

섬세한 세경쌤의 한 장에 개념노트

학번 : \_\_\_\_\_ 이름 : \_\_\_\_\_

PART 주제	PART 15. 외계 행성계와 외계 생명체 탐사
PART 목표	<div><div>- 외계 행성계 탐사 방법의 원리와 한계를 이해할 수 있다.</div><div>- 지금까지 발견된 외계 행성계의 특징을 이해할 수 있다.</div><div>- 외계 생명체가 존재할 가능성이 있는 행성의 조건을 이해할 수 있다.</div></div>
소단원 주제	O1. 외계 행성계 탐사
수업 학습 목표	<div><div>- 항성과 행성의 움직임을 공통 질량 중심을 활용하여 설명할 수 있다.</div><div>- 도플러 효과에 대해 이해하고, 이를 활용한 외계 행성계 탐사 과정을 설명할 수 있다.</div><div>- 식 현상에 대해 이해하고, 이를 활용한 외계 행성계 탐사 과정을 설명할 수 있다.</div><div>- 미세 중력 렌즈 현상에 대해 이해하고, 이를 활용한 외계 행성계 탐사 과정을 설명할 수 있다.</div></div>

수업 목차

오늘의 핵심 개념

- PART 15. 외계 행성계와 외계 생명체 탐사
- O1. 외계 행성계 탐사
- (1) 〈외계 행성계 탐사〉 기초 개념

(2) 도플러 효과를 이용한 탐사

(3) 식 현상을 이용한 탐사

(4) 미세 중력 렌즈 현상을 이용한 탐사

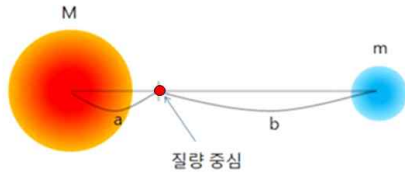
〈외계 행성계 탐사〉

## 섬세한 세경쟁의 한 장에 개념노트

### <외계 행성계 탐사> 기초 개념

#### 과연, 별은 가만히 있는가?

- 행성이 있는 별에게 작용할 만유인력을 생각해보자  
→ 별도 행성 질량에 의한 만유인력을 받음 (O/X)  
→ 별과 행성의 만유인력을 고려한 질량 중심점이 존재



M: 별의 질량  
m: 행성의 질량  
a: 별 ~ 공통 질량 중심(CM)까지의 거리  
b: 행성 ~ 공통 질량 중심(CM)까지의 거리

#### 공통 질량 중심(CM)

- 별과 행성의 질량비에 따라 두 천체의 만유인력이 평형을 이루는 지점

#### 공통 질량 중심 공식(★)

$$(\text{질량비}) = (\text{거리비})$$

$$: = :$$

- 공통 질량 중심을 기준으로 별과 행성이 공전  
→ 별이 행성을 갖고 있다면 다양한 현상을 일으킴
- (중심별의 공전 주기    행성의 공전 주기)

&lt;1&gt;

### 도플러 효과를 이용한 탐사

#### 도플러 효과

- 관측자와 파원의 거리 변화(접근, 후퇴)에 따라 파원에서 방출된 파동의 길이(파장)가 고유의 값보다 증가하거나 감소하여 관측되는 현상

예시) 구급차가 나에게 가까워질 때(접근), 나로부터 멀어질 때(후퇴) 나에게 들리는 소리(음파의 파장)가 변화함  
비유) 용수철 장난감(슬링키)을 두 명이 잡은 채 서로 가까워지고 멀어질 때 용수철 장난감(슬링키) 길이가 변화함



#### 도플러 효과를 이용한 행성 존재 예측

- 만약 어떤 별을 관측했는데 스펙트럼의 주기적인 도플러 효과가 포착되었다?  
→ 별이 모종의 이유로 주기적으로 공전 → 공통 질량 중심점을 형성시킨 근원이 존재  
→ 해당 항성 주변에 행성이 있을 것으로 판단 (결론 도출)

&lt;2&gt;



&lt;3&gt;

### 도플러 효과를 이용한 탐사

#### 중심별 위치에 따른 도플러 효과

위치 관계 ①: 중심별 (접근 / 편이 X / 후퇴)



