우주 탐사 2

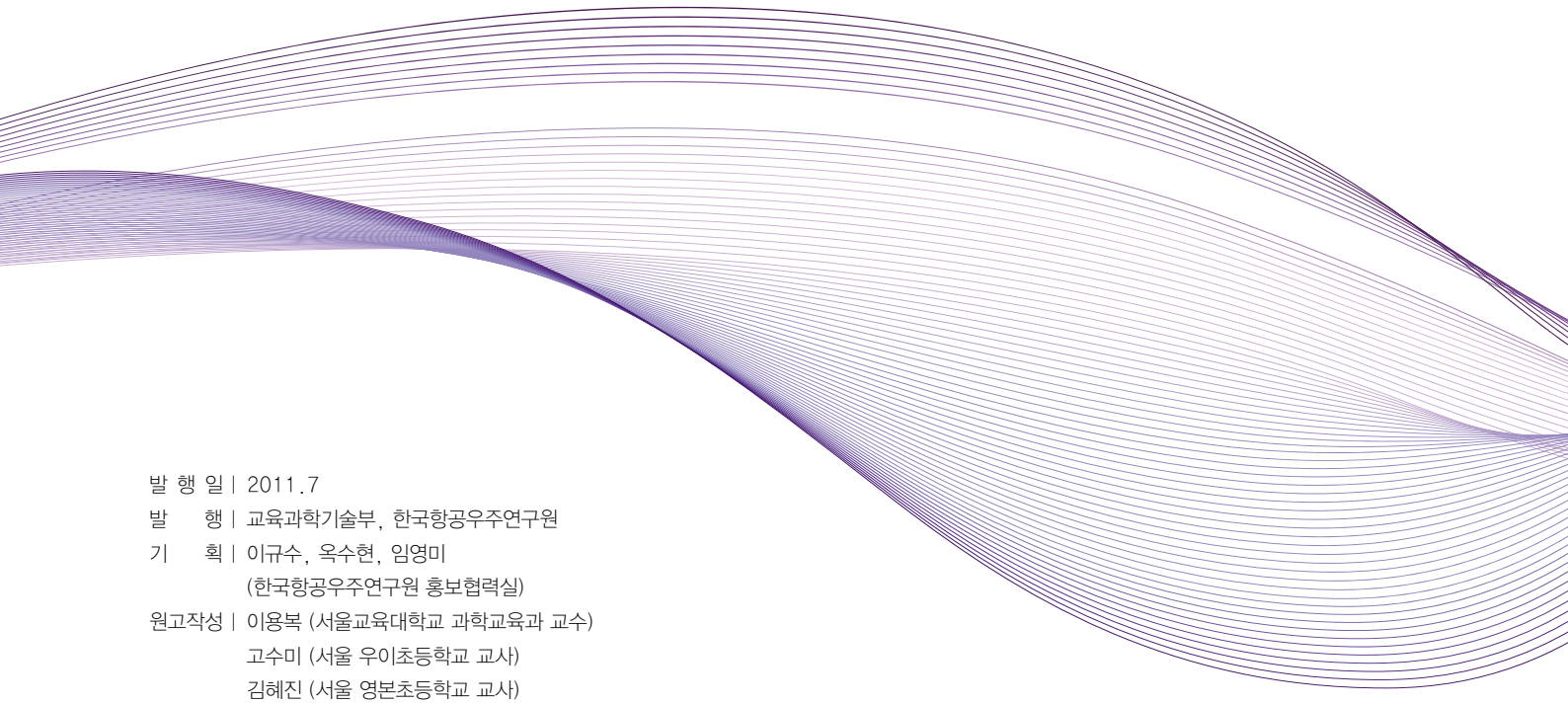
중등용

교육과학기술부
MINISTRY OF EDUCATION, SCIENCE AND TECHNOLOGY

KARI 한국항공우주연구원
KOREA AEROSPACE RESEARCH INSTITUTE

본 자료는
미항공우주국(NASA)의 항공우주과학교육교재를 토대로 새롭게 구성한 과학교육자료로 초/중등 교육자가 청소년들에게 과학 교육을 위해 활용할 수 있도록 제작되었습니다.

※ 본 교육자료의 저작권은 교육과학기술부, 한국항공우주연구원에 있으며 비상업적인 교육 목적에 한하여 사용 가능합니다.



