

# 분광법을 통한 수소의 Balmer계열의 에너지 준위 와 Rydberg상수

201053031

정인영

충남대학교 물리학과 원자충돌 실험실

# 목차

- Introduction
- Theory
  - Bohr`s model을 통한 수소 원자의 에너지 준위와 Rydberg 상수
  - Balmer series
- Experimental method
  - 분광기
  - Detector
  - Wavelength Calibration
- Result and Discussion
- Conclusion
- References

# Introduction

원자의 방출 스펙트럼은 연속적인 스펙트럼이 아닌 몇 개의 선으로 이루어져 있다. 이러한 사실을 양성자와 전자 하나로 이루어진 가장 간단한 원자 구조인 수소를 이용한 방전관 실험을 통해 Bohr's model을 확인하였다. 특히, 인간의 눈으로 관측할 수 있는 가시광선 영역인 Balmer 계열을 관측하였다. 또한, 본 실험의 결과를 이용하여 Rydberg 상수를 유도하였고, 이론적인 Bohr's model과 비교하였다.

# Theory

- Bohr's model을 통한 수소 원자의 에너지 준위와 Rydberg 상수

## ※ Bohr's Model의 가정

1. 에너지 궤도의 양자화
2.  $\Delta E \propto \nu$
3. Coulomb's Force = Centrifugal Force

$$\begin{aligned}\Delta E = h\nu &= [\textit{Initial energy}] - [\textit{final energy}] \\ &= -\frac{Ze^4 m_e}{8\pi\epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n_i^2} + \frac{Ze^4 m_e}{8\pi\epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n_f^2} \\ &= \frac{Ze^4 m_e}{8\pi\epsilon_0^2 h^2} \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \quad (i > f)\end{aligned}$$

# Theory

수소의 경우  $Z=1$

Rydberg 상수  $R = \frac{e^4 m_e}{8\pi\epsilon_0^2 h^3 c}$

# Theory

## ◎ Balmer series

Johann Jakob Balmer(1825~1898)가 발견하였다. 주로 가시광선 영역의 스펙트럼이지만, 더 짧은 파장을 갖는 자외선 영역도 있다. 또한, 원자마다 Balmer series의 파장 값이 모두 다르게 나타난다.

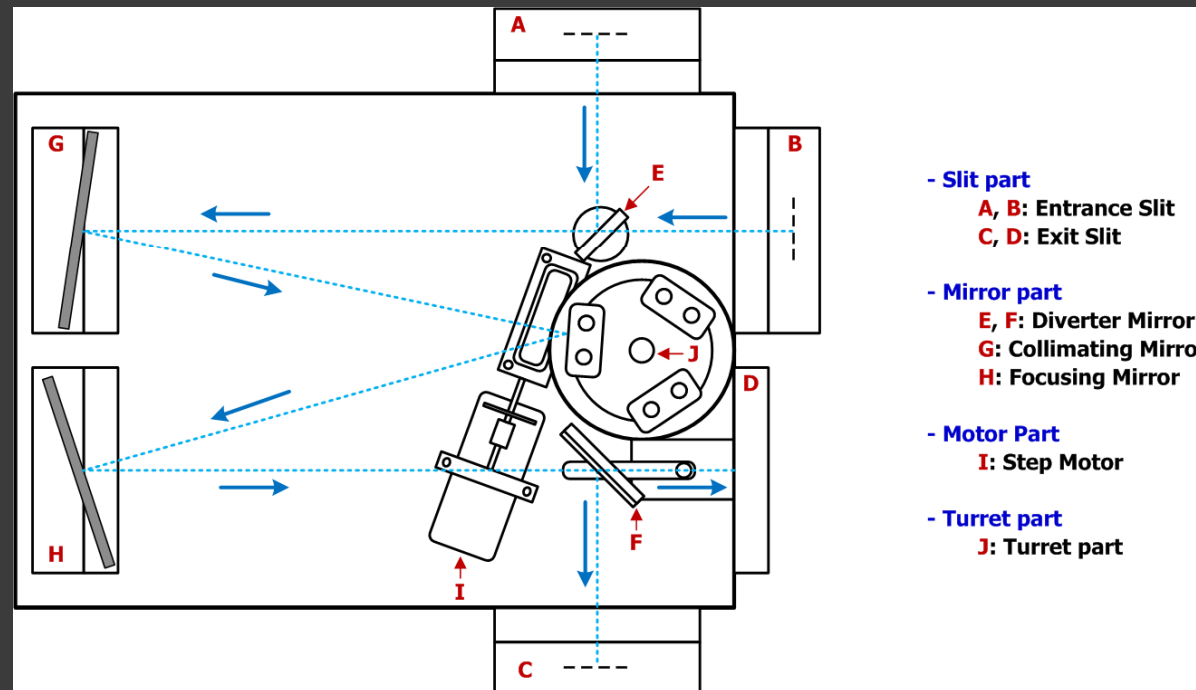
※  $n \geq 3$  에서  $n = 2$  로 전이되는 전자에 의해 방출되는 빛

