ปฏิบัติการประจำห้อง F10316 : ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (Photoelectric Effect)

วัตถุประสงค์การทดลอง

1. เพื่อศึกษาลักษณะของปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ของความเข้มและความถี่ของแสงที่มีผลต่อปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

ทฤษฎี

ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (Photoelectric Effect) เป็นปรากฏการณ์เมื่อแสงที่มีค่าความยาวคลื่นหรือความถี่ค่าๆหนึ่งตกกระทบโลหะ หรือตัวกลาง และทำให้อนุภาคที่มีค่าประจุเกิดการหลุดออกจากโลหะนั้น ๆ ซึ่งปรากฏการณ์นี้เป็นปรากฏการณ์ที่ช่วยในการอธิบายลักษณะของแสงที่นอกจากประพฤติตัวในลักษณะคลื่นแล้วยังสามารถพิจารณาในลักษณะของพลังงานได้

ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกถูกค้นพบในปี พ.ศ. 2430 โดย **ไฮน์ริช รูด็อล์ฟ แฮทซ์** นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน ซึ่งเขาได้สังเกตเห็นว่าแสงเมื่อตกกระทบโลหะจะมีอนุภาคที่มีค่าประจุหลุดออกมา และในปี พ.ศ. 2441 **ทอมสัน**นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษได้ทำการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนระหว่างประจุต่อมวลของอนุภาค และพบว่ามีค่าเท่ากับค่าประจุของอิเล็กตรอน จึงเรียกอนุภาคนั้นว่า โฟโตอิเล็กตรอน (Photoelectron) ซึ่งมีค่าพลังงานจลน์

$$E_k = eV_s \qquad (1)$$

เมื่อ V_s คือค่าความต่างศักย์หยุดยั้ง (stopping potential)
ซึ่งในการทดลองของทอมสันสามารถได้ผลการทดลองได้ ดังนี้

- เมื่อให้ความเข้มของแสงเพิ่มมากขึ้นพบว่า จำนวนของโฟโตอิเล็กตรอน มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นตาม
- โฟโตอิเล็กตรอนจะเกิดเมื่อ ความถี่ของแสงที่ตกกระทบโลหะมีค่าอย่างน้อยเท่ากับความถี่ขีดเริ่ม
- ค่าพลังงานจลน์ขึ้นกับความถี่ของแสง ไม่ขึ้นกับความเข้มของแสงที่ตกกระทบ

แต่จากผลการทดลองของทอมสันพบว่า ไม่สามารถอธิบายผลการทดลองโดยการพิจารณาแสงเป็นคลื่นได้ครบถ้วน ซึ่งต่อมา **ไอน์สไตน์** ได้เป็นผู้ที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกนี้ได้ครบถ้วน ด้วยการพิจารณาแสงเป็นก้อนพลังงานหรือที่เรียกว่า โฟตอน (Photon) โดยที่โฟตอนมีค่าพลังงานเท่ากับ

