

Quantum Physics : Thomson , Bohr, Photoelectric

1) Thomson : หา $\frac{e}{m}$

• ประจุถูกเร่ง

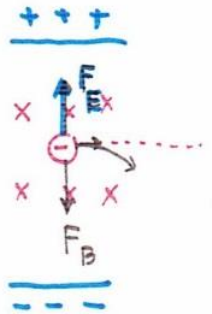
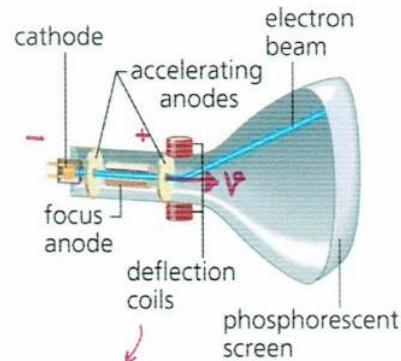
$$qV_a = \frac{1}{2}mv^2$$

• ประจุเคลื่อนที่โค้งในสนามแม่เหล็ก

$$R = \frac{mv}{qB}$$

• ประจุเคลื่อนที่แนวตรง

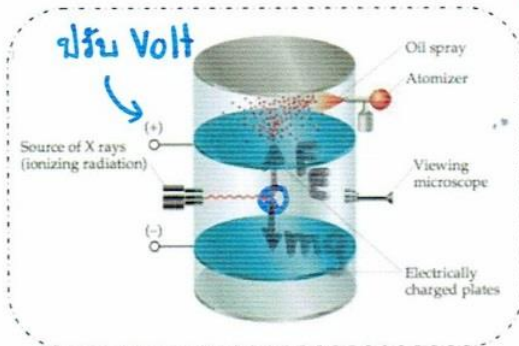
$$F_E = F_B$$



2) Millikan : หา e, m

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

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



$$F_E = mg$$

$$qE = mg$$

$$(ne) \rho V \rightarrow V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

ห: จ.ห อี (ตัว)

3) Bohr

$k, L, M, N, \dots$

De Broglie

$\Rightarrow e^-$ มีวงพิเศษ วนแบบคลื่นนิ่งไม่เสียพลังงาน

$$L = mvr = n\hbar$$

$$1.054 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi}$$



วงรอบ 5 วั



$$\Delta E = |E_i - E_f|$$

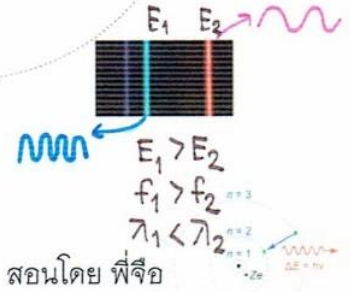
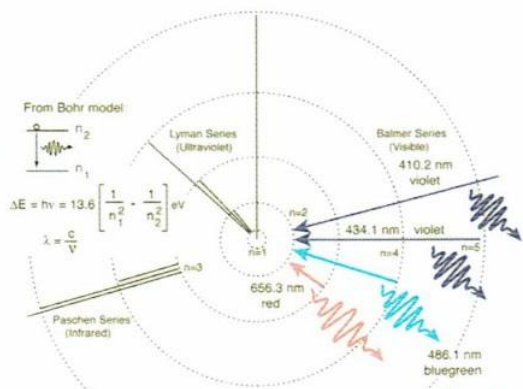
หาพลังงานที่ e^- ปลอย

โฟตอน

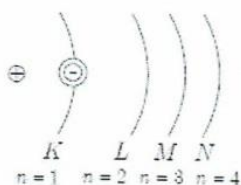
$$J \left\{ \begin{aligned} \Delta E &= hf && \text{หน่วย Hz} \\ &= 6.6 \times 10^{-34} \text{ Js} \end{aligned} \right.$$

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$eV \left\{ \begin{aligned} \Delta E &= \frac{1240}{\lambda_{nm}} && \text{ระวัง } 1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J} \end{aligned} \right.$$