위치 관계 ②: 중심별 (접근 / 편이 X / 후퇴)



위치 관계 ③: 중심별 (접근 / 편이 X / 후퇴)



위치 관계 ④: 중심별 (접근 / 편이 X / 후퇴)

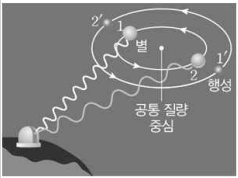
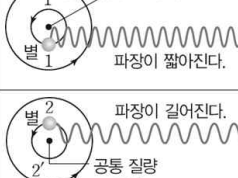


&lt;4&gt;

## 섬세한 세경쟁의 한 장에 개념노트

### 도플러 효과를 이용한 탐사

#### 도플러 효과를 이용한 탐사

도플러 효과를 이용한 탐사 (1-1', 2-2' 시기)	공전에 따른 중심별의 파장 변화	지구와의 거리 변화		중심별 시선 속도 (부호)	중심별의 스펙트럼 변화( $\Delta\lambda$ )
		행성	중심별		
	행성 공통 질량 중심 파장이 짧아진다.	(접근 / 후퇴)	(접근 / 후퇴)	( ) V	( ) 편이
	파장이 길어진다. 공통 질량 중심	(접근 / 후퇴)	(접근 / 후퇴)	( ) V	( ) 편이

&lt;5&gt;

### 도플러 효과를 이용한 탐사

#### 시선 방향(r)과 접선 방향(t)

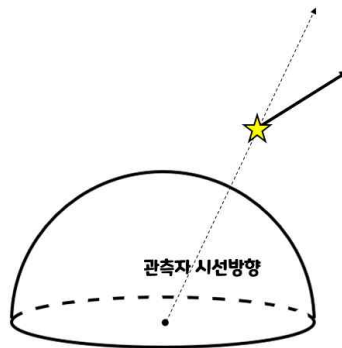
- 별은 관측자의 시선 방향으로만 움직이는 것이 아님!
- **도플러 효과는 천체의 시선 속도에 따라 발생하므로 천체의 움직임에서 시선 속도 성분을 계산해야 함!**

&lt;Question&gt;

- 공간 운동(→) : 시선 방향과 30° 각을 이룬 채 후퇴
- 공간 운동 속도( $V$ ) = 60km/s

- 시선 속도( $V_r$ ) = ( ) km/s
- 접선 속도( $V_t$ ) = ( ) km/s

- 이 별을 관측할 때 도플러 공식에 대입해야 할 속도는?



&lt;7&gt;

### 도플러 효과를 이용한 탐사

#### 도플러 효과 공식

- $c$ : 광속,  $v$ : 시선속도,  $z$ : 적색편이,  
 $\lambda_0$ : 고유 파장,  $\lambda$ : 관측 파장,  $\Delta\lambda$ : 파장 변화량

#### 도플러 효과 공식

$$= = (\Delta\lambda = )$$

$$Q1. v = 3 \times 10^2 km/s, \lambda_0 = 500nm \rightarrow \Delta\lambda = ( ) nm, \lambda = ( ) nm$$

$$Q2. \lambda_0 = 700nm, \lambda = 686nm \rightarrow \Delta\lambda = ( ) nm, v = ( ) km/s$$

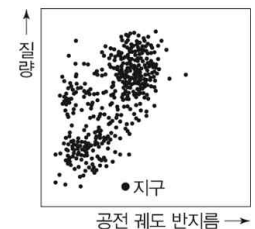
(단,  $c = 3 \times 10^5 km/s$ )

&lt;6&gt;

### 도플러 효과를 이용한 탐사

#### 도플러 효과를 이용한 탐사의 특징

- ① 관측자의 시선 방향과 외계 행성계의 공전 궤도면이 수직일 때 → 관측 (가능 / 불가)
- ② 시선 속도 변화 크기가 (결수록 / 작을수록) 관측에 유리 → 행성의 질량이 주로 (큼 / 작음)
- ③ (주기적 / 일회성) 관측



&lt;8&gt;

