중3 과학 · 별과 우주 01

별까지의 거리는 어떻게 알아낼까?

시차와 연주시차, 별의 거리

별까지 줄자를 뻗어 잴 수는 없다. 그런데 같은 별을 서로 다른 위치에서 바라보면, 먼 배경별에 대한 방향이 아주 조금 달라진다. **우리가 옮겨 간 거리와 달라진 각도를 연결하면 별까지의 거리를 구할 수 있다.**

? **가까운 연필을 한쪽 눈씩 번갈아 볼 때, 연필이 배경에 대해 옮겨 보이는 것은 왜일까?**



© 대치동 재우쌤 | 010-9524-4849 | https://leessaem.com/ | https://blog.naver.com/leessaem84
본 자료는 직접 제작한 학습 자료입니다. 개인 학습을 위한 열람·인쇄는 자유롭게 할 수 있으며, 무단 복제·재배포·수정 후 재배포 및 상업적 이용을 금합니다.

질문 지도

예상 질문	먼저 구별할 것
Q1 연필을 움직이지 않았는데 왜 옮겨 보일까?	물체의 실제 위치 / 바라보는 위치와 방향
Q2 가까운 물체의 시차는 왜 더 클까?	물체까지의 거리 / 관측점 사이의 간격
Q3 별을 볼 때는 관측 위치를 어떻게 바꿀까?	6개월 뒤: 공전 궤도의 반대편 / 1년 뒤: 제자리
Q4 연주시차는 왜 6개월 간격 시차의 절반일까?	6개월 간격 시차 $2p$ / 연주시차 p
Q5 연주시차로 거리를 어떻게 계산할까?	연주시차 p는 초(″) / 거리 r은 pc
Q6 광년과 파섹은 무엇이 다를까?	광년·pc·AU는 모두 거리 단위 / 크기가 서로 다름
Q7 연주시차가 너무 작으면 거리를 구할 수 없을까?	0으로 기록된 값 / 실제로 0인 값

한눈에 보는 길

보는 위치가 바뀌면 방향이 바뀐다(시차) → **가까울수록 시차가 크다** →
별은 지구 공전으로 보는 위치를 바꾼다(6개월 뒤 반대편) → **6개월 간격 시차의 절반이 연주시차** →
거리(pc) = 1 ÷ 연주시차(″) → **pc × 3.26 = 광년**

이 자료의 약속

- 지구의 공전 궤도는 원으로 보고, 별과 배경별은 움직이지 않는다고 본다.
- 6개월 간격의 두 관측은 언제나 그림 6처럼 별을 정면에 둔 공전 궤도 양 끝(A·B)에서 했다고 본다.
- 별까지의 거리는 태양에서 잰 거리로 본다. 지구에서 재도 거의 같다.

그림의 지구·태양·별의 크기와 간격, 각도는 관계를 보여 주기 위해 바꿔 그렸다. 실제 별은 지구 공전 궤도 크기에 비해 훨씬 멀고 연주시차는 매우 작다.

Q1 연필을 움직이지 않았는데 왜 옮겨 보일까?

한줄답 **물체가 움직인 것이 아니라, 서로 다른 위치에서 바라보는 방향이 달라졌기 때문이다.**

같은 물체를 바라보아도 왼쪽 눈과 오른쪽 눈의 위치는 다르다. 관측점에서 물체로 향하는 두 선을 그으면 물체에서 서로 만난다. **그 두 방향이 이루는 각도가 시차**다.

생활 속 예 **가까운 연필과 먼 벽**

연필을 고정해 두고 한쪽 눈씩 번갈아 보면, 연필이 먼 벽의 무늬에 대해 옆으로 옮겨 보인다. 두 눈은 서로 다른 관측점이고, 벽의 무늬는 겉보기 위치를 비교하는 배경이다.

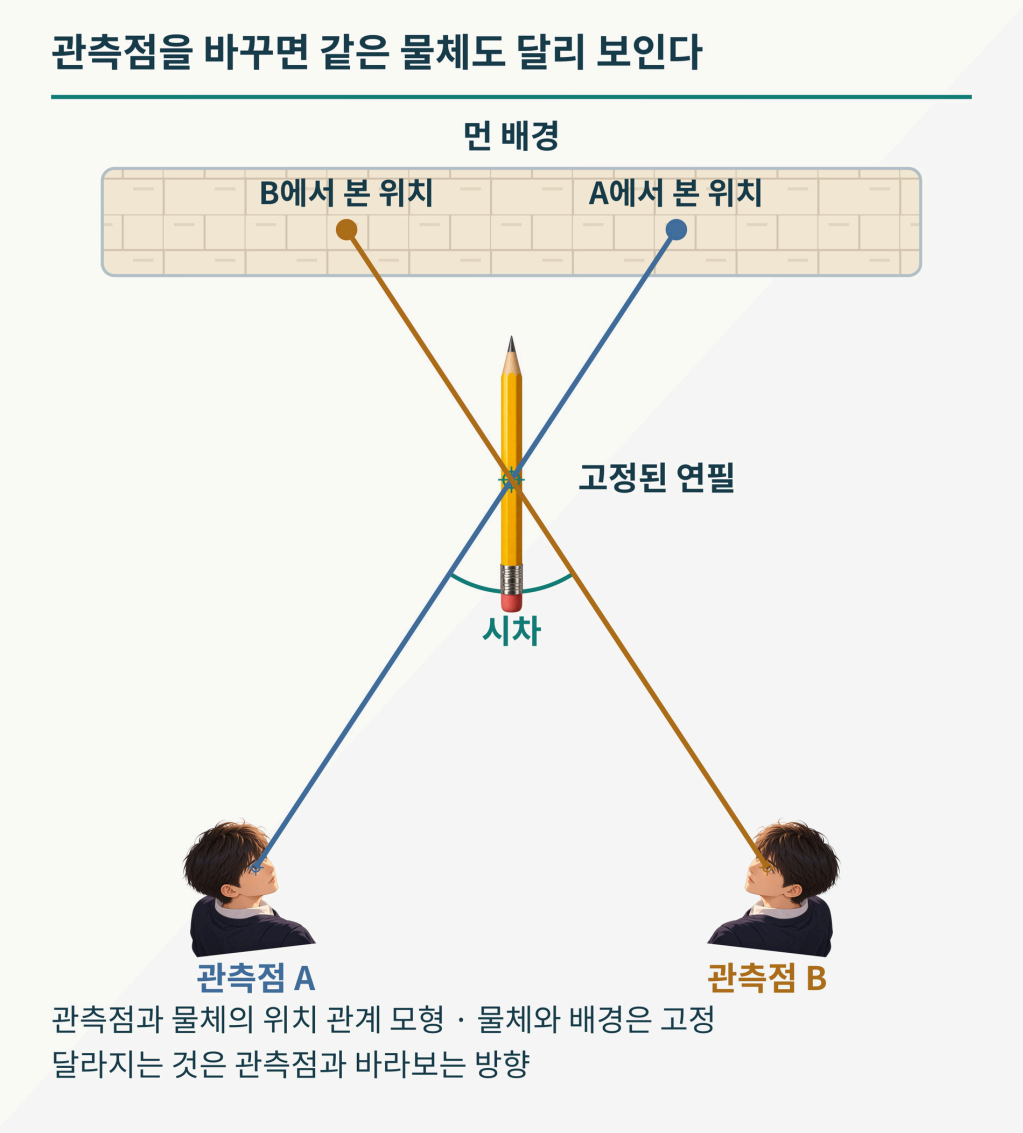


그림 1. 물체는 그대로인데 보는 방향이 달라진다

연필 실험	별 관측
왼쪽 눈 / 오른쪽 눈	6개월 간격의 두 지구 위치 A / B
가까운 연필	가까운 별 S
먼 벽의 무늬	아주 먼 배경별
두 눈 사이 간격	공전 궤도 양 끝 사이 간격(2 AU)

비유의 한계

눈은 순간에 바꿀 수 있지만, 지구는 반대편까지 가는 데 6개월이 걸린다. 또 두 눈으로 본 각도는 그냥 '시차'이고, '연주시차'는 지구 공전을 기준으로 따로 정한 각도다.

달라진 것	달라지지 않은 것
관측자의 위치, 물체를 보는 방향, 배경에 대한 겉보기 위치	물체의 실제 위치

배경도 가까이 있으면 그 배경의 겉보기 위치도 함께 달라질 수 있다. 별을 관찰할 때에는 훨씬 먼 배경별을 기준으로 위치를 비교한다.

주의

- ✗ 옮겨 보였으므로 물체가 실제로 왕복했다.
- ✓ 관측점이 달라졌는지 먼저 확인한다. 고정된 물체도 배경에 대해 옮겨 보일 수 있다.

Q2 가까운 물체의 시차는 왜 더 클까?

한줄답 **관측점 사이의 간격이 같으면, 가까운 물체를 향한 두 방향은 더 크게 벌어진다.**

생활 속 예 **연필을 가까이 가져오면**

팔을 쭉 뻗어 연필을 들고 한쪽 눈씩 번갈아 보면 연필이 조금 옮겨 보인다. 연필을 코앞까지 가져와 다시 해 보면 훨씬 크게 옮겨 보인다. 눈 사이 간격은 그대로이고 연필까지의 거리만 바뀌었다.