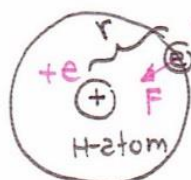


- 4) การหา r, v, f, E ของ e^- ในแต่ละชั้น
รัศมีวงโคจร



$$\begin{aligned} r &\propto n^2 \\ v &\propto \frac{1}{n} \\ f &\propto \frac{1}{n^3} \end{aligned}$$

$$E_n = \frac{-13.6}{n^2} \text{ eV}$$



$$\Sigma F_c = m a_c$$

$$F = \frac{m v^2}{r}$$

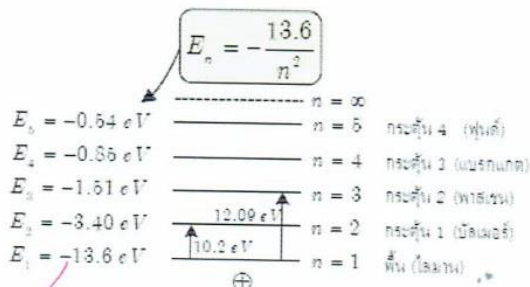
$$\frac{k e e}{r^2} = \frac{m v^2}{r}$$

$$r k e^2 = m v^2 r^2$$

link r and n ; $m r k e^2 = m^2 v^2 r^2 = (m v r)^2$

$$r = \frac{(n \hbar)^2}{m k e^2} = \left(\frac{\hbar^2}{m k e^2} \right) n^2$$

- 5) การคำนวณสเปกตรัมของ H-atom



ได้นิวเคลียส
โดย nucleus

$$\Delta E = |E_i - E_f| = \frac{1240}{\lambda_{nm}}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{min} &\rightarrow \Delta E_{max} \\ \lambda_{max} &\rightarrow \Delta E_{min} \end{aligned}$$

$$\lambda_{nm} = \frac{1240}{\Delta E}$$

$$|E_i - E_f|$$

หา λ ที่ e^- คายเมื่อเปลี่ยนชั้นพลังงานได้

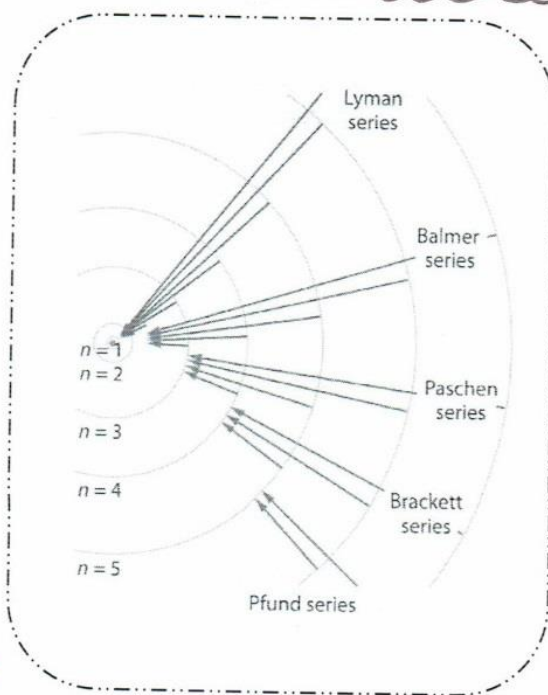
Note

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

เลี้ยว แทนพลังงานใหม่

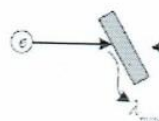
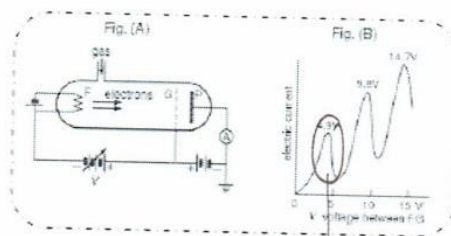
ค่าคงที่ "ริดเบิร์ก" $R_H = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$

$$\begin{aligned} \text{Note } \Delta E &= |E_i - E_f| \\ I E &= |E_i| \end{aligned}$$



