

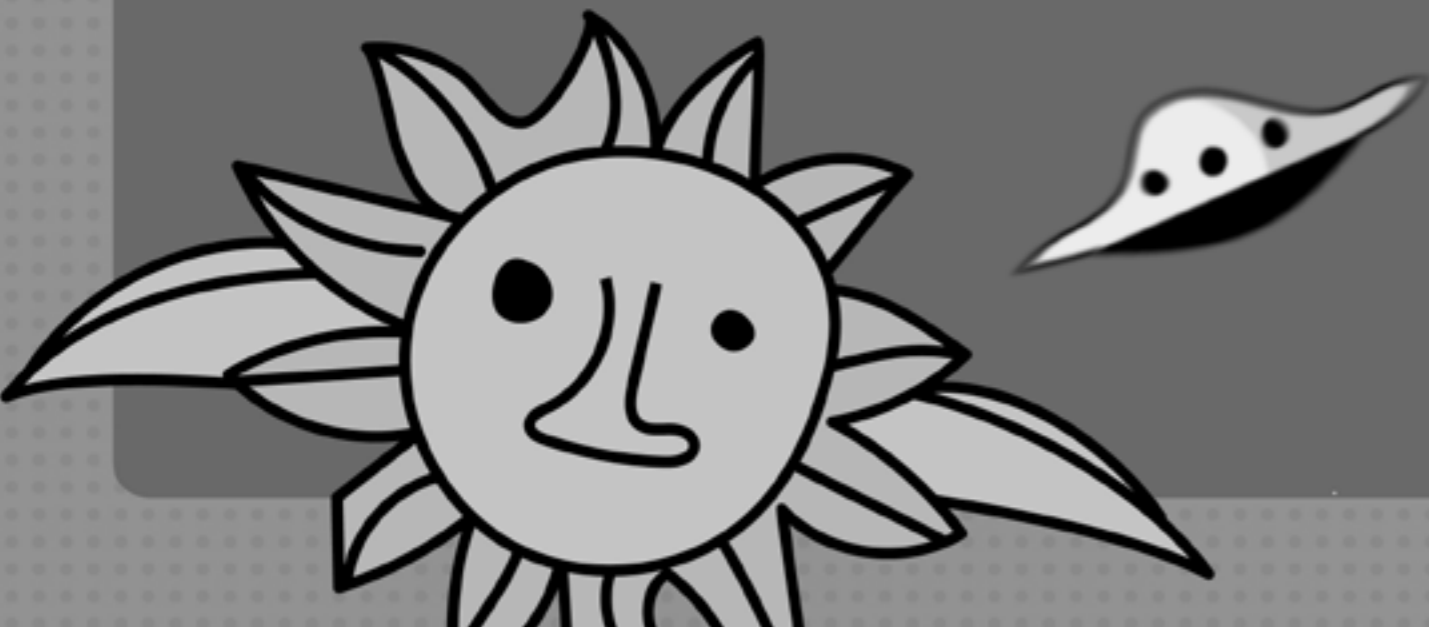
테마로 보는 어린이천문학

인간과 우주
해답편

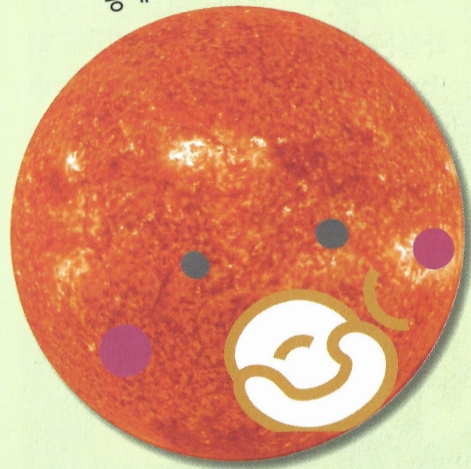
외계 생명체를 찾아서

CHAPTER 1

- ☞ 생명체는 어디에서 왔을까?
- ☞ 만약 지구가?
- ☞ 탐정 별꿈이의 외계생명체 찾기
- ☞ 외계생명체를 찾기 위한 노력
- ☞ 지구 밖에 생명이 존재할 가능성은 얼마나 될까?
- ☞ 나도 외계생명체를 찾을 수 있을까?



응애예요~



만약 지구가?

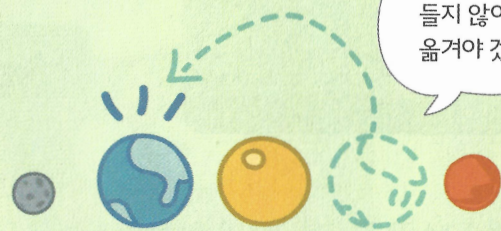
만약 태양의 **나이** 가 100만 살이었다면?

지구는 약 46억 살이에요. 그렇다면 태양의 나이는 몇 살일까요? 태양이 지구보다 어릴 수 있을까요? 지구를 포함한 행성은 태양이 만들어질 때 남은 암석과 물질로 만들어졌어요. 만약 태양의 나이가 100만 살 밖에 안 되었다면, 아직 지구는 태어나지도 못했을 거예요.

내가 형이라고...?



위치가 마음에 들지 않아! 옮겨야겠다.



만약 지구가 다른 행성의 **위치** 에 있었다면?

만약 지구가 수성의 위치에 있었다면 지구는 몹시 뜨거워서 모든 물이 다 증발해 버릴 거예요. 반대로 화성의 자리에 지구를 가져다 놓으면, 물은 퐁퐁 얼어버리겠죠. 이렇게 생명이 살기에 너무 뜨겁지도, 너무 차갑지도 않은 지역을 골디락스 지역이라고 한답니다.

태양계의 8개 행성 중 지구에만 생명체가 존재하는 이유는 무엇일까요? 만약 지구가 지금과 다른 환경을 가지고 있었다면 어떤 일이 일어났을까요? 빈칸에 들어갈 말을 써보세요.

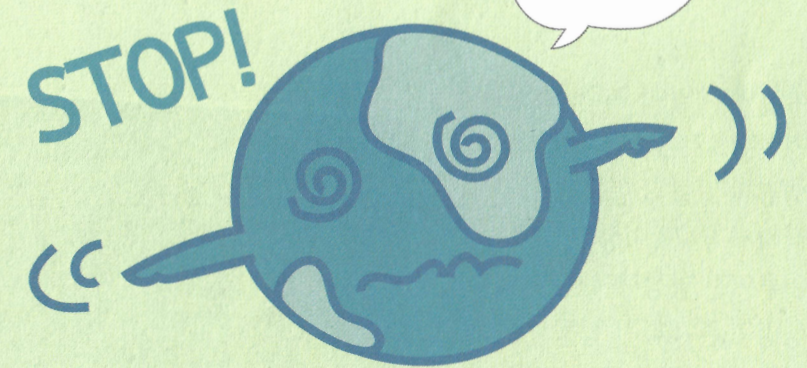
나도 너처럼 없애 볼까?



만약 수성처럼 지구에 **대기** 가 없었다면?

지구의 대기는 생명체가 탄생하는데 중요한 역할을 했습니다. 태양의 자외선이 지표면에 오기 전에 대기 중의 오존층에서 대부분 흡수되기 때문에 지상의 생명체들이 안전하게 살 수 있었지요. 또, 적당한 온실효과를 일으키는 수증기와 이산화탄소 덕분에 지구의 온도가 따뜻하게 유지될 수 있습니다.

너무 어지럽다 좀 멈춰야겠어!



만약 지구가 **자전** 을 멈춘다면?

좋아. 그럼 지구 환경과 비슷한 행성을 찾으면 외계생명체도 찾을 수 있겠대.



지구의 자전은 적도와 극지방의 대기를 순환시켜 지구 온도를 적절하게 유지할 뿐만 아니라 자기장을 만드는 역할도 합니다. 지구 내부에 있는 외핵은 액체 상태의 철로 되어 있는데, 지구 자전의 영향으로 회전하고 있습니다. 액체 상태의 철이 회전할 때 만들어지는 자기장은 지구의 보호막이 되어 방사능 및 우주에서 오는 해로운 광선을 막아 준답니다.



탐정 별꿈이의 외계생명체 찾기

단서1

조사 범위를 좁혀라!

넓은 우주의 어디를 보아야 외계생명체를 찾을 수 있을까요? 우리온하 바깥의 외부온하는 너무 멀어서 외계생명체의 신호를 찾기 어려울 거예요. 그렇다면 우리온하 안에서 외계생명체를 찾아야겠죠. 하지만 우리온하에도 수천억 개나 되는 별이 있습니다. 외계생명체는 대체 어느 별에 있을까요?



💡 생각해보자

우리온하에서 생명체가 살 수 있는 가능성이 가장 큰 장소는 어디일까요?

- ❶ 거대한 블랙홀이 주변 별을 끌어당기는 온하 중심부
- ❷ 온하 중심에서 적당히 떨어진 나선팔
- ❸ 온하 바깥쪽 헤일로에 늪은 별이 용기종기 풍쳐 있는 구상성단

답 ②



하늘에 태양이 여러 개 있다면 어떨까요? 너무 뜨거워서 생명체가 살기 힘들겠죠. 따라서 두 개 이상의 별로 이루어진 쌍성계에서는 생명이 존재하기 힘들 거예요. 만약 태양 빛이 밝아졌다가 어두워졌다가를 반복하면 어떨까요? 이 경우에도 생명체가 살기 좋은 환경이 아니겠지요. 태양처럼 홀로 있으면서 평온한 상태를 유지하는 주계열성이 생명체가 살기 좋아 보입니다.



황소자리 알데바란 근처에서 바라본 태양은 진갈자리와 백주인자리 중간쯤의 노란 별이었어요.



지구 밖에 생명이 존재할 가능성은 얼마나 될까?

아래의 복잡해 보이는 방정식은 프랭크 드레이크 박사가 고안한 드레이크 방정식이예요. 이 방정식은 인간과 교신할 수 있는 지적 외계 생명체의 수를 계산할 수 있는 방정식인데, 정답이 없습니다. 여러분이 생각하는 드레이크 방정식의 답은 얼마인가요?

$$R^* \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L = N$$

❶ R* 우리온하에서 1년 동안 태어나는 별의 개수

⚡ Hint 천문학자들은 우리온하에서 최소 1년에 1개 이상 별이 태어난다고 말해요.

❷ fp 그 별이 행성계를 가질 확률

⚡ Hint 태양과 비슷한 별이 행성을 가질 확률은 50% 정도지만, 그 밖의 별까지 고려하면 별에 행성계가 존재할 확률은 20% 정도라고 해요.

❸ ne 그 별에 속한 행성계에서 생명에 적합한 환경을 가진 행성의 수

⚡ Hint 태양계의 경우 골디락스 영역에 지구와 화성이 있어요. 별에 따라 다르지만 대략 1~5개 정도의 행성이 골디락스 영역에 존재할 것으로 생각돼요.

❹ fl 그 행성에서 생명이 발생할 확률

⚡ Hint 골디락스 영역 안, 지구와 비슷한 환경을 가지는 행성은 생명체를 가질 확률이 100%에 가까워요.

❺ fi 그 생명이 지능을 가지는 단계까지 진화할 확률

⚡ Hint 생명체가 나타난 후 충분한 시간이 흐르면 거의 100%의 확률로 지능을 가진 생명체가 나타나지 않을까요? 고래나 침팬지도 지능을 가진 생명체랍니다.

❻ fc 그 지적 생명체가 다른 천체와 교신할 수 있는 기술 문명을 발달시킬 확률

⚡ Hint 모든 지적 생명체가 외계와 교신할 능력을 갖추진 못하겠죠. 과학자들은 지능을 가진 생명체 중 약 10~20% 정도는 이런 기술을 가질 수 있지 않을까 하는 기대를 합니다.

❼ L 그런 문명이 탐사 가능한 상태로 존재하는 시간

⚡ Hint 인간의 문명은 약 6천 년 정도 되었어요. 하지만 외계와 교신할 수 있는 기술 문명을 갖춘 것은 고작 100년 정도 되었죠. 이런 기술 문명은 대략 1천 년에서 1억 년 동안 존재할 수 있을 것입니다.

❽ N 현재 우리온하에서 탐지 가능한 외계 문명의 수



프랭크 드레이크 1930~현재

$$1 \times 0.2 \times 1 \sim 5 \times 1 \times 1 \times 0.1 \sim 0.2 \times 1,000 \sim 100,000,000 =$$

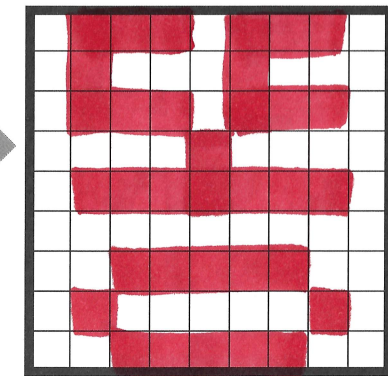
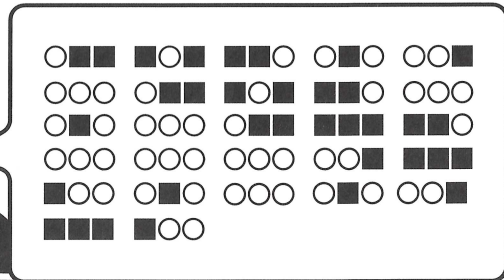
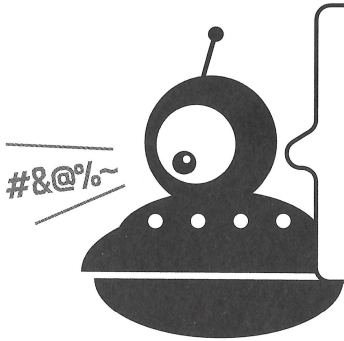
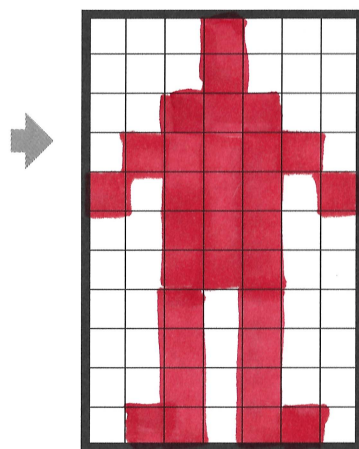
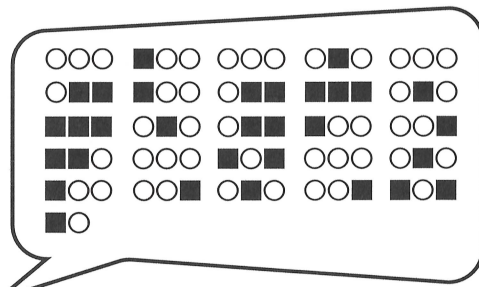
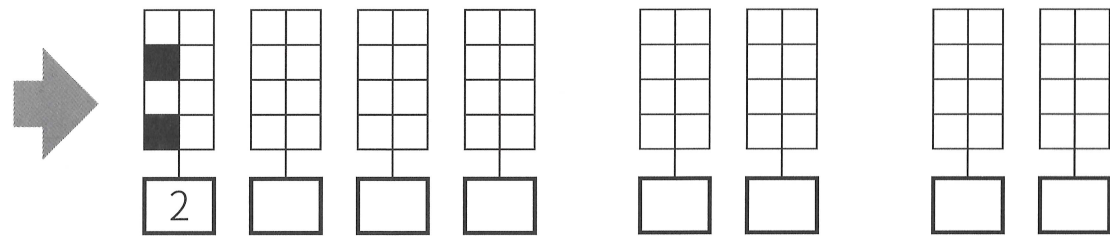
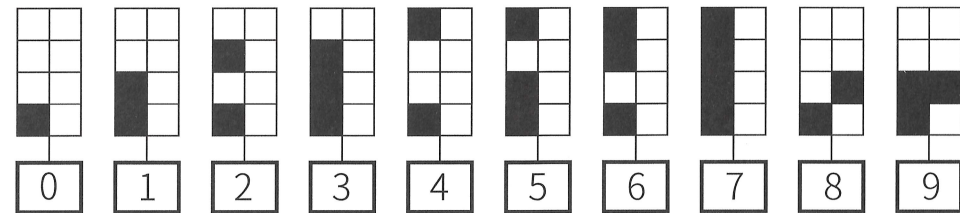
드레이크 방정식에는 정답이 없습니다. (3), (6), (7)에 어떤 값을 넣느냐에 따라 다른 답이 나온답니다. 이 정답지에서 제시한 값에서는 최소 20에서 최대 20,000,000까지 다른 답이 나올 수 있습니다.



아래시보 전파망원경에 도착한 외계 메시지를 해석하라!!

응답하라 외계생명

아래 이진법 표기를 이용해 나의 생일을 이진법으로 표현해 보세요.



정리해봐요

미국의 천문학자인 칼 세이건은 이 넓은 우주에 우리만 존재한다면, 그것은 엄청난 공간 낭비일 것이라고 말했습니다. 언젠가는 우리가 외계생명체를 발견할 수 있을 거예요.



① 확인되지 않은 비행물체를 **UFO** 라고 한다.

② 생명체가 존재하기에 적당한 위치를

골디락스 이라고 한다.



③ **지구** 에는 150만 종이 넘는 다양한 생명체가 살고 있다.



④ **외계생명체** 를 찾기 위한 노력은 계속되고 있다.

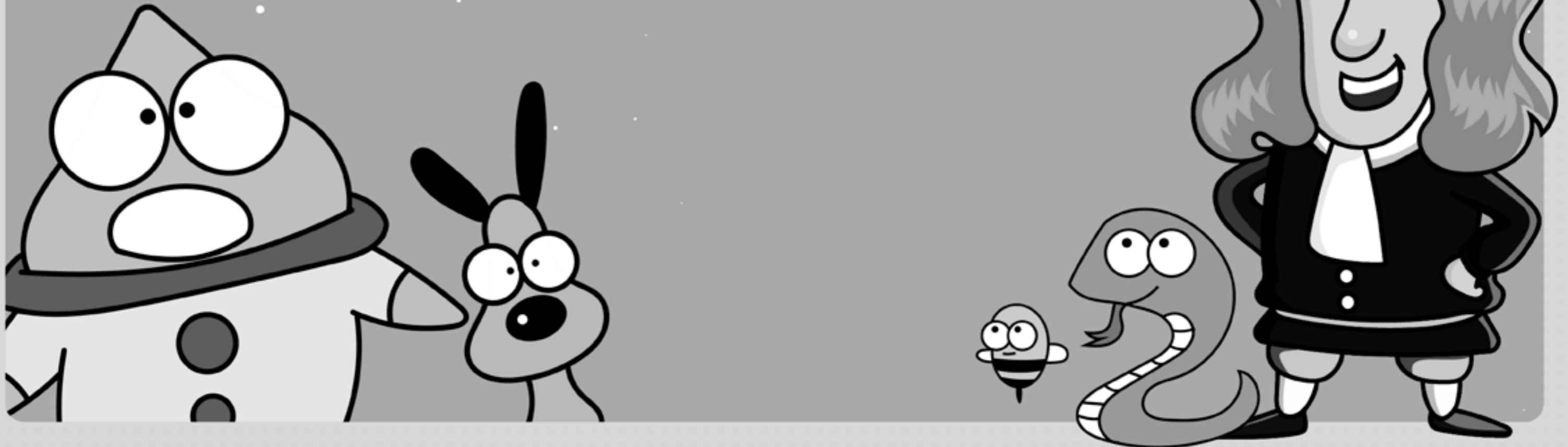
외계생명체를 찾는 일은 공상 과학 소설에만 등장하는 이야기가 아니에요. 과학자들은 외계인에 대한 호기심을 단순한 상상으로 그치지 않고, 진지하게 고민하고 연구하고 있습니다. 작은 일을 꾸준히 실천한다면, 여러분도 상상을 현실로 만들 수 있습니다.



천문학의 열쇠 빛

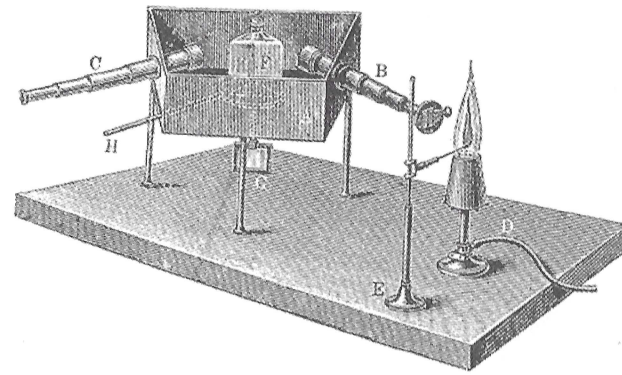
CHAPTER 2

- 💡 무지개의 비밀
- 💡 뉴턴과 프리즘
- 💡 보이지 않는 빛
- 💡 암호 해독의 열쇠
- 💡 별과 흡수선
- 💡 별의 지문
- 💡 빛을 연구한 과학자들

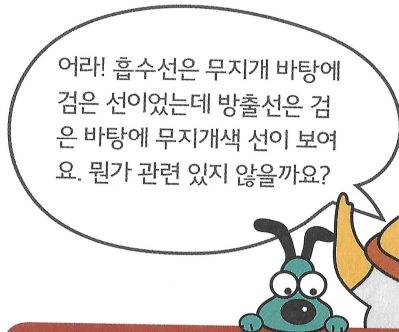


◆암호 해독의 실마리

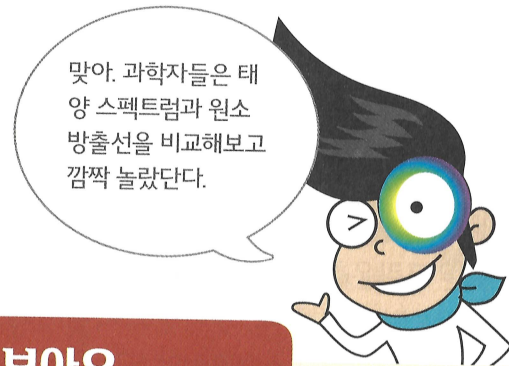
프라운호퍼가 흡수선을 발견한 지 50년 정도 흘렀을 때, 독일 과학자 구스타프 키르히호프(1824~1887)와 로베르트 분젠(1811~1899)은 원소 불꽃색을 연구하고 있었습니다. 나트륨은 노란 불꽃, 구리는 청록 불꽃을 만들지요. 키르히호프와 분젠은 불꽃색을 더 자세히 관찰하려고 그 빛을 프리즘에 통과시켰습니다. 그러자 원소마다 서로 다른 위치에 밝은 선이 나타나는 것 아니겠어요? 이 밝은 선은 빛을 방출한다는 뜻으로 방출선이라고 합니다. 원소 방출선은 별빛의 암호를 해독할 수 있는 실마리지요.



