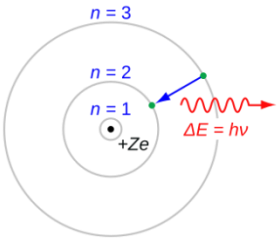
สรุปแบบจำลองอะตอมของโบร์

นีลส์ โบร์ (Niels Bohr) ได้เสนอแบบจำลองเพื่อแก้ข้อบกพร่องของรัทเทอร์ฟอร์ด โดยใช้ทฤษฎีควอนตัมของพลังค์มาประยุกต์



1) อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่รอบนิวเคลียสในวงโคจรที่ โดยมีโมเมนตัมเชิงมุม (L) ของอิเล็กตรอนมีค่าเป็น "ควอนตัม" (เป็นชั้นๆ) แต่ละชั้นมีค่าคงที่

2) อิเล็กตรอนสามารถข้ามชั้นได้หากมีการรับหรือปล่อยพลังงาน

3) พลังงานของแสงที่ปล่อยออกมาจะเท่ากับผลต่างของพลังงานระหว่างชั้น

1. พลังงาน $E = hf$

คืออะไร: นี่คือสมการพลังงานของ **โฟตอน (Photon)** หรือ "ก้อนพลังงานของแสง" 1 ก้อน

ตัวแปร: E = พลังงานของโฟตอน (จูล, J หรือ อิเล็กตรอนโวลต์, eV)

h = **ค่าคงที่ของพลังค์** (Planck's constant, h = 6.3 x 10^{-34} J.s)

f = ความถี่ของคลื่นแสง (เฮิรตซ์, Hz)

อธิบาย: แสงที่มีความถี่สูง (เช่น สีม่วง, UV) 1 โฟตอน จะมีพลังงานสูงกว่าแสงที่มีความถี่ต่ำ

2. รัศมีอะตอมของโบว์ $r \propto n^2$

รัศมีของวงโคจรในชั้นที่ n สามารถเขียนได้เป็น:

$$r_n = a_0 \cdot n^2$$

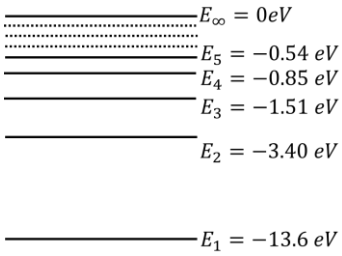
โดยที่ a_0 คือ **รัศมีของโบว์ (Bohr radius)** ซึ่งมีค่าประมาณ 5.29 x 10^{-11} เมตร

3. ระดับพลังงาน ของอิเล็กตรอนใน **อะตอมไฮโดรเจน**

$$E_n = \frac{-13.6}{n^2}$$ **อิเล็กตรอนโวลต์ (eV)**

- **คืออะไร:** นี่คือสมการสำหรับหา **ระดับพลังงาน** ของอิเล็กตรอนใน **อะตอมไฮโดรเจน**
- **ตัวแปร:**
  - E_n = พลังงานของอิเล็กตรอน ณ วงโคจร (ระดับพลังงาน) ที่ n
  - n = **เลขควอนตัม** (Quantum Number) ($n = 1, 2, 3, ...) n=1 คือวงในสุด (สถานะพื้น)
  - **หน่วย:** พลังงาน E_n ในสูตรนี้มีหน่วยเป็น
- **ทำไมติดลบ :** เครื่องหมายลบ (-) บอกว่าอิเล็กตรอน "ถูกยึด" ไว้กับนิวเคลียส (เป็นพลังงานยึดเหนี่ยว) ถ้า E=0 หรือเป็นบวก แปลว่าอิเล็กตรอนหลุดเป็นอิสระจากอะตอมแล้ว

ระดับชั้นพลังงาน



การคายพลังงาน (Emission): เกิดขึ้นเมื่ออิเล็กตรอนย้ายจากชั้นพลังงานสูง (n_{high}) ลงมายังชั้นพลังงานต่ำ (n_{low}) โดยจะปล่อยโฟตอนออกมา

การดูดกลืนพลังงาน (Absorption): เกิดขึ้นเมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานที่พอดีเป๊ะ แล้วกระโดดจากชั้นต่ำขึ้นไปชั้นสูง

4. ผลต่างพลังงาน" เมื่ออิเล็กตรอน "เปลี่ยนวงโคจร"