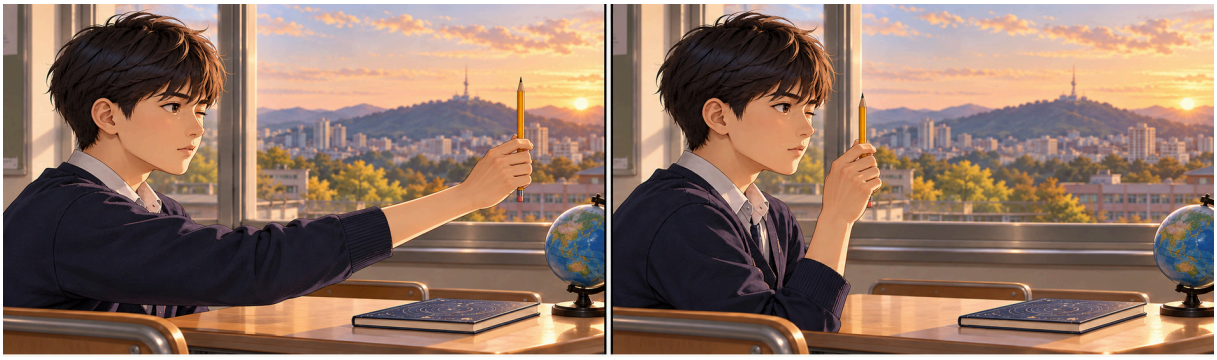


그림 2. 연필을 가까이 가져오면 더 크게 옮겨 보인다

팔 뻗기	코앞
조금 옮겨 보인다.	크게 옮겨 보인다.

달리는 차 창밖을 보면 가까운 가로수는 휙휙 지나가지만 먼 산은 거의 그대로 있는 것도 같은 까닭이다.

비유의 한계

연필은 눈 사이 간격을 그대로 두고 거리를 바꾼 예다. 차창 밖 풍경은 보는 위치가 계속 움직이는 경우라, 두 지점에서 한 번씩 보는 시차 측정과는 방식이 다르다. '가까울수록 더 많이 옮겨 보인다'는 점만 같다.

같은 두 관측점 A·B에서 가운데 방향의 물체를 본다. 물체를 더 멀리 놓으면 A에서 향하는 선과 B에서 향하는 선이 점점 나란해진다. 따라서 두 방향 사이 각도인 시차는 작아진다.

비교 조건	시차의 변화
같은 관측점 간격·같은 방향에서 물체를 가까이 놓는다.	커진다.
같은 관측점 간격·같은 방향에서 물체를 멀리 놓는다.	작아진다.
같은 물체를 두고 관측점 사이의 간격을 넓힌다.	커진다.

공정한 비교

거리의 영향만 보려면 관측점 사이의 간격을 고정한다. 관측점 간격의 영향만 보려면 물체의 거리와 방향을 고정한다. 두 조건을 함께 바꾸면 어느 조건의 효과인지 나눠 판단하기 어렵다.

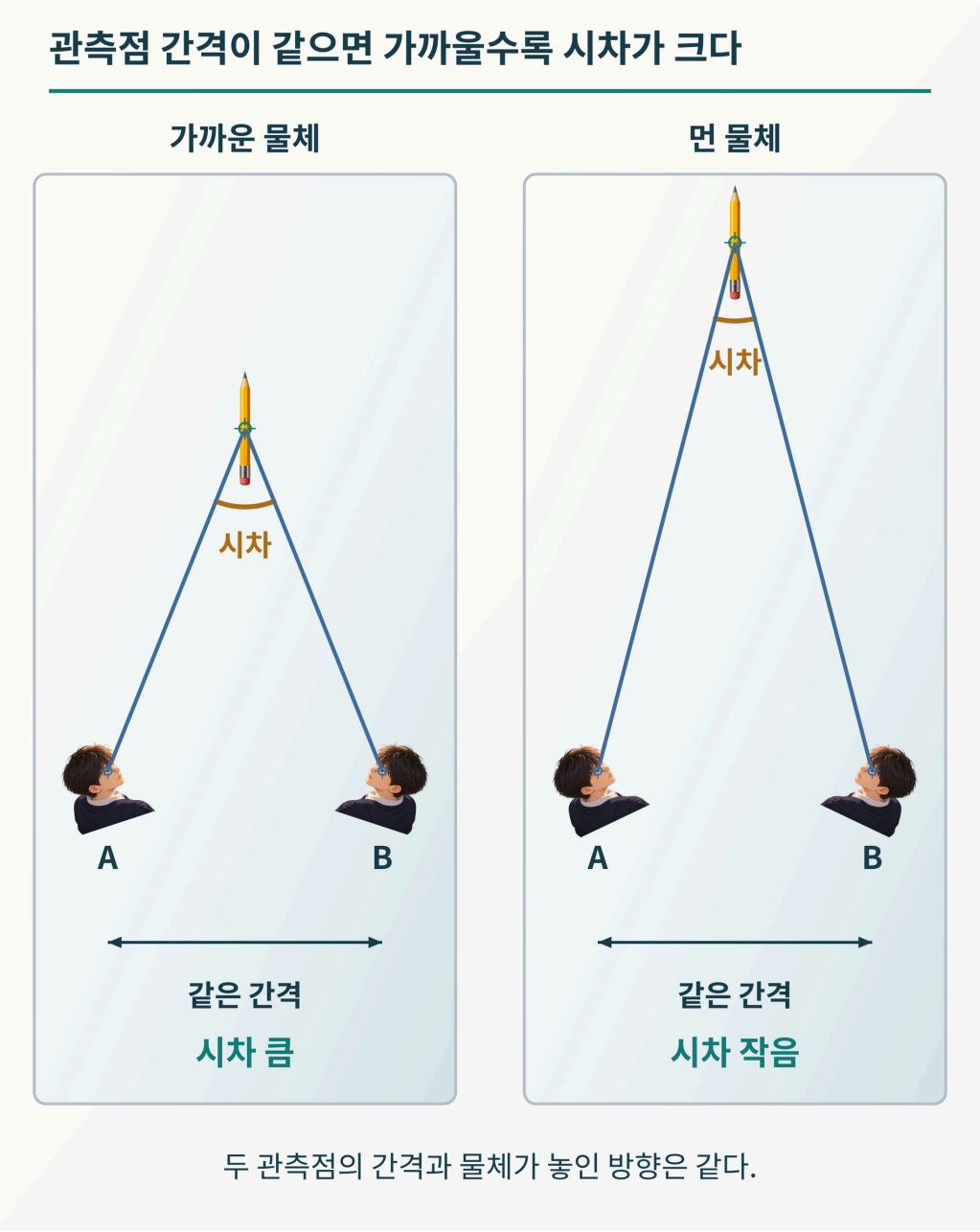


그림 3. 같은 관측점 간격에서 가까운 물체의 시차가 더 크다

주의

- 관측점 간격이 달라도 시차가 큰 물체가 무조건 가깝다.
- 거리 비교에 쓸 때에는 관측점 간격과 방향 등의 조건을 같게 맞춘다.

다음을 위한 준비 · 아주 작은 각도의 단위

′는 ‘분(각분)’, ″는 ‘초’라고 읽는 각도 단위다. 시간의 초와 구별하려고 ″를 ‘각초’라고도 한다.

$$1^\circ = 60', \qquad 1' = 60'', \qquad 1^\circ = 3600''$$

$$1'' = \frac{1}{3600}^\circ$$

0.2″는 아주 작은 각도이며, 0.2초 동안 관찰했다는 뜻이 아니다. 시간의 초는 s로 쓴다.

확인 문제 1~6

1 **연필을 책상 위에 고정해 두고, 먼 벽의 무늬를 배경으로 왼쪽 눈과 오른쪽 눈으로 번갈아 보았다. 연필이 배경에 대해 다른 위치에 있는 것처럼 보인 이유로 옳은 것은?**

① 연필이 두 눈 사이를 실제로 왕복했기 때문이다.
② 멀리 있는 벽이 눈을 바꿀 때마다 옆으로 움직였기 때문이다.
③ 같은 연필을 서로 다른 위치에서 바라보았기 때문이다.
④ 시차는 관측자의 위치와 관계없이 물체의 거리만으로 정해지기 때문이다.
⑤ 한쪽 눈에서 연필이 더 밝게 보여 위치도 달라졌기 때문이다.

2 **시차를 관찰하는 연필 실험에서 연필과 배경은 움직이지 않았다. (1) 눈을 바꿨을 때 달라진 것은 무엇인가? (2) 연필이 움직여 보였다는 사실만으로 연필이 실제로 이동했다고 할 수 있는가? 이유도 쓰시오.**

(1) _____

(2) _____

3 **같은 두 관측점에서, 같은 방향에 놓인 정지한 모형 물체 P·Q를 각각 관찰했다. 시차는 P가 18°, Q가 6°였다. 옳은 것은?**

① P가 Q보다 가깝다.
② Q가 P보다 가깝다.
③ P와 Q의 거리가 같다.
④ 관측점이 같으므로 P와 Q의 시차도 같아야 한다.
⑤ 시차가 세 배이므로 P가 Q보다 세 배 멀다.

4 **한 실험에서 물체를 더 가까이 옮기는 동시에 두 관측점의 간격도 넓혔더니 시차가 커졌다. (1) 이 결과만으로 물체가 가까워진 효과라고 결론 내릴 수 없는 이유 (2) 거리의 영향만 비교하려면 고칠 점을 쓰시오.**

(1) _____

(2) _____

5 서로 다른 두 물체를 관찰했다. 시차는 첫 실험에서 6°, 둘째 실험에서 9°였다. 두 실험의 관측점 간격은 서로 달랐지만, 그 간격의 값은 기록하지 않았다. 이 자료만으로 할 수 있는 판단으로 옳은 것은?

① 9°가 더 크므로 둘째 물체가 반드시 더 가깝다.
② 6°가 더 작으므로 첫째 물체가 반드시 더 가깝다.
③ 첫째와 둘째 물체까지의 거리비는 반드시 6:9다.
④ 관측점 간격이 다르므로 시차의 크기만으로 거리를 비교할 수 없다.
⑤ 시차는 관측점 간격과 관계없으므로 두 실험 조건을 같다고 보아도 된다.

6 별의 작은 각도를 나타낼 때 각분(′)과 각초(″)를 쓴다. (1) 1°는 몇 ″인가? (2) 1′는 몇 ″인가? (3) 0.5″는 0.5초 동안 관찰했다는 뜻인지 쓰시오.

(1) _____

(2) _____

(3) _____

Q3 별을 볼 때는 관측 위치를 어떻게 바꿀까?