키르히호프와 분젠이 사용한 분광기

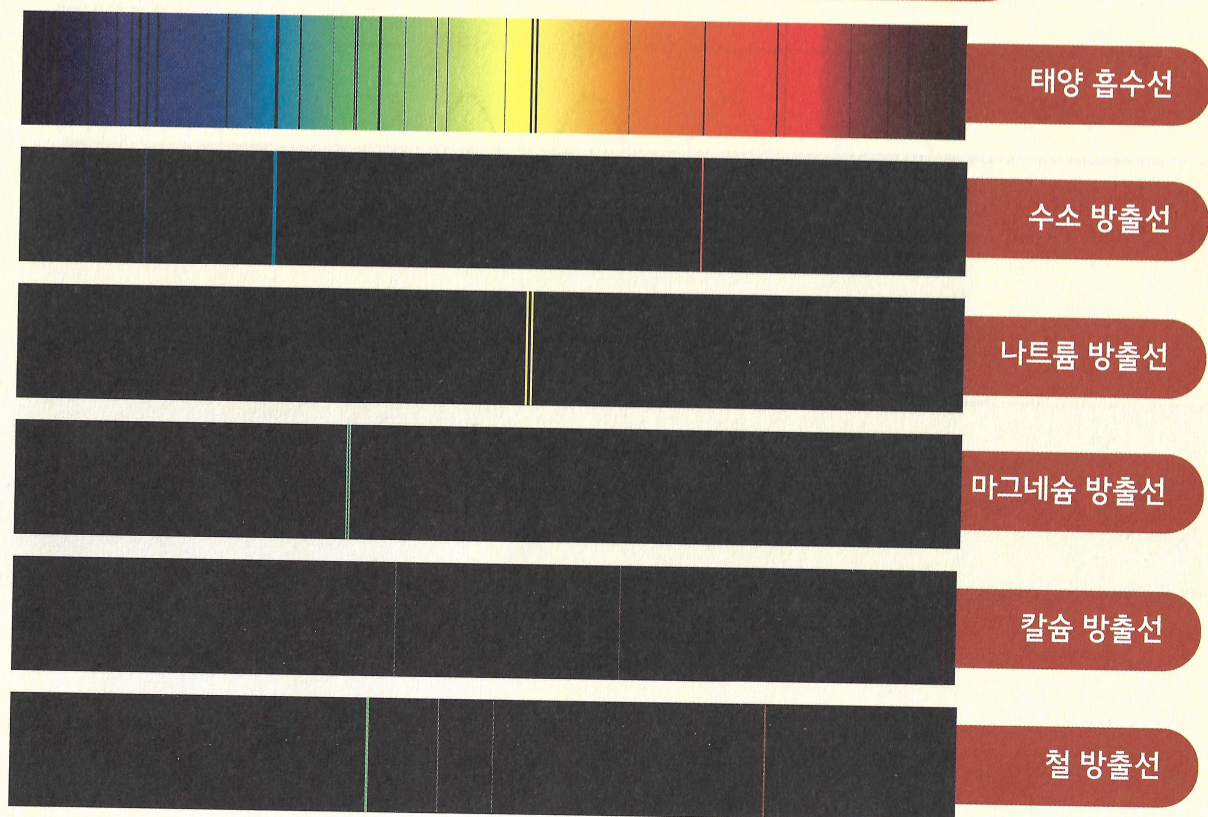


어라! 흡수선은 무지개 바탕에 검은 선이었는데 방출선은 검은 바탕에 무지개색 선이 보여요. 뭔가 관련 있지 않을까요?



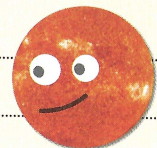
맞아. 과학자들은 태양 스펙트럼과 원소 방출선을 비교해보고 깜짝 놀랐단다.

태양 흡수선과 원소 방출선을 비교해 보아요.



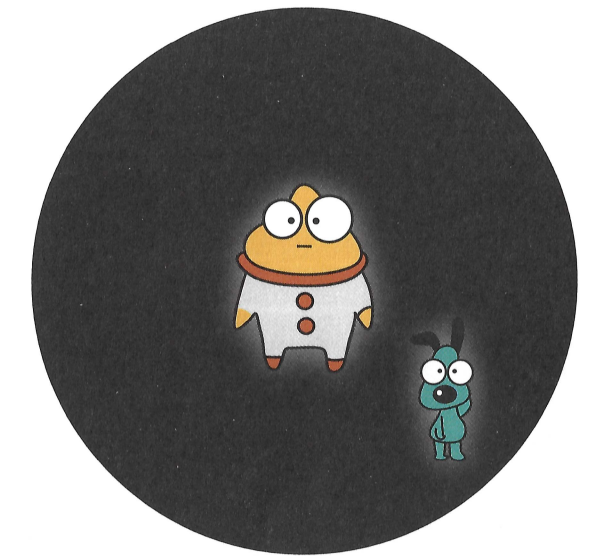
☑ QUIZ 태양에는 어떤 원소가 존재할까요?

수소, 나트륨, 마그네슘, 칼슘, 철

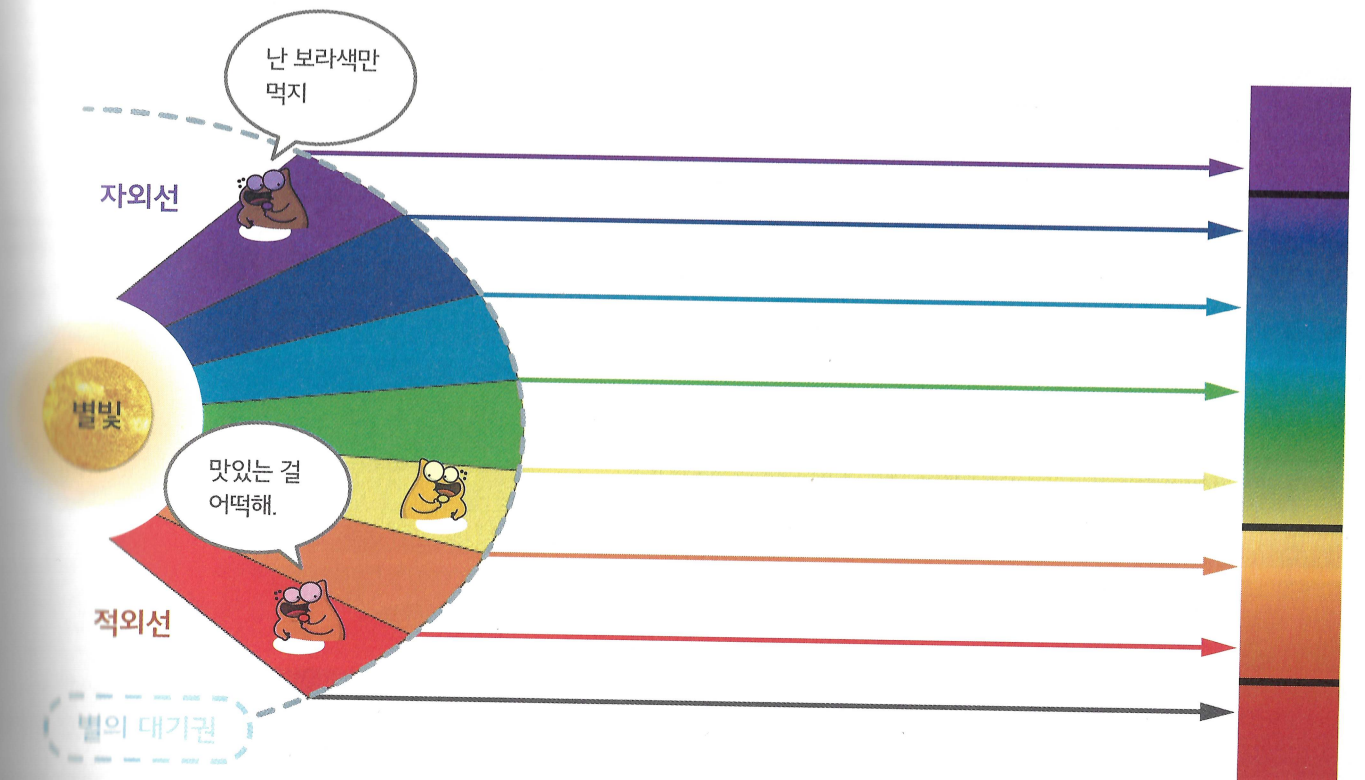


별과 흡수선

별뿔이 원소와 라이카 원소를 상상해봅시다. 별뿔이와 라이카는 서로 좋아하는 색이 다른데, 항상 그 색 위에 있어요. 두 원소가 차가운 상태일 때는 주변의 빛을 흡수하고, 뜨거운 상태일 때는 스스로 빛을 내지요. 흡수선과 방출선이 나타나는 이유도 이와 같아요.



별 내부에서 출발한 빛이 별의 대기를 지날 때, 대기 안 원소는 각자 좋아하는 빛을 흡수하게 됩니다. 별의 대기는 별 내부보다 상대적으로 온도가 낮기 때문이죠. 이렇게 원소가 빛을 흡수해 여기저기 구멍을 뚫으면 스펙트럼에 일정한 흡수선이 생깁니다. 그래서 흡수선을 보면 별의 대기에 어떤 원소가 있는지 알 수 있답니다.



별의 지문

별은 서로 색도 다르고, 온도도 다르고, 질량도 다르죠. 그뿐만 아니라 별을 구성하는 물질도 조금씩 다르답니다. 그래서 스펙트럼에 나타나는 흡수선도 조금씩 그 모습이 달라요. 마치 사람마다 지문이 비슷하면서도 조금씩 다른 것처럼 말이죠.



별은 대부분 수소로 이뤄져 있지만, 나처럼 온도가 높아야 수소 흡수선이 뚜렷하게 보이지.



나처럼 온도가 낮으면 수소 이외의 다양한 원소 스펙트럼을 볼 수 있어.

항성등록증
거문고자리
베가(Vega)
온도 9,600K (A형)
스펙트럼

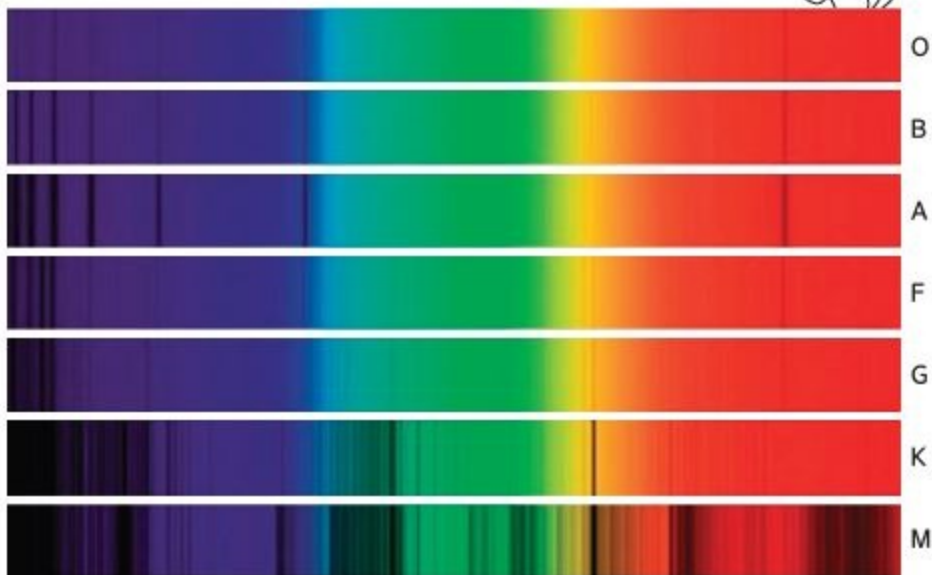


항성등록증
황소자리
알데바란(Aldebaran)
온도 3,900K (K형)
스펙트럼



여러분의 혈액형은 뭔가요?

사람에게 A, B, O, AB형의 혈액형이 있듯 별에는 O, B, A, F, G, K, M형의 분광형이 있습니다. 분광형은 별 스펙트럼 모양으로 구분됩니다. 베가는 A형이고, 알데바란은 M형이지요.



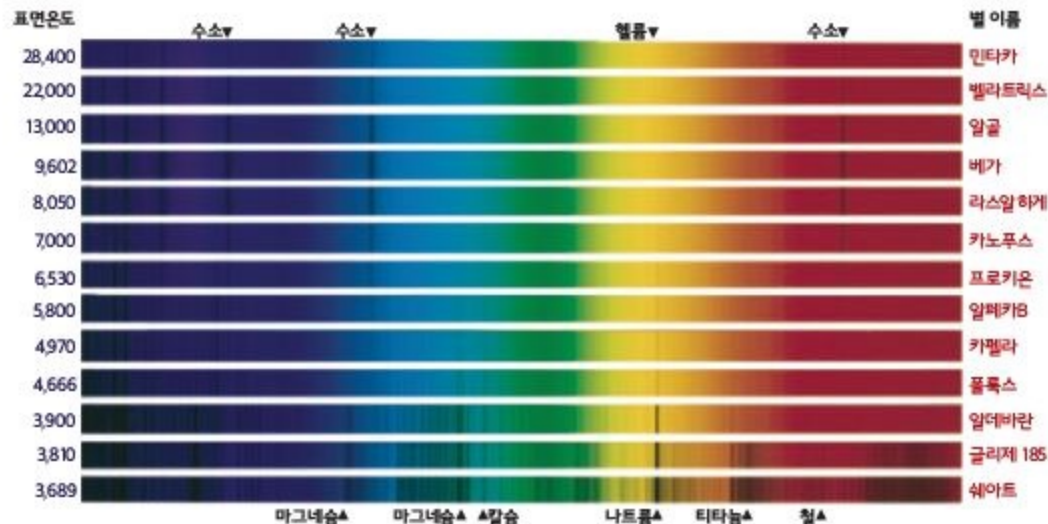
이건 별의 분광형이란단.



QUIZ

별이 보내온 암호를 풀어보자.

여러 별의 스펙트럼을 비교해봅시다. 아래로 갈수록 표면온도가 낮은 별입니다. 별의 스펙트럼에 어떤 차이가 있나요?



위 그림을 보고 물음에 답해 보세요.

QUIZ 수소 흡수선이 가장 뚜렷하게 나타나는 별은 무엇인가요?

베가

QUIZ 수소와 헬륨 이외에 다른 원소가 잘 나타나는 별은 무엇인가요?

쉐아트

QUIZ 별의 스펙트럼에 보이는 검은 선은 왜 나타난 것인가요?

별의 대기에 있는 원소가 별빛을 흡수해서 만들어졌다.

💡 정리해봐요

별빛에는 별의 비밀이 숨어 있습니다. 별빛의 암호인 스펙트럼을 해독하면 멀리 떨어진 별의 정보를 알 수 있지요. 그래서 빛은 바로 천문학의 열쇠랍니다.

① 별빛을 프리즘과 같은 도구로 분해한 것을

스펙트럼이라고 한다.

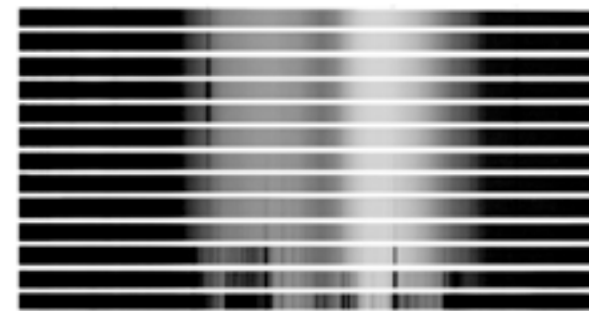
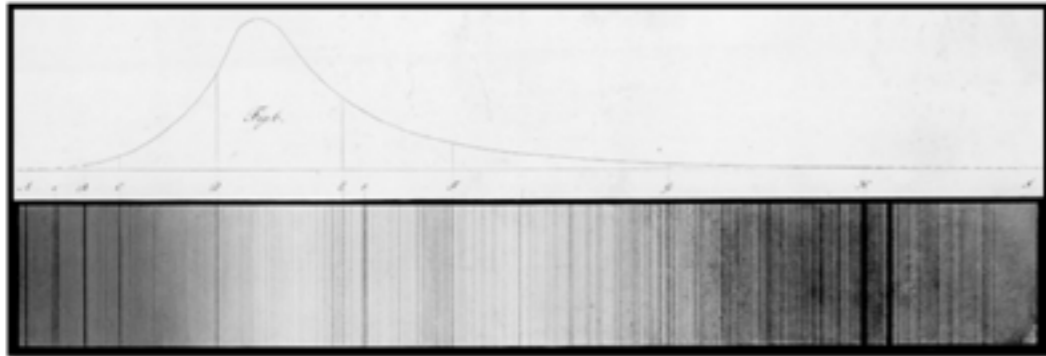


② 가시광선, 적외선, 자외선, 엑스선,

감마선, 전파는 모두 **빛**이다.



③ 프라운호퍼는 최초로 **흡수선**을 발견했다.



④ 별의 흡수선을 통해 멀리 떨어진 별에

어떤 **원소**가 있는지 알 수 있다.

궁금한 현상을 탐구할 때, 가장 좋은 방법은 실험입니다. 무지개의 비밀을 풀 수 있었던 것도 무지개를 궁금해한 사람들이 많은 실험을 했기 때문에 가능했던 일이죠.



인공위성

CHAPTER 3

 인공위성은 어떻게 날까?

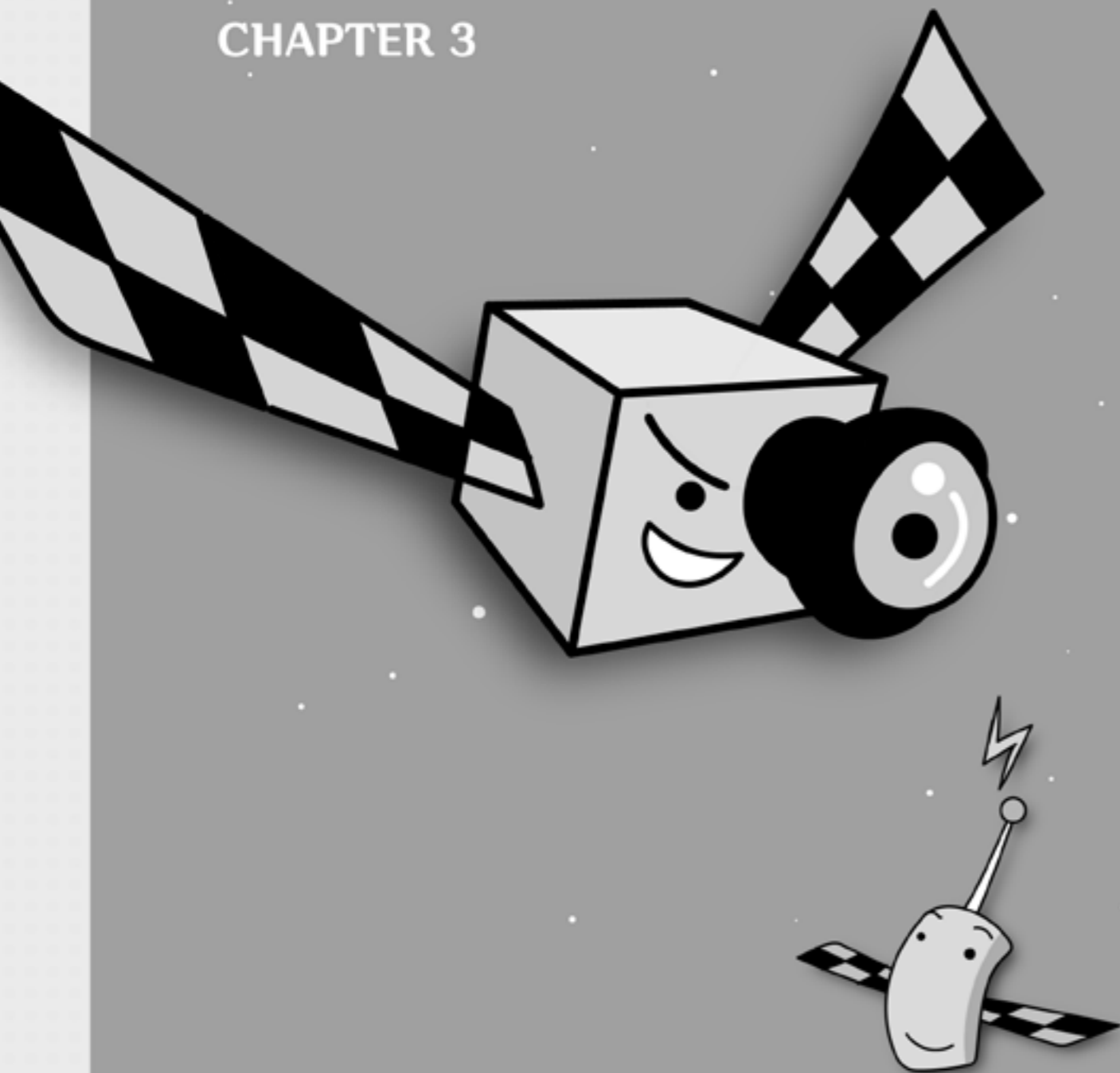
 인공위성의 길

 인공위성의 궤도

 여러가지 인공위성

 인공위성의 조건

 우리나라의 인공위성

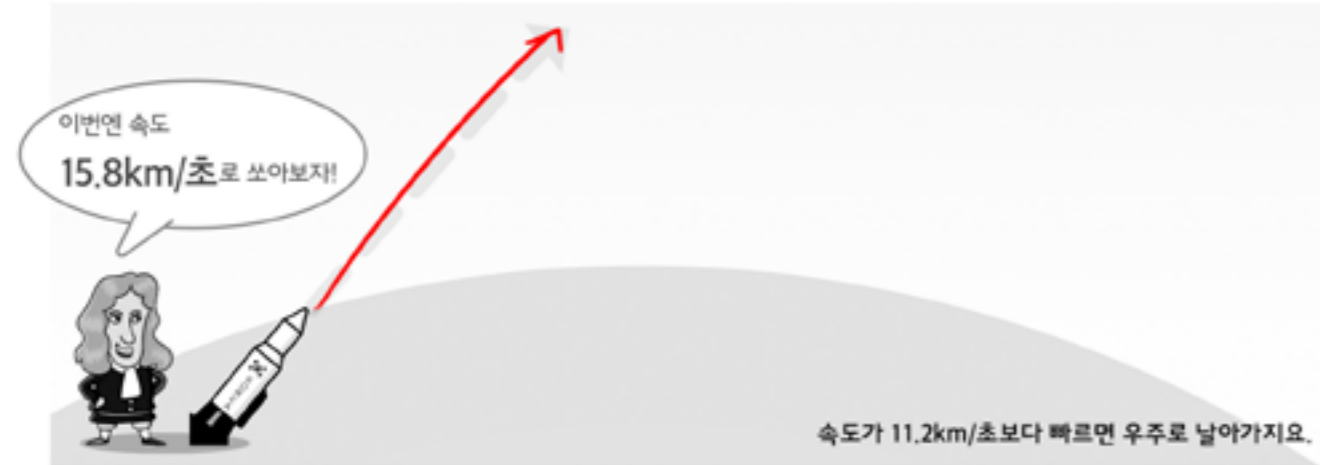




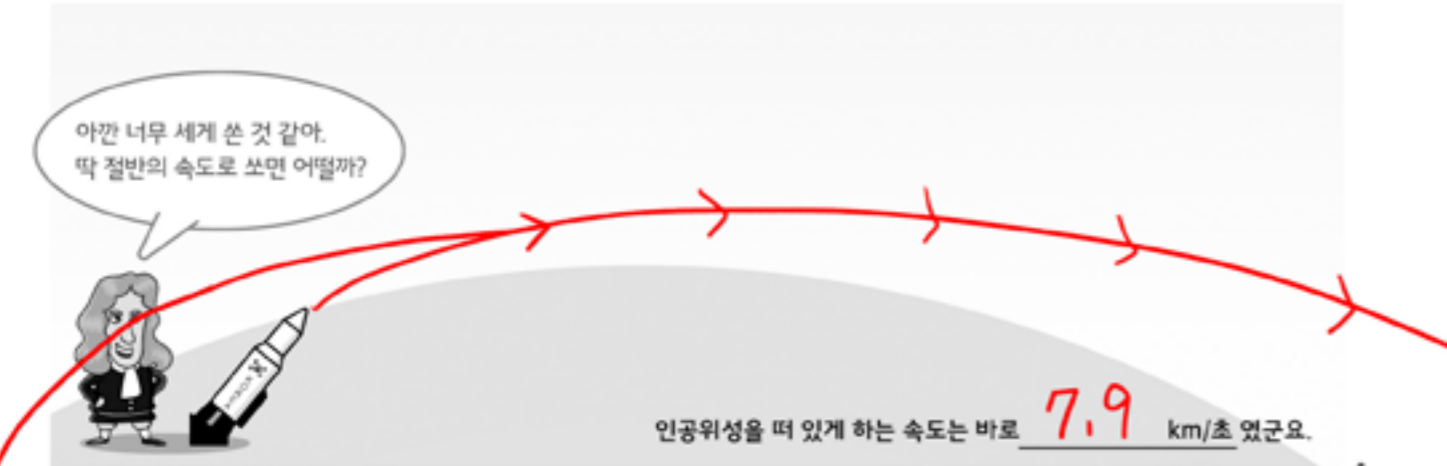
mission 인공위성을 떠 있게 해보자.