- 6) การทดลองสนับสนุนระดับพลังงานอะตอมเป็นขั้นๆไม่ต่อเนื่องของ Bohr

- ฟรังก์ - เฮิร์ตซ์ : ทดลอง atom ของปรอท
- Roentgen : ทดลองรังสี x-rays



เป้าโลหะ

$$\lambda_{min, nm} = \frac{1240}{V}$$

ศักย์ไฟฟ้าเร่งอิเล็กตรอน

ดูกลืนพลังงาน
ทำให้ I ของ e ตกลง

x-ray { ต่อเนื่อง
ไม่ต่อเนื่อง *

Note ให้ศักย์ไฟฟ้า $V = 1 \text{ volt}$ แก่ e^- จะทำให้อิเล็กตรอนมีพลังงาน $= 1 \text{ eV}$

Facebook : phymath.pjue



โดย x-rays $\rightarrow \lambda_{min} \rightarrow f_{max} \rightarrow E_{max}$

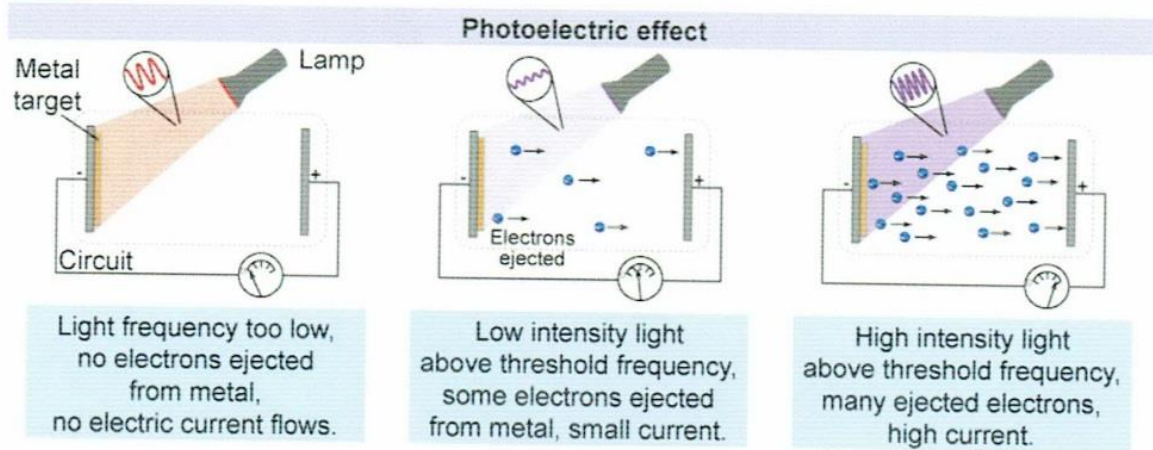
สอนโดย พี่จิว



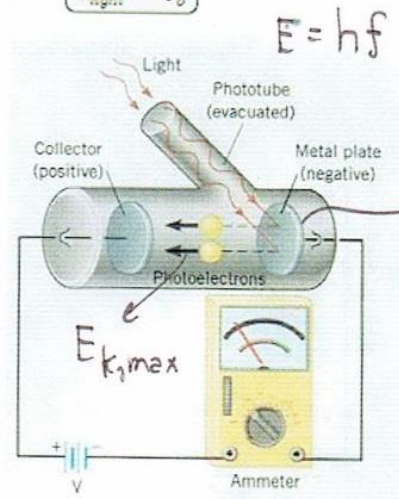
7) การสนับสนุนคลื่นเป็นอนุภาค เสนอโดย ไอน์สไตน์

7.1 ปรากฏการณ์ Photoelectric

wave เป็น particle
 อนุภาค



- โฟโตอิเล็กตรอนจะเกิดได้เมื่อ $f_{light} \geq f_0$



$$E = hf$$

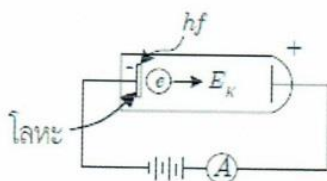
พลังงานยึดเหนี่ยว (Work. f^0)