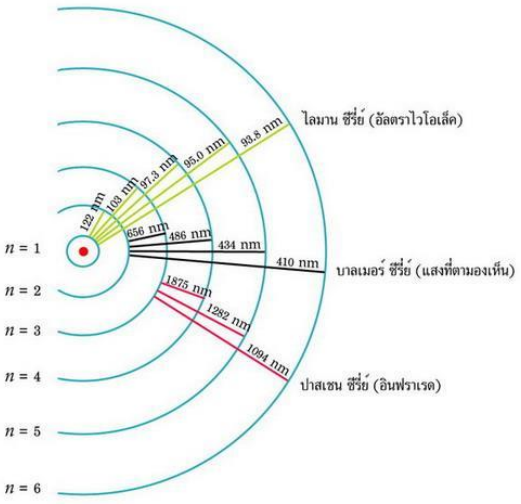
$$\Delta E = E_i - E_f$$

- **คืออะไร:** สมการหา "ผลต่างพลังงาน" เมื่ออิเล็กตรอน "เปลี่ยนวงโคจร"
- **ตัวแปร:**
  - ΔE = พลังงานที่ปล่อยออกมา (ถ้า $E_i > E_f$) หรือดูดเข้าไป (ถ้า $E_f < E_f$)
  - E_i = พลังงานของวงโคจรเริ่มต้น (Initial)
  - E_f = พลังงานของวงโคจรสุดท้าย (Final)
- **จุดเชื่อมโยง:** พลังงาน ΔE นี้ จะถูกปล่อยหรือดูดในรูปของ **โฟตอน** ดังนั้น $\Delta E = hf$
- สูตรลัด $\Delta E_{(eV)} = \dfrac{1240}{\lambda_{(nm)}}$

อนุกรมเส้นสเปกตรัม

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

$$R_H = 1.1\times10^7\, m^{-1}$$



ข้อที่ 1

ตามทฤษฎีอะตอมของโบร์ ถ้าอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจนเปลี่ยนระดับพลังงานจากระดับพลังงานสูง ไปยังระดับพลังงานต่ำกว่าที่มีพลังงานเท่ากับ -3.40 อิเล็กตรอนโวลต์ โดยอิเล็กตรอนปลดปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีควอนตัมของพลังงานเท่ากับ 1.89 อิเล็กตรอนโวลต์

คำถาม *อิเล็กตรอนดังกล่าวมีการเปลี่ยนระดับพลังงานจากระดับใดไปยังระดับใด*

1. จาก n = 4 ไปยัง n = 3
2. จาก n = 4 ไปยัง n = 2
3. จาก n = 3 ไปยัง n = 2
4. จาก n = 3 ไปยัง n = 1
5. จาก n = 2 ไปยัง n = 1

ข้อที่ 2

วัตถุดำอันหนึ่งแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่างๆ กัน โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ f ประกอบด้วยโฟตอนที่มีพลังงาน $\varepsilon = hf$ ซึ่ง h เป็นค่าคงตัวพลังค์

พิจารณาข้อความต่อไปนี้:

ก. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ 2.0 x 10^{15} Hz สามารถแผ่ออกมาโดยมีพลังงานรวมเป็น (6.0 x 10^{15})h จูล

ข. โฟตอนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ 2.0 x 10^{15} Hz มีพลังงานมากกว่า โฟตอนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ 4.0 x 10^{15} Hz

ค. เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีเลขควอนตัมมากขึ้น พลังงานของโฟตอน ε จะมีค่ามากขึ้น

คำถาม *ข้อความใดถูกต้อง*

1. ก. เท่านั้น
2. ค. เท่านั้น
3. ก. และ ข. เท่านั้น
4. ก. และ ค. เท่านั้น
5. ข. และ ค. เท่านั้น

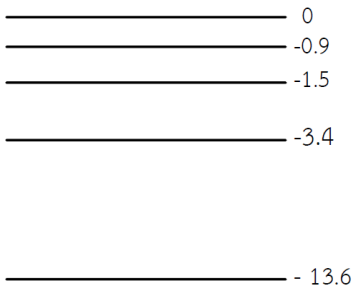
ข้อที่ 3

คำถาม *จงหาอัตราส่วนระหว่างรัศมีวงโคจรของอิเล็กตรอน ในสถานะกระตุ้นที่ 2 ต่อสถานะถูกกระตุ้นที่ 1 ในแบบจำลองอะตอมของโบร์*