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \quad (i = 3, 4, 5, \dots)$$

# Experimental Method

## ◎ 분광기

### ▶ Monochromator : MONORA 500i (Blaze : 300 nm)



# Experimental Method

- Detector

**API SD-100-42-22-231**

**300 nm ~ 1100 nm의 파장을 측정**

**Noise를 제거하기 위한 전처리 과정 필요**



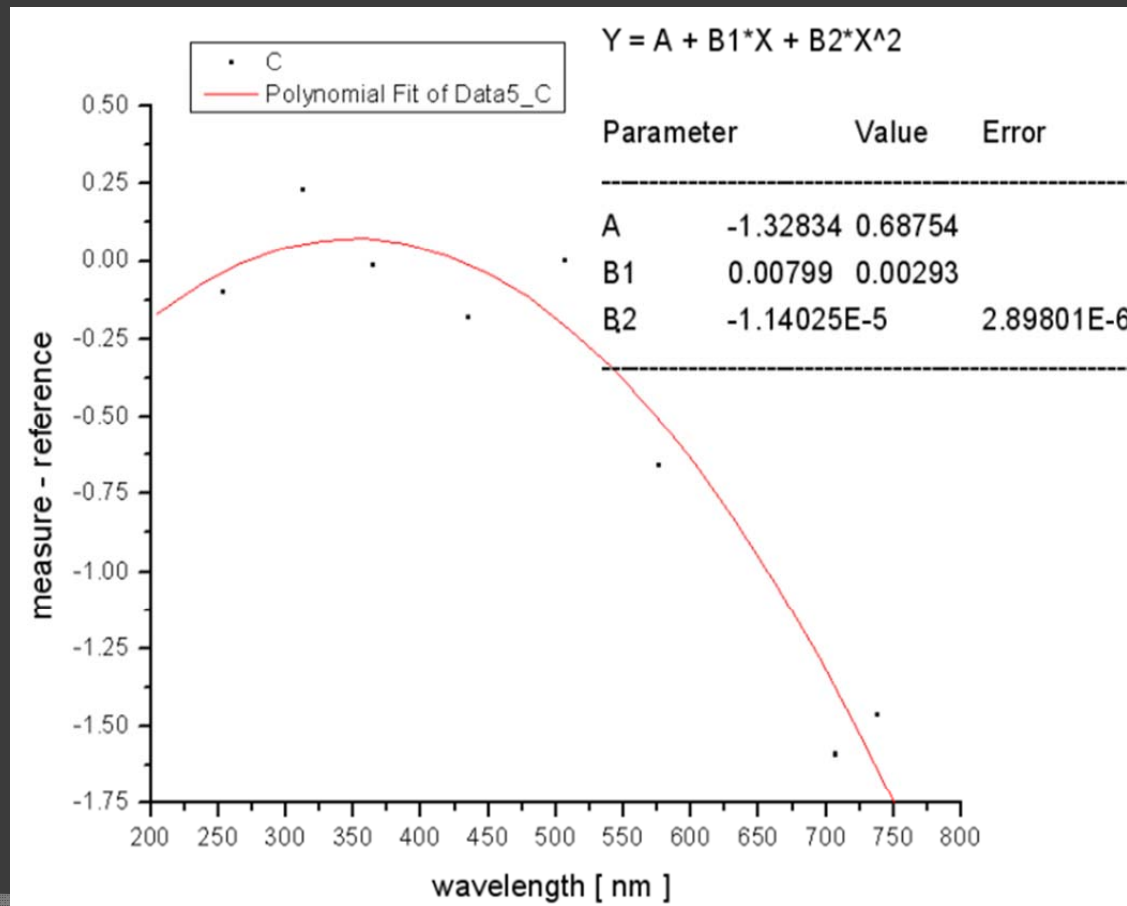
# Experimental Method

## ◎ Wavelength Calibration

- 기계적 오차를 해결하기 위하여, 우리가 정확한 파장을 알고 있는 광원을 가지고 실제와 사용하는 기계가 얼마나 기계적 오차를 발생 시키는지 수학적으로 보정하는 방법
- 본 실험에서는 NIST (National Institute of Standards and Technology) 값을 사용