$$W = hf_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$$

f จัดเริ่ม นุดจากโลหะ

$$E = W + E_{k,max}$$

- พลังงานจลน์ของโฟโตอิเล็กตรอนวัดค่าได้โดยการ เปลี่ยนเป็นรูปค่าพลังงานศักย์ไฟฟ้า



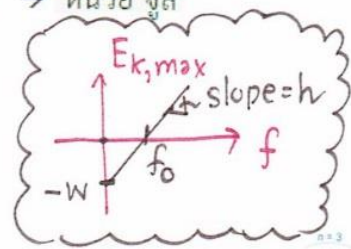
$$E_{k,max} = eV_s$$

$$W = hf_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$$

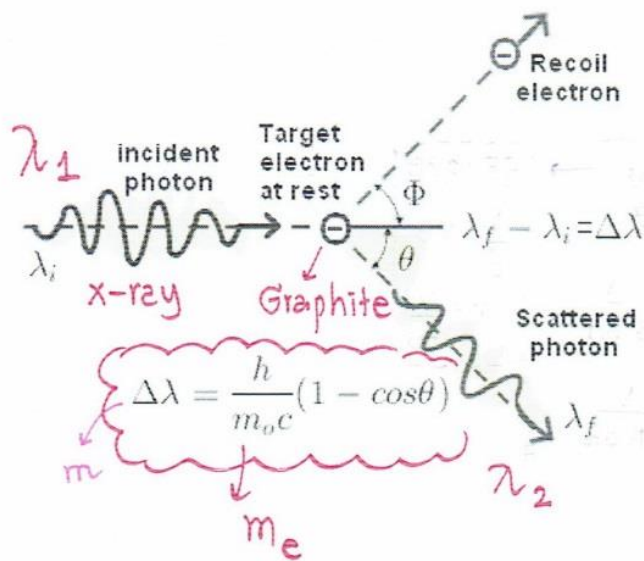
คักย์หยุดชั่ว
 $= \frac{1}{2}mv^2$

สูตรที่ 1 $E_{k,max} = hf - W$ → พลังงานยึดเหนี่ยว (ฟังก์ชันงาน) → หน่วย จูล

สูตรที่ 2 $V_s = \frac{1240}{\lambda_{nm}} - W_{(eV)}$ → หน่วย อิเล็กตรอนโวลต์



7.2 ปรากฏการณ์คอมป์ตัน : การกระเจิงของอนุภาคแกมมา



8) การสนับสนุนอนุภาคเป็นคลื่น พบโดย เดอบรอยด์

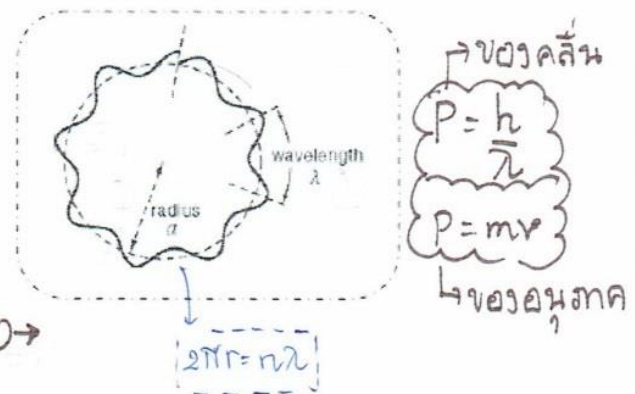
$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}} = \frac{h}{\sqrt{2mqV}}$$

particle เป็น wave

ไม่แน่นอน

λ

λ



เฉลยโจทย์ฟิสิกส์อะตอม

- 1) ในการทดลองหลอดรังสีแคโทดหากมีสนามแม่เหล็ก B มีค่า 0.25×10^{-3} เทสลา ทำให้รังสีเบนลงด้วยรัศมีความโค้ง R ถ้าผ่านกระแสไฟฟ้าเพื่อให้เกิดสนามไฟฟ้าระหว่างแผ่นโลหะ 4.5×10^3 โวลต์/เมตรทำให้รังสีแคโทดพุ่งเป็นเส้นตรงไม่เบี่ยงเบน ให้ระยะห่างระหว่างแผ่นโลหะเท่ากับ 1 เซนติเมตร $e/m = 1.8 \times 10^{11}$ คูลอมบ์/กิโลกรัม ค่า R จะมีค่าเท่ากับเท่าใด

