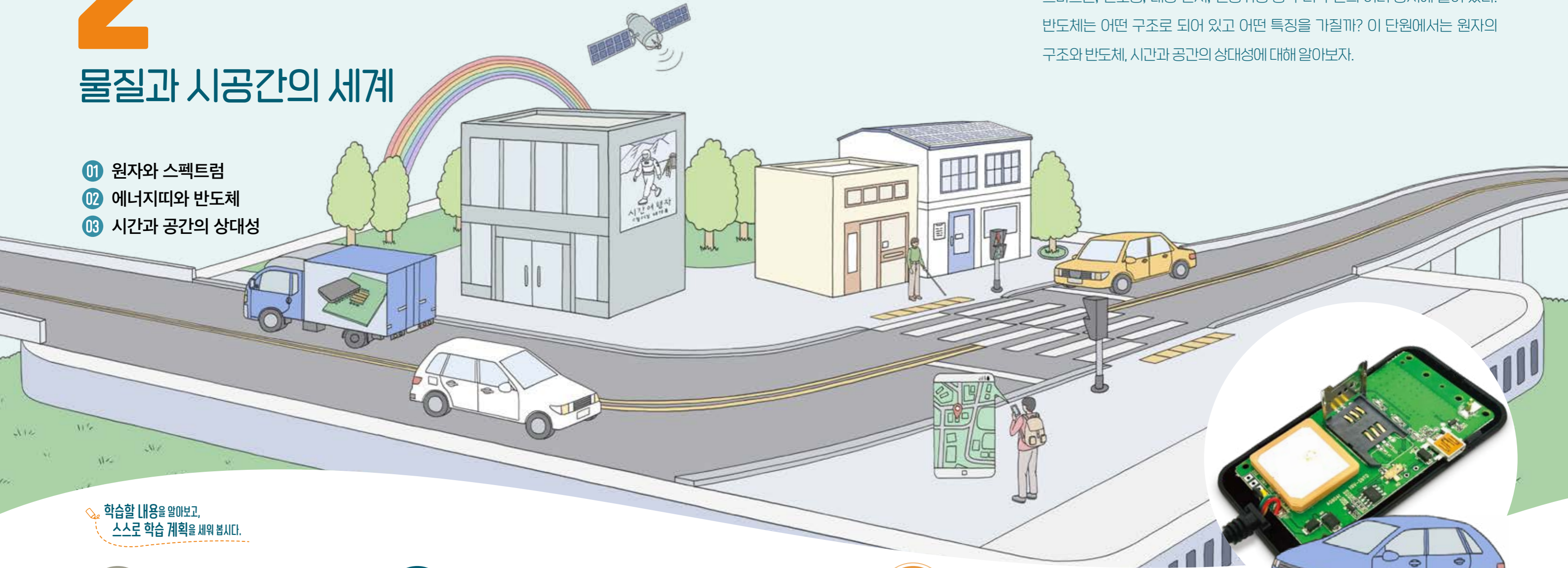


# 2

## 물질과 시공간의 세계

- 01 원자와 스펙트럼
- 02 에너지띠와 반도체
- 03 시간과 공간의 상대성

원자 구조의 이해를 바탕으로 하여 만들어진 반도체 소자는 자동차 내비게이션, 스마트폰, 신호등, 태양 전지, 인공위성 등 우리 주변의 여러 장치에 들어 있다. 반도체는 어떤 구조로 되어 있고 어떤 특징을 가질까? 이 단원에서는 원자의 구조와 반도체, 시간과 공간의 상대성에 대해 알아보자.



학습할 내용을 알아보고, 스스로 학습 계획을 세워 봅시다.

**단원 연계**

- 중학교 과학: 물질의 구성
- 통합과학1: 물질과 규칙성
- 이 단원의 내용**: 에너지 준위, 에너지띠와 반도체, 상대성 원리, 광속 불변
- 전자기와 양자: 전자기적 상호작용, 양자와 미시세계

**성취 기준 확인**

- 지식·이해**: 고체의 에너지띠 구조로부터 도체와 부도체의 차이를 알고, 반도체 소자의 원리를 설명할 수 있다.
- 과정·기능**: 원자 내의 전자는 양자화된 에너지 준위를 가지고 있음을 스펙트럼 관찰 증거를 바탕으로 하여 논증할 수 있다.
- 가치·태도**: 이 단원에서 배우는 원자와 스펙트럼, 에너지띠와 반도체, 상대성 이론이 사회에 미친 영향을 알고, 자연을 깊이 이해하려는 노력의 가치를 체험할 수 있다.