로켓이 어떻게 될지 그려보세요.



속도가 11.2km/초보다 빠르면 우주로 날아가지요.



인공위성을 떠 있게 하는 속도는 바로 **7.9** km/초 였군요.



인공위성의 길

인공위성마다 궤도라고 부르는 길이 정해져 있습니다. 한 번 궤도가 정해지면 계속 그 길로 가야 하지요. 인공위성의 길은 그 중심에 반드시 지구 중심이 있습니다. 만약 궤도 중심이 지구 중심에 있지 않다면, 인공위성은 궤도비행을 할 수 없답니다.

인공위성의 길이 아닌 것은 무엇일까요?



⚡ Hint 지구 중심이 인공위성을 끌어당기는 것을 생각하며 정답을 찾아보세요.



정답

4

비행과 궤도비행

인공위성은 비행기와 달리 궤도비행을 합니다. 비행기는 비행하는 동안 연료를 계속 사용하지만, 인공위성은 궤도비행 할 때 연료가 필요 없습니다.



인공위성의 조건



mission **인공위성의 필수 장치를 4개 찾아보세요.**

- 에너지 발전 시스템
- 무중력 실험 장치
- 무겁고 강한 추력기
- 온도 조절 장치
- 저성능 카메라
- 송수신용 안테나
- 자세 제어장치
- 식품 보관 장치
- 정교한 로봇 팔
- 우주인 휴식 공간

보기 중 인공위성 필수 장치에 표시하세요.

정리해봐요

만약 인공위성이 없었다면 우리 생활은 어떻게 달라졌을까요? 기상예보, 중계방송, 인터넷, 내비게이션 등 많은 영역에서 인공위성은 꼭 필요한 존재입니다. 우리 생활에 도움을 주는 인공위성에 대해 정리해볼까요?

① 인공위성이 떠 있으려면 **7.9** km/초의 속도가 필요하다.

② 방송통신위성은 지구 자전 속도와 함께 움직이는 **정지** 궤도에서 임무를 수행한다.

③ 다양한 임무를 가진 위성을 **다목적 위성** 이라고 한다.

④ 세계 최초의 인공위성은 **스푸트니크 1호** 이다.

어려본은 어떤 인공위성을 만들고 싶나요? 자기만의 인공위성과 그 위성이 맡을 임무를 상상해보고, 임무를 실행하기 위해서 인공위성이 어떤 길을 가야 할지 생각해 보세요.



중력

CHAPTER 4



- 아리스토텔레스의 생각
- 갈릴레이의 생각
- 뉴턴의 생각
- 질량과 중력의 관계
- 거리와 중력의 관계
- 달의 중력
- 조석 현상은 지구에 어떤 영향을 줄까?





mission 무엇이 중력에 영향을 줄까요?

나와 지구 사이에 뭐가 있지?

거리

지구 질량

지구의 자전

달의 공전

공기

온도

달 질량

태양 빛

사랑

Hint ① 지구와 달의 거리는 약 385,000,000m이다.

Hint ② 지구의 질량은 약 5,970,000,000,000,000,000,000kg이다.

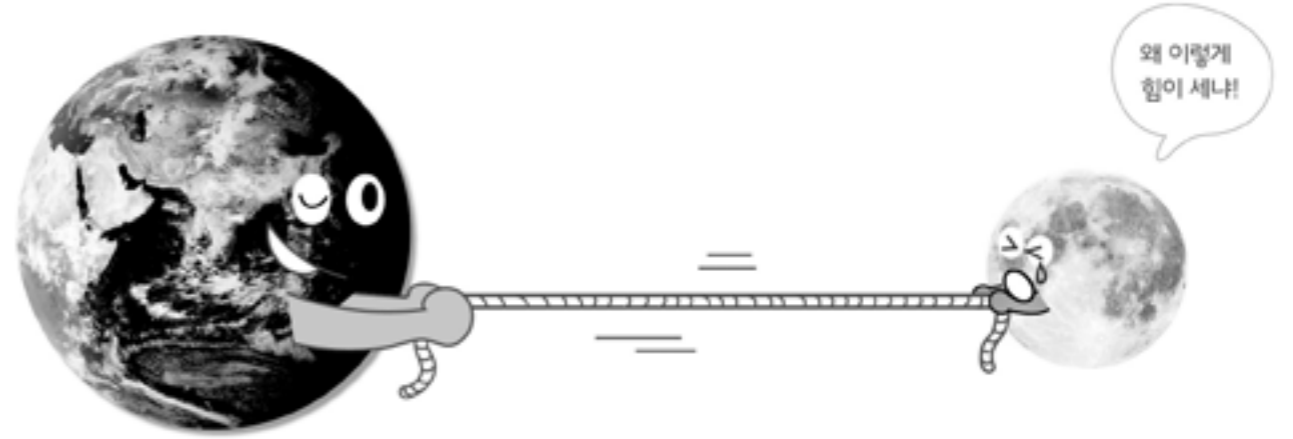
Hint ③ 달의 질량은 약 73,420,000,000,000,000,000,000kg이다.

보기 중 해당하는 것에 표시해보세요.

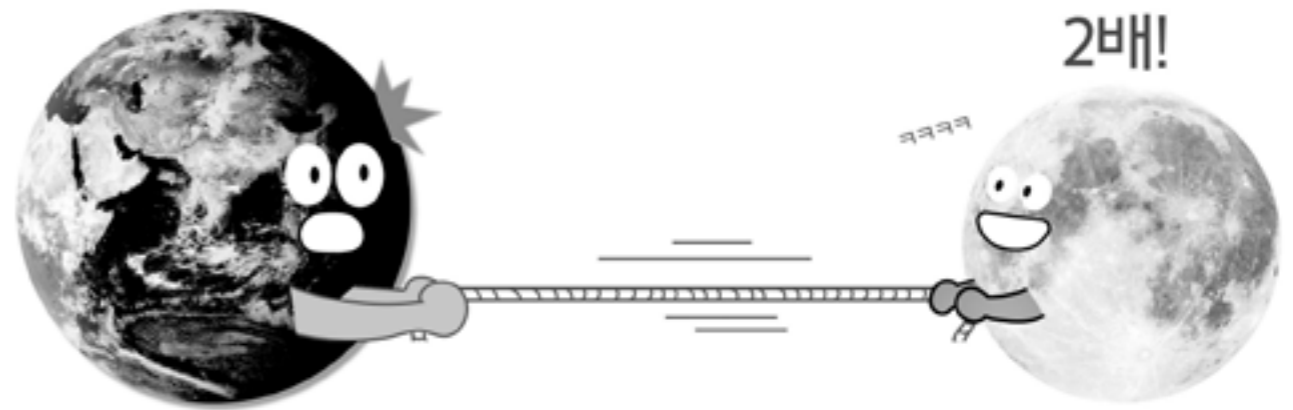


질량과 중력의 관계

지구와 달이 줄다리기를 하는 모습을 상상해보세요. 지구가 달을 끌어당기듯이 달도 지구를 끌어당기지요. 이렇게 중력은 질량을 가진 두 물체가 서로를 당기는 힘입니다.



만약 달의 질량이 두 배로 무거워진다면 어떨까요?
지구와 달 사이에 작용하는 중력은 약해질까요? 아니면 강해질까요?



달의 질량이 두 배가 된다면?

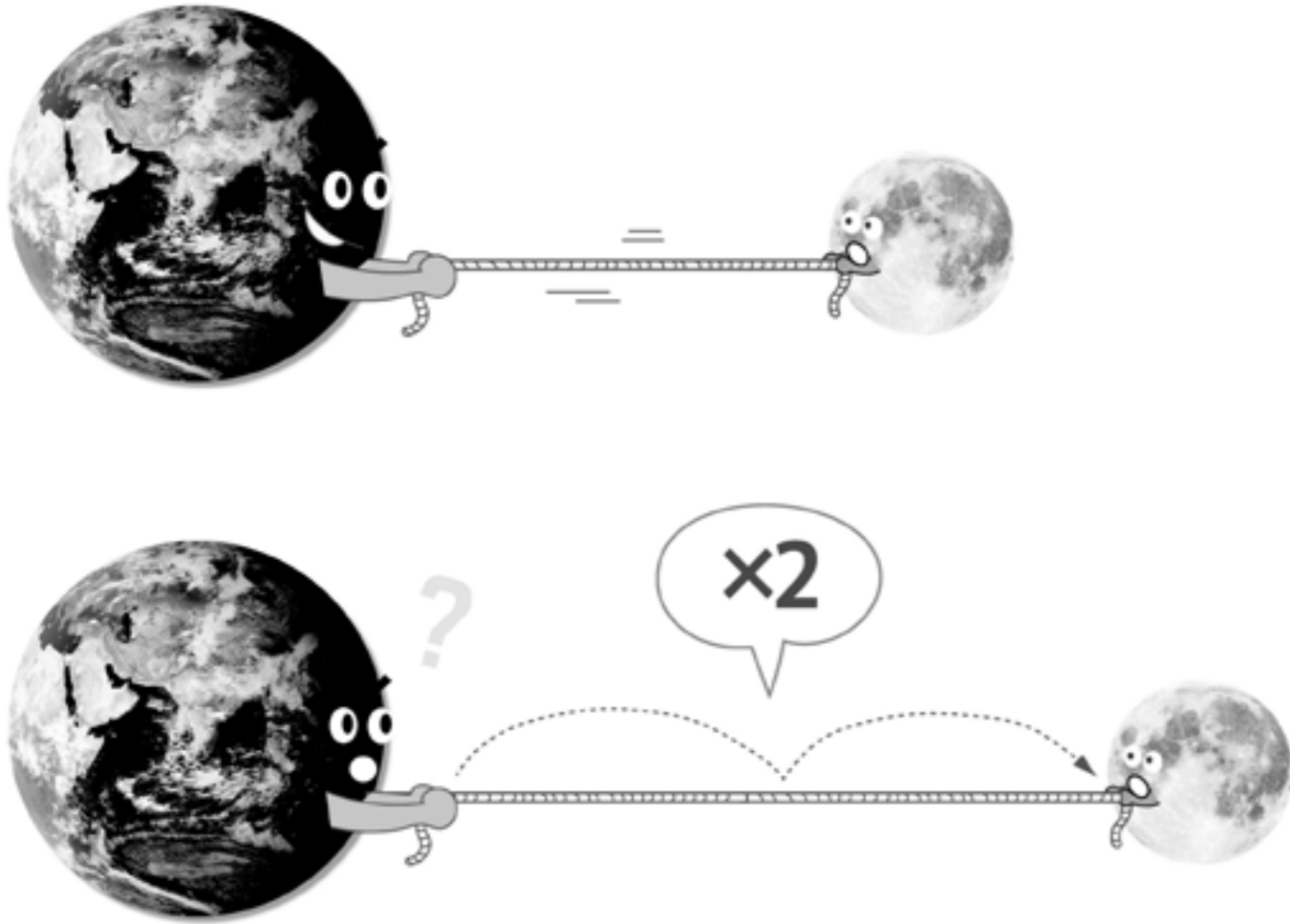
- ① 지구와 달 사이의 중력이 절반으로 줄어든다.
- ② 아무것도 변하지 않는다.
- ③ 지구와 달 사이의 중력이 두 배로 강해진다.
- ④ 달이 지구와 멀어진다.

정답

③

거리와 중력의 관계

이번에는 거리가 중력에 어떤 영향을 줄지 생각해봅시다. 줄다리기하는 지구와 달의 줄 길이를 두 배로 길게 만들면 어떤 일이 일어날지 상상해보세요. 중력은 약해질까요? 아니면 강해질까요?



지구와 달 사이의 거리가 두 배가 되면 어떤 일이 일어날까요?

- ① 달이 지구를 벗어나 화성으로 간다.
- ② 지구와 달 사이 중력이 강해진다.
- ③ 아무 변화가 없다.
- ④ 지구와 달 사이 중력이 약해진다.

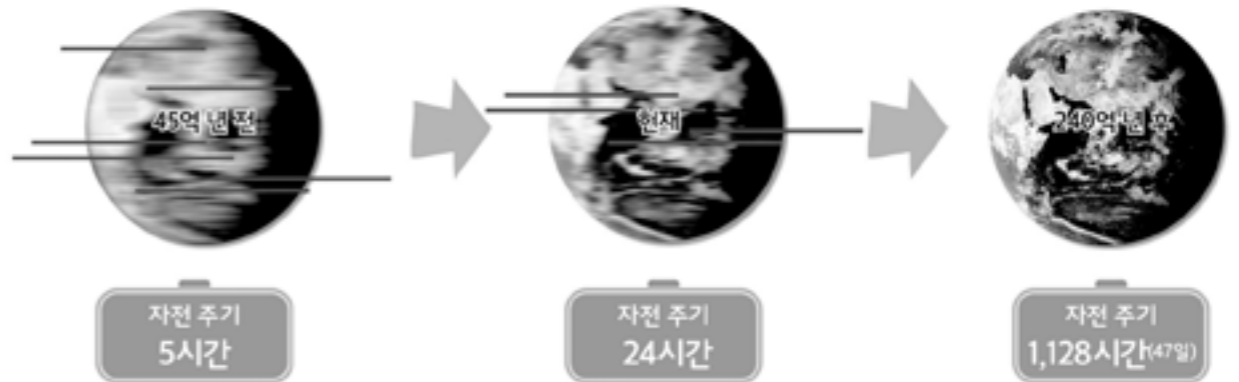
정답

4

중력이 얼마나 변하게 될지 함께 생각해봐요.

달의 중력으로 생기는 조석 현상은 지구에 어떤 영향을 줄까요?

현재 지구는 24시간에 한 번씩 자전합니다. 하지만 45억 년 전 지구는 5시간마다 자전했어요. 지구의 자전이 느려진 원인은 지구와 달 사이의 중력에 있습니다. 달에 이끌린 바닷물과 지구 사이 생기는 마찰력이 지구 자전 속도를 100만 년에 16초씩 느리게 만들기 때문이죠. 계산에 따르면 240억 년 후에는 지구 자전 주기와 달 공전 주기가 같아질 것이라고 합니다.



생각해보아요.

45억 년 전, 지구의 하루는 5시간이었어요. 지금보다 약 5배 정도 빨랐지요. 이렇게 빠르게 자전하면 원심력도 그만큼 커지게 돼요. 그렇다면, 빠르게 자전하는 지구 위 사람은 어떻게 될까요?

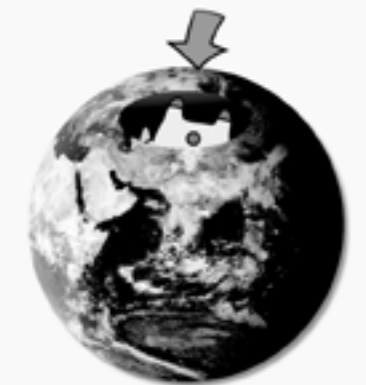
지구가 빠르게 자전해도 사람은 자전을 느끼지 못해요. 하루가 짧을 뿐이죠.

별꿈이가 북극에서 남극으로 뚫린 터널을 만들었어요. 세상에서 가장 빠른 길을 만들었다고 생각한 별꿈이는 신나게 터널로 뛰어 들었지요. 과연 별꿈이는 어떻게 되었을까요?

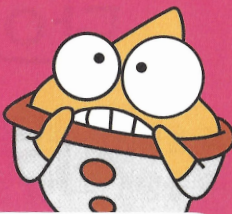
- ① 반대편 우주로 빠져 영영 돌아올 수 없다.
- ② 터널에 몸이 끼어 오도기도 못한다.
- ③ 남극에 무사히 도착한다.
- ④ 계속 북극과 남극을 왔다갔다 하다가 지구 중심에서 멈춘다.

정답

4



어느 날 갑자기 태양이 사라진다면?

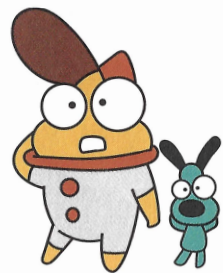


Quiz 1 햇빛은 어떻게 될까요?

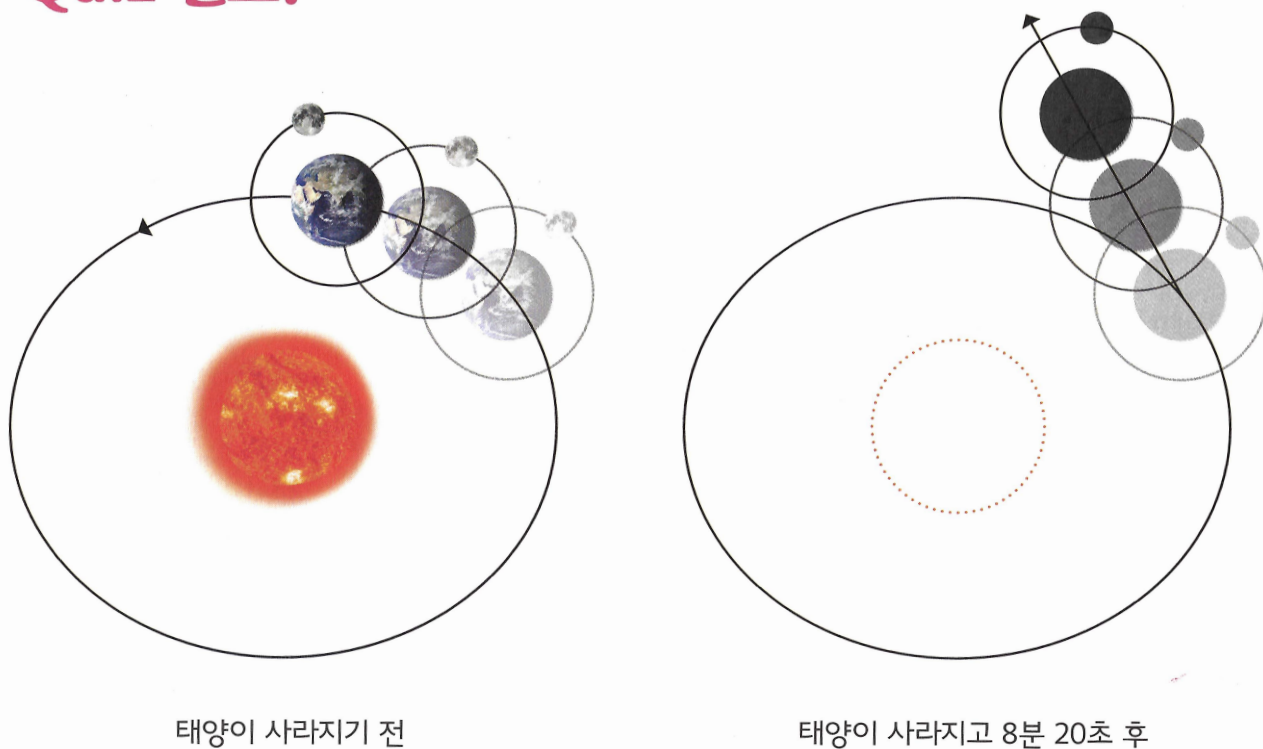
- ① 하늘에서 즉시 태양이 보이지 않는다. (O / X)
- ② 태양에서 지구까지 빛이 오는데 8분 20초가 걸리기 때문에 8분 20초 뒤 태양이 사라졌다는 것을 알 수 있다. (O / X)

Quiz 2 지구와 달은 어떻게 될까요?

- ① 중력도 8분 20초 뒤 지구와 달에 영향을 주기 때문에 8분 20초가 지난 뒤에 영향을 받는다. (O / X)
- ② 지구를 잡아당기는 태양의 중력이 사라지기 때문에 지구와 달은 직선 방향으로 함께 움직인다. (O / X)



Quiz 힌트!

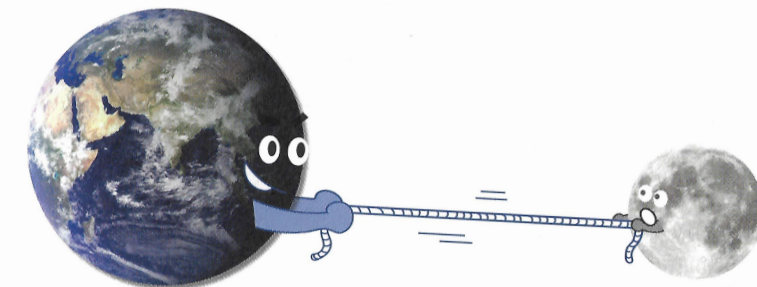


정리해봐요

사과가 땅으로 떨어지는 것은 호기심을 가질 만큼 특별한 일이 아니죠. 하지만 당연해 보이는 것에 의문을 가지면 놀라운 사실을 깨닫게 됩니다. 여러분이 어떤 것을 발견하게 될지 기대됩니다.



① 밀물과 썰물이 나타나는 것은 **달**의 중력 때문이다.



② **질량**이 커질수록 중력이 강해진다.



③ **거리**가 멀어질수록 중력이 약해진다.

④ 사과와 달은 지구의

중력에 의해 땅으로 떨어진다.



아인슈타인도 중력에 대해 궁금해 한 사람 중 한 명입니다. 아인슈타인의 생각은 뉴턴의 생각과 어떤 차이가 있을까요?