한줄답 **지구가 태양 주위를 공전하므로, 6개월 뒤에는 공전 궤도의 반대편에서 별을 볼 수 있다. 1년 뒤에는 같은 자리로 돌아온다.**

비유 **회전목마에서 가로등 보기**

회전목마를 타고 돌면서, 회전목마 밖 가까운 가로등을 멀리 있는 산과 비교해 본다. 반 바퀴를 돌아 반대편에 오면 가로등이 산에 대해 달리 보인다. 한 바퀴를 다 돌아 처음 자리에 오면 가로등도 처음과 같은 곳에 보인다.

회전목마	지구와 별
회전목마의 중심	태양
회전목마를 타고 도는 나	공전하는 지구
가까운 가로등	가까운 별
먼 산	아주 먼 배경별
반 바퀴 / 한 바퀴	6개월 / 1년

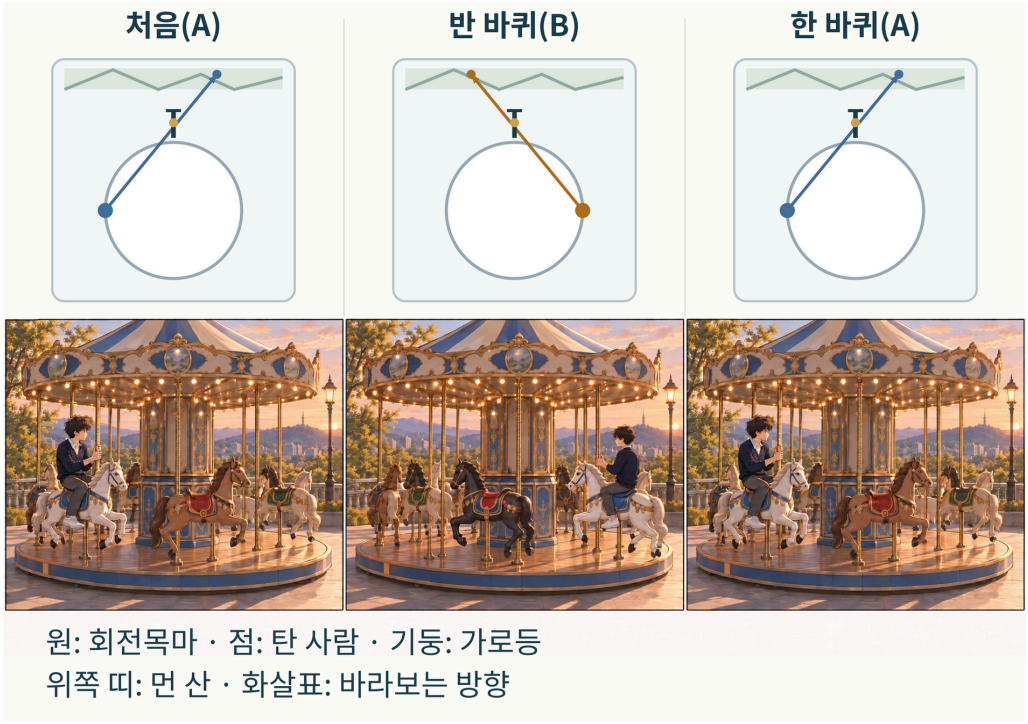


그림 4. 반 바퀴면 반대편, 한 바퀴면 제자리

처음	반 바퀴(6개월에 대응)	한 바퀴(1년에 대응)
처음 자리에서 본다.	반대편에서 본다.	처음 자리로 돌아온다.

비유의 한계

회전목마의 한 바퀴 시간은 1년이 아니다. 6개월·1년은 지구 공전에 대응시킨 시간이다. 가로등은 눈으로 알아볼 만큼 달리 보이지만 별은 공전 궤도에 비해 너무 멀어서 연주시차가 1″보다도 작다. 이 장면은 관측 위치가 되풀이됨을 보여 주며 각도의 크기를 재는 그림은 아니다.

관측 시점	지구의 위치	배경에 대한 별의 겉보기 위치
처음	A	한쪽으로 보인다.
6개월 뒤	반대편 B	다른 쪽으로 보인다.
1년 뒤	처음 A	처음과 같게 보인다.

1년 뒤 위치가 같은 것은 지구가 제자리로 돌아왔기 때문이다.

주의

- ✗ 1년 뒤 위치가 같으므로 그 별의 연주시차는 0이다.
- ✓ 지구가 같은 관측 위치로 돌아온 경우와, 여러 시점을 보아도 시차를 구별하지 못한 경우를 구별한다.



그림 5. 같은 배경에 맞춘 6개월·1년 관측

Q4 연주시차는 왜 6개월 간격 시차의 절반일까?

한줄답 **연주시차는 태양–지구 거리(1 AU)를 기준으로 정한 각도인데, 6개월 간격 관측은 그 2배인 2 AU 떨어진 두 곳에서 본 것이기 때문이다.**

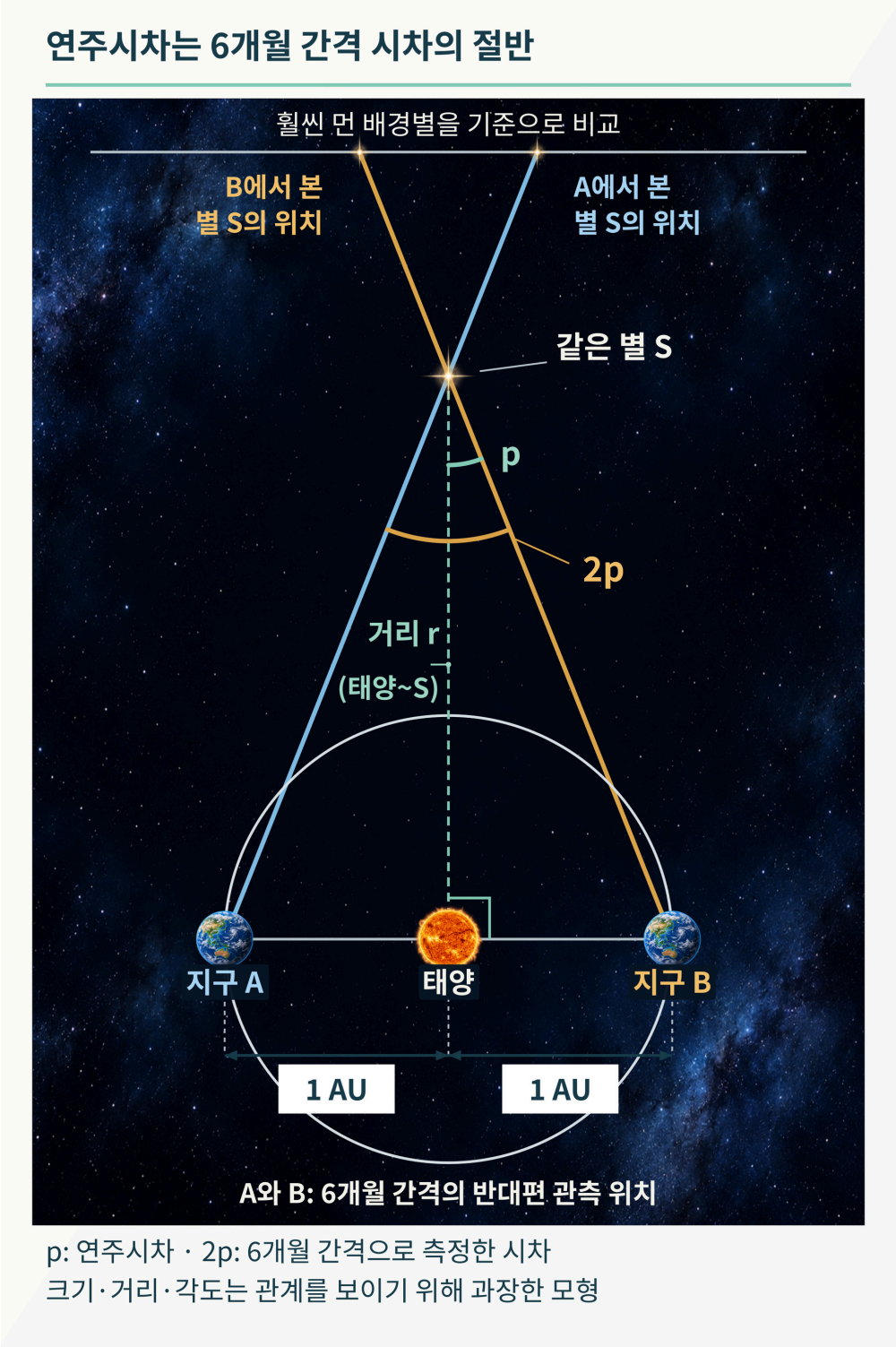


그림 6. 연주시차는 6개월 간격 시차의 절반

지구 A와 6개월 뒤의 지구 B는 태양을 사이에 둔 공전 궤도의 반대편에 있다. A·B에서 같은 별 S를 바라보면 두 관측 방향이 달라진다. 이 모형에서 **6개월 간격으로 측정한 시차는 ∠ASB(별 S에서 본 두 지구 사이의 각)**이고, $2p$로 나타낸다.

A에서 B까지는 2 AU, 태양에서 지구까지는 1 AU다. 별 S에서 태양 쪽을 향하는 가운데 선과 한쪽 지구를 향하는 선 사이의 각도 p를 **연주시차**라고 한다.

비유 **지름 대신 반지름**

원의 크기를 나타낼 때 지름보다 반지름을 기준으로 쓰는 경우가 많다. 연주시차도 같다. 6개월 간격의 두 지구 A·B 사이는 공전 궤도의 **지름(2 AU)**이고, 태양과 지구 사이는 **반지름(1 AU)**이다. 지름 양 끝에서 본 각이 6개월 간격 시차(2p), 반지름 양 끝(태양과 지구)에서 본 각이 연주시차(p)다.