**스스로 계획**

알고 있는 것에  표를 해 보고, 더 알고 싶은 내용을 써 보자.

<input type="checkbox"/> 원자	<input type="checkbox"/> 스펙트럼	<input type="checkbox"/> 에너지띠
<input type="checkbox"/> 도체	<input type="checkbox"/> 부도체	<input type="checkbox"/> 반도체
<input type="checkbox"/> 상대성 원리	<input type="checkbox"/> 광속 불변 원리	<input type="checkbox"/> 시간 팽창
<input type="checkbox"/> 길이 수축	<input type="checkbox"/> 특수 상대성 이론	

나는 \_\_\_\_\_ 을/를 더 알고 싶다.

# 01

## 원자와 스펙트럼

**학습 목표** 원자 내의 전자는 양자화된 에너지 준위를 가지고 있음을 스펙트럼 관찰 증거를 바탕으로 하여 논증할 수 있다.

햇빛이 분광기를 지나면 연속적으로 보이는 색의 띠가 나타나지만 기체 방전관에서 나오는 빛이 분광기를 지나면 불연속적으로 보이는 밝은 띠가 나타난다. 이러한 차이가 생기는 까닭은 무엇일까?



### 스펙트럼

우리가 보는 햇빛에는 다양한 파장의 빛이 섞여 있다. 이러한 빛이 프리즘과 같은 매질을 통과할 때 여러 가지 색깔로 나뉘어 나타나는 띠를 **스펙트럼**이라고 한다. 그림 III-28과 같이 햇빛이 프리즘을 통과하면 모든 파장의 가시광선을 포함하는 **연속 스펙트럼**이 나타난다. 스펙트럼을 구성하는 빛이 갖는 에너지는 파장이 짧을수록 크고, 빛의 파장은 보라색에서 빨간색으로 갈수록 길다.

### 연계 통합과학

다양한 물질이 방출하는 스펙트럼에 대해 '물질과 규칙성' 단원에서 배웠다.

