$$\text{หรือ } E_n = \frac{E_1}{n^2}$$

$$\text{เพราะ } -\frac{1}{2} \frac{m k^2 e^4}{\hbar^2} = -\frac{1}{2} \frac{(9.1 \times 10^{-31})(9 \times 10^9)^2 (1.6 \times 10^{-19})^4}{(1.05 \times 10^{-34})^2}$$

$$= -21.76 \times 10^{-19} \text{ จูล}$$

$$= -13.6 \text{ อิเล็กตรอนโวลต์}$$

พลังงานจำนวนนี้คือพลังงานรวมของอิเล็กตรอนซึ่งอยู่ในวงโคจรที่ 1 เรียก E_1

สรุปได้ว่า

$$E_n = \frac{E_1}{n^2}$$

เมื่อ E_n คือ พลังงานอิเล็กตรอนในวงโคจรที่ n (อิเล็กตรอนโวลต์, eV)

E_1 คือ พลังงานของอิเล็กตรอนไฮโดรเจนในวงโคจรที่ 1 คือ -13.6 eV

** พลังงาน (E_n) มีค่าเป็นลบ มีความหมายว่า อิเล็กตรอนถูกนิวเคลียสยึดไว้ **

39. จากทฤษฎีอะตอมของโบร์

- พลังงานของอิเล็กตรอนของไฮโดรเจนในวงโคจรที่ 4 (E_4) =
- พลังงานของอิเล็กตรอนของไฮโดรเจนในวงโคจรที่ 3 (E_3) =
- พลังงานของอิเล็กตรอนของไฮโดรเจนในวงโคจรที่ 2 (E_2) =
- พลังงานของอิเล็กตรอนของไฮโดรเจนในวงโคจรที่ 1 (E_1) =

สถานะพื้น (ground state), สถานะกระตุ้น (excited state)

หากเราคำนวณหาพลังงานของอิเล็กตรอนอะตอมไฮโดรเจนในแต่ละวงโคจรจะได้ดังรูป

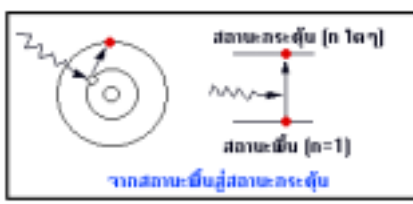
จะเห็นว่าในวงโคจรที่ 1 (ในสุด) อิเล็กตรอนจะมีพลังงานต่ำสุดและชั้นนอกถัดๆ ออกไป อิเล็กตรอนจะมีพลังงานสูงขึ้นตามลำดับ

ปกติอิเล็กตรอนชอบที่จะอยู่วงโคจรในสุดอันเป็นชั้นที่มีพลังงานต่ำสุด จะทำให้เกิดความเสถียรภาพมากที่สุด เรียกสภาวะนี้ว่า สภาวะพื้น (ground State)

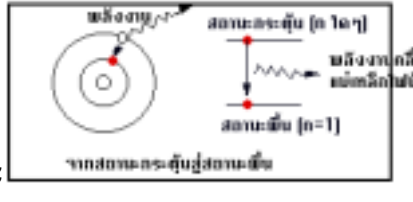
หากอิเล็กตรอนได้รับพลังงานจะเคลื่อนไปอยู่ในวงโคจรที่สูงกว่าเดิมสภาวะเช่นนี้เรียก สภาวะกระตุ้น (excited state)

สภาวะถูกกระตุ้นเป็นสภาวะไม่เสถียรอิเล็กตรอนจะเคลื่อนลงมาอยู่ในชั้นที่ต่ำกว่าพลังงานที่คายออกมานั้น จะอยู่ในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เลขควอนตัม n	พลังงาน E
n=∞	$E_{\infty} = 0$
n=5	$E_5 = -0.54 \text{ eV}$
n=4	$E_4 = -0.85 \text{ eV}$
n=3	$E_3 = -1.51 \text{ eV}$
n=2	$E_2 = -3.40 \text{ eV}$
n=1	$E_1 = -13.60 \text{ eV}$

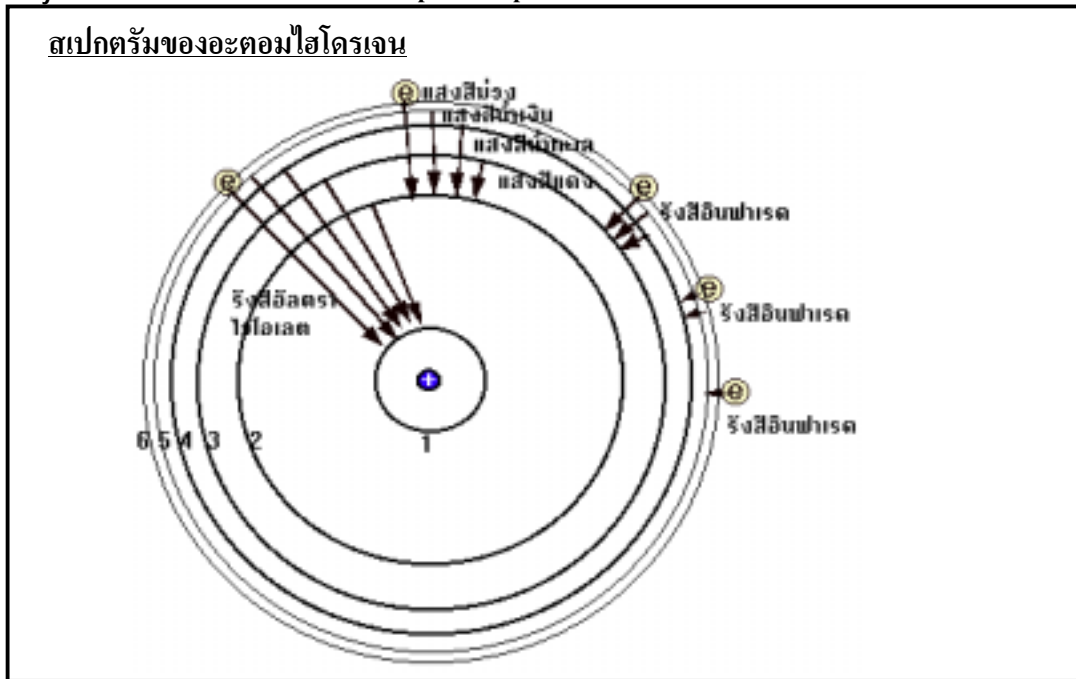


จากสถานะพื้นสู่สถานะกระตุ้น



จากสถานะกระตุ้นสู่สถานะพื้น

- 40. ปกติแล้วอิเล็กตรอนจะอยู่ในวงโคจรที่มีพลังงานต่ำสุด เรียกภาวะนี้ว่า
- 41. หากอิเล็กตรอนดูดพลังงาน จะเคลื่อนจากชั้น..... ไปสู่ชั้น..... ภาวะที่อิเล็กตรอนมีพลังงานมากกว่าปกติเช่นนี้เรียก
- 42. หากอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่จากชั้นบน ลงมาสู่ชั้นที่ต่ำกว่า อิเล็กตรอนจะต้อง.....
- 43. พลังงานที่อิเล็กตรอนคายออกมาจะอยู่ในรูปของ.....