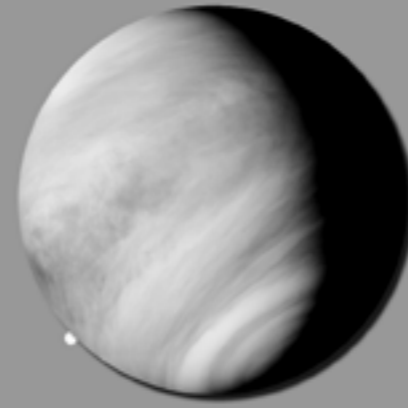
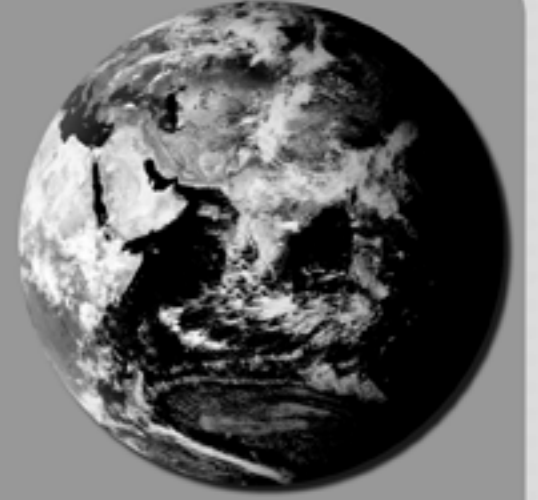


천체들의 거리

CHAPTER 5

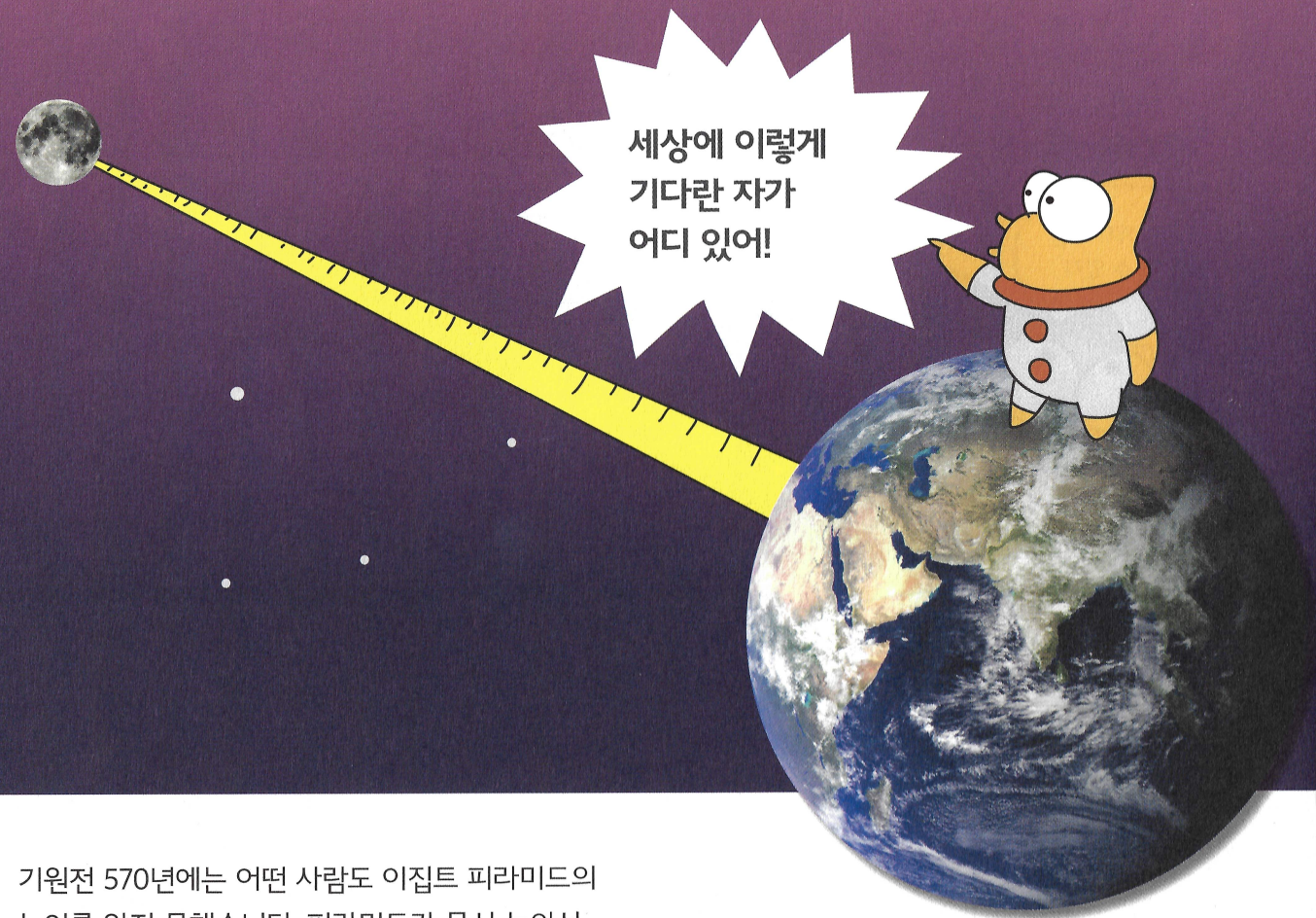


- 자 없이 거리를 재는 방법
- 지구의 공전이 만든 삼각형
- 베셀의 끈질긴 관측
- 천체까지의 거리를 알기 위한 노력
- 천체까지의 거리

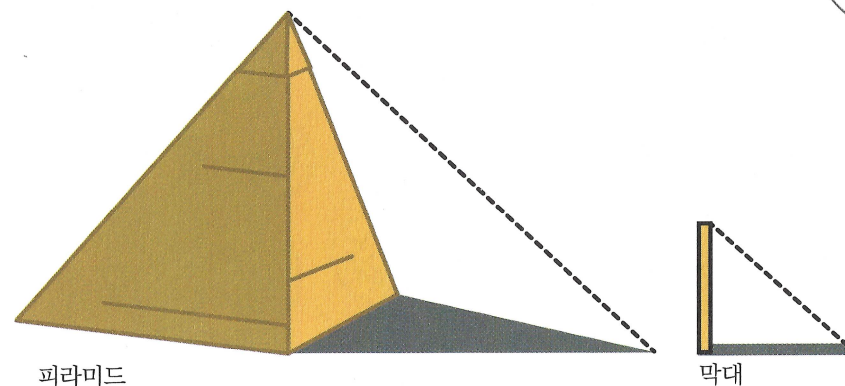


자 없이 거리를 재는 방법

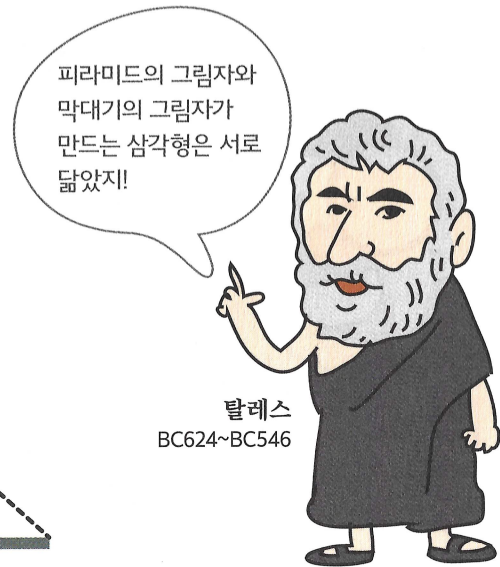
밤하늘의 별을 보세요. 밝게 잘 보이는 별도 있고, 어두워서 잘 보이지 않는 별도 있습니다. 만약 모든 별이 똑같은 빛을 낸다면, 어두운 별은 멀리 있고 밝은 별은 가까이 있으리라 짐작할 수 있을 겁니다. 하지만 별은 제각기 다른 빛을 내지요. 따라서 보이는 밝기만으로는 별까지의 거리를 알 수 없습니다. 그런데 천문학자들은 직녀성이 25광년 떨어져 있고, 가장 가까운 별인 프록시마가 4.2광년 떨어져 있다고 하지요. 대체 자로 잰 수 없는 별까지의 거리는 어떻게 알아내는 것일까요?



기원전 570년에는 어떤 사람도 이집트 피라미드의 높이를 알지 못했습니다. 피라미드가 몹시 높아서 그 꼭대기까지 올라갈 수 없었기 때문이죠. 하지만 철학자 탈레스는 직접 가보지 않아도 막대기만 있으면 피라미드의 높이를 잰 수 있다고 주장했습니다.



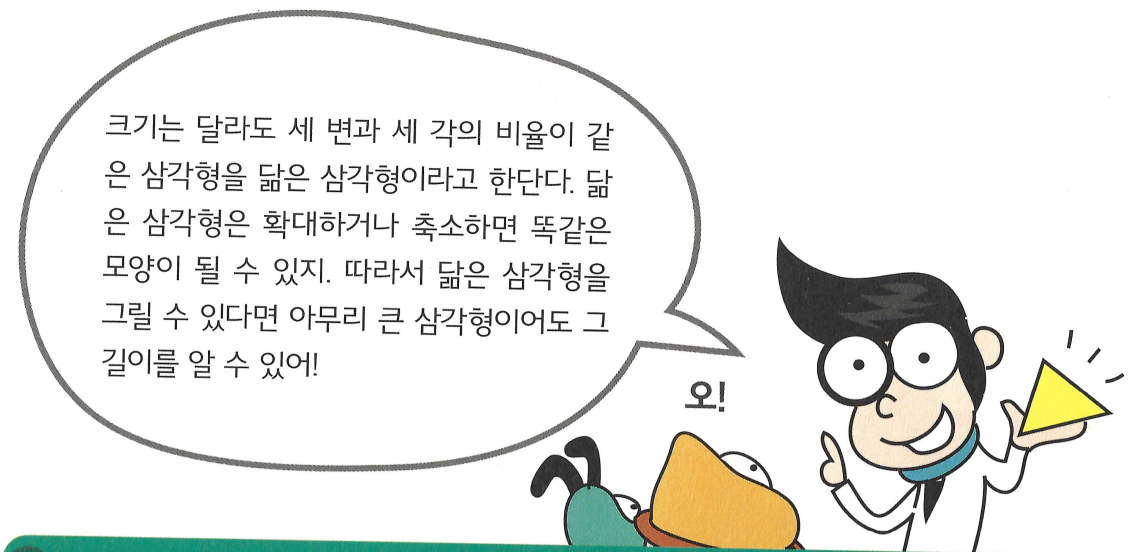
천체들의 거리



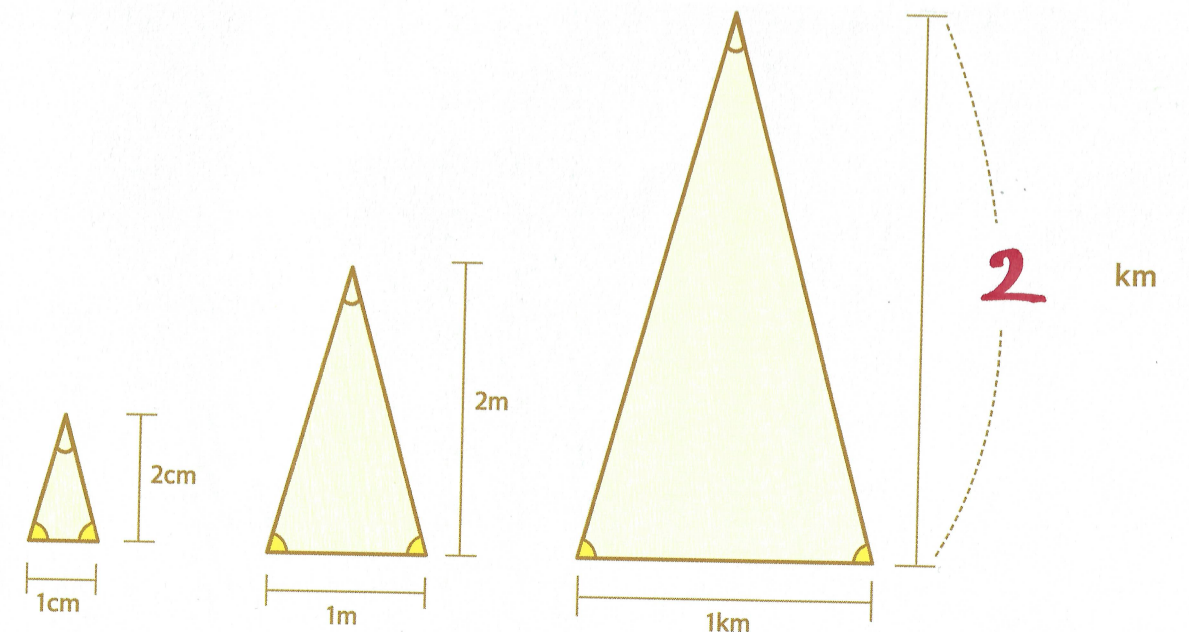
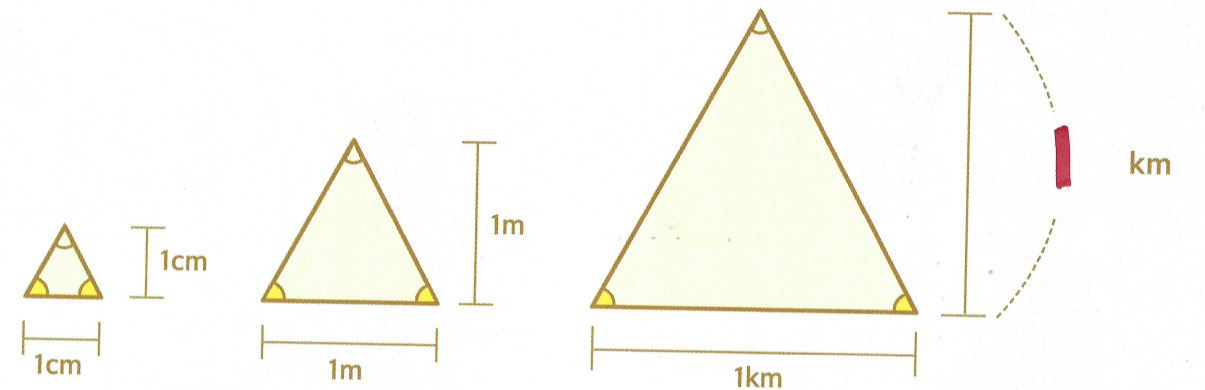
탈레스
BC624~BC546

1. 닮은 삼각형

자 없이 거리를 재는 방법



닮은 삼각형의 높이를 생각해 보세요.

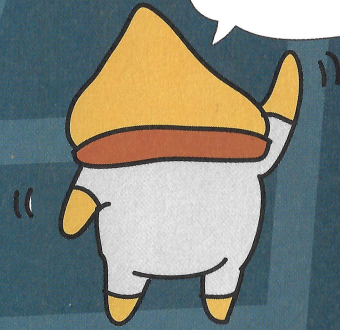




천체까지의 거리

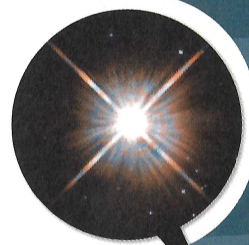
1광년=9,460,800,000,000km

안드로메다은하까지의 거리
2,500,000광년



가장 가까운 구상성단 (M4)까지의 거리
7,200광년

가장 가까운 별까지의 거리 (프록시마 센타우리)
4.24광년



태양까지의 거리
150,000,000km

달까지의 거리
380,000km



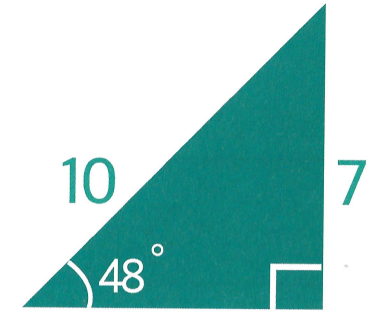
지구 북극과 남극 사이의 거리
12,700km



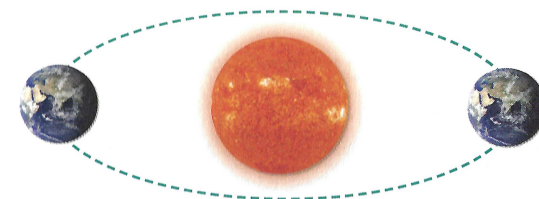
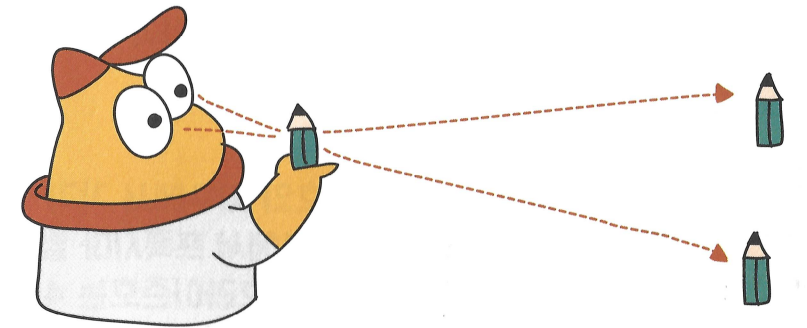
정리해봐요

천문학자들은 오랜 시간 동안 천체까지의 거리를 알기 위해 노력했습니다. 그리고 마치 사다리를 한 칸 한 칸 오르듯 조금씩 더 먼 천체까지의 거리를 알 방법을 생각할 수 있었습니다. 우주의 사다리는 우리를 얼마나 더 멀리 데려다줄까요?

① **타원 삼각형** **2010** **03**을 이용하면 멀리 있는 천체까지의 거리를 알 수 있다.

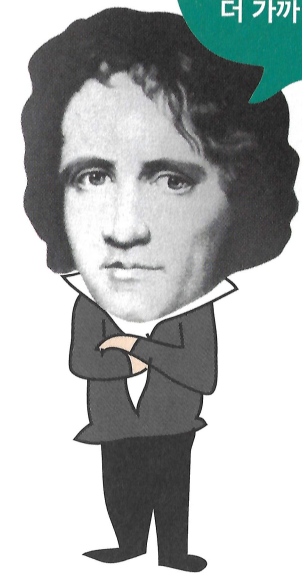


② 보는 위치에 따라 사물의 위치가 달라 보이는 것을 **시차** 라고 합니다.



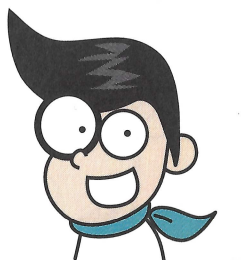
③ 연주시차는 지구의 **공전** 때문에 나타나는 현상이다.

④ 베셀은 연주시차를 이용해 별까지의 **거리** 를 최초로 알아냈다.



별까지의 거리를 잴 수 있다면 우주의 비밀에 더 가까이 갈 수 있을 거야!

알고 있는 단서들을 조합해서 논리적으로 생각하다 보면 직접 가보지 않아도 천체까지의 거리를 재는 방법을 알 수 있지요. 생각하는 능력은 어찌보면 마법보다 더 신기한 것일지도 몰라요.



밝기가 변하는 별

CHAPTER 6

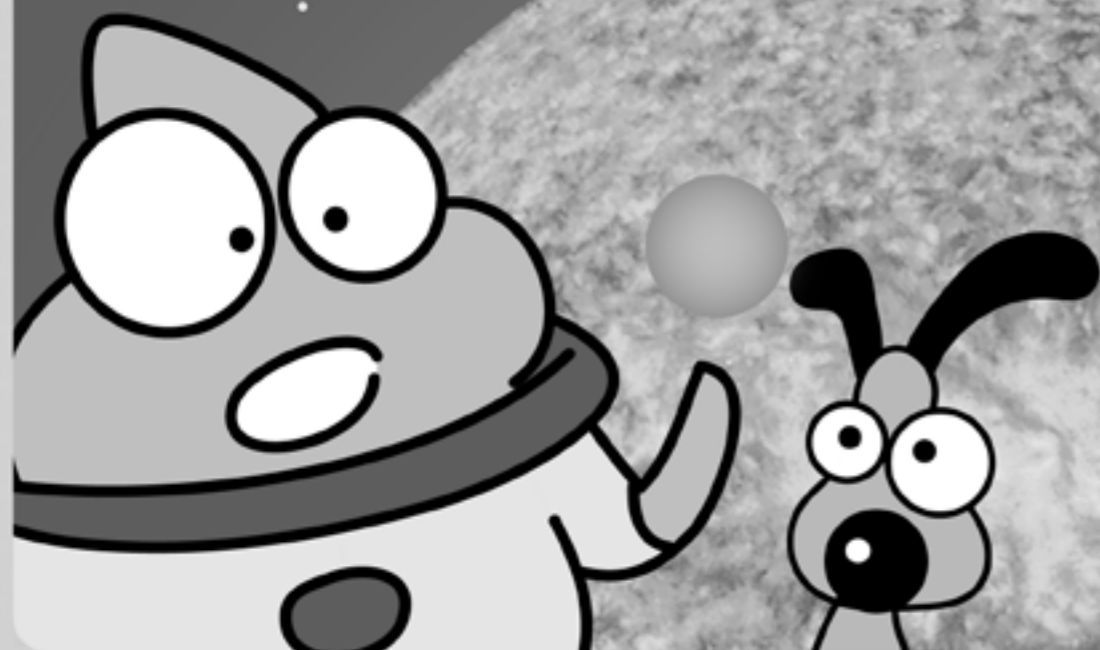
☆ 별꿈이가 본 별의 정체는?

☆ 구드릭의 발견

☆ 맥동변광성

☆ 맥동변광성의 밝기 변화

☆ 리비트의 발견

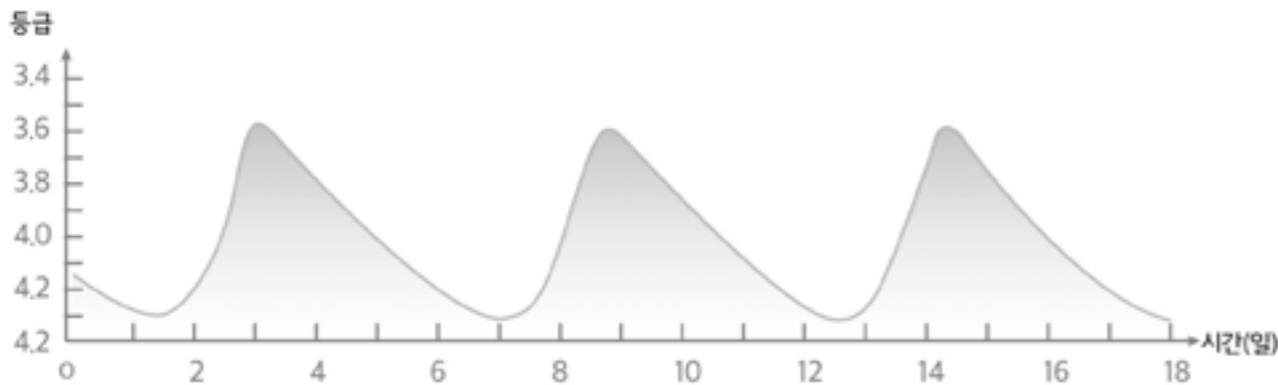


★ 맥동변광성



세페우스자리의 변광성은 하루 만에 급격히 밝아졌다가 4일 동안 천천히 어두워지는 것을 반복했습니다. 그래프로 나타내면 맥박이 뛰는 것처럼 보여 맥동변광성이라고도 부릅니다.

세페이드형 변광성의 밝기변화 그래프



맥동변광성의 밝기가 변하는 모습은 알골과 다릅니다. 따라서 밝기가 변하는 이유도 다르겠지요. 그렇다면, 맥동변광성의 밝기가 변하는 이유는 무엇일까요?