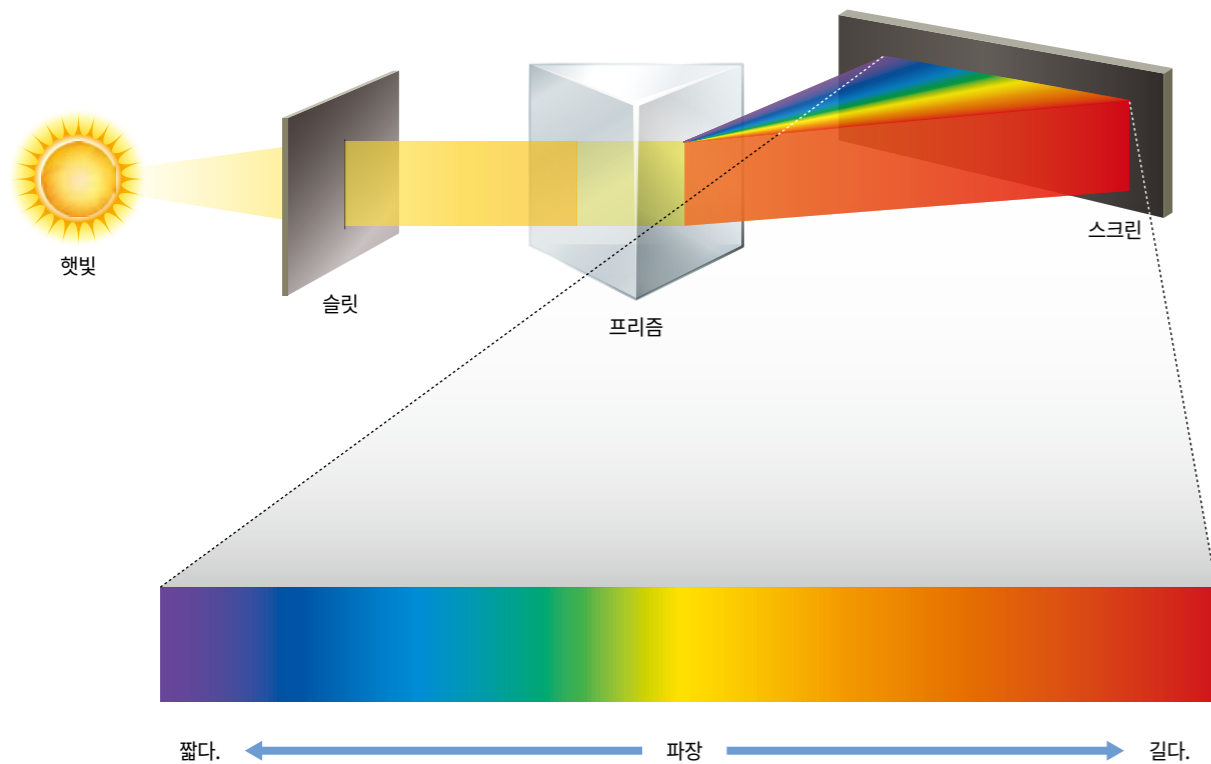


그림 III-28 연속 스펙트럼

프리즘이나 분광기를 이용하면 백색광과 같이 여러 파장이 섞여 있는 빛의 특성을 확인할 수 있다. 기체 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼은 어떤 모습일까? 다음 활동을 하면서 분광기로 스펙트럼을 관찰해 보자.

### 해보기

#### 기체 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼 관찰하기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

- 간이 분광기를 스마트 기기의 카메라 렌즈에 고정한다.
- 다양한 기체 방전관에서 나오는 빛을 1의 스마트 기기로 관찰한다.
- 관찰한 스펙트럼의 모습을 그리고 특징을 정리한다.

기체 방전관	스펙트럼 모습	특징
수소 기체 방전관	400 nm 500 nm 600 nm 700 nm 	
	400 nm 500 nm 600 nm 700 nm 	
	400 nm 500 nm 600 nm 700 nm 	

- 연속 스펙트럼과 비교했을 때 기체 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼은 어떤 차이가 있는가?
- 기체 방전관에서 나온 빛의 스펙트럼에서 공통점과 차이점은 무엇인가?

### 실험 영상



### 준비물

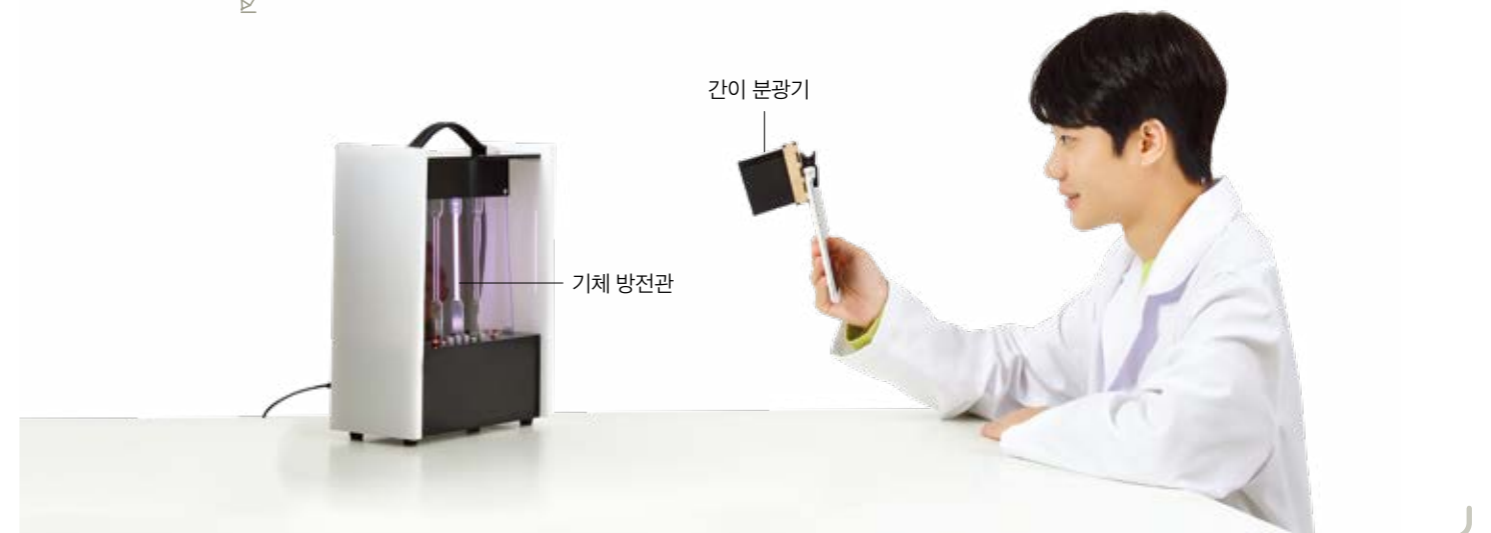
- 기체 방전관 실험 장치
- 간이 분광기(스마트 기기 연결용)
- 스마트 기기
- 면장갑