## 섬세한 세경쟁의 한 장에 개념노트

### 식 현상을 이용한 탐사

#### 식 현상

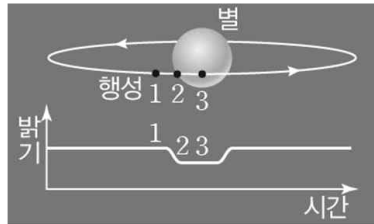
- 관측자와 관측 천체 사이에 관측을 방해하는 요소(천체, 그림자 등)가 놓일 때 **밝기가 감소**하는 현상  
ex. 일식, 월식 등

#### 식 현상을 이용한 탐사 방법

- 특정 광원을 관측할 때 **주기적 밝기 감소** 포착  
→ 해당 천체 주위를 공전하는 물체가 존재할 확률 有  
→ 높은 확률로 해당 항성 주변에 행성이 있을 것으로 판단

#### 밝기 감소에 영향을 주는 물리량

- 밝기 감소량  $\propto$  행성의 ( )  $\propto$  행성의 ( )<sup>2</sup>



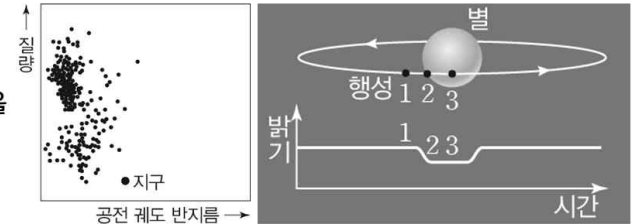
&lt;9&gt;

### 식 현상을 이용한 탐사

#### 식 현상을 이용한 탐사의 특징

- ① 관측자의 시선 방향과 외계 행성계의 공전 궤도면이 수직일 때 → 관측 (가능 / 불가)
- ② 밝기 감소 크기가 (클수록 / 작을수록) 관측에 유리 → 행성의 질량이 주로 (큼 / 작음)
- ③ 밝기 감소 주기가 (길수록 / 짧을수록) 관측에 유리 → 행성의 공전 궤도 반지름이 주로 (큼 / 작음)
- ④ (주기적 / 일회성) 관측

- 밝기 감소 비율을 활용하여 **중심별과 행성의 반지름 비율을 계산**할 수 있다.
- 식 현상 진행 시간과 속도 계산을 통해 **중심별의 크기를 추론**할 수 있다.

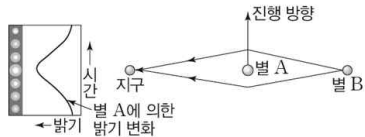


&lt;10&gt;

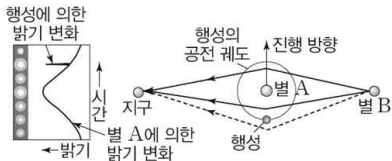
### 미세 중력 렌즈 현상을 이용한 탐사

#### 미세 중력 렌즈 현상 cf. 중력 렌즈 현상

- 관측하는 별과 관측자 사이를 통과하는 별에 행성이 존재할 때  
**행성에 의해 관측하는 별의 밝기가 미세하게 증가**하는 현상



별 B 앞을 통과하는 항성계 A에 행성이 없을 때



별 B 앞을 통과하는 항성계 A에 행성이 있을 때

&lt;11&gt;

### 미세 중력 렌즈 현상을 이용한 탐사

#### 미세 중력 렌즈 현상을 이용한 탐사 방법

- 특정 광원을 관측할 때 **미세 중력 렌즈 현상** 포착  
→ 해당 광원 앞을 지나친 항성계가 행성을 갖고 있을 것으로 판단

#### 미세 중력 렌즈 현상을 이용한 탐사의 특징

- ① 관측자의 시선 방향과 외계 행성계의 공전 궤도면이 수직일 때 → 관측 (가능 / 불가)
- ② 별에 의한 중력 렌즈 현상과 시간 차이가 클수록 관측에 유리  
→ 행성의 공전 궤도 반지름이 주로 (큼 / 작음)
- ③ (주기적 / 일회성) 관측

&lt;12&gt;