별의 밝기를 변하게 하는 것에 체크해 보세요.

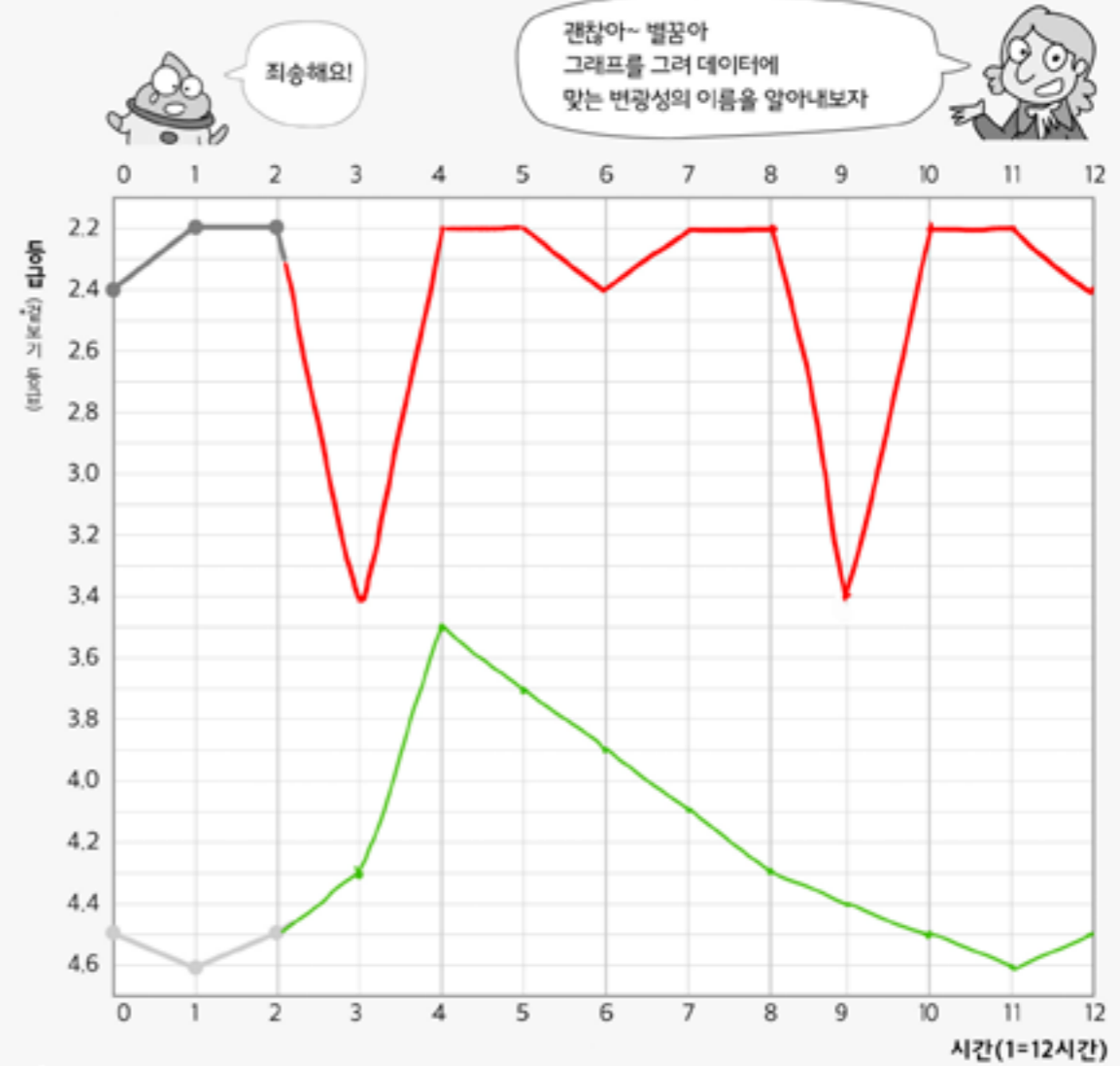
내가 필요 할 것 같기도 하고 아닌거 같기도 하고~

- 원소
- 거리
- 별꿈이
- 선생님
- 온도
- 크기
- 행성



mission 변광성을 찾아라

구드릭과 별꿈이는 페르세우스자리 알골별과 세페우스자리 델타별의 밝기 변화를 연구하고 있었어요. 그런데 그만, 별꿈이의 실수로 두 별의 12시간 간격 밝기 변화가 적힌 데이터의 이름표를 잃어버렸지 뭐예요. 밝기 변화를 그래프로 표현해 데이터에 맞는 변광성을 찾아주세요.



첫 번째 데이터는 **식** 변광성의 모습이에요! **페르세우스자리 알골** 별 데이터구나.

시간	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
등급	2.4	2.2	2.2	3.4	2.2	2.2	2.4	2.2	2.2	3.4	2.2	2.2	2.4

두 번째 데이터는 **맥동** 변광성의 모습이구나! **세페우스자리 델타** 별 데이터구나!

시간	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
등급	4.5	4.6	4.5	4.3	3.5	3.7	3.9	4.1	4.3	4.4	4.5	4.6	4.5

*겉보기 등급 : 지구에서 본 천체의 상대적인 밝기

당시에는 변광성까지의 거리를 알지 못했기 때문에 지구에서 가까워서 밝게 보이는 건지, 실제로 다른 변광성보다 밝은 것인지 알 수 없었습니다. 변광성의 밝기와 주기를 비교할 수도 없었죠. 하지만 '같은 은하 안의 천체는 거리가 비슷할 것'이라는 리비트의 아이디어로 같은 은하 안의 세페이드형 변광성을 비교할 수 있게 되었습니다. 리비트는 소마젤란 성운 속의 세페이드형 변광성 25개를 찾아 밝기와 주기를 비교한 뒤 아래와 같은 결론을 내렸습니다.



세페이드형 변광성은 깜박이는 주기가 길수록 최대 밝기가 밝다.

주기와 밝기에 대한 상상실험

운동장에 모여 있는 두 그룹의 사람을 상상해보세요. 별꿈이 그룹에는 5명, 라이카 그룹에는 10명이 있습니다. 각 그룹의 사람은 손에 전구를 쥐고 있지요. 옆 사람이 불을 켜면 그다음 사람이 불을 켜고, 모든 사람이 불을 켜 후에는 차례대로 불을 끕니다.



- ① 어느 그룹이 더 빨리 불을 켜다 끌 수 있을까요?
- ② 어느 그룹이 불을 다 켰을 때 더 밝을까요?
- ③ 불을 켜다 끄는 주기가 긴 그룹과 불을 켜다 끄는 주기가 짧은 그룹 중 어느 쪽의 최대 밝기가 더 밝을까요?

- 정답 **별꿈이 그룹**
- 정답 **라이카 그룹**
- 정답 **주기가 긴 그룹**



mission 어느 은하가 멀리있을까?

세 은하의 세페이드형 변광성 데이터가 있습니다. 어느 은하가 가장 멀리 있을까요? 또, 어느 은하가 가장 가까이 있을까요?

세페이드형 변광성의 주기

50일

세페이드형 변광성의 겉보기 등급

20등급

솜브레로 은하



세페이드형 변광성의 주기

15일

세페이드형 변광성의 겉보기 등급

17등급

안드로메다 은하



세페이드형 변광성의 주기

15일

세페이드형 변광성의 겉보기 등급

20등급

시가 은하



가장 멀리 있는 은하는 **솜브레로 은하** 이고,
가장 가까이 있는 은하는 **안드로메다 은하** 이다.

- ⚡ Hint ① 주기가 같다면 멀리있는 것은?
- ⚡ Hint ② 겉보기 등급이 같다면, 어떻게 거리를 유추할까요?

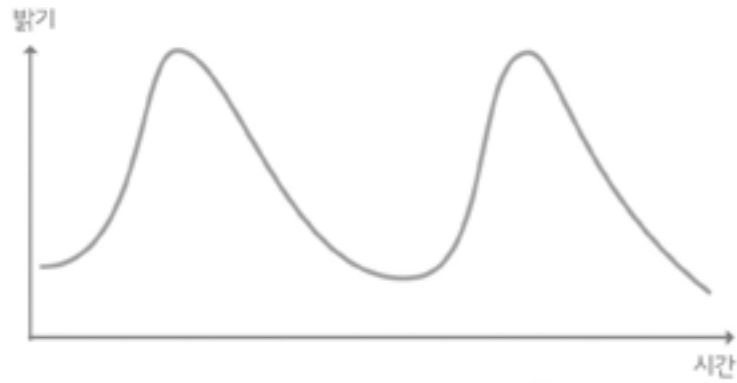
☆ 정리해봐요

우주 먼 곳에서 우리에게 오는 별빛은 특별한 비밀을 간직하고 있습니다. 그 비밀을 궁금해하는 여러분은 이미 천문학자랍니다.



① **변광성** 은 밝기가 변하는 별이다.

② **알 골** 은 어두운 별과 밝은 별의 공전으로 별의 밝기가 변하는 식변광성이다.



③ **맥동 (세페이드형) 변광성** 은 깜박이는 주기가 길수록 최대 밝기가 밝다.



④ 세페이드형 변광성의 밝기와 주기로 은하까지의 **거리** 를 알 수 있다.

헨리에타 리비트의 놀라운 통찰력으로 천문학자들은 천체의 거리를 측정할 수 있게 되었습니다. 리비트의 발견이 없었다면 우리는 아직도 우주의 크기를 가늠할 수 없었을 것입니다.



별의 생성과 진화

CHAPTER 7



- 변하지 않는 별?
- 헤르츠스프룽과 러셀의 발견
- H-R도를 파헤쳐보자
- 별의 질량에 따른 진화과정
- H-R도를 분석해보자



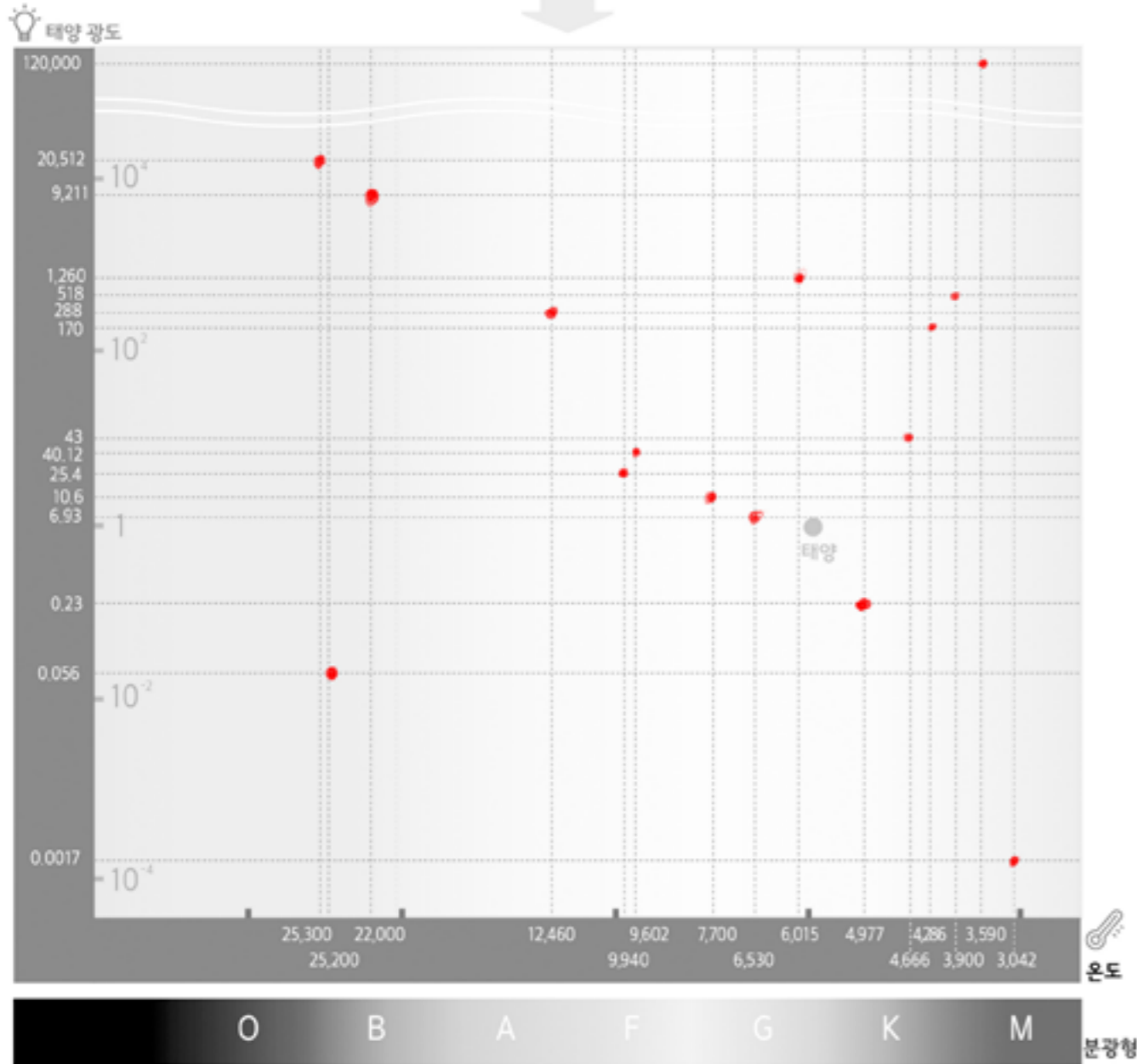


mission 헤르츠스프룽과 러셀처럼 여러 별을 비교해봅시다.

별빛으로 알 수 있는 것은 별의 밝기와 색깔입니다. 별의 색깔은 별의 온도에 의해 결정되지요. 아래 여러 별의 밝기와 온도를 보고 그래프에 표시해보세요.

별 이름	☉태양 광도	온도	별 이름	☉태양 광도	온도
시리우스	25.4	9,940	베가	40.12	9,602
스피카	20,512	25,300	시리우스 B	0.056	25,200
프로키온	6.93	6,530	베텔게우스	120,000	3,590
레굴루스	288	12,460	벨라트릭스	9,211	22,000
프록시마	0.0017	3,042	알데바란	518	3,900
아크투루스	170	4,286	알타이르	10.6	7,700
북극성	1,260	6,015	HD40307	0.23	4,977
폴룩스	43	4,666			

태양 광도는 태양과 비교했을 때 별이 얼마나 밝은지 나타내는 단위입니다. 태양 광도가 1이면 태양과 밝기가 같습니다. 태양 광도가 1보다 작으면 태양보다 어두운 별이고, 1보다 크면 태양보다 밝은 별입니다.



1단계 주계열성 OX퀴즈

- 1 도표 위에 별이 골고루 퍼져 있다. (X)
- 2 온도가 높으면 푸르고, 온도가 낮으면 붉다. (O)
- 3 태양의 분광형은 O형이다. (X)
- 4 온도가 가장 높은 별은 벨라트릭스이다. (X)
- 5 프록시마는 붉은 별이다. (O)



2단계 적색거성을 찾아라! (답을 선으로 이어보세요.)

- 1 가장 밝은 별 → 베틀게우스
- 2 두번째로 온도가 낮은 별 → 시리우스
- 3 가장 크기가 큰 별 → 프록시마

3단계 백색왜성 퀴즈 (빈칸 안에 답을 적어보세요.)

- 1 가장 뜨거운 별의 스펙트럼 타입은 형이다.
- 2 굉장히 뜨겁고 어두운 별은 이다.
- 3 뜨거우면서 어두운 별은 크기가 다.

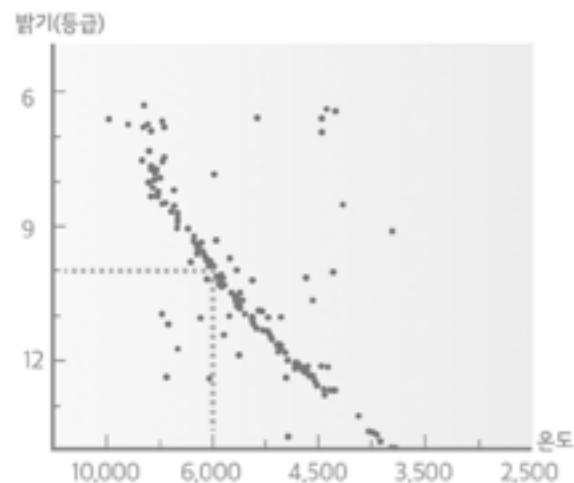


H-R도를 분석해보자

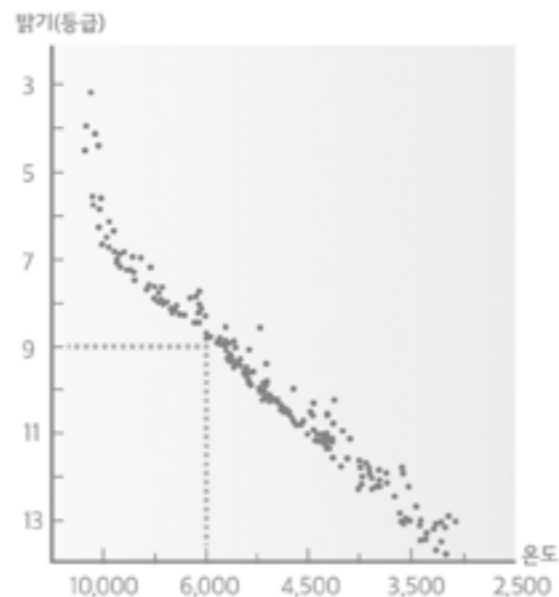
H-R도에는 많은 별의 정보가 숨어 있습니다. 특히 많은 별이 같이 태어난 성단의 H-R도를 자세히 살펴보면 놀라운 것을 알 수 있습니다. 천문학자들이 별빛만으로 별의 정보를 알아내는 방법 중 하나가 바로 H-R도를 분석하는 것입니다.

mission 어느 성단이 더 멀리 있을까?

M44(프레세페)



M45(플레이아데스)



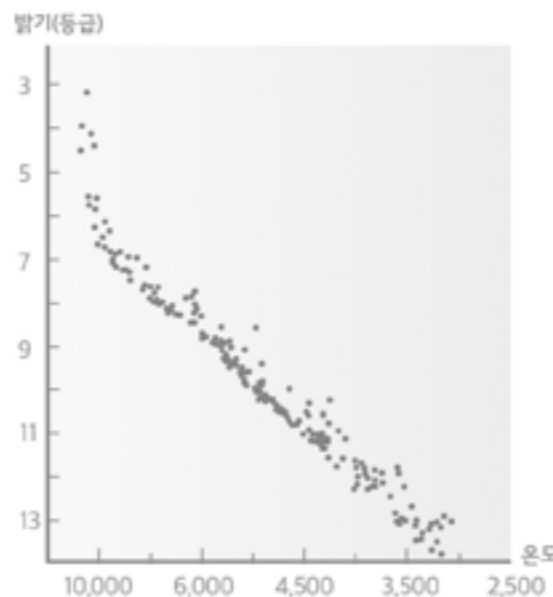
각 성단의 H-R도에서 색이 같은 별을 고르고, 두 별의 밝기를 비교해보세요.

색이 같은 별을 비교할 때, **M45 플레이아데스**의 별이 더 밝고 **M44 프레세페**의 별이 더 어둡다

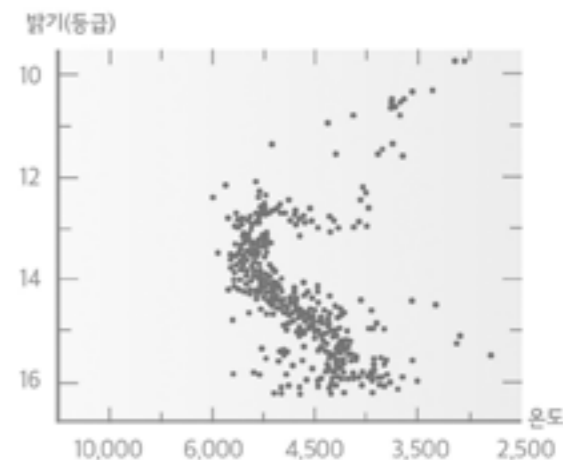
더 멀리 있는 성단은 어느 것인가요? **M44 (프레세페)**

mission 둘 중 나이가 많은 성단은 어느 것일까?

M45(플레이아데스)



M67



각 성단의 H-R도에서 어느쪽에 적색거성이 많은지 비교해보세요.

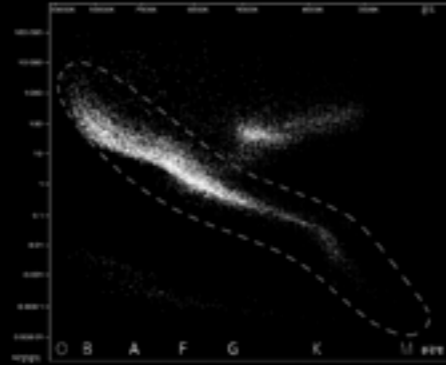
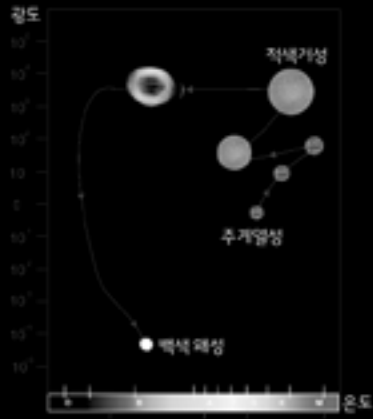
두 성단 중 **M45 (플레이아데스)** 보다 **M67**에 적색거성이 많다

더 나이가 많은 성단은 어느 것인가요? **M67**

정리해봐요

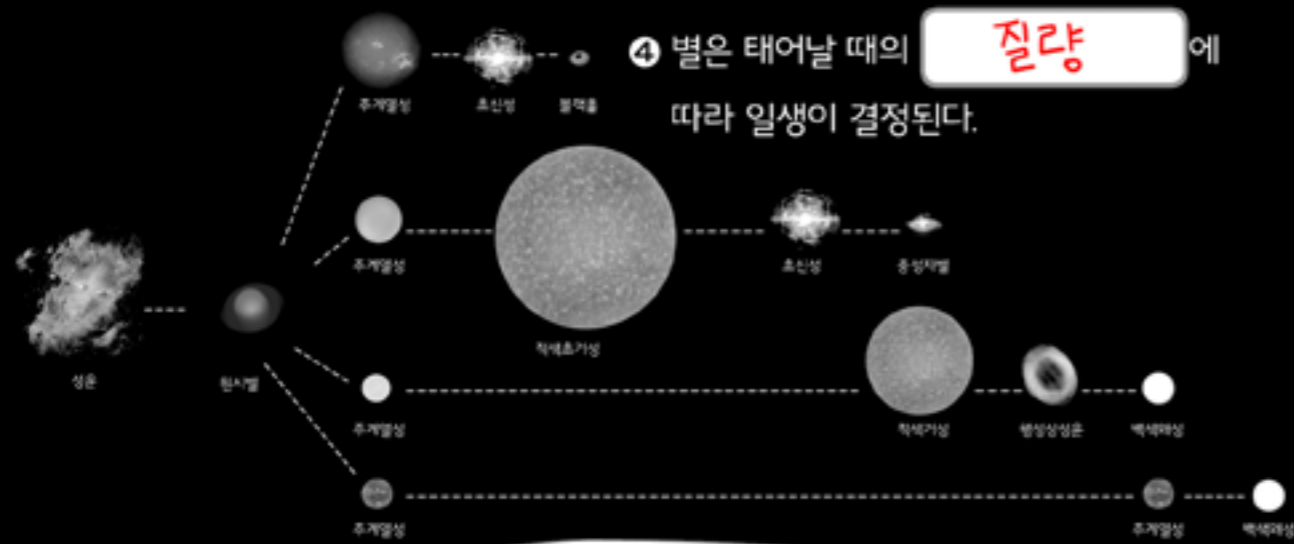
천문학자들은 하루살이처럼 우주의 많은 별을 비교해서 별의 진화과정을 알아낼 수 있었습니다. 같은 방법을 이용해서 연구할 수 있는 것은 또 무엇이 있을까요?