### 안전

- 기체 방전관의 빛을 맨눈으로 오랫동안 보지 않는다.
- 기체 방전관을 사용할 때 감전이나 화상을 예방하기 위해 면장갑을 낀다.

### 활동 길잡이

- 방전관은 두 개의 전극 사이에 기체가 채워진 튜브이며, 두 전극 사이에 전압을 가하면 기체 안의 전자가 움직이면서 빛을 낸다.
- 스펙트럼을 관찰할 때 주위를 어둡게 한다.



### 기체 방전관의 선 스펙트럼

기체가 채워진 방전관에 높은 전압을 걸어 주면 기체의 종류에 따라 고유한 색깔의 빛을 낸다. 이때 나타난 빛을 분광기로 관찰하면 그림 III-29와 같이 빨간색이나 노란색 등 특정한 파장을 갖는 빛만 띄엄띄엄 나타나는데, 이러한 스펙트럼을 **선 스펙트럼**이라고 한다.

기체 방전관 속 기체의 종류가 달라지면 스펙트럼선이 나타나는 위치와 선의 개수도 달라진다. 즉, 원소의 종류에 따라 관찰되는 선 스펙트럼이 다르게 나타난다. 스펙트럼의 이러한 특성을 이용하면 원자로부터 방출되는 빛의 스펙트럼을 분석해 어떤 원소인지 알 수 있다.