44. จงเติมคำลงในช่องว่างต่อไปนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์
 (เกี่ยวกับการเปลี่ยนวงโคจรของอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจน)

การเคลื่อน e^-	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	อนุกรม
บน \rightarrow 1
6 \rightarrow 2	
5 \rightarrow 2
4 \rightarrow 2	
3 \rightarrow 2	
บน \rightarrow 3
บน \rightarrow 4
บน \rightarrow 5

45. อนุกรมของเส้นสเปกตรัมชุดใด ที่ปลดปล่อยพลังงานโฟตอนเป็นอัลตราไวโอเล็ต

- ก. อนุกรมไลมาน
- ข. อนุกรมบาล์มเมอร์
- ค. อนุกรมพาเชน
- ง. อนุกรมแบรกกेट

(ข้อ ก.)

$$|\Delta E| = \frac{1237.5 \times 10^{-9}}{\lambda}$$

f คือ ความถี่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Hz)

e คือ ประจุอิเล็กตรอน 1 ตัว = 1.6×10^{-19} C

c คือ ความเร็วคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า = 3×10^8 m/s

λ คือ ความยาวคลื่น (m)

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)$$

เมื่อ R คือ ค่าคงตัวของริดเบิร์ก = $1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$

n_f คือ ลำดับชั้นสุดท้าย

n_i คือ ลำดับชั้นเริ่มต้น

50. จงหาพลังงานของอิเล็กตรอนของไฮโดรเจนในวงโคจรที่ 4 (E_4) =

และพลังงานของอิเล็กตรอนของไฮโดรเจนในวงโคจรที่ 2 (E_2) =

วิธีทำ

51. จากข้อที่ผ่านมา หากอิเล็กตรอนเคลื่อนจากชั้นที่ 4 มาสู่ชั้นที่ 2 จะคายพลังงานออกมา

กี่อิเล็กตรอนโวลต์

(2.55 eV)

วิธีทำ

52(En 40) พลังงานต่ำสุดของอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจนคือ -13.6 อิเล็กตรอนโวลต์ ถ้า

อิเล็กตรอนเปลี่ยนสถานะจาก $n = 3$ ไปสู่สถานะ $n = 2$ จะให้แสงที่มีพลังงานควอนตัมเท่าใด

1. 1.51 eV

2. 1.89 eV

3. 3.40 eV

4. 4.91 eV

(ข้อ 2.)

วิธีทำ

53. จากข้อที่ผ่านมา พลังงานที่คายออกมา จะมีความยาวช่วงคลื่นเท่าใด

(651.3 nm)

วิธีทำ

54. ถ้าอะตอมเปลี่ยนระดับพลังงานเดิมจาก E_3 มายัง E_1 จะปลดปล่อยโฟตอนที่มีพลังงานเท่าใด และความยาวช่วงคลื่นมีค่าเท่าใด (12.09 eV, 1.02×10^{-7} m)

วิธีทำ

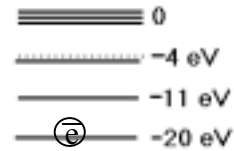
- 55(En 41/2) ตามทฤษฎีอะตอมของโบร์ระดับพลังงานของอะตอมไฮโดรเจนต่ำสุดเท่ากับ -13.6 อิเล็กตรอนโวลต์ ถ้าอะตอมไฮโดรเจนถูกกระตุ้นไปอยู่ที่ระดับพลังงานสูงขึ้น และกลับสู่สถานะพื้นที่มีพลังงานต่ำสุดโดยการปล่อยโฟตอนออกมาด้วยพลังงาน 10.20 อิเล็กตรอนโวลต์ แสดงว่าอะตอมไฮโดรเจนถูกกระตุ้นไปที่ระดับพลังงานที่ n เท่ากับเท่าใด
1. 2 2. 4 3. 8 4. 16 (ข้อ 1.)

วิธีทำ

56. ในการกระตุ้นให้อะตอมไฮโดรเจนที่ระดับพลังงานต่ำสุด (-13.6 eV) ไปอยู่ที่ระดับพลังงานกระตุ้นที่ 3 ต้องให้โฟตอนที่มีพลังงานเท่าไร
1. 0.85 eV 2. 1.51 eV 3. 12.09 eV 4. 12.75 eV (ข้อ 3.)

วิธีทำ

57(En 34) สมมติว่าแผนภาพแสดงระดับพลังงานของอะตอมชนิดหนึ่งเป็น ดังรูป ให้หาค่าความยาวคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่จะทำให้อะตอมในสถานะพื้นฐานแตกตัวเป็นไอออนได้พอดี



1. 62 nm 2. 100 nm 3. 210 nm 4. 310 nm (ข้อ 1.)

วิธีทำ

58. ในการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนของอะตอมของไฮโดรเจนจากวงโคจรที่ 4 ลงสู่วงโคจรที่ต่ำกว่าสเปกตรัมเส้นที่มีความยาวคลื่นสั้นที่สุดจะมีพลังงานเท่าใด

1. 0.66 eV 2. 0.85 eV 3. 10.20 eV 4. 12.75 eV (ข้อ 4.)

วิธีทำ

59(มข 33) จงคำนวณหาความยาวคลื่นยาวที่สุด และสั้นที่สุดในอนุกรมไลแมนของไฮโดรเจนสเปกตรัม (ตอบในหน่วยอังสตรอม) (ข้อ ข.)

- ก. 1215 , 952 ข. 1215 , 912 ค. 1415 , 912 ง. 1415 , 952

วิธีทำ

60. จงหาความยาวคลื่นที่ยาวที่สุดในอนุกรมไลมาน เมื่อกำหนดให้ k เป็นค่าหนึ่งของริคเบอร์ท

1. $\frac{1}{k}$ 2. k 3. $\frac{3k}{4}$ 4. $\frac{4}{3k}$ (ข้อ 4.)

วิธีทำ

61(En 42/2) อะตอมไฮโดรเจนเปลี่ยนระดับพลังงานจาก $n=2$ ไป $n=1$ ความยาวคลื่นของแสงที่ปล่อยออกมาเป็นกี่เท่าของในกรณีที่เปลี่ยนระดับพลังงานจาก $n=4$ ถึง $n=2$

1. $\frac{1}{4}$ เท่า 2. $\frac{1}{2}$ เท่า 3. 2 เท่า 4. 4 เท่า (ข้อ 1.)

วิธีทำ

62. ในช่วงระดับพลังงานต่ำสุดสามระดับแรกของอะตอมไฮโดรเจน คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตรวจพบจะอยู่ในชุดความถี่ที่เรียกว่า (ข้อ 1.)

1. ชุดไลมาน และ ชุดบาล์มเมอร์ 2. ชุดไลมาน และชุดพาสเชน
3. ชุดบาล์มเมอร์ และชุดพาสเชน 4. ชุดไลมาน ชุดบาล์มเมอร์ และชุดพาสเชน

วิธีทำ

63(มข 45) ถ้าใช้อนุภาคอิเล็กตรอนพลังงาน 19.5×10^{-19} จูล ยิงใส่อะตอมไฮโดรเจนจะกระตุ้นให้เกิดสิ่งใด (ข้อ 2.)

