

### 1. 실험목적

- 광전효과를 이용하여 광전효과를 관찰하고 플랑크 상수를 측정한다.

### 2. 실험이론

- 헤르츠에 의해 전자파 복사가 그체 표면에 입사될 때 전자가 방출될 수 있음이 밝혀졌다. 그러나 이론으로는 설명되지 않는 광전효과의 특성은 방출된 전자의 최대 운동에너지가 입사광의 진동수에 비례하고 입사광의 세기에는 무관하다. 실험적으로 입사한 빛의 세기가 증가할 때 단지 방출되는 전자의 수만 증가하여 전자의 운동에너지는 변하지 않는다.
- 후속복사를 설명하기 위해 플랑크는 1900년에 빛의 에너지가 양자화되어 있다는 개념을 도입하여 그 양자화 상수로 플랑크상수 ( $=6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$ )를 정의했다. 아인슈타인은 이 플랑크의 흑체복사에 대한 빛의 양자화 개념으로 광전효과를 설명할 수 있음을 증명했다. 아인슈타인은 광전효과의 과정에서 전자가 하나의 광양자를 흡수하여 높은 에너지를 가짐으로써 금속의 표면을 벗어날 수 있다는 것이다. 광전효과를 나타내는 식은 입사하는 빛의 진동수를  $\nu$ 라고 하고 방출되는 전자의 최대 운동에너지를  $K_{\max}$ 라 하면  $K_{\max} = h\nu - \phi$  와 같이 표현된다. 여기서  $\phi$ 는 물질의 종류에 따라 달라지는 일함수이다. 이는 어떤 물질에서 전자가 방출되기 위해선 어떤 최소 광양자 에너지 ( $h\nu_{\min} = \phi$ )가 있을 의미한다. 이는 또한 광전효과에서 어떤 특정 진동수 이하에서는 광전자가 방출될 수 없는 차단 진동수가 있음을 뜻한다.
- 광전효과를 정확하게 측정하기 위해서는 방출되는 전자의 최대 운동에너지를 측정해야 한다. 이것은 이미터 E와 컬렉터 C사이의 전류를 지지전압의 함수로 측정함으로써 가능하다. 이미터로 입사된 빛에 의해 방출된 전자는 초기 운동에너지를 가지고 컬렉터 방향으로 진행한다. 이미터와 컬렉터 사이에 전위차가 증가할수록 전자는 컬렉터 방향으로 진행하면서 속도가 줄어들게 된다. 양극과 음극 사이의 전위가 0이 될 때 가장 큰 운동에너지를 가진 전자가 많은 에너지가 모두 퍼텐셜 에너지로 바뀌게 된다. 이때 양극과 음극 사이의 전위차를 멈춤전위차라 한다. 따라서 전자의 최대 운동에너지는  $K_{\max} = eV_s$ 와 같다. 따라서  $K_{\max} = eV_s = h\nu - \phi$ 이다. 빛의 색깔을 바꾸어 가면서 전자의 최대 운동에너지를 측정하여 전자의 운동에너지와 빛의 진동수 사이의 관계를 그래프로 나타내면 기울기가 플랑크 상수가 된다. 또한 차단 진동수를  $\nu_0$ 라 하면 플랑크 상수의 일함수는  $\phi = h\nu_0$ 가 된다.

### 3. 실험장비 및 실험과정

#### (1) 실험장비

- 광전효과 측정장치.

#### (2) 실험방법

- ① 전원 스위치를 켜다.
- ② 'VOLTAGE' 손잡이를 왼쪽 끝으로 돌려서 화면에 '0V'가 나타나도록 한다. 'VOLTAGE' 값은 지지전압에 해당한다.
- ③ 'GAIN' 손잡이를 돌리쳐 대략 3번 정도 돌리면 1000으로 설정한다.
- ④ 'ZERO' 손잡이를 조정하여 화면에 '0A'가 나타나도록 한다.
- ⑤ LED 선택 패널에서 적색 LED의 스위치를 켜다.
- ⑥ LED 강도 조절 레버를 조정하여 전류가 대략 10000이 되도록 한다. 이 값을 맞추기 힘들다면 'GAIN' 손잡이를 돌려서 조정한다. 이때의 전류 값을 기록한다.
- ⑦ 'VOLTAGE' 손잡이를 돌려서 전압을 조금씩 (0.1V 정도씩) 변화시키면서 전류를 측정한다.
- ⑧ 전류가 0이 되는 전압 값을 측정하여 멈춤 전압을 결정한다. 또는 전류가 0이 되는 값으로 변할 때까지 전압과 전류 데이터를 측정하고, 그래프 상에서 전류가 0인 전압을 얻어서 멈춤 전압을 결정할 수도 있다.
- ⑨ 'VOLTAGE' 손잡이를 왼쪽 끝으로 돌리고 LED의 강도를 감소시킨 후 적색 LED의 스위치를 켜다.
- ⑩ 다른 LED들에 대해서 ⑥-⑨의 과정을 반복한다.

4. 여비효과 : 이온성으로 광전효과를 관찰하고 측정값을 통해 플랑크 상수를 계산하는 실험이다.

- 하나의 물질에서 전압을 계속 증가시키면 전류는 감소하게 될 것이다. 각의 LED는 다른 파장, 진동수를 가지고 있으므로 이에 따라 측정되는 전압에 의한 전류값도 변하게 된다. 적색에서 청색으로 갈수록 파장은 짧아지고 진동수는 커지게 되는데, 동일한 전압에서 각기 다른 색 LED의 전류의 측정값을 보면 파장이 짧을수록 측정된 전류가 커지게 되는데  $K_{max} = h\nu - \phi$  이므로  $\nu$ 가 커짐에 따라  $K_{max}$ 도 커져 전류가 증가하게 되므로, 파장이 짧을수록 진동수가 큰 청색이 전류가 가장 큰 것이다.
- 멈춤전압을 측정한 값을 유추하면 전류가 커질수록  $V_s$ 가 커지게 되고  $K_{max}$ 도 커지게 될 것이다.  $K_{max} = eV_s = h\nu - \phi$ 의 관계에 있어  $\nu$ 가 증가함에 따라  $eV_s$ 값도 증가하고  $K_{max}$ 가 그만큼 증가한다는 것을 알 수 있다.
- 실험을 통해 측정값을 보면 약간의 오차가 발생할 텐데 이는 실험시 가시광선을 이용하는데, 외부의 빛이 존재해 이에 영향을 받아 오차가 발생하는 것이다.

## 5. 참고문헌

- 1) 안하대 물리학과. 「기초물리학실험II」. 북스힐 2020
- 2) 권민정 외 11인. 「대학물리학 양판」. 북스힐. 제23장
- 3) [new.samsungdisplay.com/18698](http://new.samsungdisplay.com/18698)