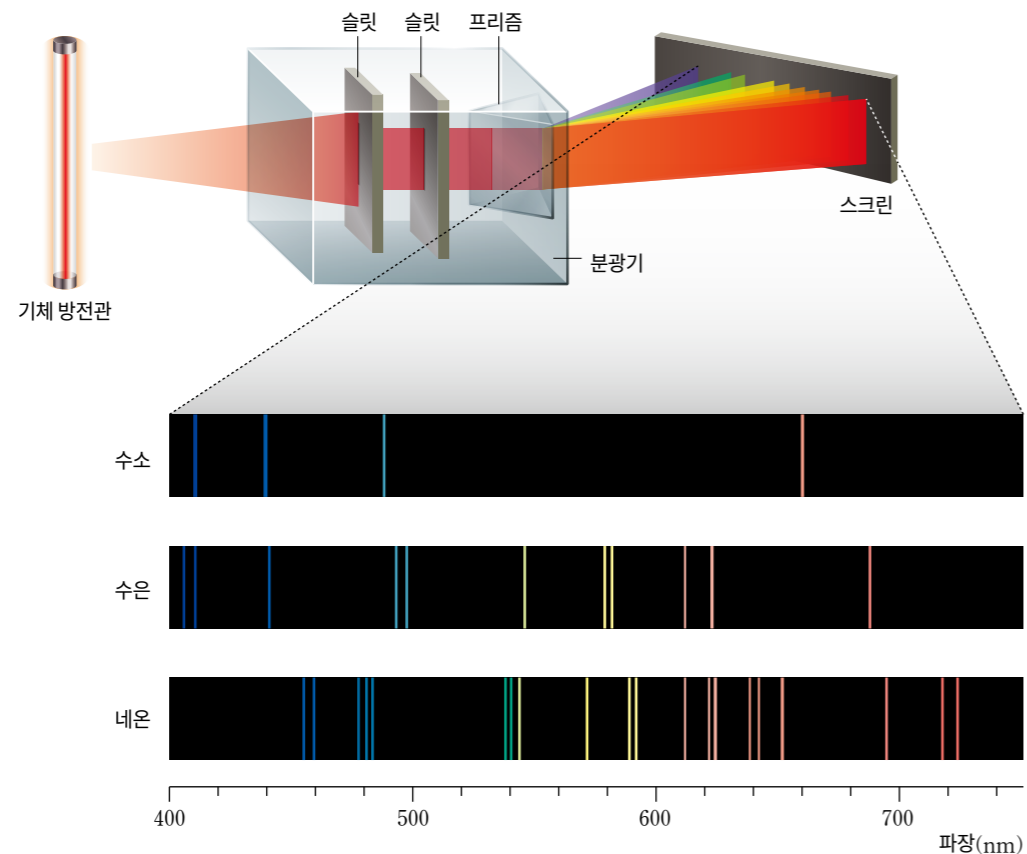


그림 III-29 선 스펙트럼

#### 스스로 확인

- 1 빨간색 빛과 보라색 빛 중 빨간색 빛의 파장이 더 (길고, 짧고) 빛이 갖는 에너지가 더 (크다, 작다).
- 2 기체 방전관에서 나오는 빛의 스펙트럼을 분석하면 방전관 속 기체가 어떤 원소인지 알 수 있다. (○, ×)

### 전자의 에너지 흡수와 방출

원자 내 전자는 원자핵으로부터 멀수록 에너지가 높고, 가까울수록 에너지가 낮다. 그림 III-30의 (가)와 같이 에너지가 낮은 궤도에서 높은 궤도로 전자가 이동하려면 에너지를 흡수해야 한다. 반면 그림 (나)와 같이 에너지가 높은 궤도에서 낮은 궤도로 전자가 이동할 때에는 에너지를 빛의 형태로 방출한다.

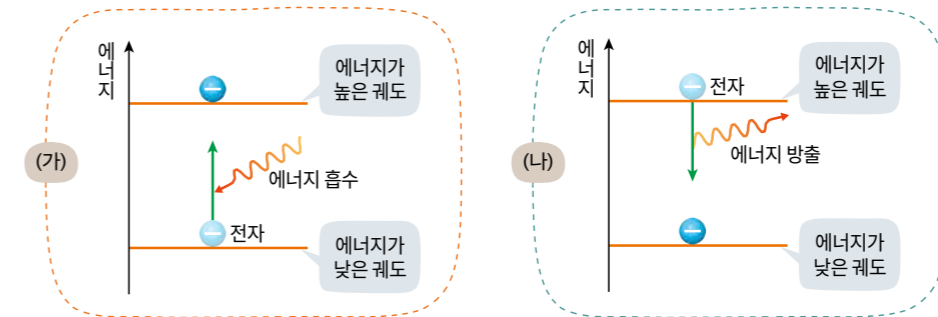


그림 III-30 전자의 에너지 흡수와 방출

기체 방전관에 높은 전압을 걸어 주면 방전관 속 기체 원자의 전자가 높은 에너지 궤도로 올라갔다가 낮은 에너지 궤도로 이동하며 빛을 방출한다. 이 빛이 선 스펙트럼으로 나타나는 까닭은 무엇일까? 다음 활동을 하면서 논증해 보자.

#### 해보기

문제 해결 능력 | 의사 결정 능력

### 선 스펙트럼 관찰을 통한 원자 내 전자 궤도 논증하기

다음은 수소 원자를 설명하기 위한 두 가지 원자 모형에 대한 주장이다.

원자 모형 A	원자 모형 B
<p>원자가 원자핵과 전자로 이루어져 있고, 전자의 궤도는 원자 내에서 어느 곳이나 가능하다.</p>	<p>원자가 원자핵과 전자로 이루어져 있고, 전자의 궤도는 특정한 곳만 가능하다.</p>

- 수소 스펙트럼을 관찰한 뒤 어느 주장이 더 타당한지 다음 과정을 따라 논증해 보자.

- ① 수소 원자의 스펙트럼을 통해 기체 방전관에서 나온 빛이 모든 파장의 빛을 포함하는지, 또는 특정 파장의 빛만 포함하는지를 파악한다.
- ② ①을 바탕으로 하여 수소 원자 내의 전자가 방출하는 에너지가 연속적인지, 불연속적인지를 판단한다.
- ③ ②를 바탕으로 하여 원자 모형 A와 B 중 어느 것이 더 타당한지를 논증한다.