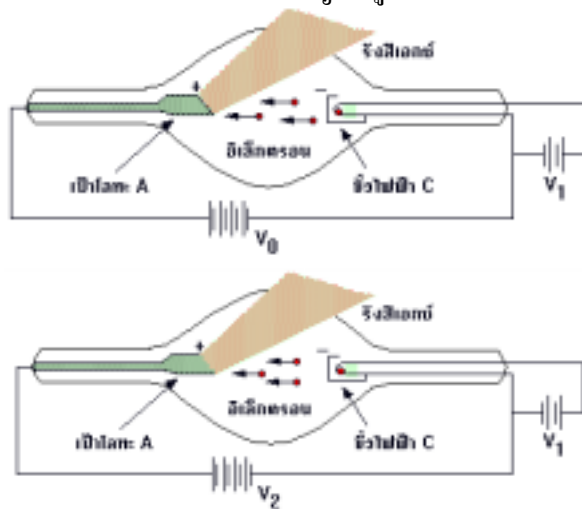
1. เส้นสเปกตรัมทุกเส้นนับตั้งแต่อนุกรมบัลเมอร์ขึ้นไป
2. เส้นสเปกตรัมของอนุกรมไลมาน 2 เส้น และของอนุกรมบัลเมอร์ 1 เส้น
3. เส้นสเปกตรัมของอนุกรมไลมาน 2 เส้น และของอนุกรมบัลเมอร์ 2 เส้น
4. เส้นสเปกตรัมของอนุกรมบัลเมอร์ 1 เส้น และของอนุกรมพาสเชน 2 เส้น

วิธีทำ

ตอนที่ 6 รังสีเอกซ์ การทดลองของพลังค์และเอิร์ตซ์

หลอดรังสีเอกซ์ (X-rays tube)

หลอดรังสีเอกซ์เป็นเครื่องมือผลิตรังสีเอกซ์มีส่วนประกอบสำคัญ ดังรูป ขั้วไฟฟ้า C จะถูกทำให้ร้อน โดยผ่านกระแสไฟฟ้าจาก ความต่างศักย์ V_1 อิเล็กตรอนซึ่งหลุดจากขั้วไฟฟ้า C (แคโทด) จะถูกเร่งให้มี ความเร็วสูง โดยสนามไฟฟ้าจากความ ต่างศักย์ V_0 ซึ่งมีค่าสูง และชนเป้าโลหะ A (แอโนด) ทำให้เกิดรังสีเอกซ์ขึ้น



สเปกตรัมของรังสีเอกซ์

สเปกตรัมของรังสีเอกซ์ มี 2 แบบ

- 1) สเปกตรัมแบบต่อเนื่อง (continuous X-ray) ในหลอดรังสีเอกซ์ อิเล็กตรอนที่วิ่งเข้าชนกับอะตอมของเป้าอิเล็กตรอนจะสูญเสียพลังงานจลน์ โดยแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในรูป รังสีเอกซ์ออกมาเป็นผลให้ตัวมันเองเคลื่อนที่ช้าลง เนื่องจากจำนวนอิเล็กตรอนที่ชนเป้ามีมากมายและแต่ละตัวมีการสูญเสียพลังงานค่าต่างๆ กัน ดังนั้นรังสีเอกซ์ที่แผ่ออกมาจะมีสเปกตรัมแบบต่อเนื่องอิเล็กตรอนบางตัวอาจชนกับอะตอมของเป้าโดยตรงและหยุดลงทันที ในการนี้พลังงานจลน์ทั้งหมดของอิเล็กตรอนจะเปลี่ยนเป็นพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งอยู่ในรูปรังสีเอกซ์ที่มีความถี่สูงสุด (f_{\max}) เนื่องจากพลังงานมีค่าสูงสุดได้จากการผ่านความต่างศักย์ V_0

การคำนวณหาความถี่สูงสุดของรังสีเอกซ์

เนื่องจากอิเล็กตรอน จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (รังสีเอกซ์)

จึงได้ว่า $W = E$ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

$$eV = hf$$

หรือ $eV = \frac{hc}{\lambda}$

เมื่อ e คือ ประจุอิเล็กตรอน (1.6×10^{-19} C)

V คือ ความต่างศักย์ที่ใช้เร่งอิเล็กตรอน(โวลต์)

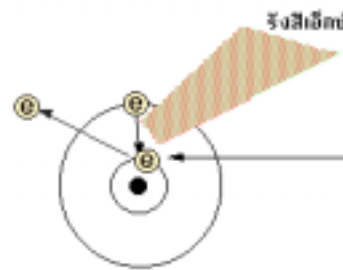
h คือ ค่านิจของพลังค์ = 6.6×10^{-34} J.s

f คือ ความถี่สูงสุดรังสีเอกซ์ (Hz)

c คือ ความเร็วคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า = 3×10^8 m/s

λ คือ ความยาวคลื่นน้อยที่สุดรังสีเอกซ์ (m)

- 2) สเปกตรัมแบบเส้น (characteristic X – rays) เกิดจากอิเล็กตรอน ที่ถูกเร่งจนมีพลังงานสูงมากจะสามารถผ่านเข้าชนกับอิเล็กตรอนในวงโคจรชั้นในของอะตอม ทำให้อิเล็กตรอนดังกล่าวหลุดไปอิเล็กตรอนในวงโคจรถัดออกมา ซึ่งมีระดับพลังงานสูงกว่าวงโคจรชั้นในจึงโคจรเข้าแทนที่พร้อมกับปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปรังสีเอกซ์ การเปลี่ยนแปลงในอะตอมเช่นนี้เป็นในทำนองเดียวกับการเกิดสเปกตรัมของอะตอมไฮโดรเจน รังสีเอกซ์ที่เกิดขึ้นจะมีความยาวคลื่นเป็นค่าเฉพาะ และจะแตกต่างกันไปตามชนิดของโลหะที่ใช้ทำเป้า ดังนั้นสเปกตรัมส่วนนี้จึงมีลักษณะเป็นเส้น ซึ่งปรากฏการณ์นี้สนับสนุนทฤษฎีของโบร์ในแง่ที่ว่าอะตอมมีระดับพลังงานเป็นชั้น ๆ



64. ในหลอดผลิตรังสีเอกซ์ ถ้าใช้ความต่างศักย์เร่ง e 20,000 โวลต์ จงหาความถี่ของรังสีเอกซ์

วิธีทำ

(4.83×10^{18} Hz)

65. ในการผลิตรังสีเอกซ์โดยให้อิเล็กตรอนหยุด ทันทีเมื่อชนเป้าปรากฏว่าได้รังสีเอกซ์มีความยาวคลื่น 0.124 นาโนเมตร จงหาความต่างศักย์ที่ใช้ต่อกับหลอดรังสีเอกซ์ (9980 โวลต์)

วิธีทำ

66. เมื่อต่อหลอดรังสีเอกซ์ เข้ากับความต่างศักย์ 20 กิโลโวลต์ จงหา

ก. ความเร็วของอิเล็กตรอนตัวที่เร็วที่สุดที่มาถึงแอโนด (เป้า) ถ้าอิเล็กตรอนเริ่มต้นด้วยความเร็วเป็นศูนย์

(8.43×10^7 m/s)

ข. ความยาวคลื่นน้อยที่สุดในสเปกตรัมของรังสีเอกซ์

(61.9 pm)

ความไม่สมบูรณ์ของทฤษฎีอะตอมโบร์**ถึงแม้ว่าทฤษฎีของโบร์จะสามารถอธิบาย**

1. การเกิดสเปกตรัมของอะตอมไฮโดรเจนได้ดี
2. การจัดตัวของอิเล็กตรอนในอะตอมของธาตุไฮโดรเจน
3. ค่าพลังงานที่ทำให้อะตอมที่มีอิเล็กตรอนเพียงตัวเดียวแตกตัวเป็นไอออนได้

แต่ทฤษฎีของโบร์ไม่สามารถอธิบาย

1. การเกิดสเปกตรัมของอะตอมอื่น ๆ
2. ว่าทำไมอะตอมที่อยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็ก ให้สเปกตรัมที่ผิดไปจากเดิม คือ สเปกตรัมหนึ่งๆ แยกออกเป็นหลายเส้น
3. ค่าความเข้มของแสงของเส้นสเปกตรัมว่าทำไมมีความเข้มไม่เท่ากัน
4. ทำไม $L = mvr = n\hbar$

68(En 36) ตามการทดลองของฟรังค์และเฮริตซ์ ข้อสรุปใดไม่จริง

1. อิเล็กตรอนที่มีพลังงานน้อยกว่า 4.9 eV จะมีการชนแบบยืดหยุ่นกับอะตอมของไฮปรอท
2. อิเล็กตรอนที่มีพลังงานมากกว่า 4.9 eV จะสูญเสียพลังงานส่วนหนึ่งให้กับอะตอมของไฮปรอท
3. อะตอมของไฮปรอทมีค่าพลังงาน ระดับพื้นเท่ากับ 4.9 eV
4. อะตอมของไฮปรอทมีค่าพลังงานเป็นชั้น ๆ ไม่ต่อเนื่อง (ข้อ 3.)