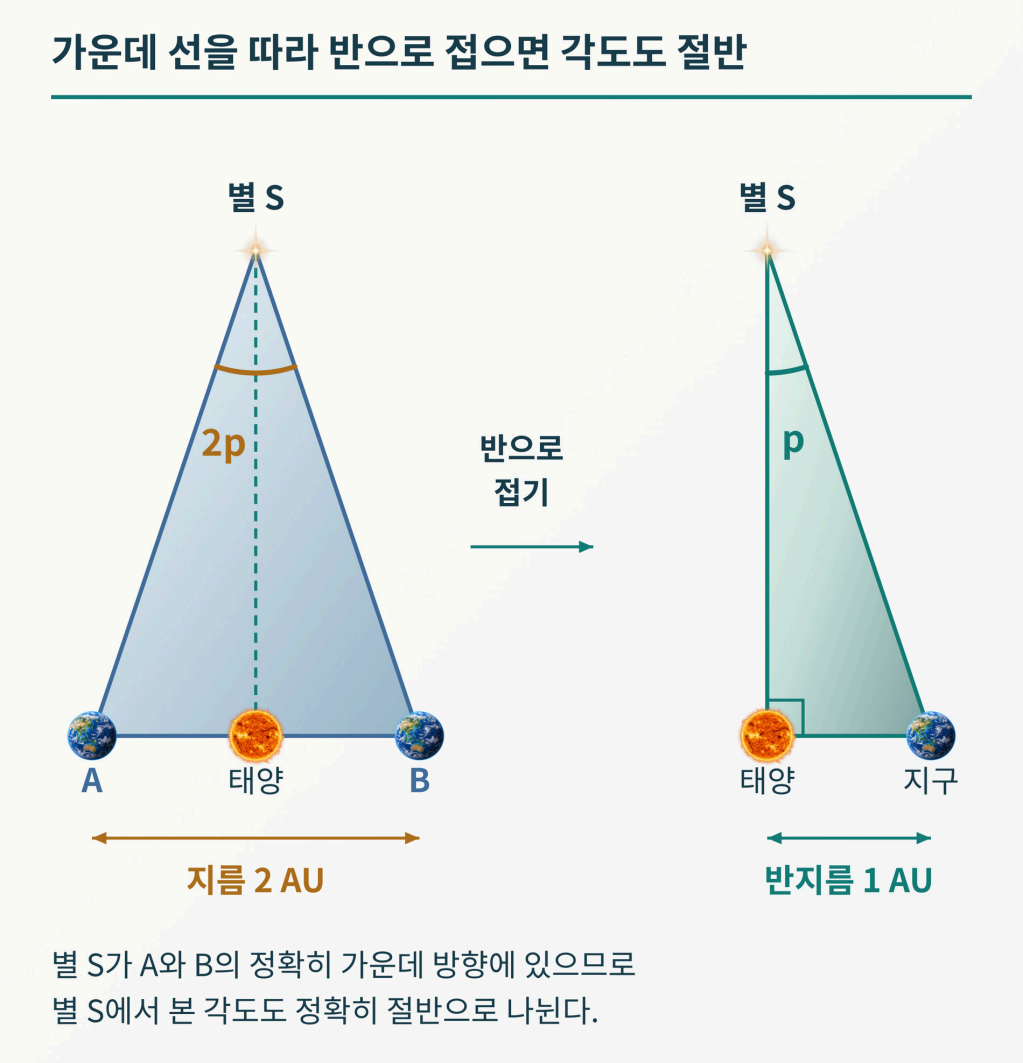


그림 7. 가운데 선을 따라 반으로 접으면 각도도 절반

비유의 한계

지름·반지름은 **길이**, 2p·p는 **각도**다. 길이와 각도를 같은 것으로 보지 않는다. 별 S가 A와 B의 정확히 가운데 방향에 있으므로, 별 S에서 본 각도도 정확히 절반으로 나뉜다.

6개월 간격 시차 = 2p, p = (6개월 간격 시차) ÷ 2

발문에 주어진 말	그 수치의 뜻	할 계산
연주시차가 p다.	태양–지구 거리 1 AU를 기준으로 한 각도다.	다시 절반으로 나누지 않는다.
6개월 간격으로 측정한 시차다.	두 지구 위치 A·B에서 측정한 시차 $2p$다.	2로 나누어 p를 구한다.

‘6개월’을 절반으로 나누는 것이 아니다. 6개월 간격으로 측정한 시차를 절반으로 나눈다. 반대로 연주시차가 주어졌다면 6개월 간격 시차는 2배다.

대표 문제 1 **6개월 간격 시차에서 연주시차로**

6개월 간격으로 측정한 시차가 0.05″인 별이 있다. (1) 연주시차를 구하시오. (2) 이 연주시차에 다시 2를 곱하면 무엇을 구한 것인지 쓰시오.

먼저 풀어 보기

(1) _____

(2) _____

풀이는 뒤쪽 [정답과 해설]의 ‘대표 문제 풀이’에 있다.

주의

- ✗ 연주시차라고 적힌 수치도 언제나 2로 나눈다.
- ✓ 연주시차는 그대로 쓴다. 6개월 간격으로 측정한 시차가 주어졌을 때만 절반으로 바꾼다.

확인 문제 7~14

7 **이 자료의 연주시차 모형에서, 별이 먼 배경별에 대해 1년을 주기로 위치를 바꾸어 보이는 주된 원인은?**

① 지구가 하루에 한 바퀴 자전하기 때문이다.
② 별이 지구 주위를 1년에 한 바퀴 돌기 때문이다.
③ 별이 6개월마다 지구 쪽으로 다가왔다 멀어지기 때문이다.
④ 별의 빛이 6개월마다 더 밝아지기 때문이다.
⑤ 지구가 태양 주위를 공전하여 관측 위치가 달라지기 때문이다.

8 한 별을 6개월 간격으로 관측해 측정한 시차가 0.60″였다. (1) 연주시차 p (2) 0.60″를 그대로 p로 쓰면 안 되는 이유를 쓰시오.

(1) _____

(2) _____

9 한 별을 올해와 내년의 같은 날짜에 관찰했더니 먼 배경별에 대한 겉보기 위치가 같았다. 이 자료의 모형에서 옳은 판단은?

① 이 별의 연주시차는 반드시 0이다.

② 지구가 거의 같은 관측 위치로 돌아왔으므로, 이 두 기록만으로 연주시차가 0이라고 할 수 없다.

③ 이 별은 무한히 멀리 있다는 뜻이다.

④ 1년 동안 지구는 공전 궤도의 반대편까지만 이동한다.

⑤ 별이 1년 동안 관측자를 따라 움직였다는 증거다.

10 어떤 별의 연주시차 p가 0.18″다. (1) 6개월 간격으로 측정한 시차 (2) 1년 뒤 같은 날짜에 지구가 같은 곳으로 돌아왔을 때 겉보기 위치가 처음과 어떻게 되는지 쓰시오.

(1) _____

(2) _____

11 ∠ASB(별 S에서 본 두 지구 A·B 사이의 각)가 0.40″다. A·B는 6개월 간격으로 공전 궤도의 양 끝에 있다. 연주시차 p는?

① 0.10″ ② 0.40″ ③ 0.20″

④ 0.80″ ⑤ 2.5″

12 먼 배경별을 기준으로 같은 별의 각도 좌표를 기록했다. 첫해 1월에는 0.06″, 6개월 뒤에는 0.34″, 다음 해 1월에는 0.06″였다. (1) 6개월 간격으로 측정한 시차 (2) 연주시차 (3) 다음 해 7월(처음 관측 뒤 1년 6개월)에 기록할 좌표를 예상하고 이유를 쓰시오.

(1) _____

(2) _____

(3) _____

13 연주시차가 A 0.08″, B 0.12″, C 0.20″인 세 별이 있다. 가까운 것부터 바르게 나열한 것은?

① A→B→C ② B→A→C ③ B→C→A

④ C→B→A ⑤ A→C→B

14 6개월 간격으로 측정한 시차가 0.10″인 별을 보고, “별이 우주 공간에서 0.10″만큼 실제로 왕복했다”라고 말했다. (1) 연주시차 (2) 이 설명이 잘못된 이유를 쓰시오.

(1) _____

(2) _____

Q5 연주시차로 거리를 어떻게 계산할까?

한줄답 **연주시차를 초(″)로, 거리를 파섹(pc)으로 나타내면 거리 수치는 연주시차 수치의 역수다.**

파섹과 거리 식

Q2에서 시차로 거리를 비교하려면 관측점 사이의 간격을 같게 해야 한다고 했다. 연주시차는 **모든 별에서 같은 기준(태양–지구 거리, 1 AU)으로** 정한 각도이므로 이 조건이 저절로 맞춰진다. 그래서 연주시차끼리는 바로 비교할 수 있고, **연주시차가 큰 별일수록 가깝다.**

연주시차가 1″인 별까지의 거리를 1 pc(파섹)라고 한다.

파섹(parsec)은 **par**allax(시차)와 **sec**ond(초)를 합친 이름이다. ‘연주시차가 **1초**가 되는 거리’라는 뜻이 이름에 들어 있다.

이 자료에서 쓰는 거리 관계는 다음과 같다.

$$r(\text{pc}) = \frac{1}{p(″)}, \qquad p(″) = \frac{1}{r(\text{pc})}$$

$$r(\text{pc}) \times p(″) = 1$$

마지막 식은 **pc로 나타낸 거리 수치와 ″로 나타낸 연주시차 수치의 곱**이 1이라는 뜻이다. 단위 없이 아무 거리·각도 수치나 곱한다는 뜻이 아니다.

비유 **멀어지는 친구**

같은 키의 친구가 2배 멀리 걸어가면, 팔을 뻗고 손가락으로 재어 본 친구의 키는 약 절반으로 줄어든다. 친구의 키는 그대로인데 보이는 **각도**가 작아진 것이다. 연주시차에서 ‘친구의 키’ 역할은 늘 같은 길이인 1 AU가 한다. 그래서 별이 2배 멀면 연주시차는 $\frac{1}{2}$배가 된다.