# Experimental Method

## Calibration을 위한 수은의 fitting 그래프



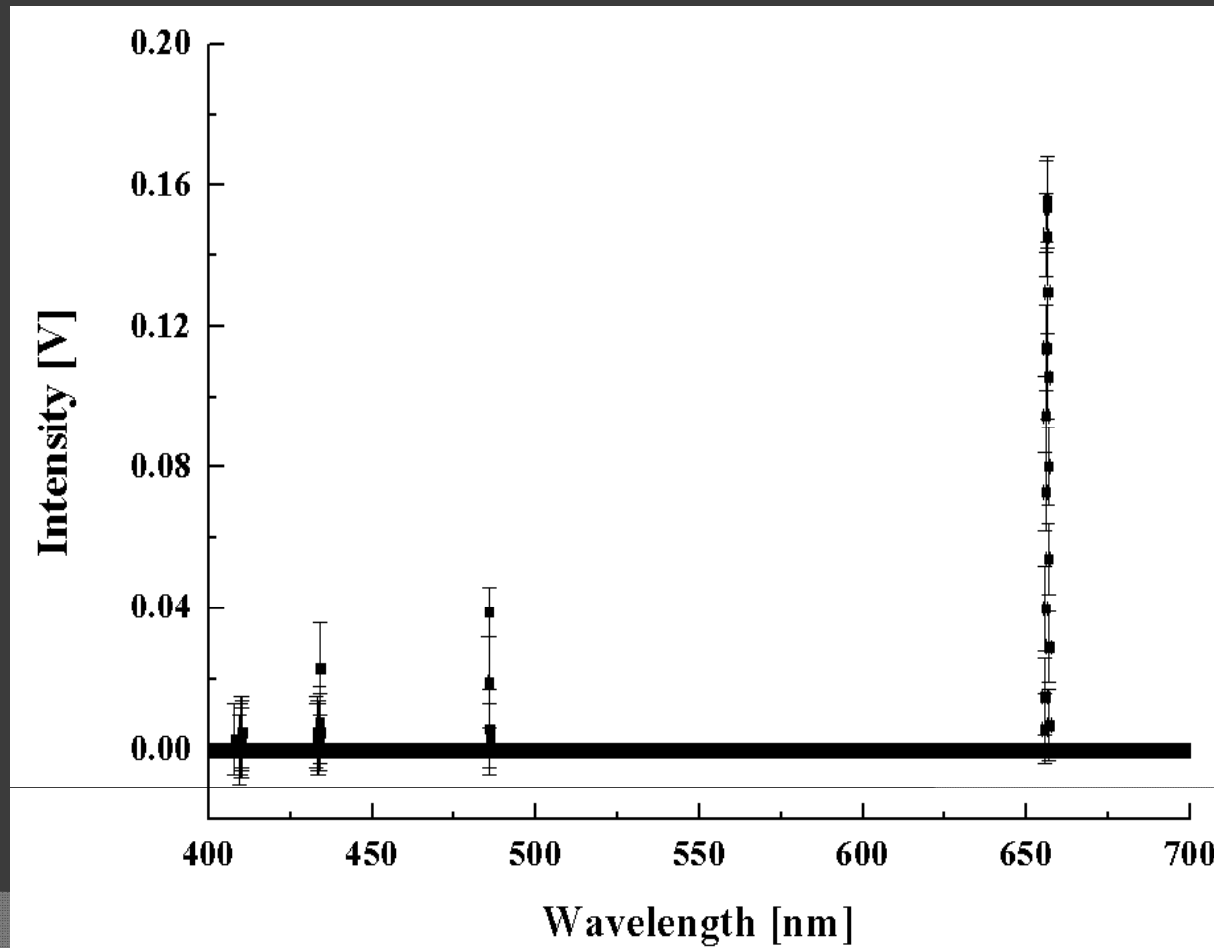
# Result and Discussion

## ◎ Result

전이	Theory[nm]	Experimenta l [nm]	calibration [ nm]	Reference [nm] (NIST)
3 → 2	656.45	656.55	656.64	656.28
4 → 2	486.61	485.70	485.83	486.13
5 → 2	434.48	434.05	434.05	434.04