1 **별** 이 태어나고 죽는 과정을 알기 위해서는 많은 **별** 을 비교해야 한다.



2 별의 색과 밝기를 나타낸 그래프를 **H-R도(헤르츠스프룽-러셀도)** 라고 한다.

3 별은 **주계열** 상태로 오랫동안 살다가 수소연료가 바닥나면 다음 단계로 진화한다.

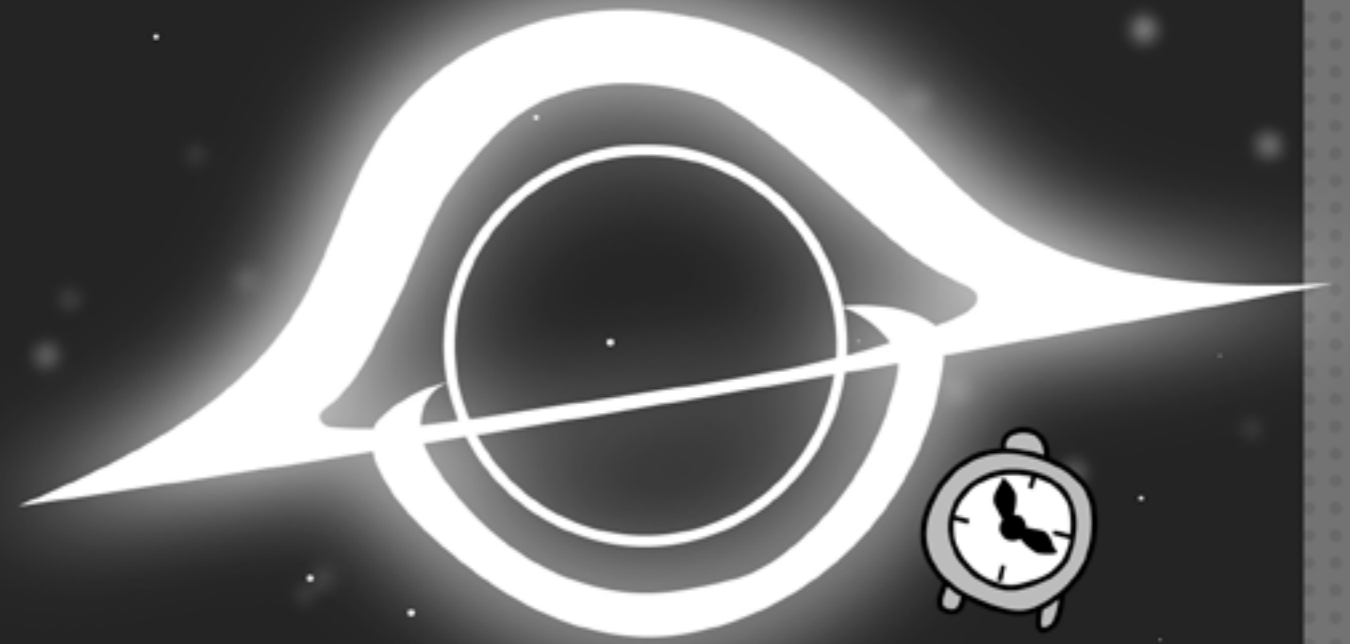
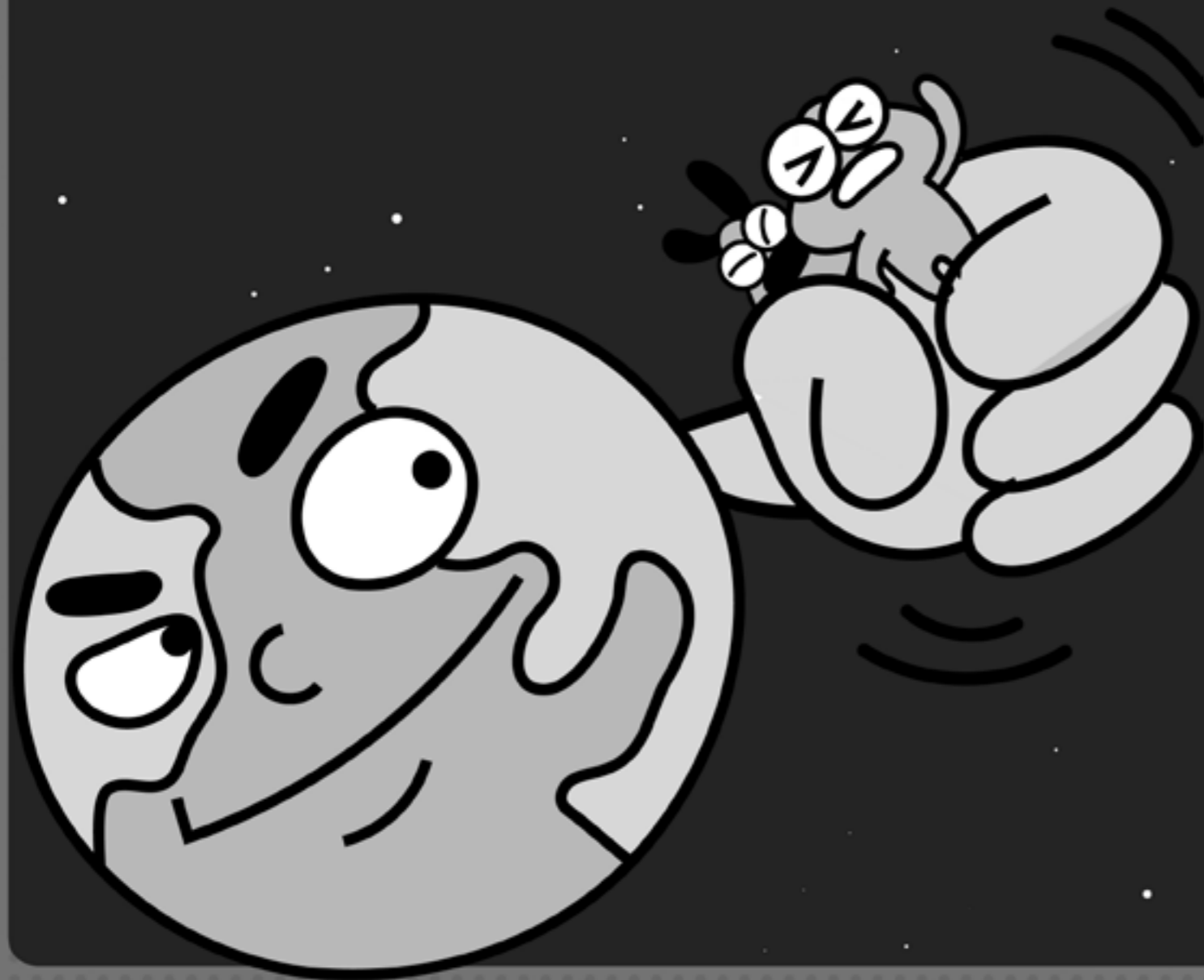


H-R도는 천문학에서 아주 중요한 그래프입니다. H-R도 분석을 통해 별의 크기, 질량, 나이까지 알 수 있기 때문이죠. 헤르츠스프룽과 러셀의 발견은 천문학 발전에 큰 도움을 주었습니다.



블랙홀

CHAPTER 8

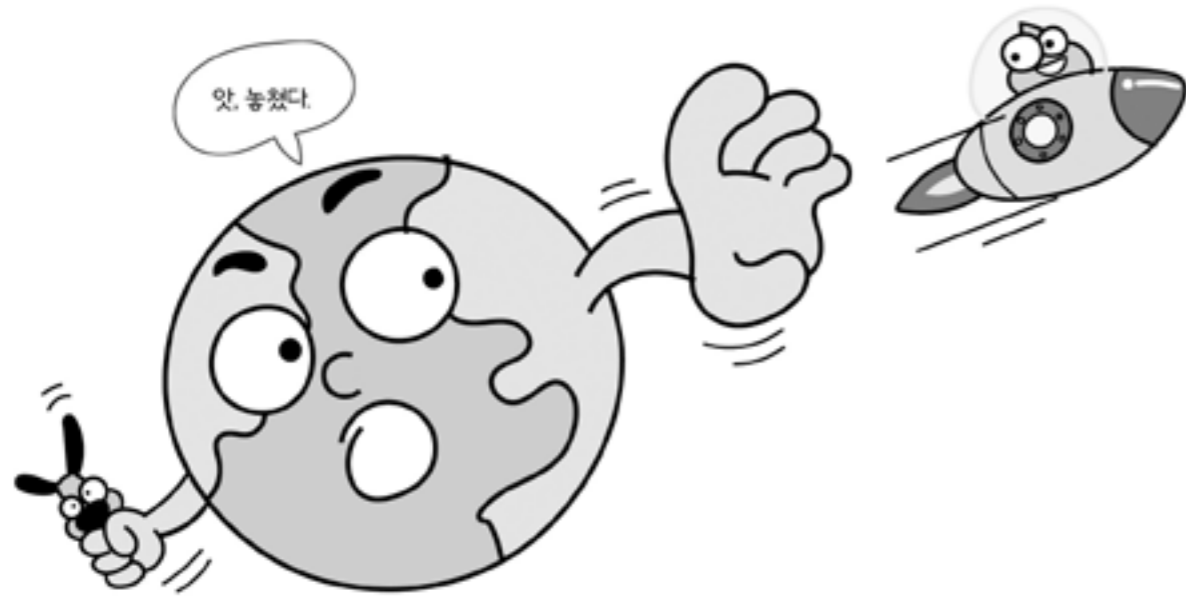


- ☞ 탈출속도
- ☞ 탈출속도에 대한 상상실험
- ☞ 블랙홀
- ☞ 블랙홀은 어떻게 만들어질까요?
- ☞ 태양도 블랙홀이 될까?
- ☞ 보이지 않는 것을 찾는 방법
- ☞ 블랙홀 기네스북



탈출속도

지구에서 탈출하려면 엄청난 속도가 필요합니다. 무려 1초에 11.2km만큼 움직일 수 있는 속도를 내야만 지구에서 벗어날 수 있습니다. 지구를 벗어나는 일은 왜 이렇게 힘들까요? 그건 지구가 무거워 끌어당기는 힘이 강하기 때문입니다. 이 힘의 이름은 바로 중력이지요.



천체의 중력이 강할수록 탈출하는데 더 빠른 속도가 필요합니다. 중력은 천체가 무거울수록 강하고, 같은 무게일 때는 크기가 작을수록 강합니다.

탈출속도가 빠른 순서대로 적어보세요.



위의 천체 중 탈출하기 위한 속도가 가장 빨라야 하는 천체는 무엇일까요?

백색왜성 > 태양 > 목성 > 지구 > 달

태양도 블랙홀이 될까?

태양은 블랙홀이 될 수 있을까요? 태양은 생의 마지막 단계에서 블랙홀이 되기에는 너무 가볍습니다. 하지만 만약 거대한 힘이 태양을 눌러 태양 지름이 6km로 작아진다면 태양도 블랙홀이 될 수 있습니다.

태양 지름
1,392,000km

6km

지구의 경우 만약 지구 지름이 16mm정도로 작아진다면, 지구도 블랙홀이 될 수 있습니다.



지구 지름
12,700km

16mm

태양이 블랙홀로 변하면 어떤 일이 생길까요?

- 태양계 전체가 블랙홀이 된 태양에 빨려 들어간다.
- 상대적으로 가까이 있는 수성, 금성, 지구, 화성까지만 블랙홀이 된 태양에 빨려 들어간다.
- 태양이 블랙홀이 되어도 행성들은 이전과 똑같이 태양 주위를 돈다.
- 태양이 우리은하의 중심이 된다.

정답

3

mission 블랙홀에 가까이 가면 어떤 일이 생길까요?

블랙홀에 가까이 가면 다음과 같은 일이 생긴다고 합니다. 왜 그런지 생각해보고 이유를 적어봅시다.

몸무게가 늘어난다.

블랙홀은 중력이 강하기 때문에 몸무게가 늘어날 것처럼 느낀다

키가 커진다.

블랙홀은 끌어 당기는힘은 블랙홀에 가까울수록 강하기 때문에 블랙홀에 가까운 쪽이 늘어나 키가 커진다!

블랙홀 근처 모든 것이 멈춘 것처럼 보인다.

정지

상대성이론에 의해 중력이 강하면 시간이 느리게 가기 때문에 블랙홀 근처 모든 것이 멈춘 것처럼 보인다

우주가 점점 작아지는 것처럼 보인다.

상대성이론에 의해 중력이 강한 곳은 시간이 느리게 가기 때문에 지구에 있는 친구가 더 빨리 늙는다

우주가 점점 작아지는 것처럼 보인다.

블랙홀 주변 모든 빛이 구부러지고 모이기 때문에 우주가 작아지는 것처럼 보인다.

블랙홀 근처 물체의 색이 붉게 변한다.

블랙홀 중력에 의해 빛이 휘면서 굴절이 일어나 빛이 전체적으로 붉어진다.

정리해봐요

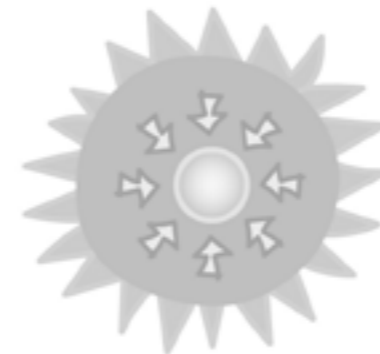
1783년, 처음 빛이 빠져나오지 못하는 천체를 상상한 존 미첼은 이 천체가 진짜 존재할 것이라는 사실을 몰랐습니다. 여러분도 상상의 나라를 마음껏 펼쳐보세요. 남들이 비웃을지라도, 언젠가 여러분의 상상도 현실이 될지 모릅니다.



① 천체가 무거울수록, 같은 무게일 때는 크기가 작을수록 **탈출 속도** 가 빨라진다.

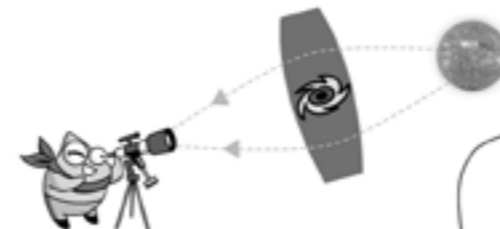


② 빛조차 탈출할 수 없는 천체를 **블랙홀** 이라고 한다.



③ 블랙홀은 태양보다 40배 이상 **무거운** 별이 죽을 때 만들어진다.

④ 블랙홀을 찾기 위한 단서로는 엑스선 관측, 천체들의 움직임 관찰, **중력 렌즈** 효과 등이 있다.

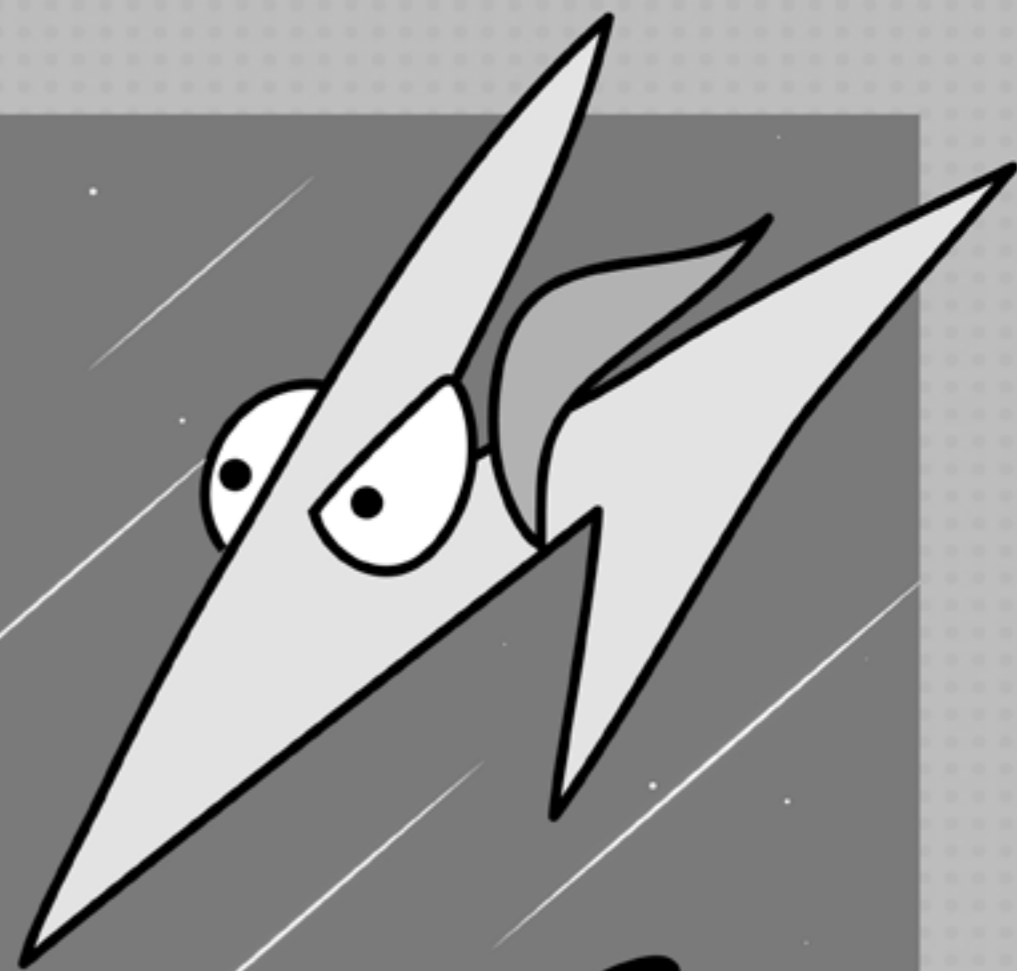


우주에는 블랙홀처럼 우리에게 보이는 것보다 보이지 않는 것이 훨씬 더 많습니다. 하지만 우리는 상상과 생각을 통해서 우주의 진짜 모습을 차근차근 알 수 있을 것입니다.



빛의 속도

CHAPTER 9



↻ 천둥과 번개

↻ 소리와 빛의 차이

↻ 갈릴레이의 실험

↻ 이오가 이상해

↻ 뢰머와 이오

↻ 비처럼 내리는 빛

↻ 빛의 속도를 재기 위한 과학자들의 노력



천둥과 번개

벼락 치는 날이면, 항상 번개가 먼저 보인 뒤 천둥소리가 들립니다. 분명 번개와 천둥소리는 동시에 같은 곳에서 만들어지는데, 왜 번개가 먼저 보일까요? 2,000여 년 전 고대 철학자들은 다음과 같이 생각했습니다.



벼락이 치면 번개와 천둥이 동시에 만들어집니다. 번개는 빛이기 때문에 속도가 무한해서 만들어지자마자 보여요. 하지만 소리인 천둥은 속도가 느려 벼락이 친 후 어느 정도 시간이 지나야 들을 수 있습니다. 그래서 벼락이 친 장소에서 멀수록 천둥소리를 더 늦게 듣게 됩니다.



벼락이 생긴 곳까지의 거리 재기



번개가 보인 뒤 몇 초 후에 천둥소리가 들리는지 확인하면 벼락이 얼마나 멀리서 생겼는지 알 수 있습니다. 번개를 본 직후 1초에 한 번씩 숫자를 세기 시작하여 여섯까지 셴을 때 천둥소리가 들렸다면, 벼락은 얼마나 멀리서 생긴 것일까요?

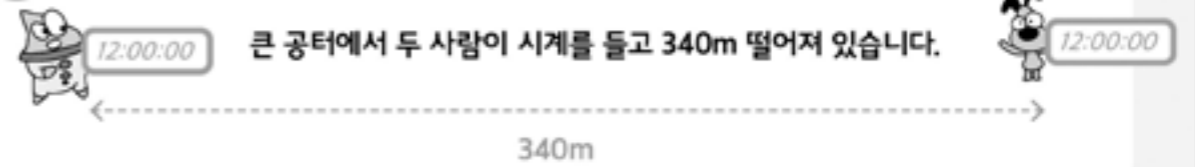
$$\boxed{6} \times \boxed{340\text{m/초}} = \boxed{2,040\text{m (약 2km)}}$$

번개와 천둥소리의 시간 차이 소리의 속도 벼락이 생긴 곳까지의 거리

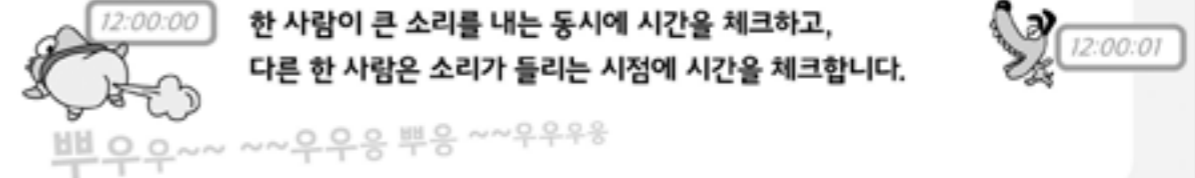


mission 소리의 속도는 어떻게 알 수 있을까요?

1



2



3

소리는 1초에 얼마나 움직였을까요?

340m



보이지 않는 소리의 속도를 어떻게 재요?



시계 두 개와 실험자 두 명만 있으면 소리의 속도를 알 수 있단다.





mission 정말 빛은 무한히 빠른 걸까?

방 안의 불을 켜면 방 전체가 한꺼번에 밝아집니다. 따라서 우리는 지구 주변부터 바깥으로 퍼져가는 빛의 모습을 볼 수 없습니다. 갈릴레이의 실험으로도 빛의 속도를 알 수 없었지요. 그렇다면 정말 빛은 무한히 빠른 걸까요?



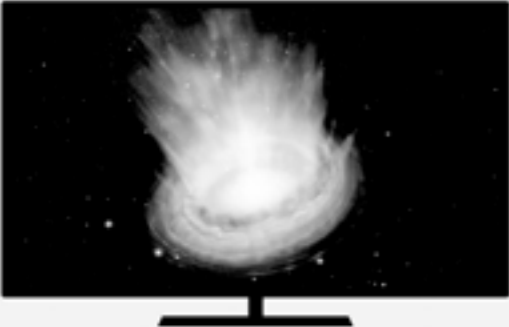
만약 빛의 속도가 무한하다면 어떤 일이 생길까요? 상황에 따라 어떤 일이 생길지 상상해봅시다.