1. 0.04 เมตร
2. 0.08 เมตร
3. 0.1 เมตร
4. 0.2 เมตร
5. 0.4 เมตร

$$R = \frac{mv}{qB}$$

$$= \frac{mE}{qB^2}$$

$$= \frac{4.5 \times 10^3}{(1.8 \times 10^{11})(0.25 \times 10^{-3})^2}$$

$qE = qvB$

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

$$R = 0.4 \text{ m}$$



- 2) ในการทดลองวัดอัตราส่วนประจุต่อมวล ($\frac{q}{m}$) ของอนุภาคในรังสีแคโทด โดยวิธีของทอมสันพบว่า เมื่อใช้สนามแม่เหล็กซึ่งมีความเข้ม B รังสีแคโทดจะเบี่ยงเบนไปเป็นทางโค้ง ซึ่งมีรัศมี R ต่อมาเพื่อใส่สนามไฟฟ้าเข้าไป โดยทำให้เกิดความต่างศักย์ V ระหว่างแผ่นโลหะ 2 แผ่น ซึ่งวางห่างกันเป็นระยะ d รังสีแคโทดจะเดินทางเป็นเส้นตรงโดยไม่เกิดการเบี่ยงเบน อัตราส่วนประจุต่อมวลของอนุภาคในรังสีแคโทดจะมีค่าเท่าใด

$$\begin{aligned}
 & 1. \frac{V}{BdR} \\
 & 2. \frac{V}{B^2dR} \\
 & 3. \frac{BdR}{V} \\
 & 4. \frac{B^2dR}{V}
 \end{aligned}$$

$R = \frac{mv}{qB}$
 $R = \frac{m}{qB} \frac{V}{Bd}$
 $\frac{q}{m} = \frac{V}{B^2dR}$ #

$qE = qVB$
 $\frac{V}{d} = VB$
 $V = \frac{V}{Bd}$

- 3) ในการทดลองหยดน้ำมันของมิลลิแกนพบว่าถ้าต้องการให้หยดน้ำมัน ซึ่งมีมวล m และอิเล็กตรอนเกาะอยู่ n ตัว ลอยนิ่งอยู่ระหว่างแผ่นโลหะ 2 แผ่น ซึ่งวางขนานห่างกันเป็นระยะทาง d และมีความต่างศักย์ V ประจุของอิเล็กตรอนที่คำนวณได้จากการทดลองนี้จะมีค่าเท่าใด

$$\begin{aligned}
 & 1. \frac{mgd}{nV} \\
 & 2. \frac{mgV}{nd} \\
 & 3. \frac{nmgd}{V} \\
 & 4. \frac{nV}{mgd}
 \end{aligned}$$

$qE = mg$
 $q \frac{V}{d} = mg$
 $q = \frac{mgd}{V}$
 $(ne) = \frac{mgd}{V}$
 $e = \frac{mgd}{nV}$ #

- 4) ในการทดลองหยดน้ำมันของมิลลิแกน พบว่าต้องการให้หยดน้ำมัน ซึ่งมีมวล 4.8×10^{-15} กิโลกรัม ลอยนิ่งอยู่ระหว่างแผ่นโลหะ 2 แผ่น ซึ่งวางขนานห่างกัน 1.0 เซนติเมตร ต้องใช้ความต่างศักย์ระหว่างแผ่นโลหะ 300 โวลต์ ถ้าอิเล็กตรอนมีประจุ 1.6×10^{-19} คูลอมบ์ และความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกเท่ากับ 10 เมตร/(วินาที)² หยดน้ำมันหยดนี้จะมีอิเล็กตรอนเกาะอยู่ที่ตัว

$$\begin{aligned}
 & 1. 1 \text{ ตัว} \\
 & 2. 10 \text{ ตัว} \\
 & 3. 100 \text{ ตัว} \\
 & 4. 1,000 \text{ ตัว}
 \end{aligned}$$