### 보어의 수소 원자 모형

수소 원자 내에서 전자가 임의의 에너지 궤도에 있을 수 있다면, 방출하는 에너지의 크기는 매우 다양하므로 모든 파장의 빛을 방출할 수 있다. 그러나 실제로 방출하는 빛의 스펙트럼에서는 불연속적인 에너지 값만 갖는다. 보어는 수소 원자의 불연속적인 선 스펙트럼 관찰 결과를 설명하기 위해 전자가 원자핵 주위의 특정 궤도에서만 존재하고 궤도 사이에는 존재하지 않는다는 새로운 원자 모형을 제시했다.

- 보어 원자 모형
- 1. 원자 내의 전자는 특정한 궤도에서 원운동을 하며, 이때 빛을 방출하지 않고 안정한 상태로 존재한다.
- 2. 전자가 특정한 궤도 사이를 이동할 때 두 궤도의 에너지 차이에 해당하는 에너지를 빛의 형태로 방출하거나 흡수한다.

그림 III-31과 같이 원자 내의 전자는 특정한 궤도에 있을 때 에너지를 방출하지 않고 안정한 상태로 존재한다. 원자핵에서 가까운 궤도부터  $n=1, n=2, n=3, \dots$ 으로 나타내고,  $n$ 을 양자수라고 한다. 양자수  $n$ 에 따라 원자 내의 전자가 불연속적인 특정한 에너지만 갖는다. 이것을 에너지가 양자화되었다고 하며, 원자 내의 전자가 가질 수 있는 양자화된 에너지를 단계적으로 나타낸 것을 에너지 준위라고 한다. 전자가 원자핵에서 가장 가까운  $n=1$ 인 궤도에 있을 때 가장 작은 에너지를 가지며, 이를 바닥상태라고 한다. 전자가  $n \geq 2$ 인 궤도에 있을 때에는 바닥상태보다 큰 에너지를 가지며, 이를 들뜬상태라고 한다.