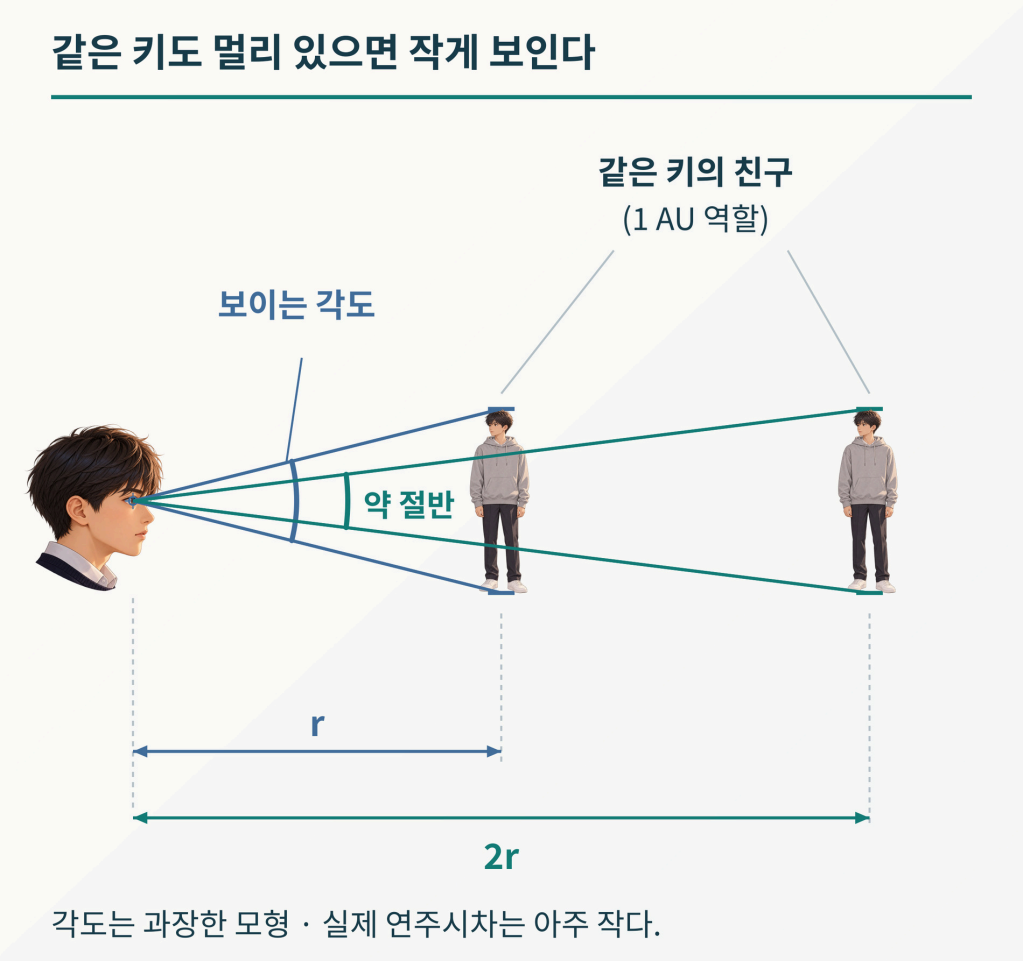


그림 8. 같은 키도 멀리 있으면 작게 보인다

비유의 한계

친구가 아주 가까이 있으면 '2배 멀면 절반'이 딱 맞지는 않는다. 별의 연주시차는 아주 작은 각도라서 이 관계를 그대로 써도 된다. 그림 8의 친구와 각도는 관계를 드러내기 위해 과장했다.

거리와 연주시차의 변화	대응하는 변화
거리가 2배가 되면	연주시차는 1/2배
거리가 3배가 되면	연주시차는 1/3배
거리가 4배가 되면	연주시차는 1/4배
연주시차가 4배가 되면	거리는 1/4배

거리가 2배, 3배, 4배, …가 되면 연주시차는 $\frac{1}{2}$배, $\frac{1}{3}$배, $\frac{1}{4}$배, …가 된다. 이런 관계를 **반비례**라고 한다.

별 A·B를 비교할 때는 다음처럼 쓸 수 있다.

$$\frac{r_B}{r_A} = \frac{p_A}{p_B}$$

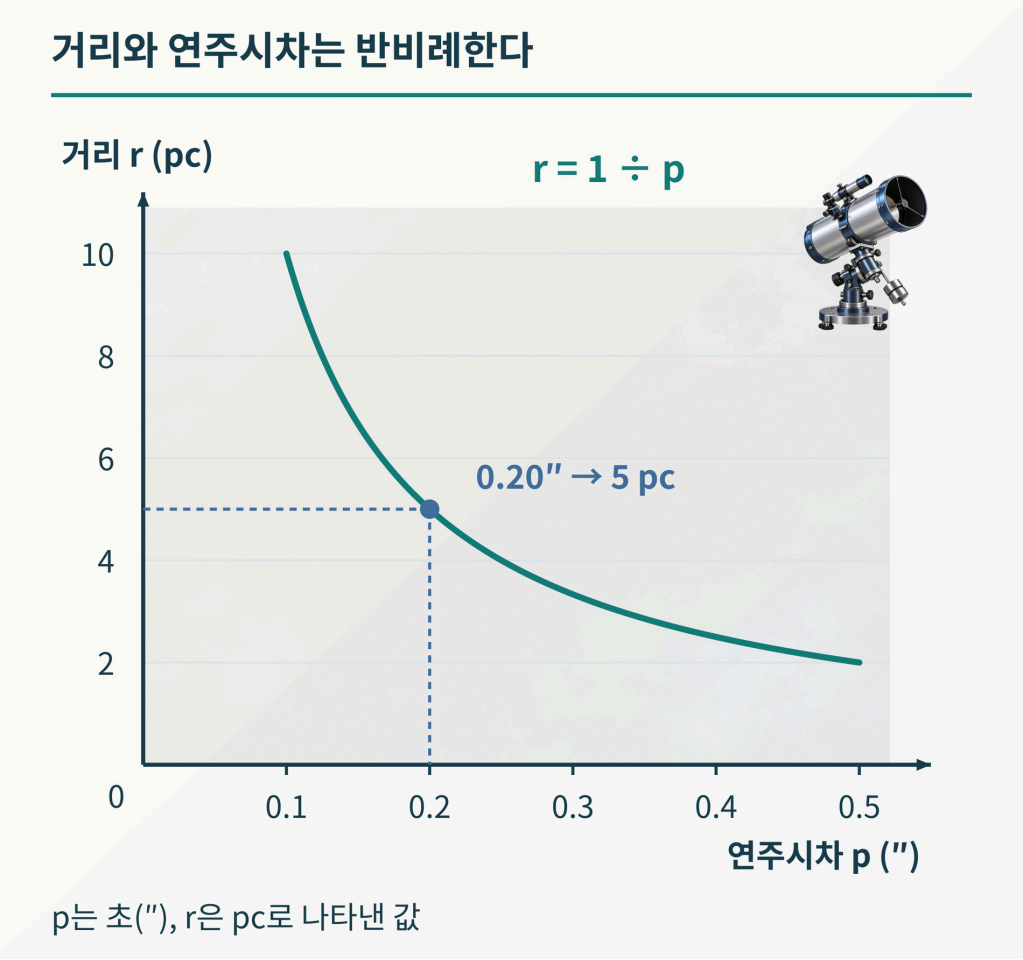


그림 9. 거리와 연주시차는 반비례한다

대표 문제 2 **연주시차에서 거리로**

별의 연주시차가 0.20″다. (1) 거리(pc) (2) 거리(광년)를 구하시오. 1 pc≈3.26광년이다.

먼저 풀어 보기

(1) _____

(2) _____

풀이는 뒤쪽 [정답과 해설]의 '대표 문제 풀이'에 있다.

주의

- ✗ 더 먼 별의 연주시차가 더 크다.
- ✓ 거리는 연주시차와 반비례한다. 식에 넣기 전에 각도는 ″, 거리는 pc인지 확인한다.

Q6 광년과 파섹은 무엇이 다를까?

한줄답 **둘 다 거리 단위지만 1 pc가 1광년보다 길다. 1 pc는 약 3.26광년이다.**

비유 **걸어서 10분 거리**

"학교까지 걸어서 10분 거리야"라고 말할 때 '10분'은 시간이지만, 이 말이 알려 주려는 것은 **거리**다. 광년도 '빛이 1년 동안 가는 거리'이므로 시간 단위가 아니라 **거리 단위**다.

비유의 한계

걷는 빠르기는 사람마다 달라 '걸어서 10분'은 대략적인 거리다. 빛의 빠르기는 진공에서 일정하므로 1광년은 정해진 길이(약 9.46×10^{12} km)다.

거리 단위	뜻·규모
AU(천문단위)	지구와 태양 사이의 평균 거리. 약 1억 5000만 km
광년	빛이 진공에서 1년 동안 간 **거리**. 약 9.46×10^{12} km
pc(파섹)	연주시차 1″에 해당하는 거리. **1 pc ≈ 3.26광년**

pc를 광년으로 바꿀 때는 3.26을 곱하고, 광년을 pc로 바꿀 때는 3.26으로 나눈다. **1 pc와 1광년은 둘 다 거리 단위지만, 같은 길이는 아니다.**

주의

- ✗ "의 초는 시간이고, 광년의 년도 시간이다.
- ✓ "는 각도 단위, 광년은 거리 단위다. 무엇을 재는 수치인지 단위와 함께 읽는다.