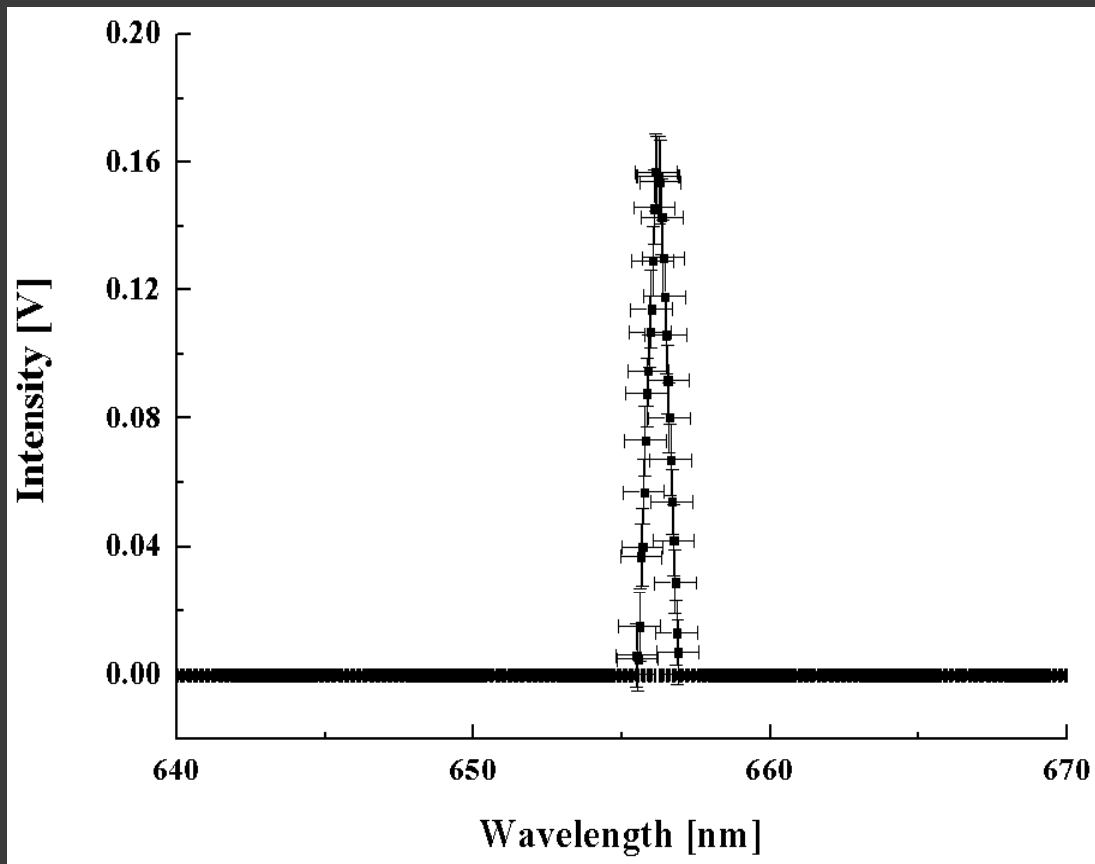
# Result and Discussion

- Wavelength Calibration을 통해 보정된 그래프



# Result and Discussion

## ◎ 656nm 근방의 peak의 그래프



- 원자들의 수명 : 자연 넓힘
- 원자의 이동 : Doppler 넓힘
- 이온간의 충돌

# Result and Discussion

## ◎ Rydberg 상수

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n_i^2} \right) \quad (i = 3, 4, 5, \dots) \quad \text{을 통한 Rydberg 상수}$$

$$R_{\text{experiment}} = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

Bohr's model  $R = \frac{e^4 m_e}{8\pi\epsilon_0^2 h^3 c}$  을 통한 Rydberg 상수

$$R_{\text{Bohr's model}} = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$$

# Conculsion

- ◎ 본 실험 결과를 통해 수소의 spectral line은 continuous line이 아닌 discrete line임을 알 수 있으며, 이는 Bohr's model과 부합하는 것을 알 수 있다.

- ◎ 수소의 Rydberg constant는 각각 구해진 값이

$$R_{\text{experiment}} = R_{\text{Bohr's model}} = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1} \text{ 으로}$$

일치함을 확인할 수 있다.

# References

- Concepts of Modern Physics 6th, Arthur Beiser, 2003
- Optics 4th, Eugene Hecht, 2002
- Quantum Physics, Stephen Gasiorowicz, 2005
- Physical Chemistry, PW. Atkins, 1982
- 원자 흡수 분광법, 차기윤, 1995
- 기계 분석 계론 및 응용, 최주환, 1998
- Atomic spectra and atomic structure, Gerhard Herzberg, 1945