วิธีทำ

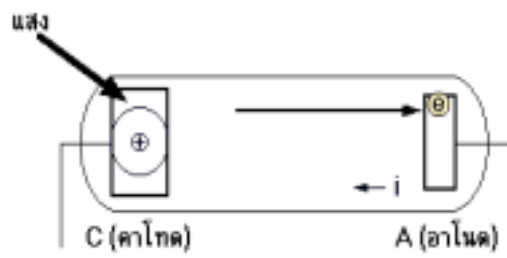
69. ในการทดลองของฟรังค์และเฮริตซ์ ถ้าเราใช้ หลอดทดลองที่บรรจุไฮโดรเจนแทนหลอดที่บรรจุไฮปรอท จะต้องให้พลังงานแก่อิเล็กตรอนน้อยที่สุดเท่าใด จึงจะทำให้รับพลังงานนั้น (ให้ระดับพลังงานในหน่วย eV ของอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจนเรียงจากวงในสุดเป็น -13.59 , -3.40 , -1.51 ,0 ตามลำดับ) (10.19 eV)

วิธีทำ

ตอนที่ 7 ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (1)

ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

เมื่อจัดหลอดสุญญากาศตั้งรูป แล้วใช้แสงตกกระทบใส่ขั้วคาโทด เมื่ออิเล็กตรอนของอะตอมในขั้วคาโทดได้รับพลังงานแสงจำนวนมาก ก็จะหลุดออกจากอะตอมแล้วเคลื่อนที่พุ่งเข้าหาขั้วแอโนด แล้วเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร



ปรากฏการณ์นี้เรียก **ปรากฏการณ์..... (photoelectric effect)**

ตัวอิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจากคาโทด เรียก (photo electron)

73. ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก คือ
โฟโตอิเล็กตรอน คือ

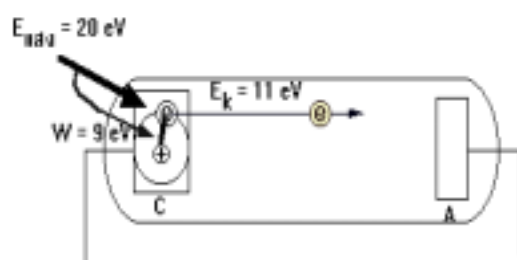
74. โฟโตอิเล็กตรอน คือ อิเล็กตรอนชนิดใด
- ก. อิเล็กตรอนที่มีประจุมากกว่าอิเล็กตรอนธรรมดา
 - ข. อิเล็กตรอนที่ทำ ปฏิกิริยากับฟิล์มถ่ายภาพ
 - ค. อิเล็กตรอนที่หลุดจากผิวโลหะโดยการฉายแสง
 - ง. อิเล็กตรอนที่มีประจุเป็นบวก
 - จ. อิเล็กตรอนที่มีอยู่ในลำแสง

(ข้อ ค.)

วิธีทำ

ข้อต่อทราบเกี่ยวกับปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

1. เมื่อให้พลังงานแสงแก่อิเล็กทริก ในขั้วคาโทดอิเล็กตรอนจะเสียพลังงานปริมาณหนึ่งเท่ากับพลังงานที่โลหะใช้ยึดอิเล็กตรอนไว้ พลังงานนี้เรียก **พลังงานยึดเหนี่ยวหรือ.....**



(Work function) แทนด้วยสัญลักษณ์ W

และพลังงานส่วนที่เหลือก็จะเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ออกไป

จึงได้ว่า $E_{\text{แสง}} = W + E_k$ ของอิเล็กตรอน

75. ถ้าฉายแสงอันมีพลังงาน 8 อิเล็กตรอนโวลต์ ตกกระทบโลหะอันมีพลังงานยึดเหนี่ยว 3.7

อิเล็กตรอนโวลต์ อิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจะมีพลังงานจลน์สูงสุดเท่าใด (4.3 eV)

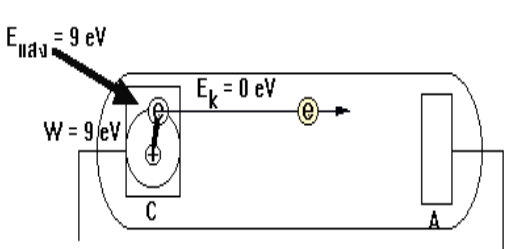
วิธีทำ

76. ถ้าฉายแสงอันมีพลังงาน 6 อิเล็กตรอนโวลต์ ตกกระทบโลหะอันมีพลังงานยึดเหนี่ยว 7.2

อิเล็กตรอนโวลต์ อิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจะมีพลังงานจลน์สูงสุดเท่าใด

วิธีทำ

2. หากเราให้แสงที่มีความถี่ต่ำ จะทำให้พลังงานแสงมีค่าน้อย (เพราะ $E = hf$) และหากพลังงานแสงนี้มีค่าน้อยกว่าพลังงานยึดเหนี่ยว (W) อิเล็กตรอนจะไม่หลุดออกมา จึงต้องเพิ่มความถี่ (f) แสงให้มากขึ้นจนกระทั่งพลังงานมีค่าน้อยเท่ากับพลังงานยึดเหนี่ยวอิเล็กตรอนจึงจะหลุดออกมาได้ความถี่แสงตรงนี้ เรียก ความถี่..... (f_0) และความยาวคลื่นตรงนี้เรียก ความยาวคลื่นขีดเริ่ม (λ_0)



77. หากฉายแสงอันมีความถี่เท่ากับความถี่ขีดเริ่ม ตกกระทบโลหะ สิ่งที่จะเกิด คือ

1. พลังงานแสงจะมีค่าเท่ากับ.....
2. อิเล็กตรอนจะหลุดออกจากอะตอมโลหะหรือไม่
3. อิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจะมีพลังงานจลน์เท่ากับ

78. ความถี่ขีดเริ่ม หรือความถี่ตัดขาดของแสงที่ใช้ในปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก คืออะไร

- ก. ความถี่ของแสงที่ทำให้เกิดโฟตอนสูงสุด
- ข. ความถี่ของแสงที่ไม่ทำให้เกิดโฟโตอิเล็กตรอน
- ค. ความถี่ที่ทำให้โฟตอนมีพลังงานเท่ากับพลังงานยึดเหนี่ยว
- ง. ความถี่ที่พอดี ทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากโลหะ
- จ. ข้อ ค , ง. ถูก

(ข้อ จ.)

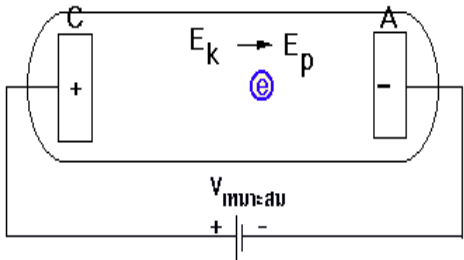
79. ถ้าโฟตอนของแสง ที่ให้กับโลหะมีค่าเท่ากับพลังงานยึดเหนี่ยวของโลหะนั้นจะเกิดผลตามข้อใด
- ก. โฟดทำให้เกิดโฟโตอิเล็กตรอน ข. พลังงานจลน์ของโฟโตอิเล็กตรอนเป็นศูนย์
- ค. ไม่มีกระแสไฟฟ้าในวงจร ง. ถูกทุกข้อ (ข้อ ง.)