1. 2/1
2. 3/2
3. 4/3
4. 9/4
5. 16/5

ข้อที่ 4

แผนภาพแสดงระดับพลังงาน 5 ระดับของอะตอมไฮโดรเจน ซึ่งเป็นหน่วยอิเล็กตรอนโวลต์ (eV)



คำถาม ข้อความใดถูกต้อง

1. อะตอมไฮโดรเจนส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับพลังงานศูนย์
2. อะตอมในระดับพลังงาน -3.4 eV สามารถเปลี่ยนระดับพลังงานได้โดยการปล่อยโฟตอนพลังงาน 1.9 eV , 2.5 eV , 3.4 eV และ 10.2 eV ได้
3. อะตอมในระดับพลังงาน -3.4 eV สามารถปล่อยโฟตอนที่มีความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร โดยเปลี่ยนระดับพลังงานไปที่ระดับ -1.5 eV
4. อะตอมในระดับพลังงาน -1.5 eV สามารถปล่อยโฟตอนที่มีความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร โดยเปลี่ยนระดับพลังงานไปที่ระดับ -3.4 eV
5. อิเล็กตรอนที่มีพลังงาน 10.2 eV ชนกับอะตอมในระดับพลังงาน -13.6 eV สามารถปลดปล่อยอะตอมไปที่ระดับ -3.4 eV โดยสูญเสียพลังงานจลน์ทั้งหมด

ข้อที่ 5

ตามทฤษฎีอะตอมของโบร์ ถ้าอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจนเปลี่ยนระดับพลังงานจากระดับพลังงานเริ่มต้นไปสู่ระดับพลังงานสุดท้ายแล้วจะปลดปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

คำถาม *อิเล็กตรอนดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานตามข้อใดที่ให้สเปกตรัมเส้นสว่างที่มีความยาวคลื่นสั้นที่สุด*

1. จาก n = 2 ไปยัง n = 5
2. จาก n = 5 ไปยัง n = 2
3. จาก n = 7 ไปยัง n = 3
4. จาก n = 3 ไปยัง n = 7
5. จาก n = 6 ไปยัง n = 2

ข้อที่ 6

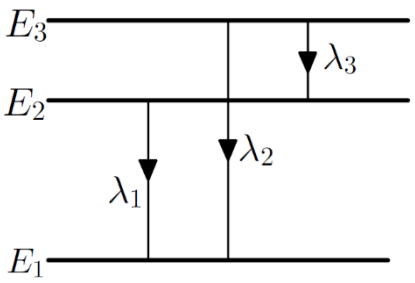
แผนภาพแสดงโครงสร้างระดับพลังงานของอิเล็กตรอนชั้นนอกสุดของอะตอมบางตัว โดย λ_1, λ_2 *และ* λ_3 *คือความยาวคลื่นของรังสีที่ปล่อยออกมาเมื่ออิเล็กตรอนกระโดดระหว่างระดับพลังงาน* E_1, E_2 *และ* E_3 *ตามทิศลูกศร*

พิจารณาข้อความต่อไปนี้

ก. $\lambda_2 = \lambda_1 + \lambda_3$

ข. ความถี่ของรังสีที่ปล่อยออกมาของความยาวคลื่น λ_3 *มีค่าน้อยกว่าความถี่ของรังสีที่ปล่อยออกมาของความยาวคลื่น* λ_2

ค. ถ้า λ_2 *คือความยาวคลื่นในย่านรังสีอัตราไวโอเลต ดังนั้น* λ_1 *อาจเป็นความยาวคลื่นในย่านแสงที่ตามองเห็นได้*

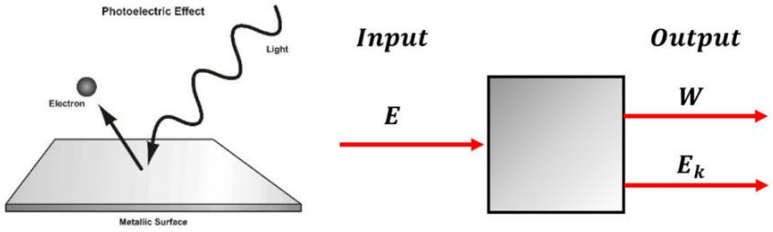


คำถาม *ข้อความใดถูกต้อง*

1. และ ค.
2. และ ค.
3. เท่านั้น
4. เท่านั้น
5. เท่านั้น

ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (Photoelectric Effect)