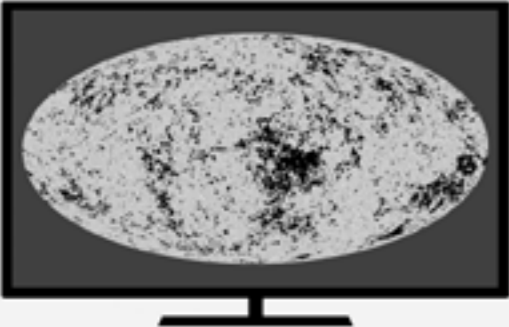
1 외국에서 열리는 운동경기의 중계방송 화면과 실제경기장의 모습에 시간 차이가 있을까요?
빛의 속도가 무한하다면 중계 화면과 실제 경기장의 모습에 시간 차이가 없다.



2 과거 우주의 모습을 볼 수 있을까요?
빛의 속도가 무한하다면 과거 우주의 모습을 볼 수 없다. 항상 현재 우주의 모습만 볼 수 있다.



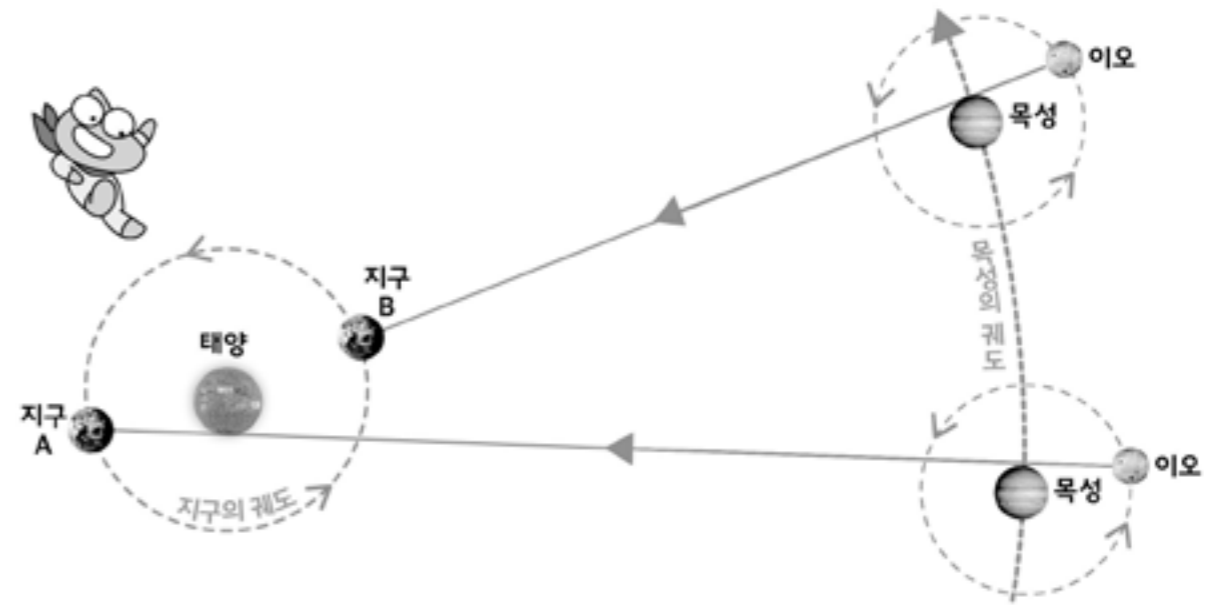
3 블랙홀에 들어간 빛은 어떻게 될까요?
블랙홀에 들어간 빛은 다시 나온다 따라서 빛의 속도가 무한하다면 블랙홀이 존재하지 않을 것이다.



4 빛의 속도가 무한하다면, 우주는 어디까지 관측 가능할까요?
빛의 속도가 무한하다면 우주의 과거는 관측할 수 없고, 현재 우주에서 빛은 내는 천체까지만 볼 수 있다.

로버와 이오

로버가 이오를 관측하다가 깜짝 놀란 이유는 무엇일까요? 아래 그림은 로버가 관측한 날, 목성과 지구, 이오의 위치를 보여줍니다.



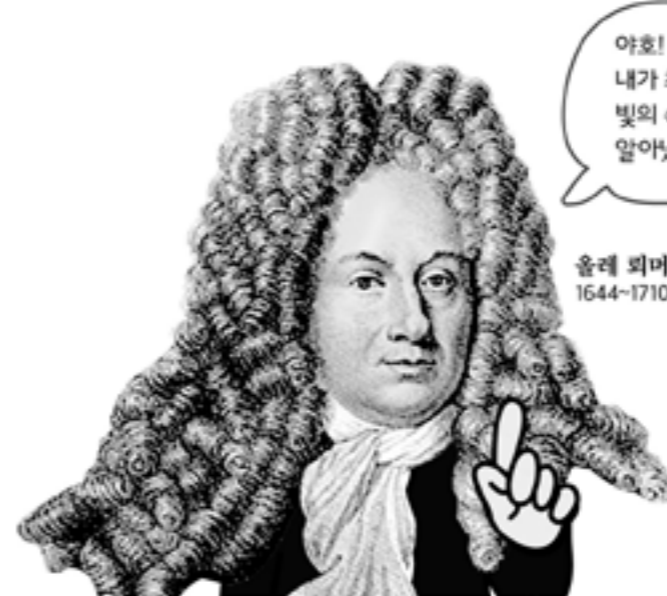
로버가 관측하던 중 변한 것은 무엇일까요?

- 1 이오의 공전 속도
- 2 목성의 중력
- 3 지구와 이오 사이의 거리
- 4 지구의 공전 속도

정답

3

A지점에서 관측했을 때 이오는 예상보다 11분 늦게 보였고, B지점에서 관측했을 때 이오는 예상보다 11분 빨리 보였습니다. A지점과 B지점 사이 거리는 태양과 지구 사이 거리의 두 배(2AU)로, 약 300,000,000km입니다. 로버는 이 정보를 이용해 빛의 속도를 구했고, 그 값은 약 230,000km/초였습니다.



야호! 내가 최초로 빛의 속도를 알아냈대!

올레 뢰머 1644~1710

로버가 계산한 빛의 속도는 정확하진 않지만, 당시 열악한 관측 도구를 생각하면 놀라운 연구 결과예요.



정리해봐요

우주에서 오는 천체들의 빛이 없으면, 천문학은 발전할 수 없습니다. 따라서 빛과 천문학은 떼려야 뗄 수 없는 사이인 거죠. 빛이 가진 비밀에는 어떤 것이 더 있을까요?



① 번개가 보인 뒤 천둥소리가 들리는

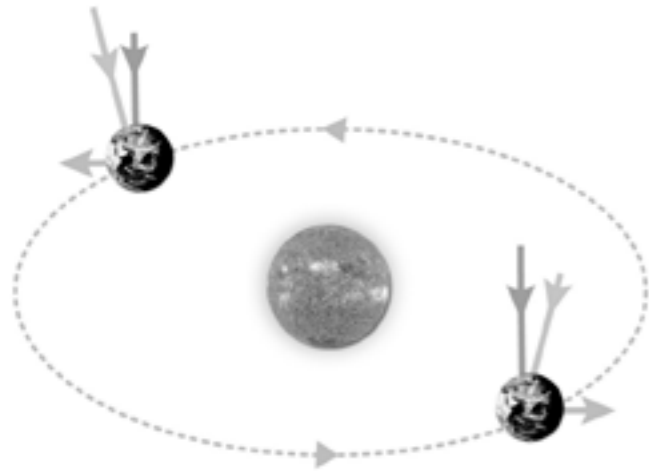
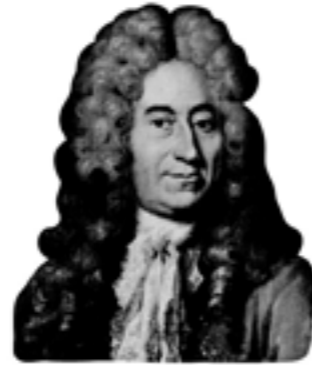
이유는 **빛** 이 소리보다 빠르기 때문이다.

② 갈릴레이의 실험이 실패한 이유는

실험자 간의 거리가 빛의 **속도** 에 비해 너무 가까웠기 때문이다.



③ 빛의 속도를 최초로 측정한 사람은 **뢰머** 이다.



④ 브래들리는 지구의 공전에 의해 생기는

광행차 를 발견해

빛의 속도를 잰다.



무한히 빨라 보이는 빛의 속도를 잰다는 것은 쉬운 일이 아닙니다. 하지만 과학자들은 오랜 시간 동안 빛에 호기심을 갖고, 꾸준히 연구했지요. 그 결과 불가능해 보이던 빛의 속도를 잰 일에 성공했습니다.

어린이 상대성 이론

CHAPTER 10



- ☑ 상대성의 기본 원칙
- ☑ 아인슈타인의 상대성이론
- ☑ 쌍둥이 이야기
- ☑ 어디에나 적용되는 상대성이론
- ☑ 상대성이론 Q&A





아인슈타인의 상대성이론

빛의 모습을 볼 수 있다면 어떤 문제가 생길까요? 빛의 속도로 날아가는 사람은 빛과 같은 관성계에 속합니다. 만약 이때 빛의 모습이 보인다면, 관성계가 빛의 속도로 움직이는 것을 관성계 안에서 알 수 있습니다. 따라서 빛의 모습이 보인다면, 갈릴레이의 상대성 원칙이 틀리게 됩니다.



상대 속도 상상 실험

① 멈춰있는 자동차에서 공을 시속 100km로 던지면 공의 속도는 얼마로 보일까요?



② 시속 100km로 달리는 자동차에서 자동차와 같은 방향으로 공을 던지면, 멈춰있는 사람이 본 공의 속도는 얼마일까요? (공을 던지는 속도는 1번과 같이 100km/시간)



③ 공을 반대로 던져볼까요? 시속 100km로 달리는 자동차에서 시속 100km로 공을 뒤로 던지면, 멈춰있는 사람에게 공의 속도는 얼마로 보일까요?



상대 속도 상상 실험 - 빛

① 공 대신 빛으로 생각해봅시다. 정지한 자동차에서 켜진 빛의 속도는 초속 300,000km입니다.

그렇다면 초속 100km로 달리는 자동차에서 불을 켜면, 자동차 밖에 서 있는 사람이 본 빛의

속도는 얼마일까요?



② 속도를 높여서 1초에 1,000km 달리는 자동차에서 같은 실험을 한다면, 정지한 사람에게

빛의 속도는 얼마로 보일까요?



③ 그럼 초속 100,000km로 달리는 자동차에서 켜진 빛의 속도는?!



④ 만약, 빛과 같은 속도로 달리는 자동차에서 불을 뒤로 켜면 빛은 어떻게 될까요?



빛의 속도는
어느 관측자에게나 일정하다.

$$\begin{aligned} 0 + 30 &= 30 \\ 10 + 30 &= 30 \\ 20 + 30 &= 30 \\ 30 + 30 &= ? \end{aligned}$$



빛의 속도가
일정하다면,
뭔가 다른 게
변한다는 건가요?

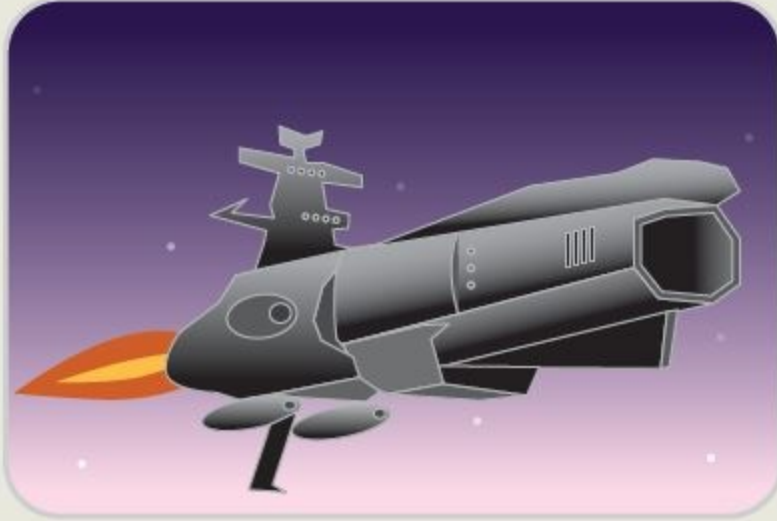
빙고! 뭐가 변할 것 같니?

- 온도
- 길이
- 무게
- 별꿈이
- 시간
- 냄새
- 밝기
- 성격
- 라이카
- 맛

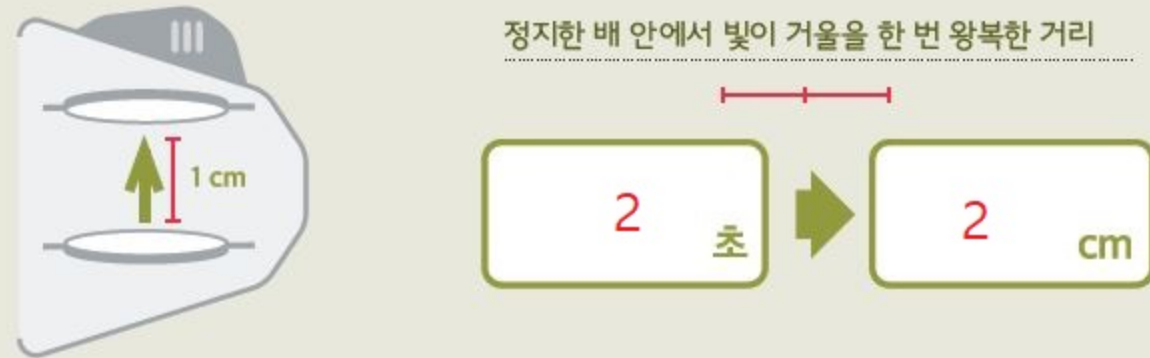


시간 지연

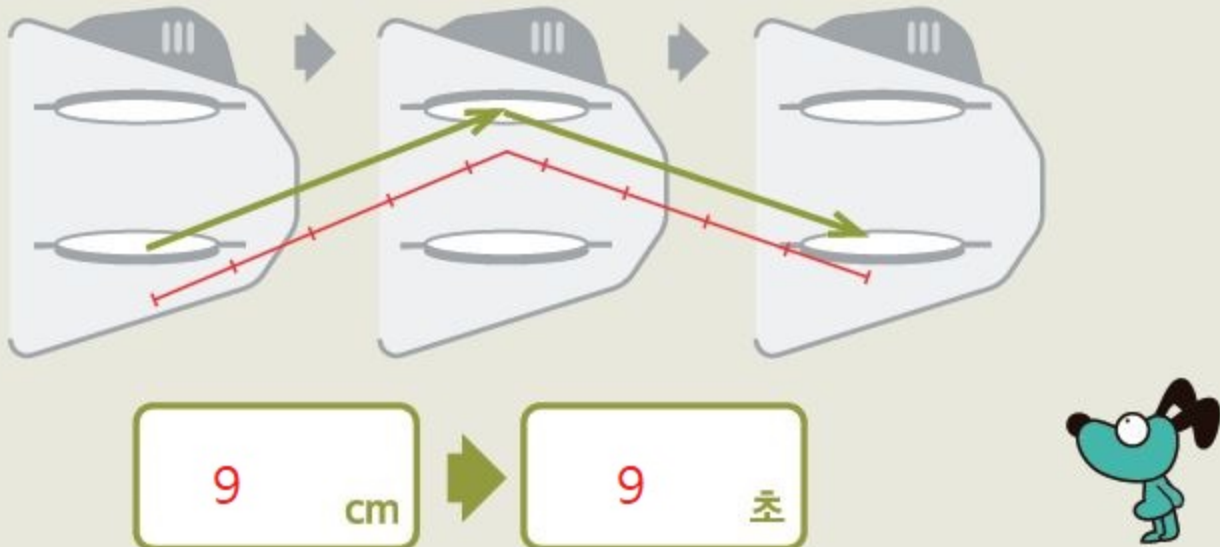
여기 빛의 속도에 가깝게 우주를 여행하는 배, 우주 전함이 있습니다.



배 안에서 공 대신 빛으로 놀아봅시다. 가만히 서 있는 배 안에 두 개의 거울을 평행하게 두고, 빛이 아래 거울에서 위 거울에 갈 때 걸리는 시간이 1초가 되도록 만들었습니다. 빛이 거울 사이를 왕복하면 몇 초 걸릴까요? 그리고 이 시간동안 빛이 이동한 거리는 몇 cm 인가요?



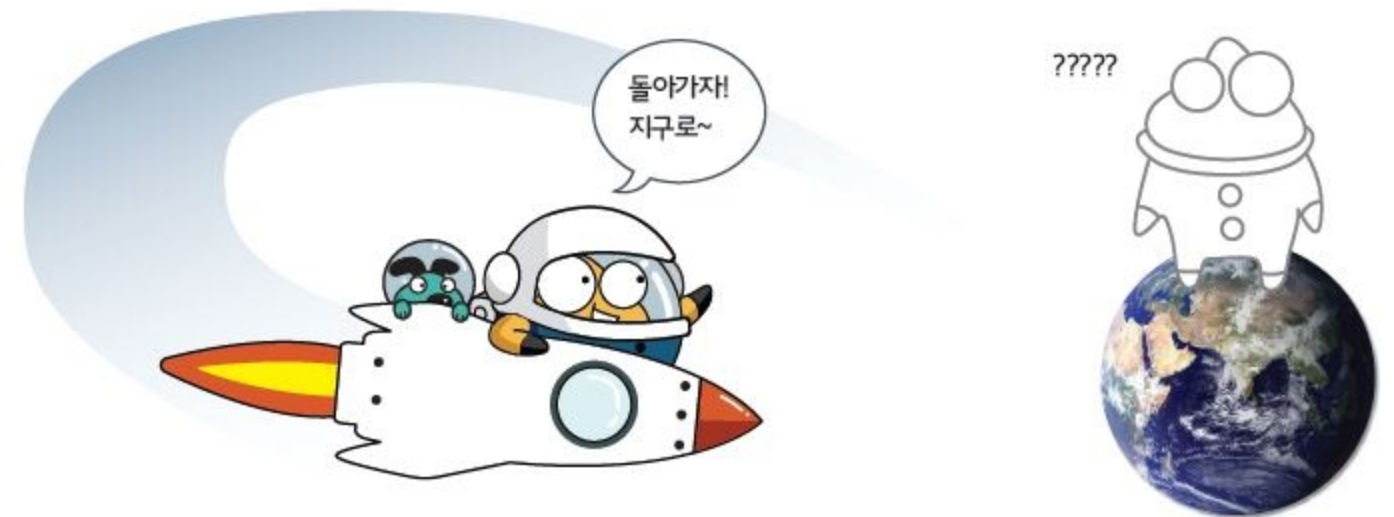
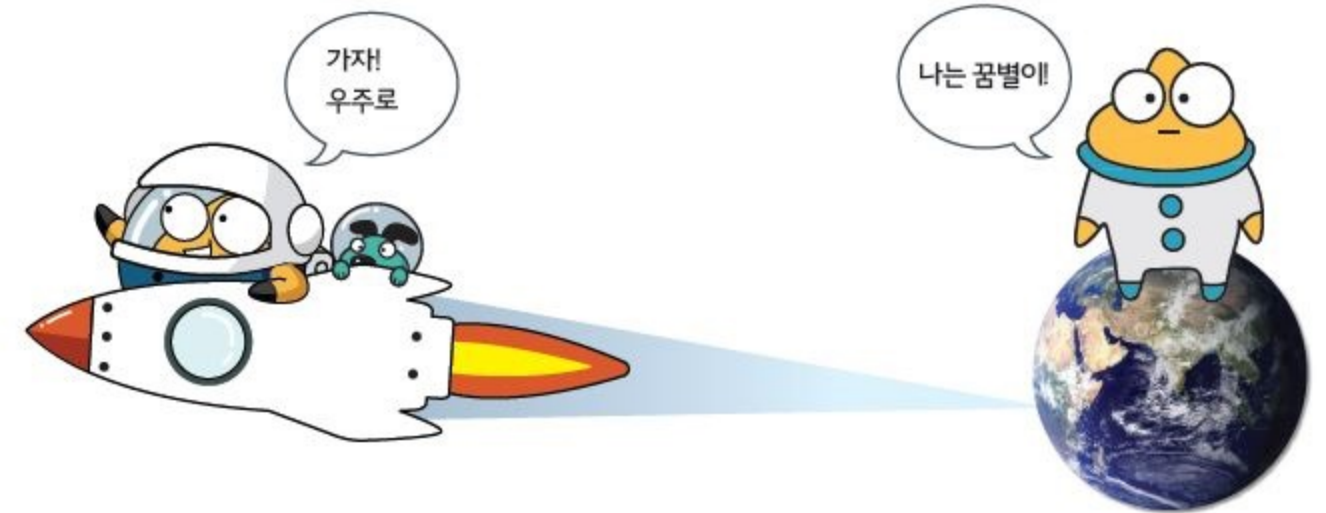
이 배가 빛의 속도에 가깝게 움직이는 모습을 상상해 봅시다. 빛이 거울 사이를 한 번 왕복하는 동안, 배 바깥에서는 빛의 움직임이 아래와 같이 보입니다. 빛이 그 거리를 움직이는데 시간이 얼마나 걸렸을까요? '빛의 속도는 일정하다'는 것을 꼭 기억하세요.



빛의 속도에 가깝게 움직이는 전함 안에서 빛이 거울을 왕복하는데 2초가 걸렸나요? 아니면 더 오래 걸렸나요? 위 상황에서 빛의 속도가 일정하다면, 변하는 것은 무엇이었나요?

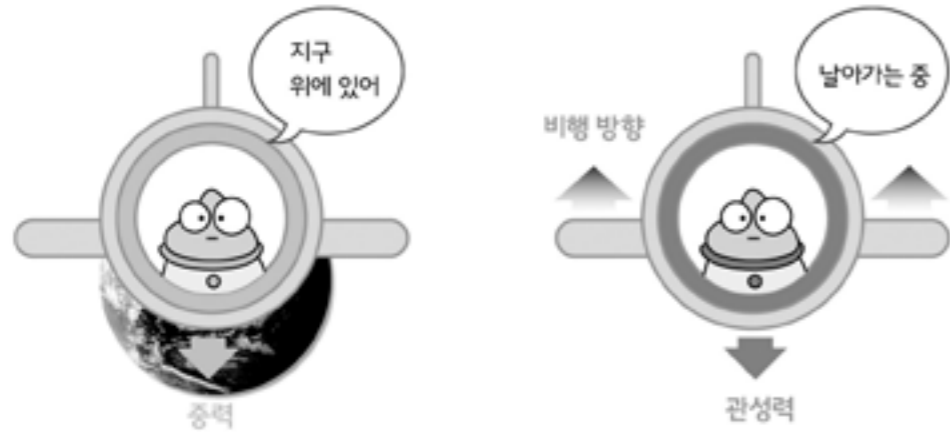
쌍둥이 이야기

별꿈이에게는 쌍둥이 형제 꿈별이가 있어요. 어느 날 별꿈이는 꿈별이를 지구에 남겨두고 홀로 우주여행을 떠났지요. 별꿈이가 탄 우주선은 빛의 속도에 가까울 정도로 빨랐어요. 속도가 빠른 우주선 안, 별꿈이의 시간은 점점 느려졌지요. 그럼 지구에 남은 꿈별이는 어떻게 되었을까요?