3. หากต้องการทดลองหาพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนให้ต่อความต่างศักย์ที่เหมาะสม โดยต่อขั้วลบเข้ากับคาโนด ขั้วบวกเข้ากับคาโทด ดังรูป เมื่อใช้ความต่างศักย์เหมาะสม อิเล็กตรอนอันมีประจุลบ เมื่อเข้าใกล้ขั้วลบ จะเกิดแรงต้านทำให้อิเล็กตรอนหยุดนิ่งแล้วจะเปลี่ยนพลังงานจลน์ให้กลายเป็นพลังงานศักย์ไฟฟ้า ความต่างศักย์ที่ใช้หยุดอิเล็กตรอน เรียก ความต่างศักย์..... (V_0)

จึงได้ว่า $E_k = E_p$ เมื่อ E_k คือ พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอน(จูล)

$E_k = qV$ e คือ ประจุอิเล็กตรอน ($1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

$E_k = eV_0$ V_0 คือ ความต่างศักย์หยุดยั้ง (โวลต์)



80. จากการทดลองปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

- หากใช้ความต่างศักย์เท่ากับความต่างศักย์หยุดยั้ง อิเล็กตรอนจะ.....
- หากใช้ความต่างศักย์มากกว่าความต่างศักย์หยุดยั้ง อิเล็กตรอนจะ.....
- หากใช้ความต่างศักย์น้อยกว่าความต่างศักย์หยุดยั้ง อิเล็กตรอนจะ.....

4. พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอน (E_k) จะแปรผันตรงกับ พลังงานแสง , ความถี่แสง และจะแปรผกผันกับ พลังงานยึดเหนี่ยว (W)

เพราะ $E_{\text{แสง}} = E_k + W$

$E_{\text{แสง}} - W = E_k$

$hf - W = E_k$

5. พลังงานยึดเหนี่ยว (W) จึงขึ้นกับชนิดของโลหะที่นำมาใช้เป็นคาโทดและไม่เกี่ยวกับขนาดของโลหะขั้วคาโทดนั้น

6. จำนวนโฟโตอิเล็กตรอน จะแปรผันตรงกับความเข้มแสง

จำนวน $\bar{e} \propto$ ความเข้มแสง

81. ข้อความต่อไปนี้ เป็นจริง หรือ เท็จ

- _____ 1. เมื่อใช้แสงความถี่สูงขึ้น (และสูงกว่าความถี่ขีดเริ่ม) ตกกระทบคาโทด โฟโตอิเล็กตรอนจะมีพลังงานจลน์มากขึ้น
- _____ 2. หากใช้แสงที่มีความเข้มสูงตกกระทบคาโทด หากเกิดโฟโตอิเล็กทริก จำนวนโฟโตอิเล็กตรอนจะมีมาก
- _____ 3. หากใช้แสงที่มีความถี่สูง พลังงานแสงมากๆ จะทำให้จำนวนโฟโตอิเล็กตรอนมีมาก
- _____ 4. หากใช้แสงที่มีความเข้มสูงตกกระทบคาโทด โฟโตอิเล็กตรอนจะมีพลังงานจลน์สูง
- _____ 5. หากใช้แสงหนึ่งแล้วไม่เกิดโฟโตอิเล็กทริก หากต้องให้เกิดโฟโตอิเล็กทริกต้องเพิ่มความเข้มแสง

82. พลังงานยึดเหนี่ยว (work function) ของโลหะ คือ (ข้อ ง.)

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| ก. พลังงานยึดเกาะระหว่างอะตอม | ข. พลังงานที่โฟตอนให้กับโลหะ |
| ค. พลังงานสูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน | ง. พลังงานระหว่างอะตอมกับอิเล็กตรอน |

วิธีทำ

83. พลังงานยึดเหนี่ยวของโลหะจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

- | | |
|------------------------|----------------------------------|
| ก. ขนาดของโลหะ | ข. ชนิดของโลหะ |
| ค. ความถี่ของแสงที่ใช้ | ง. ความเข้มของแสงที่ใช้ (ข้อ ข.) |

วิธีทำ

84. พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนมีค่าตามข้อใด

- ก. เท่ากับพลังงานของโฟตอนที่ให้กับโลหะ
- ข. เท่ากับพลังงานยึดเหนี่ยวของโลหะนั้น
- ค. เท่ากับผลต่างพลังงานของโฟตอนกับพลังงานยึดเหนี่ยว
- ง. เท่ากับผลบวกพลังงานของโฟตอนและพลังงานยึดเหนี่ยว (ข้อ ค.)

วิธีทำ

85(มข 34) พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนนั้น

- ก. ไม่ขึ้นกับความเข้มของแสงที่มาตกกระทบ
- ข. ขึ้นกับกำลังหนึ่งของความเข้มของแสงที่มาตกกระทบ
- ค. ขึ้นกับกำลังสองของความเข้มของแสงที่มาตกกระทบ
- ง. ขึ้นกับรากที่สองของความเข้มของแสงที่มาตกกระทบ (ข้อ ก.)

86. ผลที่ได้จากการศึกษาปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก สรุปได้ดังนี้ (ข้อ ค.)

1. โฟโตอิเล็กตรอนเกิดขึ้นเมื่อแสงที่ตกกระทบมีความถี่สูงกว่าความถี่ขีดเริ่ม
 2. ถ้าแสงที่มีความถี่สูงกว่าความถี่ขีดเริ่มจำนวนโฟโตอิเล็กตรอนจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มแสง
 3. พลังงานสูงสุดของอิเล็กตรอน เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับความถี่ที่เพิ่ม
 4. พลังงานสูงสุดของอิเล็กตรอนย่อมเท่ากับผลบวกของพลังงานโฟตอนกับพลังงานยึดเหนี่ยว
- ก. ข้อ 1, 2 ข. ข้อ 1, 3 ค. ข้อ 1, 2, 3 ง. ข้อ 1, 2, 3, 4

วิธีทำ

87. ในปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก เมื่อแสงที่มีความถี่สูงกว่าความถี่ขีดเริ่มตกกระทบผิวโลหะ ถ้าเพิ่มความเข้มของแสงขึ้นเป็น 2 เท่า พลังงานของโฟโตอิเล็กตรอนจะเป็นเท่าไร

- ก. พลังงานและจำนวนอิเล็กตรอนเท่าเดิม
 - ข. พลังงานเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า และจำนวนอิเล็กตรอนเท่าเดิม
 - ค. พลังงานเท่าเดิมแต่จำนวนอิเล็กตรอนเพิ่มเป็น 2 เท่า
 - ง. พลังงานเท่าเดิมแต่จำนวนอิเล็กตรอนเพิ่มเป็น 4 เท่า
- (ข้อ ค.)