เป็นปรากฏการณ์ที่ "แสง" (โฟตอน) ชนกับ "โลหะ" แล้วทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมา เป็นหลักฐานสำคัญว่าแสงประพฤติตัวเป็นอนุภาค



แนวคิดของสมการคือ พลังงานแสงที่พุ่งเข้าไปในโลหะจะต้องใช้พลังงานส่วนหนึ่งในการดึงอิเล็กตรอนให้หลุดออกจากโลหะก่อน พลังงานที่เหลือจึงจะเป็นพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนที่หลุดออกมา

พลังงานแสง = พลังงานในการดึงอิเล็กตรอน + พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอน

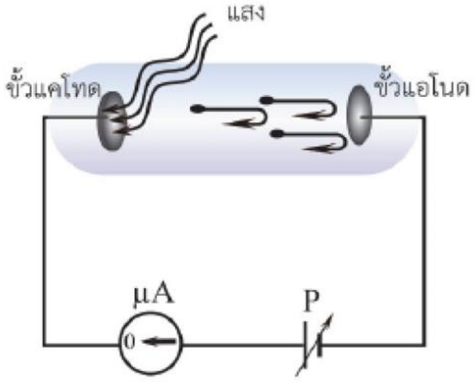
$$E = W + E_k$$

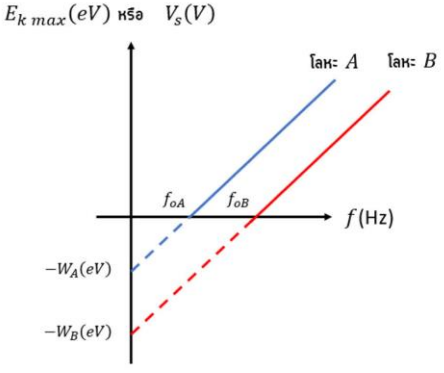
$$hf = hf_0 + \frac{1}{2}mv^2 \qquad \text{หน่วย จูล}$$

$$\frac{1240}{\lambda} = \frac{1240}{\lambda_0} + eV \qquad \text{หน่วย อิเล็กตรอนโวลต์}$$

ตัวแปร:

- E = **พลังงานของโฟตอน** ที่ยิงเข้าไป
- W = **ฟังก์ชันงาน** (Work Function) คือ "พลังงานขั้นต่ำ" ที่ต้องใช้เพื่อดึงอิเล็กตรอนให้หลุดจากโลหะ (เป็นค่าเฉพาะตัวของโลหะแต่ละชนิด)
- E_k = **พลังงานจลน์สูงสุด** (Maximum Kinetic Energy) ของอิเล็กตรอนที่หลุดออกมา
- หน่วยของพลังงาน คือ หน่วย eV หรือ J โดยต้องใช้หน่วยเดียวกันทุกตัว





ข้อที่ 7 *โลหะชนิดหนึ่งมีค่าพลังงานยึดเหนี่ยว 2 อิเล็กตรอนโวลต์ ความยาวคลื่นของแสงค่าใดที่ตกกระทบโลหะนี้แล้วจะไม่มีโฟโตอิเล็กตรอนหลุดออกมา*

1. 410
2. 484
3. 600
4. 610
5. 640

ข้อที่ 8

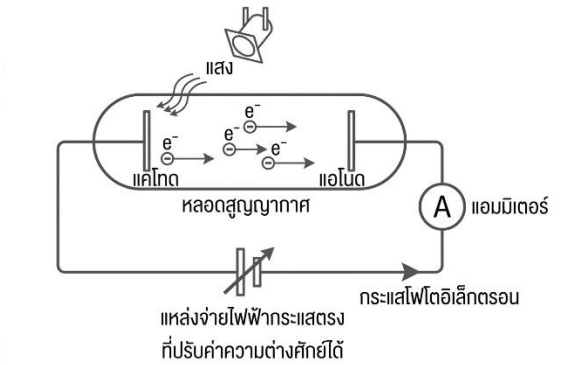
ในการทดลองปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก เมื่อฉายแสงที่มีพลังงาน 5.0 อิเล็กตรอนโวลต์ลงบนผิวโลหะชนิดหนึ่ง พบว่าเกิดกระแสไฟฟ้าในวงจรโฟโตอิเล็กทริกได้ และทำให้โฟโตอิเล็กตรอนที่หลุดออกมามีพลังงานจลน์สูงสุด 0.5 อิเล็กตรอนโวลต์