$qE = mg$
 $neE = mg$
 $n = \frac{(4.8 \times 10^{-15}) 10}{(1.6 \times 10^{-19}) (300)} = 100 \text{ ตัว}$

- 5) รังสีแอลฟาเคลื่อนที่เฉียดนิวเคลียสของทองคำ พลังงานจลน์ของรังสีแอลฟา ณ ตำแหน่งที่เข้าใกล้นิวเคลียสของทองคำมากที่สุด มีค่า

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



6) อิเล็กตรอนที่สถานะกระตุ้นที่ 3 จะมีความเร็วเป็นกี่เท่าของอิเล็กตรอนที่สถานะพื้นฐาน

$\hookrightarrow n=4$ $\hookrightarrow n=1$
 $\textcircled{1} \frac{1}{4}$ $v \propto \frac{1}{n}$
 2. $\frac{1}{3}$
 3. 3 $\frac{v_4}{v_1} = \frac{1}{4}$ #
 4. 4

7) จากโครงสร้างของอะตอมไฮโดรเจนตามทฤษฎีของโบร์ อิเล็กตรอนที่อยู่ในวงโคจรที่ 3 จะมีรัศมีของวงโคจรเป็นกี่เท่า ของอิเล็กตรอนที่อยู่ในวงโคจรที่ 2

$r_n = a_0 n^2$
 $\frac{r_3}{r_2} = \frac{3^2}{2^2}$
 $= \frac{9}{4}$ #
 1. $\frac{4}{9}$
 2. $\frac{2}{3}$
 3. $\frac{3}{2}$
 $\textcircled{4} \frac{9}{4}$

8) สำหรับอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจนตามทฤษฎีของโบร์ ค่าพลังงานจลน์เป็นกี่เท่าของพลังงานศักย์ไฟฟ้า

$E_k = \frac{1}{2} |E_p|$
 1. 1
 2. 2
 $\textcircled{3} \frac{1}{2}$
 4. $\frac{1}{4}$

9) สมการใดต่อไปนี้ ไม่ได้ใช้ในการคำนวณหารัศมีวงโคจรของอิเล็กตรอนของอะตอมไฮโดรเจนตามแบบจำลองของโบร์ (PAT 2 Mar' 55)

$\Sigma F_c = m a_c$
 $\frac{k e e}{r^2} = \frac{m v^2}{r}$
 $\frac{k e^2}{r} = m v^2$
 $m r k e^2 = m^2 v^2 r^2$
 $m r k e^2 = (n \hbar)^2$
 $\therefore r_n = \frac{n^2 \hbar^2}{m k e^2} = r_1 n^2$ #
 $L = m v r = n \hbar$


- 10) ตามทฤษฎีอะตอมของโบร์ เมื่ออิเล็กตรอนของอะตอมไฮโดรเจน เปลี่ยนสถานะจาก $n = 5$ ไปยัง $n = 3$ รัศมีวงโคจรของอิเล็กตรอนเปลี่ยนไปที่เท่าของรัศมีโบร์ (PSU-Quota' 56)

$$\begin{aligned} \Delta r &= r_5 - r_3 \\ &= 2.5^2 - 2.0^2 \\ &= 16a_0 \quad \# \end{aligned}$$

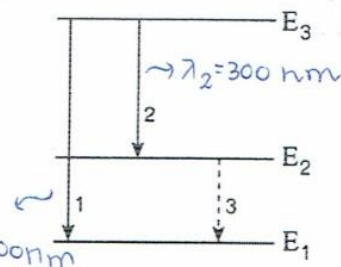
1. 2
2. 4
3. 9
4. 16

- 11) อิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจนเปลี่ยนระดับพลังงานจากชั้น $n = 3$ ไปชั้น $n = 2$ จะปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีพลังงานกี่อิเล็กตรอนโวลต์ (PAT 2 Oct' 54)

$$\begin{aligned} \Delta E &= E_3 - E_2 \\ &= -1.51 - (-3.4) \\ &= +1.89 \text{ eV} \quad \# \end{aligned}$$