วิธีทำ

สูตรการคำนวณเกี่ยวกับโฟโตอิเล็กทริก

$$E_{\text{แสง}} = W + V_0$$

$$\frac{hf}{e} = W + V_0$$

$$\frac{hc}{e\lambda} = W + V_0$$

เมื่อ $E_{\text{แสง}}$ = พลังงานแสง (eV)

W = พลังงานยึดเหนี่ยว, ฟังก์ชันงาน (eV)

V_0 = พลังงานจลน์ของโฟโตอิเล็กตรอน (eV)

V_0 = ความต่างศักย์หยุดยั้ง (โวลต์)

h = ค่าคงที่ของพลังค์ (6.6×10^{-34} J.s)

f = ความถี่แสง (H_z)

e = ประจุอิเล็กตรอน (1.6×10^{-19} C)

c = ความเร็วแสง (3×10^8 m/s)

λ = ความยาวคลื่นแสง (m)

เมื่อ f_0 = ความถี่ขีดเริ่ม (H_z)

λ_0 = ความยาวคลื่นขีดเริ่ม (m)

$$\text{พิเศษ } \frac{hf_0}{e} = w$$

$$\frac{hc}{e\lambda_0} = w$$

88(En 32) โลหะแมกนีเซียมมีพลังงานยึดเหนี่ยวอิเล็กตรอน 3.79 eV ถูกฉายด้วยแสง uv ซึ่งมี ความยาวคลื่น 300 nm โฟโตอิเล็กตรอนที่หลุดออกมาจะมีพลังงานจลน์มากที่สุดกี่ eV (0.35)

วิธีทำ

89(En 43/1) กำหนดให้ฟังก์ชันงานของโลหะชนิดหนึ่งเป็น 4.80 eV จะต้องฉายแสงที่มีความยาวคลื่น เท่าใดในหน่วยนาโนเมตร จึงจะทำให้อิเล็กตรอนหลุดชั่วคราวจากโลหะดังกล่าวแล้วสามารถไปถึงขั้วแอโนดได้พอดี เมื่อศักย์ไฟฟ้าที่แอโนดต่ำกว่าคาโทดเท่ากับ 1.80 โวลต์ (188.50)

วิธีทำ

90(มข 33) อนุภาคโฟตอนตัวหนึ่งมีความยาวคลื่น 600 อังสตรอม(10^{-10}) วิ่งเข้าชนอะตอมของไฮโดรเจน พบว่ามีอิเล็กตรอนถูกปลดปล่อยออกจากอะตอมของไฮโดรเจน ถ้าพลังงานไปอออนในเซชันของอะตอมไฮโดรเจนเป็น 13.6 อิเล็กตรอนโวลต์ ถามว่าอิเล็กตรอนดังกล่าวมีพลังงานจลน์เท่าใด (ข้อ ข.)

ก. 5.3 eV

ข. 7.1 eV

ค. 7.6 eV

ง. 8.4 eV

วิธีทำ

91(En 38) โฟตอนตัวหนึ่งตกกระทบผิวแพลทินัมซึ่งมีค่าฟังก์ชันงาน 5.6 eV ทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากผิวออกมาด้วยพลังงานจลน์สูงสุด 1.2 eV ถ้าเราให้โฟตอนตัวเดียวกันนี้ไปตกกระทบผิวเงินซึ่งมีค่าฟังก์ชันงาน 4.7 eV จะต้องให้ความต่างศักย์กี่โวลต์ เพื่อที่จะทำให้อิเล็กตรอนที่หลุดจากผิวหยุด (ข้อ 1.)

1. 2.1 V

2. 4.4 V

3. 6.8 V

4. 11.5 V

วิธีทำ

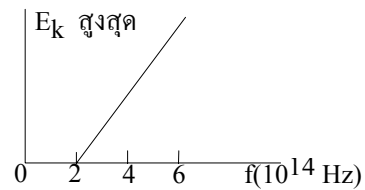
92. กำหนดให้ค่าพลังงานยึดเหนี่ยวของแผ่นทองแดงเท่ากับ 4.2 อิเล็กตรอนโวลต์ ต้องฉายแสงที่มีความยาวคลื่นเท่าใดจึงเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (294.6 nm)

วิธีทำ

- 93(มข 34) สำหรับผิวโลหะหนึ่งพบว่า ความยาวคลื่นขีดเริ่มของแสงสำหรับผิวโลหะนี้มีค่าเท่ากับ 3.1×10^{-7} เมตร ดังนั้นความต่างศักย์ไฟฟ้าหยุดยั้ง เมื่อแสงมีความยาวคลื่น 2.0×10^{-7} เมตร มาตกกระทบบมีค่าเท่ากับ..... โวลต์ (2.2 โวลต์)

วิธีทำ

- 94(En 40) ในการศึกษาปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกของโลหะชนิดหนึ่ง ได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนกับความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตกกระทบบผิวโลหะดังรูป ถ้าให้คลื่น



แม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ 6×10^{14} เฮิร์ตซ์ ตกกระทบบผิวโลหะนี้จะต้องใช้ความต่างศักย์หยุดยั้งเท่าใด

1. 0.42 V 2. 0.83 V 3. 1.65 V 4. 2.50 V (ข้อ 3.)

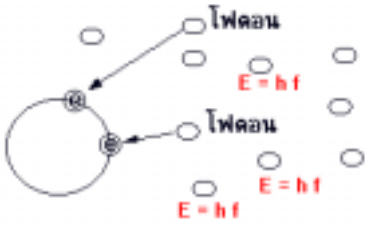
วิธีทำ

97. จากการทดลองจริงเกี่ยวกับปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก เมื่อฉายแสงที่มีพลังงานน้อยแล้วไม่เกิดโฟโตอิเล็กตรอน หากเพิ่มความเข้มแสงแล้วจะเกิดโฟโตอิเล็กตรอนหรือไม่.....
 ดังนั้นความเชื่อที่ว่าแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจึงไม่สมบูรณ์

โฟตอน

ไอน์สไตน์ (Albert Einstein) ได้เสนอแนวความคิดว่า

1. แสงมีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนของพลังงานที่เรียกว่าควอนตัมของพลังงาน หรือโฟตอน (photon)
2. โฟตอน 1 ตัว จะมีพลังงานเท่ากับ hf
3. เมื่อโฟตอนพุ่งชนอิเล็กตรอนจะชนกันแบบ 1-1 และ โฟตอนจะถ่ายทอดพลังงานทั้งหมดแก่อิเล็กตรอน



ดังนั้น หากโฟตอนมีความถี่ต่ำ พลังงานน้อย ก็จะไม่สามารถทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมาได้แม้จะเพิ่มจำนวนโฟตอน (ความเข้มแสง) ให้มากขึ้น แต่พลังงานแต่ละก้อนไม่เพิ่ม ก็ไม่ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมาได้

98. ตามความเชื่อของ Albert Einstein แสงจะมีลักษณะดังนี้

1.
2.
3.

99(En 31) ในการทดลองผ่านแสงสีแดง (ความยาวคลื่น 0.66 ไมโครเมตร) จำนวน 2×10^{22} โฟตอน เข้าไปในน้ำ $\frac{1}{7}$ กิโลกรัม ถ้าสมมติว่าน้ำดูดกลืนพลังงานจากแสงไว้ได้ 50 เปอร์เซ็นต์ จงหาว่าอุณหภูมิของน้ำที่เปลี่ยน (ให้ ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ = 4.2 kJ/kg.K)

1. 3°C
2. 4°C
3. 5°C
4. 10°C (ข้อ 3.)

วิธีทำ

100(มข 42) หลอดไฟฟ้าชนิดพิเศษหลอดหนึ่ง ให้แสงที่มี ความยาวคลื่นค่าเดียวคือ 663 นาโน-เมตร โดยหลอดนี้มี ค่ากำลัง 60 วัตต์ และมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นแสงสว่างเท่ากับ 90% พบว่าอายุการใช้งานของหลอดนี้คือ 500 ชั่วโมง ถ้าตลอดอายุการใช้งานมีโฟตอนออกมา $A \times 10^{24}$ ตัว จงหาค่า A (324)

วิธีทำ

101. ตาสามารถรับรู้แสงสีเหลือง ความยาวคลื่น 550 nm และมีความเข้มต่ำสุดประมาณ 10 watt จำนวนโฟตอนที่กระทบตาใน 1 วินาที มีค่าเท่าไร (ข้อ ก.)