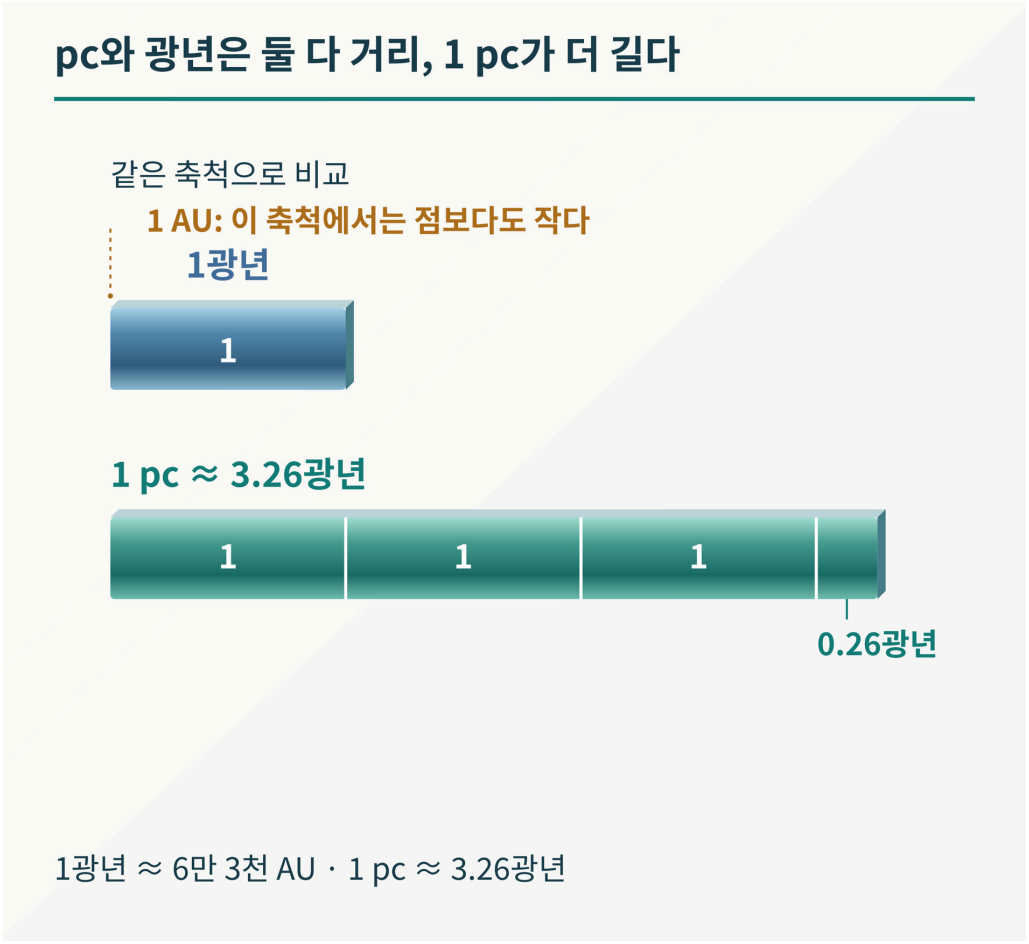


그림 10. pc와 광년은 둘 다 거리, 1 pc가 더 길다

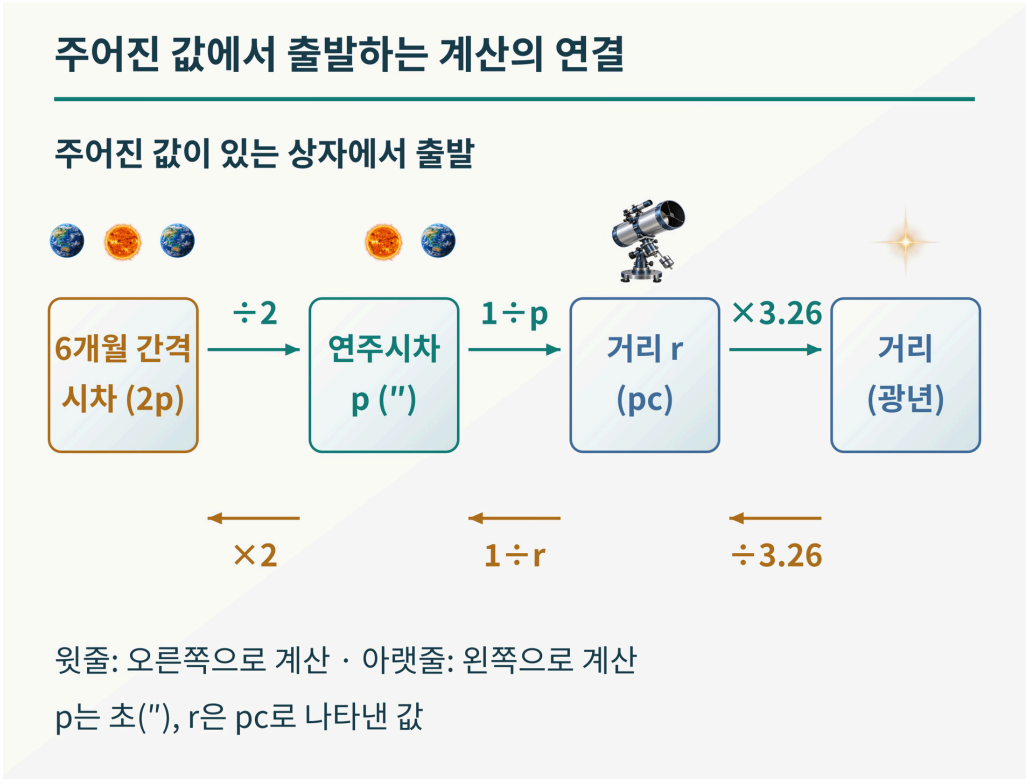


그림 11. 주어진 값에서 출발하는 계산의 연결

대표 문제 3 **광년으로 주어진 거리에서 각도로**

별까지의 거리가 약 65.2광년이다. 1 pc≈3.26광년으로 계산한다. (1) 거리(pc) (2) 연주시차 (3) 6개월 간격으로 측정한 시차를 구하시오.

먼저 풀어 보기

(1) _____

(2) _____

(3) _____

풀이는 뒤쪽 [정답과 해설]의 '대표 문제 풀이'에 있다.

확인 문제 15~22

15 어떤 별의 연주시차가 0.25″다. 별까지의 거리는?

① 4 pc ② 0.25 pc ③ 2 pc
④ 8 pc ⑤ 4광년

16 별 A까지의 거리는 6 pc, 별 B까지의 거리는 12 pc다. B의 연주시차는 A의 몇 배인가?

① 2배 ② 4배 ③ 1배
④ 1/4배 ⑤ 1/2배

17 별 A·B의 연주시차는 각각 0.40″, 0.10″다. (1) 두 별의 거리(pc) (2) B는 A보다 몇 배 먼지 구하시오.

(1) _____

(2) _____

18 한 별을 6개월 간격으로 측정한 시차가 0.16″다. 별까지의 거리는?

① 6.25 pc ② 0.08 pc ③ 12.5 pc
④ 0.16 pc ⑤ 25 pc

19 그림 13은 6개월 간격으로 같은 별을 찍은 두 기록이다. 먼 배경별의 위치를 맞추어 각도 좌표로 나타냈다. 별까지의 거리는?

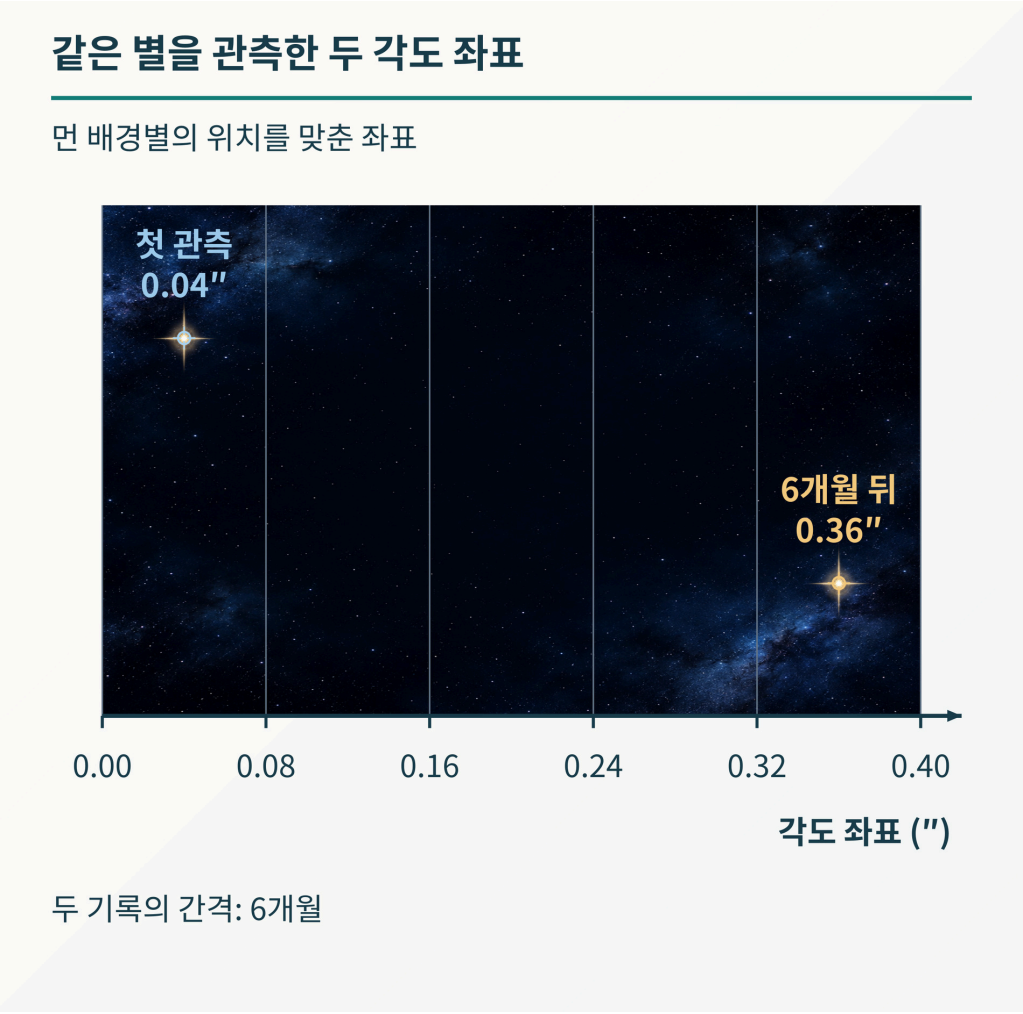


그림 13. 같은 별의 두 관측 기록

① 3.125 pc ② 6.25 pc ③ 0.16 pc
④ 0.32 pc ⑤ 12.5 pc

20 태양에서 별까지의 거리가 8 pc다. 1 pc≈3.26광년으로 계산한다. (1) 연주시차 (2) 거리를 광년으로 구하시오.