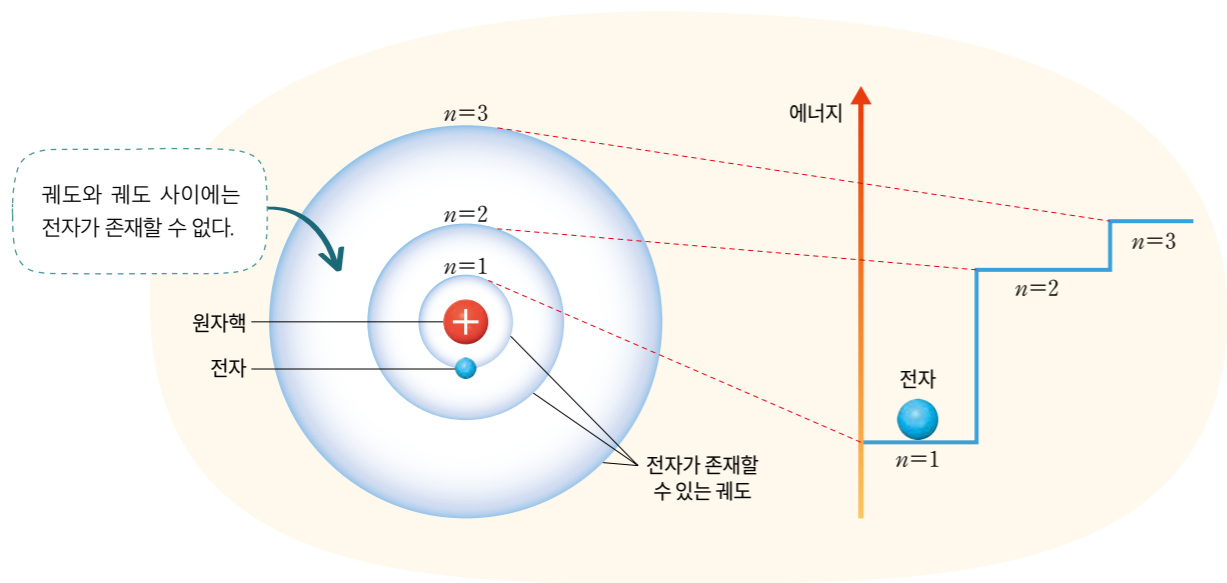


그림 III-31 보어 원자 모형

### 선 스펙트럼과 보어 원자 모형

수소 원자의 전자가 높은 에너지 준위에서  $n=1$ 인 에너지 준위로 전이하면 자외선 영역의 빛을 방출하고,  $n=3$ 인 에너지 준위로 전이하면 적외선 영역의 빛을 방출한다. 우리 눈에 보이는 가시광선 영역의 빛은 그림 III-32와 같이 수소 원자의 전자가 높은 에너지 준위에서  $n=2$ 인 에너지 준위로 전이할 때 방출한다. 이때 빨간색, 파란색, 보라색 등의 특정 색깔을 띠는 특정 파장의 빛을 방출한다.

보어 원자 모형에 따르면 특정한 궤도에 있는 전자는 빛을 방출하지 않고 안정한 상태를 유지하며, 전자가 궤도 사이를 전이할 때에만 빛을 방출하거나 흡수한다. 따라서 보어 원자 모형은 수소 기체의 선 스펙트럼을 설명할 수 있었다.

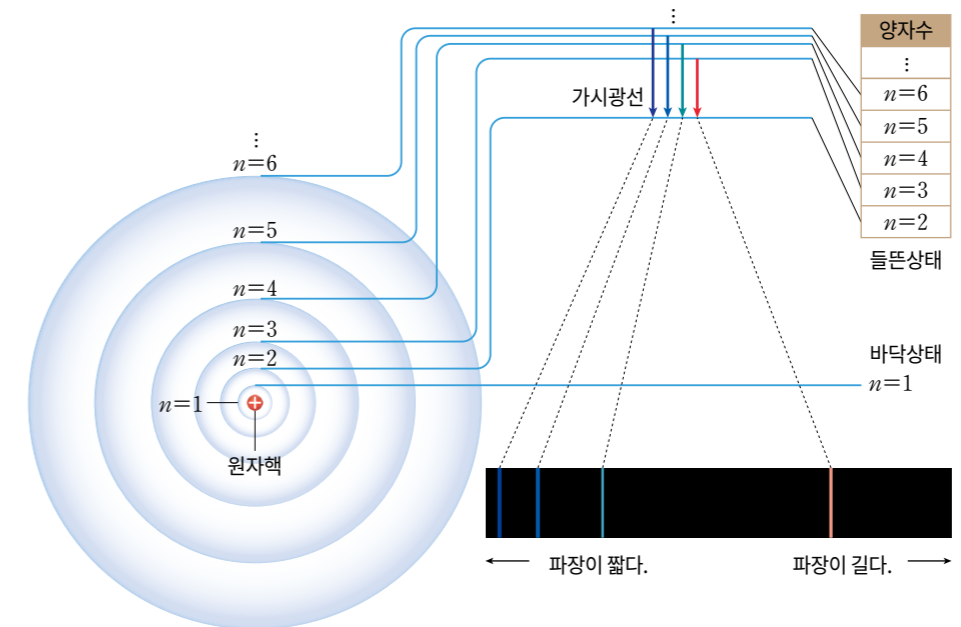


그림 III-32 수소 원자에서 전자의 전이와 가시광선 영역의 선 스펙트럼

보어 원자 모형은 수소 외 다른 원자의 스펙트럼을 설명할 수 없다는 한계가 있었고, 이후 현대 물리학에서 제시한 원자 모형과 다르다. 하지만 보어 원자 모형은 원자 내의 전자가 불연속적인 에너지 준위를 갖는다는 사실을 밝혀냄으로써 오늘날 반도체나 새로운 소재의 물질을 개발하는 데 중요한 역할을 했다.

#### 스스로 확인

- 1 원자 내 전자의 에너지 준위 차이가 클수록 전자가 전이할 때 방출하는 빛의 파장은 (짧다, 길다).
- 2 보어 원자 모형에 따르면 특정한 궤도에 있는 전자는 빛을 방출하고, 전자가 궤도 사이를 전이할 때에는 빛을 흡수한다. (O, X)

#### 스스로 정리

공유 수소 원자 스펙트럼에 나타난 색깔만을 이용해 주변 사물이나 현상을 표현하고 이를 공유 플랫폼에 공유해 보자.

\* 전이  
전자가 궤도를 옮기는 것을 뜻한다.