$$E = hf \qquad (2)$$

เมื่อ h คือ ค่าคงที่ของพลังค์ $6.626 \times 10^{-34} J \cdot s$

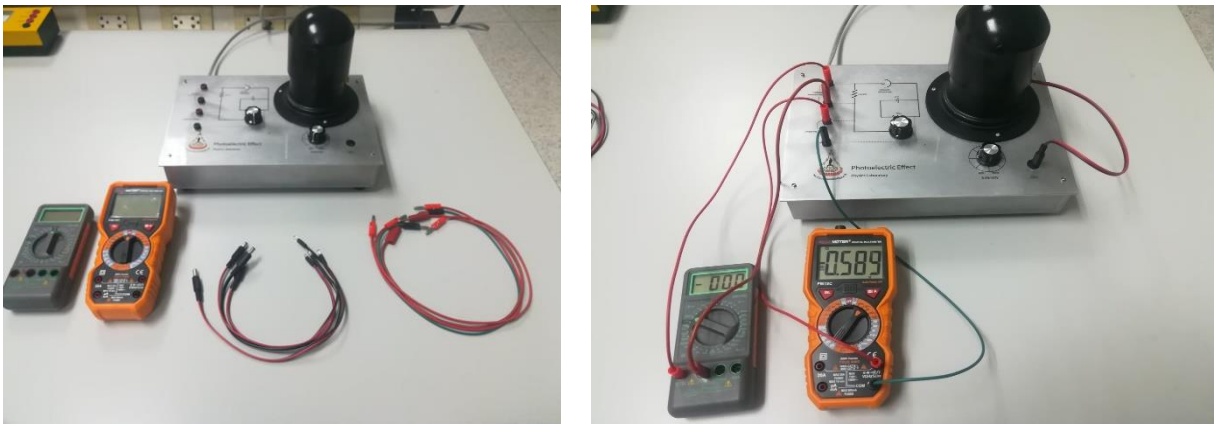
f คือ ความถี่ของแสงที่ตกกระทบโลหะ

เมื่อโฟตอนตกกระทบโลหะ จะเกิดการถ่ายเทพลังงานระหว่างโฟตอนและอิเล็กตรอนของโลหะ ซึ่งการที่จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมาจากโลหะต้องมีการถ่ายเทค่าพลังงานให้มากกว่าค่าพลังงานที่ยึดเหนี่ยวอิเล็กตรอนของโลหะไว้ที่เรียกว่า ฟังค์ชันงาน (work function; W) ดังนั้นค่าพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนสามารถคำนวณได้จาก

$$E_{k(max)} = hf - W \qquad (3)$$

เมื่อ

$1\ ev = qV = 1.602\ X\ 10^{-19}(C) \times V\ (volts)$
$1\ ev = 1.602\ X\ 10^{-19}\ J$
$h = 6.626\ X\ 10^{-34}\ J.s = 4.14\ X\ 10^{-15}\ eV.s$



รูปที่ 8.1 ชุดอุปกรณ์ทดลองปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการทดลองคือ

$$\%h = \left|\frac{h_{\text{ทฤษฎี}} - h_{\text{ทดลอง}}}{h_{\text{ทฤษฎี}}}\right| \times 100$$

ค่าทฤษฎีของพลังค์ $\mathrm{h} = (6.626070004 \pm 0.000000081) \times 10^{-34}\mathrm{J} \cdot s$

อ้างอิงจาก CODATA 2010 (Committee on Data for Science and Technology)

ใบบันทึกผลการทดลองประจำห้อง F10316 : ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (Photoelectric Effect)

ชื่อ _____ รหัสนักศึกษา _____กลุ่มที่_____

ตารางบันทึกผลการทดลอง [ตอนที่ 1 + ตอนที่ 2 (3 คะแนน) ให้ระบุหน่วยในวงเล็บ]

<u>ตอนที่ 1</u> การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าศักย์หยุดยั้ง (V_s) กับความเข้มแสง $(I\%)$

สี(.....)				
ความเข้มของแสง $I\%$	ค่าศักย์หยุดยั้ง V_s (.....)			$\bar{V}_s$ (.....)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	

<u>ตอนที่ 2</u> การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าศักย์หยุดยั้งและความถี่ของแสง

ความยาวคลื่น (λ)	ความถี่แสง f	ค่าศักย์หยุดยั้ง V_s (.....)			$\bar{V}_s$ (.....)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ม่วง					
น้ำเงิน					
เขียว					
แดง					

<u>การวิเคราะห์ผลด้วยการพล็อตกราฟ (2+2 คะแนน)</u>

จากกราฟที่พล็อตระหว่าง $\bar{V}_s$ กับ f

เราหาความชันได้เท่ากับ slope = ...

ความถี่ขีดเริ่ม (f_0) = ...

จุดตัดแกนตั้งมีค่าเท่ากับ $\mathrm{y-intercept}$ = ...

<u>แสดงวิธีการคำนวณ (3 คะแนน)</u>

1. หาค่าคงที่ของพลังค์ (Planck constant)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. หาค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการทดลองคือ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. หาค่าฟังก์ชันงาน (W)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

<u>สรุปผลการทดลอง (2 คะแนน)</u>

.....

.....

.....

.....

.....

.....

<u>คำถาม (2 คะแนน)</u>

1. ความเข้มแสงต่างกันส่งผลอย่างไรต่อศักย์หยุดยั้ง

   .....

   .....

2. ที่ความถี่แสงที่แตกต่างส่งผลอย่างไรต่อศักย์หยุดยั้ง

   .....

   .....