(1) _____

(2) _____

21 별까지의 거리는 약 8.15광년이다. 1 pc≈3.26광년으로 계산한다. (1) 거리(pc) (2) 연주시차를 구하시오.

(1) _____

(2) _____

22 다음 말의 옳고 그름을 판단하고, 틀린 말은 고치시오. (1) 광년은 시간 단위다. (2) 1 pc와 1광년은 같은 거리다. (3) 지구와 태양 사이의 평균 거리는 약 1 AU다.

(1) _____

(2) _____

(3) _____

Q7 연주시차가 너무 작으면 거리를 구할 수 없을까?

한줄답 **그 장비로 연주시차를 구별하지 못하면, 그 관측값으로 정확한 거리를 계산할 수 없다. 실제 연주시차가 0이라는 뜻은 아니며, 더 정밀한 관측이나 다른 거리 측정 방법이 필요하다.**

비유 **1 mm 눈금 자로 머리카락 재기**

1 mm 눈금 자로 머리카락 굵기를 재어 mm 단위의 정수로만 기록하면 '0 mm'로 나타날 수 있다. 하지만 머리카락의 굵기가 0인 것은 아니다. 자의 눈금보다 가늘어서 구별하기 어려운 것이다. 더 정밀한 도구를 쓰면 굵기를 잴 수 있다.



그림 12. 눈금보다 작은 값이 실제로 0인 것은 아니다

비유의 한계

머리카락 굵기는 직접 잴 수 있는 길이지만, 연주시차는 각도이며 너무 작은 연주시차는 아주 멀다는 뜻이다. '작다 = 멀다'는 비유에는 없는 관계다. 그림의 확대 원은 굵기와 눈금 간격을 비교하기 위한 모형이다.

거리가 멀어지면 연주시차가 작아진다. 작은 각도의 차이를 구별하는 데에는 장비의 정밀도가 필요하다. **0.00″가 장비로 구별하지 못했다는 표시인지, 작은 값을 반올림한 결과인지 먼저 구별한다.**

기록된 0.00″를 그대로 $r = 1 \div p$에 넣으면 **$1 \div 0$이 되어 계산할 수 없다.** 이 기록을 '거리 0'이나 '끝없이 멀다'로 해석하지 않는다.

기록의 뜻	가능한 판단
여러 시점을 보아도 장비가 연주시차를 구별하지 못했다.	그 장비로 연주시차를 재어 거리를 계산할 수 있는 범위보다 멀다. 구별 가능한 각도의 기준을 알면 거리의 범위를 판단할 수 있다.
측정한 작은 값을 반올림해 0.00″로 표시했다.	실제로는 작은 양수일 수 있다. 반올림 전 값이나 표시 자릿수를 확인해야 정확한 거리를 구할 수 있다.
더 정밀한 장비로 작은 연주시차를 측정했다.	더 먼 별까지 연주시차법을 적용할 수 있다.

그래서 연주시차는 **비교적 가까운 별**의 거리를 구할 때 쓰고, 더 먼 별은 다른 방법으로 거리를 구한다.

확인 문제 23~24

23 **어떤 가상 관측 장비는 연주시차가 0.02″ 이상일 때만 그 각도를 구별할 수 있고, 이보다 작아 구별하지 못한 값은 0.00″로 기록한다. (1) 이 기준에 해당하는 가장 먼 거리는 몇 pc인가? (2) 75 pc인 별의 연주시차를 이 장비로 구별할 수 있는지 이유와 함께 쓰시오.**

(1) _____

(2) _____

24 **어떤 별의 연주시차가 관측 기록에서 0.00″로 반올림되어 나타났다. 옳은 판단은?**

① 그 별의 연주시차는 반드시 정확히 0이다.

② 연주시차법으로는 어느 거리의 별이든 같은 정밀도로 구할 수 있다.

③ 연주시차 0.001″인 별은 0.1″인 별보다 가깝다.

④ 아주 작은 연주시차가 측정·표시 한계 때문에 0처럼 기록되었을 수 있다.

⑤ 별의 연주시차가 작다는 것은 지구 공전 궤도가 작아졌다는 뜻이다.

선택 문제

선택 1 6개월 간격으로 측정한 시차가 0.08″인 별이 있다. 1 pc≈3.26광년으로 계산한다. (1) 연주시차 (2) 거리(pc) (3) 거리(광년)를 구하시오.

(1) _____

(2) _____

(3) _____

선택 2 다음 기록을 검토하시오. A: 연주시차 0.08″, 거리 12.5 pc. B: 연주시차 0.25″, 거리 0.25 pc. C: 연주시차 0.50″, 거리 약 6.52광년. 1 pc≈3.26광년이다. (1) 틀린 기록과 고친 거리 (2) 먼 별부터 나열한 순서를 쓰시오.

(1) _____

(2) _____

제목 질문에 대한 답

① 지구가 공전하면 보는 위치가 바뀌어, 가까운 별이 먼 배경별에 대해 옮겨 보인다.

② 6개월 간격으로 측정한 시차의 절반이 연주시차(p)다.

③ 거리(pc) = 1 ÷ 연주시차(″). 연주시차가 작을수록 멀다.

④ pc에 3.26을 곱하면 광년이 된다. 연주시차가 너무 작아 잴 수 없는 별은 다른 방법으로 거리를 구한다.

정답과 해설

대표 문제 풀이

대표 1 6개월 간격 시차에서 연주시차로

물음	식과 답
(1) 연주시차	$p = 0.05 \div 2 =$ **0.025″**
(2) $2p$의 뜻	$2 \times 0.025 =$ **0.05″**. 6개월 간격으로 측정한 시차다.

대표 2 연주시차에서 거리로

물음	식과 답
(1) 거리(pc)	$r = 1 \div 0.20 =$ **5 pc**
(2) 거리(광년)	$5 \times 3.26 =$ **약 16.3광년**

0.20″는 이미 연주시차이므로 2로 나누지 않는다. $5 \times 0.20 = 1$로 수치 관계를 확인할 수 있다. 광년과 pc의 관계는 Q6에서 자세히 다룬다.

대표 3 광년으로 주어진 거리에서 각도로

물음	식과 답
(1) 광년→pc	$65.2 \div 3.26 =$ **20 pc**
(2) 거리→연주시차	$p = 1 \div 20 =$ **0.05″**
(3) 연주시차→6개월 간격 시차	$2p = 2 \times 0.05 =$ **0.10″**

빠른 정답 · 객관식

번호	1	3	5	7	9	11	13	15	16	18	19	24
정답	③	①	④	⑤	②	③	④	①	⑤	③	②	④

빠른 정답 · 서답형과 선택 문제

번호	정답
2	(1) 관측점, 즉 바라보는 눈의 위치. (2) 아니다. 관측점이 달라 생긴 겉보기 위치 변화이기 때문이다.
4	(1) 물체의 거리와 관측점 사이의 간격을 함께 바꾸었다. (2) 관측점 사이의 간격을 같게 두고 물체의 거리만 바꾼다.
6	(1) 3600″ (2) 60″ (3) 아니다. 0.5″는 시간 아닌 각도의 크기다.
8	(1) 0.30″ (2) 6개월 간격 시차는 2p이므로 절반이 연주시차다.
10	(1) 0.36″ (2) 먼 배경별에 대해 처음과 거의 같은 위치로 돌아와 보인다.
12	(1) 0.28″ (2) 0.14″ (3) 0.34″. 1년마다 같은 위치가 되풀이되므로 1년 6개월 뒤는 6개월 뒤와 같은 위치다.
14	(1) 0.05″ (2) 지구의 관측 위치가 달라 생기는 겉보기 방향 변화인데 별의 실제 왕복 운동으로 해석했다.
17	(1) A 2.5 pc, B 10 pc (2) 4배
20	(1) 0.125″ (2) 약 26.08광년
21	(1) 2.5 pc (2) 0.40″
22	(1) 틀림. 빛이 1년 동안 간 거리를 나타내는 거리 단위다. (2) 틀림. 1 pc≈3.26광년으로 1 pc가 더 길다. (3) 옳음.
23	(1) 50 pc (2) 없다. p=1/75″≈0.0133″로 0.02″보다 작다.
선택 1	(1) 0.04″ (2) 25 pc (3) 약 81.5광년
선택 2	(1) B가 틀렸고 4 pc로 고친다. (2) A→B→C

풀이와 오답인 이유

1 **정답 ③**

③이 옳다. 두 눈의 위치가 달라 연필을 바라보는 방향이 달라진다. ①·②는 실제로 움직였다고 단정했고, ④는 관측점의 변화를 빠뜨렸으며, ⑤는 시차를 밝기 변화로 설명했다.

2 **정답 (1) 관측점, 즉 바라보는 눈의 위치. (2) 아니다. 관측점이 달라 생긴 겉보기 위치 변화이기 때문이다.**

시차는 서로 다른 관측점에서 같은 물체를 볼 때 생기는 방향의 차이다. 실제 위치를 고정해도 관측점이 달라지면 배경에 대한 겉보기 위치가 달라진다.

채점 기준 관측점의 변화와 실제 이동이 아니라는 이유를 각각 평가한다. 보는 방향의 변화라는 같은 뜻의 답을 인정한다.

3 **정답 ①**

①이 옳다. 관측점 사이의 간격과 놓인 방향이 같으면 가까운 물체의 시차가 더 크다. ②·⑤는 관계를 반대로 판단했고, ③은 서로 다른 시차를 같은 거리로 보았으며, ④는 관측점만 같으면 시차도 같다고 보았다. 이 문제에서는 어느 쪽이 더 가까운지만 판단한다.