ก. 2.8×10^{19} ข. 3.2×10^{19} ค. 3.6×10^{19} ง. 4.2×10^{19}

วิธีทำ

ปรากฏการณ์คอมป์ตัน

คอมป์ตัน (Arthur H. Compton) และดีบาย (Peter Debye) ทำการทดลองฉายรังสีเอกซ์ ไปที่แท่งกราฟไฟต์ ปรากฏว่ามีอิเล็กตรอน และรังสีเอกซ์กระเจิงออกมาดังรูป

จะพบว่า ความยาวคลื่น และพลังงานของรังสีเอกซ์ที่กระเจิงออกมา จะแปรผันตามมุมที่กระเจิง ซึ่งเป็นไปตามกฎอนุรักษ์พลังงาน และ กฎอนุรักษ์โมเมนตัม แสดงว่าการชนระหว่างโฟตอนของรังสีเอกซ์กับอิเล็กตรอนในแท่งกราฟไฟต์เป็นการชนกันของอนุภาค



การทดลองของคอมป์ตันนี้ สนับสนุนแนวคิดของไอน์สไตน์ที่ว่า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถประพฤติตัวเป็นอนุภาคได้

102. ตามปรากฏการณ์คอมป์ตัน เมื่อยิง.....ตกกระทบแท่งกราฟไฟต์ ปรากฏว่าจะมี.....และ.....กระเจิงออกมา จึงเชื่อว่ารังสีเอ็กซ์แสดงคุณสมบัติเป็นก้อนอนุภาคได้

สมมติฐานของเดอบรอยล์

จาก $P = m v$

$$\text{และ } E = mc^2$$

$$m = \frac{E}{c^2}$$

$$P = \frac{F}{c^2} c$$

$$\text{และ } E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$P = \frac{(hc)c}{\lambda c^2}$$

$$P = \frac{h}{\lambda}$$

สมการนี้แสดงว่า โมเมนตัมของโฟตอนขึ้นอยู่กับ ความยาวคลื่นของโฟตอน

และ $\lambda = \frac{h}{P}$

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

และ

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$$

สมการนี้ แสดงว่า “อนุภาคที่มีมวล m เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v สามารถแสดงสมบัติเป็นคลื่นซึ่งมีความยาวเท่ากับ λ ได้” ตรงนี้เรียก สมมติฐานของเดอบรอยล์ และ λ นี้เรียก **ความยาวคลื่นของเดอบรอยล์ (De Broglie wavelength)**

หลังจากที่เดอบรอยล์ เสนอความคิดของเขาแล้ว ได้มีนักฟิสิกส์หลายท่านพยายามทดสอบความเป็นไปได้ของสมมติฐานดังกล่าว โดยคิดว่าถ้าอนุภาคมีสมบัติของคลื่น อนุภาคก็น่าจะแสดงสมบัติการแทรกสอด และการเลี้ยวเบนได้ เช่นเดียวกับคลื่นทั่วไป

ในปี พ.ศ. 2468 เดวิสสัน (Clinton J. Davission) และ เจอร์เมอร์ (Lester A. Germer) ได้ทดลองยิงอิเล็กตรอนไปกระทบผลึกของนิกเกิล ปรากฏว่าอิเล็กตรอนที่สะท้อนออกมาแสดงสมบัติการแทรกสอด และเลี้ยวเบนเหมือนแสงได้ และเมื่อทำให้ลำอิเล็กตรอน ผ่านขอบตัวกำบังเส้นตรง ปรากฏว่าอิเล็กตรอน แสดงสมบัติการเลี้ยวเบนก่อนแล้วไปแทรกสอดกับบนฟิล์มที่อยู่ด้านหลังคล้ายการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์

ในปี พ.ศ. 2469 จีพี ทอมสัน (George P. Thomson) ทดลองยิงอิเล็กตรอนความเร็วสูงผ่านแผ่นโลหะบาง ๆ เช่น อะลูมิเนียม เงิน และทองคำ ปรากฏว่าอิเล็กตรอนเลี้ยวเบนผ่านแผ่นโลหะไปแทรกสอดบนฟิล์ม เช่นเดียวกับรังสีเอ็กซ์

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่า คลื่นแสดงสมบัติของอนุภาคได้ และอนุภาคก็แสดงสมบัติของคลื่นได้ สมบัติดังกล่าวนี้เรียกว่า ทวิภาพของคลื่นและอนุภาค (duality of wave and particle)

103. รถยนต์คันหนึ่งมีมวล 1000 กิโลกรัม แล่นด้วยความเร็ว 72 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถ้าคิดว่ารถยนต์คันนี้เป็นคลื่นจะมีความยาวคลื่น เดอ บรอยล์ เท่าใด

(ค่า h ของพลังค์เท่ากับ 6.6×10^{-34} จูล. วินาที)

- | | | |
|--------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1. 0.92×10^{-38} เมตร | 2. 3.3×10^{-38} เมตร | |
| 3. 0.33×10^{-38} เมตร | 4. 1.1×10^{-38} เมตร | (ข้อ 2.) |

วิธีทำ

104(En 39) ความยาวคลื่นเดอบรอยล์ของอิเล็กตรอนเท่ากับ 0.10 nm พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนมีค่าเท่าไร (ข้อ 1.)

- | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1. 2.4×10^{-17} J | 2. 4.8×10^{-17} J | 3. 2.0×10^{-16} J | 4. 1.0×10^{-15} J |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

วิธีทำ

105. จงหาความยาวคลื่นของอิเล็กตรอน ซึ่งเคลื่อนที่ด้วยพลังงานจลน์ 5 อิเล็กตรอน โวลต์

1. 0.55 nm	2. 0.85 nm	3. 0.95 nm	4. 1.10 nm (ข้อ 1.)
------------	------------	------------	---------------------

วิธีทำ

- 106(En 33) อนุภาคมวล m มีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่าของพลังงานจลน์เดิม ความยาวคลื่นเดอบรอยล์ของอนุภาคนี้ในครั้งหลัง จะเป็นกี่เท่าของความยาวคลื่นเดอบรอยล์ครั้งแรก
1. $\frac{1}{2}$ เท่า 2. 2 เท่า 3. 4 เท่า 4. 8 เท่า (ข้อ 1.)

วิธีทำ

- 107(มข 43) ถ้าอัตราส่วนความยาวคลื่นเดอบรอยล์ของอิเล็กตรอนต่ออนุภาค A เป็น 4000 อัตราส่วนพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนต่ออนุภาค A จะเป็นเท่าใด (ข้อ 4.)

กำหนด มวลของอิเล็กตรอน = 0.0005 u ; มวลของอนุภาค A = 1.0000 u

1. 1/1000 2. 1/2000 3. 1/4000 4. 1/8000

วิธีทำ

108. อนุภาคมีประจุไฟฟ้า q มวล m ถูกเร่งจากสภาพนิ่งด้วยสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอความต่างศักย์ V จะประพุดิตัวเป็นคลื่นมีความยาวคลื่นเท่าไร (ข้อ 3.)

1. $\lambda = h$ 2. $\lambda = \frac{h}{2qVm}$ 3. $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2qVm}}$ 4. $\lambda = \frac{h^2}{2qVm}$

วิธีทำ

109(En 44/1) อิเล็กตรอนตัวหนึ่งจะต้องเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่าใดในหน่วยเมตรต่อวินาที จึงจะมีโมเมนตัมเป็นหนึ่งในสิบของโมเมนตัมของโฟตอนของแสงความถี่ 4.5×10^{14} เฮิรตซ์ (ให้ใช้มวลของอิเล็กตรอน = 9.0×10^{-31} กิโลกรัม) (110 m/s)

วิธีทำ

110(En 43/2) ลำแสงเลเซอร์ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร ตกกระทบบนพื้นผิวที่สามารถดูดกลืนแสงได้โดยสมบูรณ์ ถ้ากำหนดให้มีจำนวนโฟตอนตกกระทบบนพื้นผิว ดังกล่าวด้วยอัตรา 10^{20} อนุภาค/วินาที แรงที่ลำแสงเลเซอร์กระทำต่อพื้นผิวเป็นเท่าใด (ข้อ 3.)