1. 1.4
2. 1.7
3. 1.9
4. 2.3

- 12) ในรูป แสดงแผนภาพของระดับพลังงานของอะตอมหนึ่ง พบว่าอะตอมจะแผ่รังสีที่มีความยาวคลื่น 200 นาโนเมตร และ 300 นาโนเมตร เมื่อมีการเปลี่ยนระดับพลังงานตามเส้นทาง 1 และ 2 ตามลำดับ ถ้ามีการเปลี่ยนระดับพลังงานตามเส้นทาง 3 (เส้นประ) อะตอมนี้จะแผ่รังสีที่มีความยาวคลื่นเท่าใดออกมา (Ent Oct' 46)

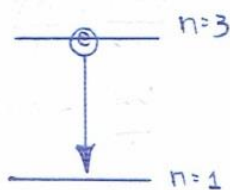


$$\begin{aligned} E_3 &= E_1 - E_2 \\ \frac{1240}{\lambda} &= \frac{1240}{200} - \frac{1240}{300} \\ \therefore \lambda_3 &= 600 \text{ nm} \quad \# \end{aligned}$$

1. 100 nm
2. 400 nm
3. 500 nm
4. 600 nm

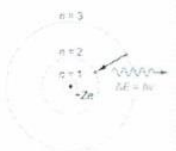
- 13) อะตอมไฮโดรเจนตามแบบจำลองอะตอมของโบร์ มีการเปลี่ยนระดับพลังงานจากชั้น $n = 3$ ไปยังชั้น $n = 1$ พลังงานศักย์ไฟฟ้า (ไม่ใช่พลังงานทั้งหมด) ของอะตอมนี้เปลี่ยนไปเท่าใด (7 วิชาสามัญ, กสพท : Jan' 55)

1. เพิ่มขึ้น 12.1 eV
2. เพิ่มขึ้น 24.2 eV
3. ลดลง 1.5 eV
4. ลดลง 12.1 eV
5. ลดลง 24.2 eV



$$\begin{aligned} \Delta E_p &= E_{P3} - E_{P1} \\ &= 2[-1.51 - (-13.6)] \\ &= 24.2 \text{ eV} \end{aligned}$$

$$|E_p| = 2E_k = 2E_T$$



14) จากตัวเลือกต่อไปนี้

- ก. โฟโตอิเล็กตรอนจะเกิดขึ้นเมื่อแสงมีความถี่สูงกว่าความถี่ขีดเริ่ม ✓
 ข. โฟโตอิเล็กตรอนจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นเมื่อแสงมีความเข้มมากขึ้น ✓
 ค. โฟโตอิเล็กตรอนจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นเมื่อแสงมีความถี่สูงขึ้น ✗
 ง. พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอนขึ้นกับความเข้มแสง ✗
- มีข้อที่เป็นผลจากปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (PAT 2 Mar' 55)

$$f \uparrow \rightarrow E_{k, \max} \uparrow$$

$$I \text{ (ความเข้ม)} \uparrow \rightarrow n \text{ photo } e^- \uparrow$$

1. 1

~~2.~~ 2

3. 3

4. 4

15) ในการทดลองเรื่องปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ใช้แสงความถี่ 7.0×10^{14} เฮิร์ตซ์ ตกกระทบผิวโลหะที่มีค่าฟังก์ชันงานเท่ากับ 2.3 อิเล็กตรอนโวลต์ จงหาความต่างศักย์หยุดยั้งของโฟโตอิเล็กตรอนนี้ (Ent Oct'46)

~~1.~~ 0.6 V

2. 2.3 V

3. 2.9 V

4. 5.2 V

$$E_{k, \max} = hf - W$$

$$eV_s = hf - W$$

$$V_s = \frac{hf - W}{e} = \frac{(6.6 \times 10^{-34})(7 \times 10^{14})}{1.6 \times 10^{-19}} - 2.3$$

$$= 0.6 \text{ Volt}$$

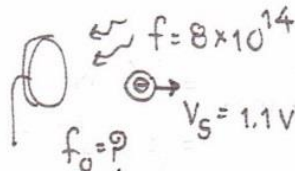
16) เมื่อแสงความถี่ 8.0×10^{14} เฮิร์ตซ์ ตกกระทบผิวโลหะชนิดหนึ่ง พบว่า ความต่างศักย์หยุดยั้งเท่ากับ 1.1 โวลต์ ความถี่ขีดเริ่มของแสงสำหรับผิวโลหะนี้เป็นเท่าใด (Ent Mar'48)