4 **정답 (1) 물체의 거리와 관측점 사이의 간격을 함께 바꾸었다. (2) 관측점 사이의 간격을 같게 두고 물체의 거리만 바꾼다.**

두 변화가 모두 시차에 영향을 줄 수 있다. 거리의 영향만 비교하려면 관측점·배경·물체가 놓이는 방향 등의 조건을 같게 하고 거리만 바꾼다.

채점 기준 두 조건을 함께 바꾼 점과 관측점 간격을 고정하는 수정을 평가한다. 같은 두 관측점(같은 두 눈)을 사용한다는 답을 인정한다.

5 **정답 ④**

④가 옳다. 시차뿐 아니라 관측점 사이의 간격도 달라졌다. 이 두 시차만으로 어느 물체가 가까운지 정하지 않는다. ①·②는 관측점 간격 차이를 빠뜨렸고, ③은 관측 조건을 맞추지 않고 시차의 비를 거리의 비로 썼다. ⑤는 관측점 간격의 영향을 부정했다.

6 **정답 (1) 3600″ (2) 60″ (3) 아니다. 0.5″는 시간 아닌 각도의 크기다.**

1°=60′, 1′=60″이므로 1°=3600″이다. 여기서 ″는 아주 작은 각도를 나타내는 기호이고 시간의 초(s)와 다르다.

채점 기준 3600″·60″·각도와 시간의 구별을 각각 평가한다.

7 **정답 ⑤**

⑤가 옳다. 지구가 태양 주위를 공전하며 관측 위치가 바뀐다. ①은 하루 주기의 자전과 혼동했고, ②·③은 별의 실제 왕복 운동이라고 보았으며, ④는 밝기의 변화를 원인으로 보았다.

8 **정답 (1) 0.30″ (2) 6개월 간격 시차는 2p이므로 절반이 연주시차다.**

0.60″는 6개월 간격으로 측정한 시차다. 연주시차는 그 절반이므로 p=0.60÷2=0.30″이다.

채점 기준 0.30″와 6개월 간격 시차=2p라는 이유를 각각 평가한다. 여섯 달이라는 기간을 2로 나눈다는 설명은 인정하지 않는다.

9 **정답 ②**

②가 옳다. 1년 뒤에는 지구가 공전 궤도에서 거의 같은 위치로 돌아온다. ①·③은 같은 날짜의 위치 일치만으로 연주시차가 없다고 단정했고, ④는 반대편까지 가는 6개월과 한 바퀴 도는 1년을 혼동했으며, ⑤는 겉보기 위치와 실제 이동을 혼동했다.

10 **정답 (1) 0.36″ (2) 먼 배경별에 대해 처음과 거의 같은 위치로 돌아와 보인다.**

6개월 간격 시차는 2p=2×0.18=0.36″다. 1년 뒤에는 지구의 관측 위치가 거의 같아져 겉보기 위치도 반복된다. 이 자료에서는 별 자체의 운동을 무시한다.

채점 기준 0.36″와 겉보기 위치의 반복을 각각 평가한다. 1년간 별의 실제 위치가 지구와 함께 공전한다는 설명은 인정하지 않는다.

11 **정답 ③**

③: ∠ASB는 6개월 간격 시차 2p이므로 p=0.40÷2=0.20″다. ①은 두 번 나누었고, ②는 6개월 간격 시차를 그대로 썼다. ④는 2를 곱했으며, ⑤는 각도를 거리의 역수 계산과 섞었다.

12 **정답 (1) 0.28″ (2) 0.14″ (3) 0.34″. 1년마다 같은 위치가 되풀이되므로 1년 6개월 뒤는 6개월 뒤와 같은 위치다.**

6개월 간격 시차는 0.34−0.06=0.28″다. 연주시차는 0.28÷2=0.14″다. 지구가 한 바퀴 공전하면 같은 관측 위치로 돌아오므로 1년 6개월 뒤에는 6개월 뒤의 좌표 0.34″가 되풀이된다.

채점 기준 0.28″·0.14″·다음 해 7월의 0.34″·1년 주기의 되풀이를 각각 평가한다. 같은 지구 위치에서 다시 본다는 같은 뜻의 이유를 인정한다.

13 **정답 ④**

④가 옳다. 같은 지구 공전 모형에서 연주시차가 클수록 가깝다. 0.20>0.12>0.08이므로 가까운 순서는 C→B→A다. 별의 실제 밝기나 색 정보는 이 판단에 필요하지 않다.

14 **정답 (1) 0.05″ (2) 지구의 관측 위치가 달라 생기는 겉보기 방향 변화인데 별의 실제 왕복 운동으로 해석했다.**

p=0.10÷2=0.05″다. ″는 각도이고 두 기록은 배경에 대한 방향의 차이다. 이 모형에서는 별을 고정해도 지구의 공전만으로 그 차이가 생긴다.

채점 기준 0.05″와 겉보기 방향 변화·실제 운동의 구별을 각각 평가한다.

15 정답 ①

①: r(pc)=1÷p(″)=1÷0.25=4 pc다. ②는 p와 r를 같은 수로 보았고, ③·④는 2를 불필요하게 나누거나 곱했다. ⑤는 pc로 구한 값을 광년으로 표시했다.

16 정답 ⑤

⑤: pB/pA=rA/rB=6/12=1/2다. 거리가 두 배이면 연주시차는 절반이다. ①은 정비례로 보았고, ②·④는 제곱 관계로 바꾸었으며, ③은 거리 차이를 무시했다.

17 정답 (1) A 2.5 pc, B 10 pc (2) 4배

A는 1÷0.40=2.5 pc, B는 1÷0.10=10 pc다. B/A의 거리비는 10÷2.5=4다. 또는 0.40÷0.10=4로 바로 구할 수 있다.

채점 기준 2.5 pc·10 pc·B가 4배 멂을 각각 평가한다. 연주시차 비와 거리 비의 방향을 구별한다.

18 정답 ③

③: 먼저 p=0.16÷2=0.08″, 다음 r=1÷0.08=12.5 pc다. ①은 6개월 간격 시차를 그대로 분모에 썼고, ②·④는 각도를 거리로 옮겨 적었으며, ⑤는 절반 처리를 두 번 했다.

19 정답 ②

②: 두 각도 좌표의 차이는 0.36−0.04=0.32″다. 연주시차는 0.32÷2=0.16″, 거리는 1÷0.16=6.25 pc다. ①은 6개월 간격 시차(0.32″)를 그대로 p로 썼고, ③·④는 각도를 거리로 썼으며, ⑤는 절반 처리를 두 번 했다.

20 정답 (1) 0.125″ (2) 약 26.08광년

p(″)=1÷r(pc)=1÷8=0.125″다. 8 pc는 8×3.26=26.08광년이다. 거리 단위를 바꿔도 별이 실제로 더 멀어지는 것은 아니다.

채점 기준 0.125″·26.08광년을 각각 평가한다. 근삿값임을 유지하며 단위를 맞춘 답을 인정한다.

21 **정답 (1) 2.5 pc (2) 0.40″**

먼저 8.15÷3.26=2.5 pc로 바꾼다. 그다음 p=1÷2.5=0.40″다. 광년으로 적힌 8.15를 그대로 r(pc)에 넣으면 안 된다.

채점 기준 2.5 pc·0.40″를 각각 평가한다. 광년→pc 환산 후 역수를 구하는 순서를 확인한다.

---

22 **정답 (1) 틀림. 빛이 1년 동안 간 거리를 나타내는 거리 단위다. (2) 틀림. 1 pc≈3.26광년으로 1 pc가 더 길다. (3) 옳음.**

AU·광년·pc는 모두 거리 단위다. 광년의 년은 빛이 이동한 시간을 정의에 사용한 것이고, 단위 자체가 시간을 나타내는 것은 아니다. 같은 숫자 1이어도 단위가 다르면 같은 거리가 아니다.

채점 기준 세 문장의 판단과 (1)·(2)의 수정을 평가한다. (1)은 빛이 1년 동안 간 거리, (2)는 1 pc가 약 3.26광년이라는 뜻이 드러나면 인정한다.

---

23 **정답 (1) 50 pc (2) 없다. p=1/75″≈0.0133″로 0.02″보다 작다.**

측정 가능한 가장 작은 p가 0.02″이므로 경계 거리는 1÷0.02=50 pc다. 75 pc는 더 멀어 p가 더 작다. 이 한계는 여기서 정한 가상 장비의 조건이며 모든 관측 장비의 고정 한계가 아니다. 이 장비에서 0.00″는 0.02″ 미만을 나타내므로, 0.00″로 기록된 별은 50 pc보다 멀다는 것까지는 알 수 있다.

채점 기준 50 pc·75 pc 측정 불가와 작은 각도라는 이유를 평가한다. p=1/75″의 분수 답을 인정한다.

---

24 **정답 ④**

④가 옳다. 기록의 자릿수나 장비의 정밀도 때문에 작은 양수가 0.00″로 나타날 수 있다. ①은 기록값을 정확한 참값으로 보았고, ②는 측정 한계를 무시했다. ③은 반비례를 거꾸로 보았으며, ⑤는 별의 거리 변화와 지구 공전 궤도 크기를 혼동했다.

선택 1 **정답 (1) 0.04″ (2) 25 pc (3) 약 81.5광년**

6개월 간격 시차→연주시차→pc→광년 순서로 구한다. p=0.08÷2=0.04″, r=1÷0.04=25 pc, 25×3.26=81.5광년이다.

채점 기준 0.04″·25 pc·81.5광년을 각각 평가한다. 단위와 절반·역수·환산의 구별을 확인한다.

선택 2 **정답 (1) B가 틀렸고 4 pc로 고친다. (2) A→B→C**

A는 1÷0.08=12.5 pc로 맞다. B는 1÷0.25=4 pc다. C는 1÷0.50=2 pc≈6.52광년으로 맞다. 같은 단위로 비교하면 12.5>4>2이므로 먼 순서는 A→B→C다.

채점 기준 B·4 pc와 A→B→C를 평가한다. C가 광년으로 적혔다는 이유만으로 오류로 잡지 않는다.