1. 10^{-16} N 2. 10^{-8} N 3. 10^{-7} N 4. 10^{-6} N

วิธีทำ

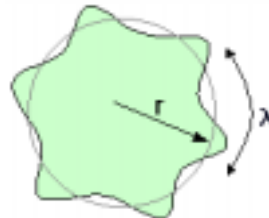
เดอบรอยล์ ใช้ทฤษฎีของเขาอธิบายสมมติฐานของโบร์ที่ว่า อิเล็กตรอนที่วิ่งวนรอบนิวเคลียสโดยไม่แผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีโมเมนตัมเชิงมุม mvr เท่ากับ $n\hbar$ โดยโบร์ไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่าทำไมถึงเป็นเช่นนั้น แต่ เดอบรอยล์ อธิบายว่า การที่อิเล็กตรอนในอะตอมไม่มีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าก็เนื่องจาก “อิเล็กตรอนที่วิ่งวนรอบนิวเคลียสจะแสดงสมบัติของคลื่นนิ่ง ซึ่งเป็นไปได้เมื่อความยาวของเส้นรอบวงมีค่าเป็นจำนวนเท่าของความยาวคลื่นของอิเล็กตรอน” นั่นคือ

$$2\pi r = n\lambda$$

ดังนั้น $2\pi r = n \left(\frac{h}{mv} \right)$

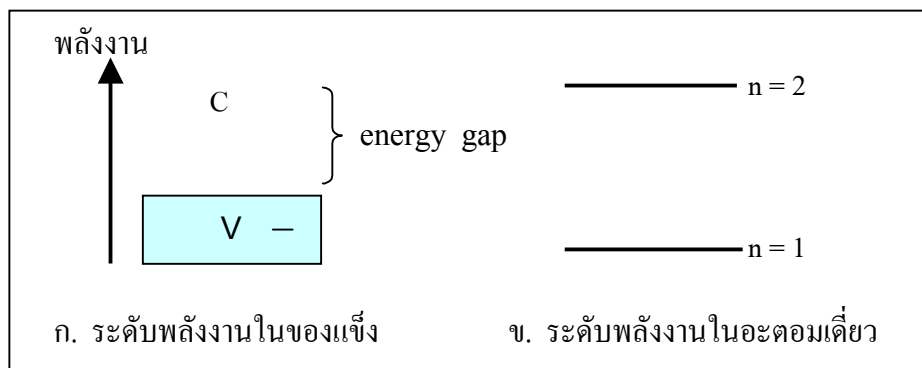
หรือ $mvr = n \frac{h}{2\pi}$

จะได้ว่า $mvr = n\hbar$



เมื่ออิเล็กตรอนจากสถานะ (2) กลับมาที่สถานะพื้น (1) มันจะปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของแสง กลไกในเครื่องเลเซอร์ที่ประกอบด้วยกระจกพิเศษ 2 บาน (บานหนึ่งสะท้อน 100% อีกบานสะท้อนไม่ถึง 100% แต่ให้ทะลุผ่านได้บ้าง) จะสะท้อนแสงกลับไปมาในเครื่อง ทำให้อะตอมตัวอื่นที่อยู่ในสถานะ (2) ปลดปล่อยแสงออกมาเสริมแสงเดิมที่ไปกระตุ้นทำให้ได้แสงในทิศทางเดียวกันที่มีความเข้มสูง เป็นแสงอาพันธ์ที่มีความถี่เดียวและเฟสตรงกัน นั่นคือแสงเลเซอร์

สารกึ่งตัวนำ คือ สารที่สามารถนำไฟฟ้าได้ในบางเหตุการณ์ ซึ่งมีกลไกการนำไฟฟ้าสามารถอธิบายได้ดังนี้



ในกรณีของธาตุอะตอมเดี่ยว เช่น แก๊สไฮโดรเจน (เป็นแก๊สที่อุณหภูมิ 25°C) ระดับพลังงานจะเป็นดังรูป ก. ส่วนของแข็งที่เป็นโลหะและอโลหะจะมีระดับพลังงานเป็นแถบ (energy band) ดังรูป ข แถบที่มีอิเล็กตรอนเต็มจะมีพลังงานต่ำกว่าเรียกว่าแถบวาเลนซ์ (valence band) เป็นแถบที่ไม่นำไฟฟ้า สำหรับแถบพลังงานที่อยู่สูงขึ้นไปเรียกว่าแถบนำไฟฟ้า (conduction band)

ตัวนำ (conductor) จะมีอิเล็กตรอนเต็มในแถบวาเลนซ์ และมีอิเล็กตรอนอยู่บ้างในแถบนำไฟฟ้า เมื่อให้สนามไฟฟ้าก็จะเกิดการนำไฟฟ้าขึ้น

ฉนวน (insulator) จะมีอิเล็กตรอนเต็มในแถบวาเลนซ์ และไม่มีอิเล็กตรอนอยู่ในแถบนำไฟฟ้า มีช่องว่างระหว่างแถบพลังงาน (energy gap) ทั้งสอง ช่องว่างนี้จะกว้างมากจนเมื่อให้พลังงานไฟฟ้า (ในรูปของศักย์ไฟฟ้า) หรือพลังงานความร้อน หรือพลังงานแสง ก็ไม่สามารถทำให้อิเล็กตรอนในชั้นแถบวาเลนซ์ ถูกกระตุ้นขึ้นมาที่แถบนำไฟฟ้า จึงไม่มีการนำไฟฟ้า

กึ่งตัวนำ (semiconductor) จะมีอิเล็กตรอนเต็มแถบวาเลนซ์คล้ายฉนวนแต่มีช่องว่างพลังงานเหนือแถบนั่นค่อนข้างแคบ ที่อุณหภูมิปกติ พลังงานความร้อน สามารถกระตุ้นอิเล็กตรอนจำนวนหนึ่งซึ่งไม่มากนักที่กระโดดข้ามช่องว่างไปอยู่แถบนำไฟฟ้าที่อยู่ถัดขึ้นไป อิเล็กตรอนเหล่านี้เองที่เป็นตัวพาหะ (carrier) ของไฟฟ้าและทำให้นำไฟฟ้าได้บ้าง ทำให้ความต้านทานไม่สูงมากนักและนับเป็นสารกึ่งตัวนำ สารกึ่งตัวนำบางชนิดสามารถกระตุ้นอิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์ให้ขึ้นไปแถบนำไฟฟ้าได้ด้วยแสง และสามารถนำมาใช้เป็นประเภท LDR (Light Dependent Resistance) หรือเป็นตัวรับรู้ (sensor) แสง

ในทางปฏิบัติจะมีการใช้ฉนวน เช่น ยาง พลาสติก ทำที่หุ้มสายไฟฟ้าทำจากโลหะ ซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้า ส่วนตัวต้านทานที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าและวงจรอิเล็กทรอนิกส์นั้นจะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าอยู่ระหว่างตัวนำกับฉนวน คือมีค่าตั้งแต่ 1 โอห์ม ถึง 100 เมกะโอห์ม

๙๙๙ ๙๙ ๙๙ ๙๙ ๙๙ ๙๙ ๙๙ ๙๙ ๙๙ ๙๙ ๙๙ ๙๙ ๙๙ ๙๙ ๙๙