1. 2.7×10^{14} Hz

~~2.~~ 5.3×10^{14} Hz

3. 6.6×10^{14} Hz

4. 10.7×10^{14} Hz



$$E_{k, \max} = hf - W$$

$$eV_s = hf - hf_0 \text{ (J)}$$

$$\frac{eV_s}{h} = f - f_0$$

$$f_0 = f - \frac{eV_s}{h} = 8 \times 10^{14} - \frac{1.6 \times 10^{-19} (1.1)}{6.6 \times 10^{-34}}$$

$$\therefore f_0 = 5.3 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

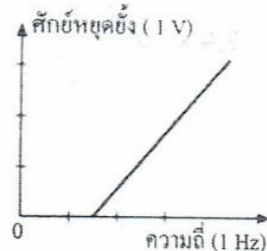
17) ความชันของกราฟนี้จากการทดลองเรื่องปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกเป็นค่าตามข้อใด (A-NET Mar' 52)

1. ฟังก์ชันงาน ϕ

2. $\frac{\phi}{e}$

3. he

~~4.~~ $\frac{h}{e}$



$$eV_s = hf - W$$

$$V_s = \left(\frac{h}{e}\right)f - \frac{W}{e}$$

↓
slope



18) จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

- ก. ปรากฏการณ์คอมป์ตัน สนับสนุนแนวคิด อนุภาคประพัตต์ัวเป็นคลื่นได้ $\times$
 ข. การทดลองของฟรังค์และเฮิร์ตซ์ สนับสนุนแนวคิด ระดับพลังงานของอะตอมมีค่าไม่ต่อเนื่อง $\checkmark$
 ค. ทฤษฎีอะตอมของโบร์ สนับสนุนแนวคิด คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประพัตต์ัวเป็นอนุภาคได้ $\times$

ข้อใดถูก (PSU-Quota' 54)

1. ข้อ ก. และ ข.
2. ข้อ ก. และ ค.
3. ข้อ ข. และ ค.
4. $\textcircled{4}$ คำตอบเป็นอย่างอื่น

19) ความยาวคลื่นเคอบรอยส์ของอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจนที่ระดับพลังงาน $n = 4$ เป็นกี่เท่าของที่ระดับพลังงาน $n = 2$ (PAT 2 Mar' 54)

1. $\frac{1}{2}$
2. $\textcircled{2}$ 2
3. 4
4. 8

$$\begin{aligned} 2\pi r &= n\lambda \\ 2\pi r_0 n^2 &= n\lambda \\ \lambda &\propto n^2 \\ \therefore \frac{\lambda_4}{\lambda_2} &= \frac{4}{2} = 2 \end{aligned}$$

20) แสงความถี่ 7×10^{14} เฮิรตซ์ ตกกระทบบโลหะที่มีค่าฟังก์ชันงาน 4.3×10^{-19} จูล อิเล็กตรอนที่หลุดจากผิวจะมีโมเมนตัมสูงสุดเท่าใด (Ent Mar' 47)

1. $3.2 \times 10^{-19} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
2. $1.4 \times 10^{-20} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
3. $3.2 \times 10^{-20} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
4. $\textcircled{4}$ $2.4 \times 10^{-25} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$\begin{aligned} E_{k, \max} &= hf - W \\ &= (6.6 \times 10^{-34}) 7 \times 10^{14} - 4.3 \times 10^{-19} \\ &= 4.62 \times 10^{-19} - 4.3 \times 10^{-19} \\ &= 0.32 \times 10^{-19} \text{ J} \\ p &= \sqrt{2mE_k} \\ &= \sqrt{2(9.1 \times 10^{-31}) 0.32 \times 10^{-19}} \\ &= 2.4 \times 10^{-25} \text{ kg} \cdot \text{m/s} \end{aligned}$$