คำถาม *ถ้าใช้แสงที่มีความถี่เพียงครึ่งหนึ่งของความถี่เดิม พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนมีค่ากี่อิเล็กตรอนโวลต์*

1. 0.2 อิเล็กตรอนโวลต์
2. 0.5 อิเล็กตรอนโวลต์
3. 1.0 อิเล็กตรอนโวลต์
4. 2.5 อิเล็กตรอนโวลต์
5. ไม่เกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

ข้อที่ 9

ในการทดลองเรื่องโฟโตอิเล็กทริก เมื่อฉายแสงที่มีความถี่และความเข้มค่าหนึ่งกระทบแผ่นโลหะชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเป็นแผ่นบางที่ขั้วแคโทด ซึ่งอยู่ในหลอดสุญญากาศ พบว่าจะมีความจุไฟฟ้าออกมาจากแผ่นโลหะที่ขั้วแคโทดและเคลื่อนที่ไปยังขั้วแอนโอด ซึ่งมีการต่อแอมมิเตอร์และแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ปรับค่าความต่างศักย์ได้โดยความต่างศักย์ไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าเป็นศูนย์ ทำให้เกิดกระแสโฟโตอิเล็กตรอนในวงจร ดังรูป



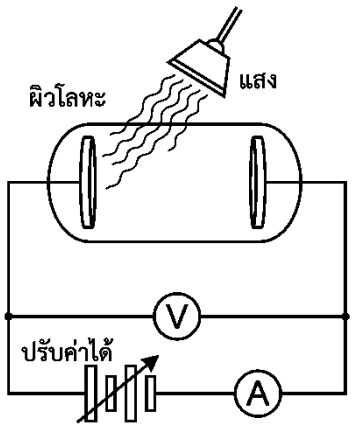
กำหนดให้ *ความถี่ของแสงมีค่ามากกว่าค่าความถี่ขีดเริ่ม*

คำถาม *เมื่อควบคุมตัวแปรอื่นให้คงตัว การปรับการทดลองในข้อใดจะทำให้กระแสโฟโตอิเล็กตรอนมีค่ามากขึ้น*

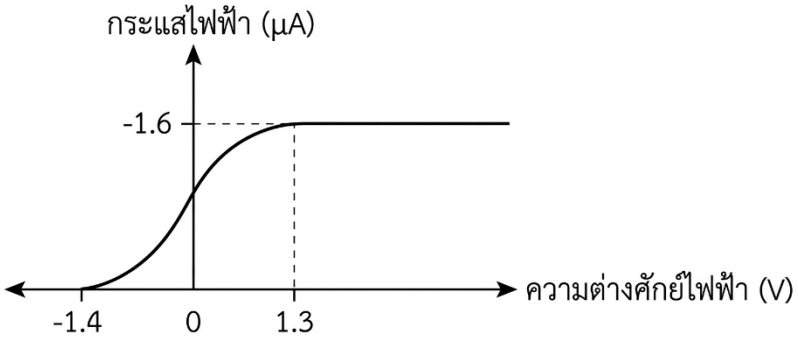
1. เพิ่มความถี่ของแสง
2. ลดขนาดของแผ่นโลหะ
3. เพิ่มความต่างศักย์ไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้า
4. ขยับแหล่งกำเนิดแสงให้เข้าใกล้แผ่นโลหะมากขึ้น
5. เปลี่ยนชนิดของแผ่นโลหะที่มีค่าฟังก์ชันงานมากขึ้น

ข้อที่ 10

ทดลองปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก โดยฉายแสงความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร ให้ตกกระทบผิวโลหะชนิดหนึ่ง และต่อความต่างศักย์กลับขั้วตามการทดลองดังภาพ



เมื่อปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า ได้ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเป็นดังกราฟ