어디에나 적용되는 상대성이론

일정한 속도로 움직이는 상황에 적용되는 특수상대성이론에서는 꿈별이의 말처럼 어느 쪽 시간이 느려지는지 알 수 없습니다. 하지만 속도가 변하는 일반적인 상황에 적용되는 일반상대성이론을 이용하면 누구의 시간이 느려지는지 확실하게 알 수 있습니다.

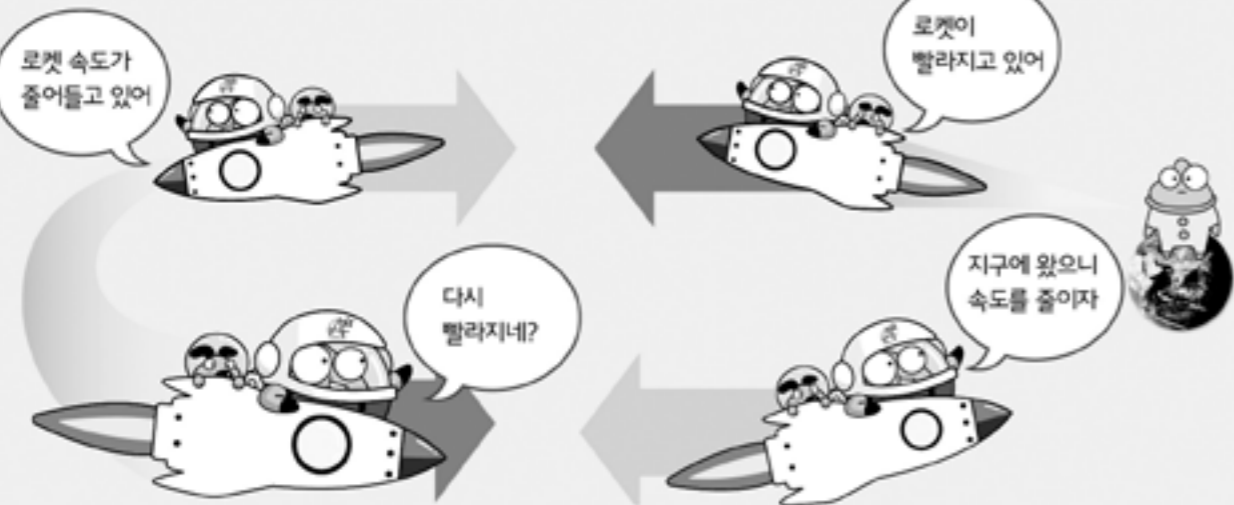


창문이 없는 우주선 안에서 별꿈이는 아래로 잡아당기는 힘이 중력인지 관성력인지 알 수 있을까요?

일반상대성이론에 의하면 가속하는 물체의 관성력은 중력과 다른 점이 없어서, 속도가 빨라지거나 느려지는 쪽에 시간, 길이, 무게의 변화가 나타나게 된단다.

로켓을 타고 이동하는 별꿈이의 시간

별꿈이가 지구를 떠나 우주여행을 하고 돌아왔습니다. 지구의 꿈별이와 달리 별꿈이의 속도는 계속 변하지요. 그렇다면 별꿈이의 시간은 어떻게 변했을까요?



로켓을 타고 이동하는 별꿈이의 시간은 어떻게 될까요?

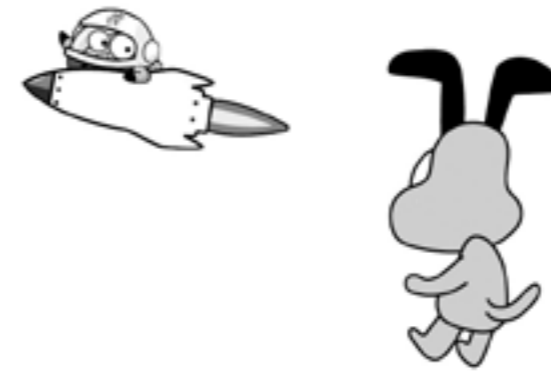
- ① 빨라집니다.
- ② 정지합니다.
- ③ 느려집니다.
- ④ 사라집니다.

정답

3

정리해봐요

상대성이론은 아인슈타인의 상상에서 시작했습니다. 논리는 여러분을 A에서 Z까지 데려가 주지만, 상상력이 데려다주는 데에는 한계가 없어요. 여러분이 빛의 속도로 빠르게 움직인다면 어떤 일이 생길지 상상해 보세요.



① 물체의 운동은 **상대적**이다.



② 빛의 **속도**는 일정하다.

③ 빛처럼 빠르게 움직이는 물체의 시간은

천천히 흐르는 것처럼 보인다.

④ **빛** 처럼 빠른 속도로 움직이는

물체는 길이가 줄어들고 무거워지는 것처럼 보인다.

좋아하는 친구와 이야기하는 1시간은 마치 1분처럼 짧게 느껴지지만, 뜨거운 난로 위에서의 1시간은 1년처럼 길게 느껴지지. 빛의 속도를 제외한 모든 것은 상대적이라는 말씀!



전파 천문학과 퀘이사

CHAPTER 11

- ° 세 번째 목록
- ° 이상한 스펙트럼
- ° 마틴 슈미트의 발견
- ° 너무 빠른 3C273
- ° 퀘이사가 궁금해요
- ° 퀘이사는 얼마나 밝을까?
- ° 퀘이사의 모습





mission 전파로 본 하늘

전파로 보면 천체들이 이렇게 보여요. 아래 가시광선 사진을 참고해서 어떤 천체인지 써보세요.

토성	달
안타레스	목성
화성	태양

전파로 보니 생소해 보이죠? 우리 눈에는 가시광선으로 이렇게 보이던 천체들이랍니다. 순서는 뒤죽박죽 섞어 놓았어요.



너무 빠른 3C273

빠르게 멀어진다는 것은 그만큼 멀리 있다는 의미입니다. 퀘이사는 이전에 발견된 어떤 천체보다 빠른 속도로 멀어지고 있었습니다. 당시 발견된 천체 중 가장 멀리 있는 천체인거죠. 별도 아니고, 상상하기 어려운 속도로 빠르게 멀어지는 새로운 천체를 뭐라고 부르면 좋을지 고민하던 과학자들은 이 천체의 이름을 아래와 같이 지었습니다.

이 요상한 이름은 이렇게 만들어졌군



영어 명 : Quasi Stellar Object (반쯤 별 같아 보이는 것)

QUASAR



mission 빠르게 멀어진다는 것

별꿈이가 별이 그려진 풍선을 불고 있습니다. 풍선이 커질수록 별 사이 거리가 멀어지고 있죠. 빨간 별을 기준으로 했을 때, 가까운 노란 별과 먼 파란 별 중 어느 별이 더 빠르게 멀어질까요? 별 사이의 거리를 자로 재어본 후, 더 빨리 멀어지는 별을 찾아보세요.

파란별은 (2)cm 씩 멀어지고,
 노란별은 (0.5)cm 씩 멀어집니다.
 따라서 멀리있는 (파란)별이 더 빠르게 멀어집니다.

1 2 cm
 2 0.5 cm

1 4 cm
 2 1 cm

1 6 cm
 2 1.5 cm

정리해봐요

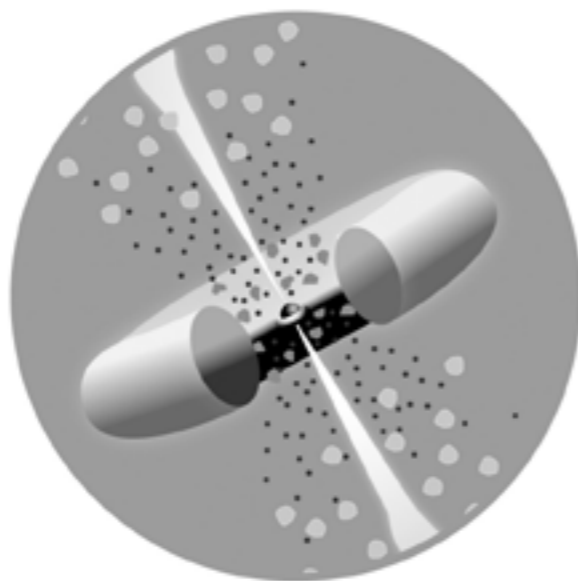
아직도 우주에는 밝혀진 것보다 밝혀지지 않은 것이 더 많습니다. 전파를 이용하면 우주에 대한 비밀을 더 많이 알 수 있습니다.

누구나, 난



① 눈으로 볼 수 없는 영역에는 엑스선, 자외선,

전파 등이 있다.



② **퀘이사** 는 매우 먼 곳에서

전파를 내는 천체이다.

③ 퀘이사의 밝기가 변하는 시간을 이용해서 퀘이사의

크기 를 알 수 있다.



④ 퀘이사가 엄청나게 밝은 이유는 내부에 거대한

블랙홀 이 있기 때문이다.



전파로 하늘을 관찰하기 시작한 것은 불과 100년도 되지 않았어요. 지금도 과학자들은 우주의 과거 모습을 궁금해하며 열심히 퀘이사의 정체를 파헤치고 있습니다.



빅뱅과 우주의 성장

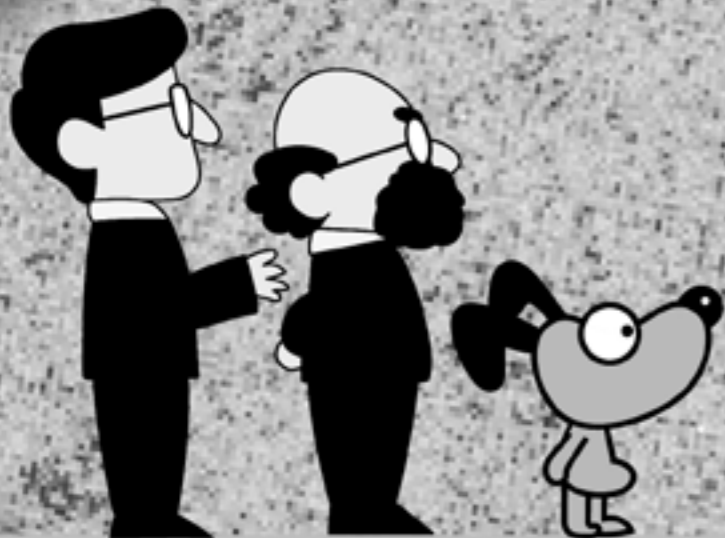
CHAPTER 12

☀ 도플러 효과

☀ 팽창하는 우주

☀ 우주에 대한 새로운 생각

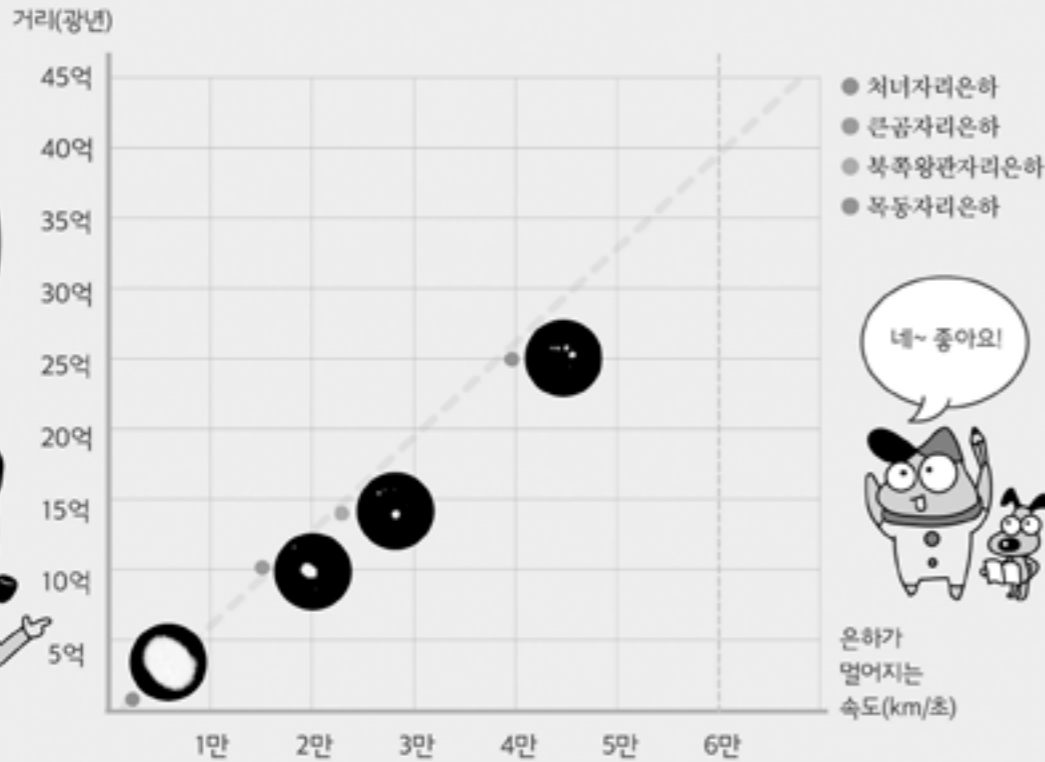
☀ 우연한 발견





mission 허블을 도와주자.

나는 은하의 거리를 잴 테니 너는 은하가 멀어지는 속도를 측정해 주겠니?



거리가 먼 순서대로 적어보세요.

- ① 목동자리은하 ② 북쪽왕관자리은하 ③ 큰곰자리은하 ④ 처녀자리은하

멀어지는 속도가 빠른 순서대로 적어보세요.

- ① 목동자리은하 ② 북쪽왕관자리은하 ③ 큰곰자리은하 ④ 처녀자리은하

뭔가 발견했나요? 발견한 것을 아래에 적어보세요.

멀리 있는 은하일수록 우리은하로부터 멀어지는 속도가 더 **빠르다**



바다뱀자리은하는 멀어지는 속도가 약 60,000km/초입니다. 그렇다면, 바다뱀자리은하는 우리은하에서 얼마나 멀리 있을까요?

에드윈 허블 1889~1953

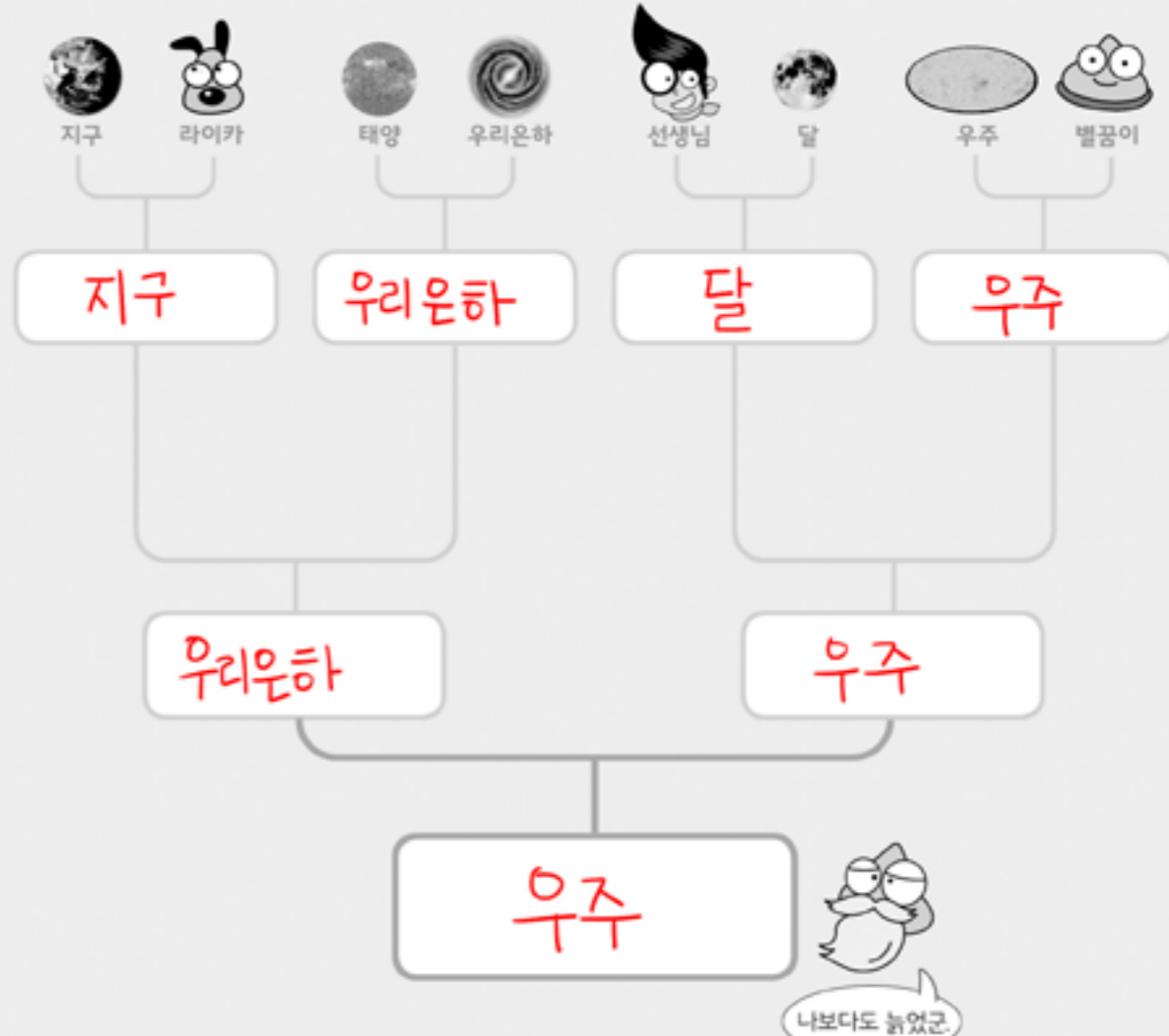
약 40억 광년



mission 우주의 나이

우주의 나이를 가늠해 보는 방법에는 두 가지가 있습니다. 첫 번째는 우주에서 가장 오래된 것을 찾는 것입니다. 우주에 존재하는 어떤 것도 우주보다 나이가 많을 수는 없을 테니, 우주의 나이는 가장 오래된 것보다 많겠지요.

누가 가장 나이가 많을까?



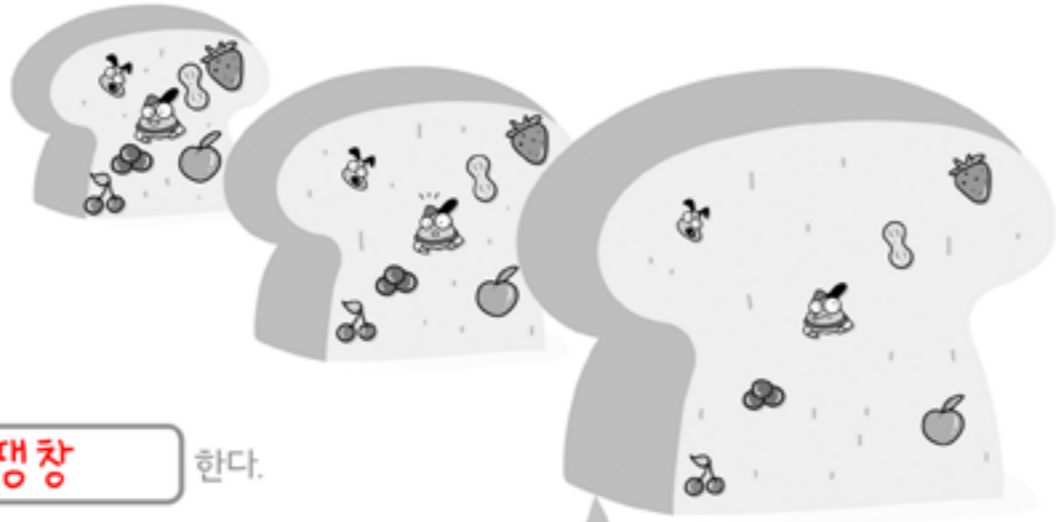
우주의 나이를 추측해보는 두 번째 방법은 우주 팽창 속도를 이용해서 과거 우주가 한 점으로 모였던 시기를 계산해보는 방법입니다. 이 방법으로 계산한 결과, 우주는 현재 약 138억 년 정도 되었답니다.

별공이의 키가 100cm이고 일년에 0.1cm씩 키가 커지고 있으니 별공이의 나이는... 1000살?



정리해봐요

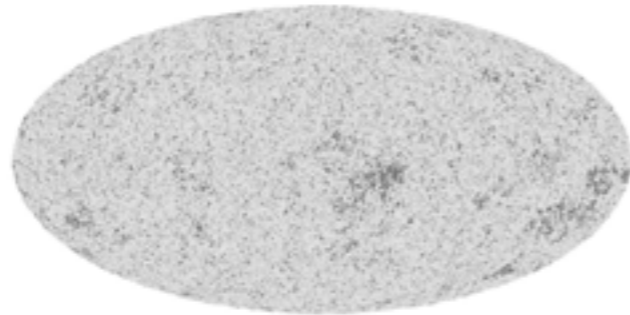
과학의 모든 위대한 진전은 대담한 상상력에서 출발했어요. 무한해 보이는 우주가 작은 점에서 시작했을 거라는 믿을 수 없는 상상이 빅뱅우주론을 만든 거랍니다. 여러분은 우주에 대해 어떤 상상을 하나요?



① 우주는 **팽창** 한다.



② 우주는 **빅뱅** 의해 탄생했다.



③ **우주배경복사** 에 의해 빅뱅우주론이 인정받았다.

④ 우주의 나이는 **138억** 년으로 추정된다.



아이고 팔다리 어께아~



오늘 밤, 밖으로 나가 머리 위에 떨어지는 빅뱅의 열기를 느껴보세요. 라디오에서 나오는 찰칵거리는 소리도 같이 들어보세요. 우리가 듣는 소리는 138억 년 전 시작된 빅뱅의 흔적이랍니다.



우주팽창 비밀의 열쇠를 찾아보자

아래의 문제들을 풀면서 각 미션을 수행하면
문제의 정답들이 최종 정답의 중요한 힌트가 됩니다.

1 북극성을 찾을 때 이용하는 가을 별자리의 모양은 어떤 모양일까요? **Hint** 정답은 알파벳



2 현재 우주의 절대온도는 몇 도 일까요? **Hint** [어린이천문학3] 12단원 '빅뱅과 우주의 성장' 105쪽

3

197쪽

K

3 다음 문제를 보고 빈칸에 알맞은 숫자를 적으세요.

▶ 우주의 나이: **a** 억년

▶ 내 나이: **b** 살

▶ 정상우주론을 주장한 프레드 호일이 팽창우주론을 주장한 사람들을 비웃으며 한 말은?

Big **c** (숫자) **Hint** [어린이천문학3] 12단원 '빅뱅과 우주의 성장'을 살펴보세요.

★ 위에서 나온 숫자를 이용하여 다음 식을 계산하세요

$$a \times b \times c + 1 = 1$$

138 x □ x 0

4 1~3번 문제의 정답을 조합하면 무엇이 나올까요?

M 3 1

여기까지 최종문제를 맞추기 위한 미션들이었습니다. 자 이제 각 정답들을 합한 최종 정답은 무엇일까요?

최종 정답

M31 (안드로메다은하)