จากผลการทดลอง พิจารณาข้อสรุปต่อไปนี้

- ***ข้อสรุปที่ 1:*** *แสงที่ฉายลงบนแผ่นโลหะต้องมีความยาวคลื่นมากกว่า 440 นาโนเมตรเท่านั้น เพื่อจะทำให้วัดค่ากระแสไฟฟ้าได้มากกว่าศูนย์*
- ***ข้อสรุปที่ 2:*** *การเกิดโฟโตอิเล็กตรอนไม่ขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นของแสง*
- ***ข้อสรุปที่ 3:*** *เมื่อวัดกระแสไฟฟ้าได้ 1.6 ไมโครแอมแปร์ ความต่างศักย์ไฟฟ้ามีค่า 1.3 โวลต์เท่านั้น*
- ***ข้อสรุปที่ 4:*** *โฟโตอิเล็กตรอนมีค่าพลังงานจลน์สูงสุดเท่ากับ 1.4 อิเล็กตรอนโวลต์*

คำถาม จากข้อมูล ข้อสรุปใดถูกต้อง

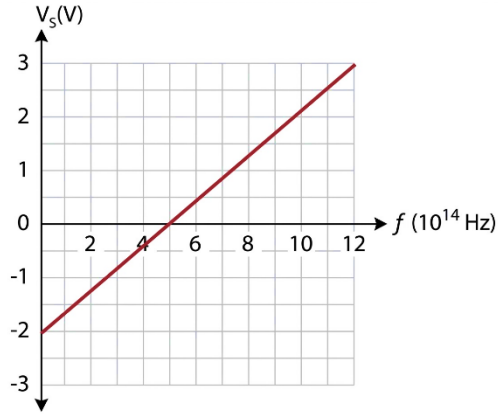
1. ข้อสรุปที่ 2 เท่านั้น
2. ข้อสรุปที่ 4 เท่านั้น
3. ข้อสรุปที่ 1 และ 2
4. ข้อสรุปที่ 2 และ 3
5. ข้อสรุปที่ 3 และ 4

ข้อที่ 11

เมื่อฉายแสงความถี่ f ค่าต่าง ๆ ตกกระทบผิวโลหะชนิดหนึ่ง ได้ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์หยุดยั้งกับความถี่ของแสง ดังกราฟ

กำหนดให้ e *เป็นค่าประจุของอิเล็กตรอน*

h *เป็นค่าคงตัวของพลังค์ในหน่วยจูล วินาที*

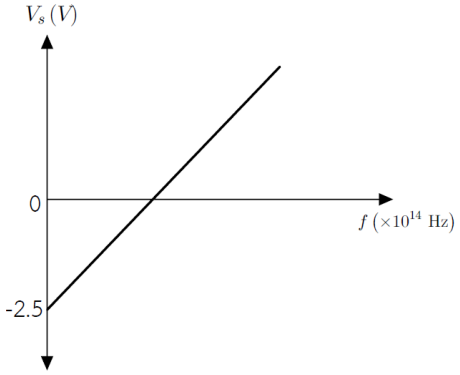


คำถาม *พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนมีค่ากี่อิเล็กตรอนโวลต์*

1. $\frac{hf}{e} - 2.0$
2. $\frac{hf}{e} + 2.0$
3. $\frac{hf}{e} + 5.0$
4. $hf - 2.0e$
5. $hf + 2.0e$

ข้อที่ 12

ในการทดลองเรื่องปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์หยุดยั้ง (V_S) *กับความถี่* (f) *ของแสงที่ตกกระทบผิวโลหะเป็นดังกราฟ เมื่อแสงความถี่* 4.5×10^{14} *เฮิรตซ์ ตกกระทบผิวโลหะ*



พิจารณาข้อความต่อไปนี้

ก. ฟังก์ชันงานของโลหะมีค่าเท่ากับ 4.00 x 10^{-19} จูล

ข. ไม่เกิดโฟโตอิเล็กตรอน

ค. ความถี่ขีดเริ่มมีค่าประมาณ 690 x 10^{12} เฮิรตซ์

คำถาม ข้อความใดถูกต้อง

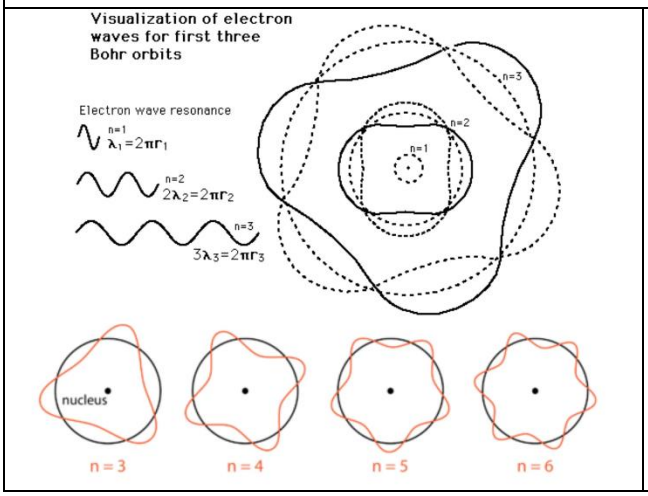
1. ข้อ ก. เท่านั้น
2. ข้อ ข. เท่านั้น
3. ข้อ ค. เท่านั้น
4. ข้อ ก. และ ค.
5. ข้อ ก. และ ข.

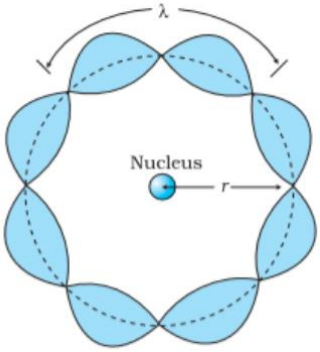
ความยาวคลื่นเดอบรอยล์ (de Broglie Wavelength)

นี่คือแนวคิด "สมบัติทวิภาคของคลื่นและอนุภาค" (Wave-Particle Duality)

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

- **คืออะไร:** สมการของ **หลุยส์ เดอ บรอยล์** ที่บอกว่า "สสาร" หรือ "อนุภาค" (เช่น อิเล็กตรอน, โปรตอน, หรือแม้แต่ตัวเรา) ก็มีสมบัติเป็น "คลื่น" ได้
- **ตัวแปร:**
  - λ (แลมบ์ดา) = **ความยาวคลื่นเดอบรอยล์** (m)
  - h = ค่าคงที่ของพลังค์
  - p = **โมเมนตัม** ของอนุภาคนั้น $p = mv$
- **อธิบาย:** วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่จะมีคลื่นกำกับอยู่ด้วย วัตถุที่มวลมาก (เช่น ตัวเรา) จะมี P มาก λ จะสั้นมากๆ จนวัดไม่ได้ แต่ถ้าเป็นอนุภาคที่เล็กมาก (เช่น อิเล็กตรอน) P จะน้อย λ จะมีความยาวคลื่นที่วัดได้จริง (เช่น ทำให้เกิดการเลี้ยวเบนได้เหมือนคลื่น)





ข้อที่ 13

อนุภาค A และ B กำลังเคลื่อนที่เป็นแนวตรง อนุภาค B มีมวลเป็นครึ่งหนึ่งของอนุภาค A และมีพลังงานจลน์เป็น 8 เท่าของ A

คำถาม *อัตราส่วนระหว่างความยาวคลื่นเดอบรอยล์ของอนุภาค B ต่ออนุภาค A เป็นเท่าใด*

1. 0.25
2. 0.5
3. 1
4. 2
5. 4

ข้อที่ 14

ความยาวคลื่นเดอบรอยล์ของอิเล็กตรอนเท่ากับ 0.10 นาโนเมตร

คำถาม *พลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนมีค่าเท่าไร*

1. 2.4×10^{-17} จูล
2. 4.8×10^{-17} จูล
3. 2.0×10^{-16} จูล
4. 1.0×10^{-15} จูล
5. 5.0×10^{-14} จูล

ข้อที่ 15

อนุภาค A มีมวลเป็น 1/4 เท่าของอนุภาค B ถ้าอนุภาคทั้งสองมีพลังงานจลน์เท่ากัน ความยาวคลื่นเดอบรอยล์ของอนุภาค A เป็นกี่เท่าของอนุภาค B

1. *1/4*
2. *1/2*
3. *2*
4. *4*
5. *6*

ข้อที่ 16

ถ้าอัตราส่วนความยาวคลื่นเดอบรอยล์ของอิเล็กตรอนต่ออนุภาค A เป็น 4000 อัตราส่วนพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนต่ออนุภาค A จะเป็นเท่าใด กำหนด มวลของอิเล็กตรอน = 0.0005 u ; มวลของอนุภาค A = 1.0000 u

1. *1/1000*
2. *1/2000*
3. *1/4000*
4. *1/8000*
5. *1/12000*