발 행 일 | 2011.7
발　　행 | 교육과학기술부, 한국항공우주연구원
기　　획 | 이규수, 옥수현, 임영미
(한국항공우주연구원 홍보협력실)
원고작성 | 이용복 (서울교육대학교 과학교육과 교수)
고수미 (서울 우이초등학교 교사)
김혜진 (서울 영본초등학교 교사)
이나연 (서울 목동초등학교 교사)
이혜주 (서울 상봉초등학교 교사)
원고감수 | 심은섭 (한국항공우주연구원 책임연구원)
이주희 (한국항공우주연구원 선임연구원)
김연규 (한국항공우주연구원 선임연구원)

Space Exploration

우주탐사2

목 차

아폴로 이전

달까지의 거리 ····· 09
달의 직경 ····· 15
돌 암석의 기원 ····· 21

아폴로의 교훈

루나 디스크(달샘플 관찰) ····· 41
아폴로호 착륙 지점 ····· 51
달의 표면 ····· 59
분화 ····· 67
점토 용암류 ····· 75
달 착륙 지점 ····· 83
월면차 모형 ····· 89
달의 이상현상(지진, 화산, 바다) ····· 99

화성 탐험

물의 상태 변화 알아보기 ····· 113
기압의 효과 알아보기 ····· 121
화성에 물이 있을까? ····· 133
화성의 어디에서 물을 찾을 수 있을까? ···· 159

단원 01 | 아폴로 이전

1 단원 소개

이 단원은 달에 대한 기초적인 내용을 소개한다. 지구에서 보이는 달의 모습, 지구에서 떨어진 거리 및 달의 크기를 학습한다. 이러한 정보를 바탕으로 달 암석의 특징을 예측하는 것뿐만 아니라 달과 지구의 암석을 서로 비교해볼 수 있다. 1차시는 간접적인 우주의 거리를 측정하는 방법(축척도와 비례관계)을 소개하면서 달과 지구의 축척 모형을 만들었을 때의 거리를 계산하여 본다. 2차시는 1차시에서 배운 축척도와 비례관계를 이용하여 달의 직경을 계산한다. 3차시는 암석을 수집하여 학습하는 활동으로 기본적인 암석에 대한 것에서부터 광물 분류에 관한 것까지 보다 종합적인 수업을 진행한다. 또한 달 탐구 학습에 연계하여 이러한 암석과 달 표본 암석을 어떻게 비교할 것인지 예측하도록 한다.

2 주제 안내

순	주 제	대상학년	소요시간
1	달까지의 거리	1학년	45분
2	달의 직경	1학년	45분
3	돌 암석의 기원	1~2학년	45분

3 지도상 유의점

달 탐사에 관한 이야기와 활동으로 내용이다. 활동을 진행할 때 학생들의 수준을 고려하여 교사가 조절하여 적용하도록 한다.

이 단원의 활동은 대부분 2~4명의 모둠을 단위로 활동을 하거나 시연을 하도록 교실 수업을 염두에 두고 구성되었다. 모둠의 구성은 각 실험의 내용이나 토의 내용에 따라 교사 재량으로 구성할 수 있다. 팀을 미리 형성하여 그룹별로 재료를 나누어주고 하도록 안내해준다.

차시 활동에 제시된 배경지식은 교사가 수업 전에 반드시 읽어 보는 것이 바람직하며 이해를 위해 다양한 사례를 제시해주도록 한다.

4 배경 지식

:: 달에 관한 기초 정보 보고서

특성	지구	달	보고서
적도 지름	12,756 km	3,476 km	시속 80km로 달의 적도 주위를 운전하는데 얼마나 오래 걸리는가?
표면 면적	5억 천만㎢	3천 7백 8십만 ㎢	달의 표면 면적은 지구의 대륙들 중 하나의 표면 면적과 비슷하다. 어느 대륙인가?
질량	5.98 x 10^{24} kg	7.35 x 10^{22} kg	달의 질량은 지구 질량의 몇 퍼센트인가?
			지구와 달의 체적을 계산할 수 있는가?
밀도	5.52 g/cm^3	3.34 g/cm^3	질량과 질량을 이용하여 이것의 밀도를 계산해 보라.
표면 중력	9.8 m/sec/sec	1.63 m/sec/sec	달의 중력은 지구 중력의 몇 분의 일인가?
지각	규산암. 주로 화강암으로 이루어진 대륙. 주로 현무암으로 이루어진 대양 지각	규산암. 장석이 풍부한 바위들로 이루어진 고지와 현무암으로 이루어진 달의 바다	각 행성의 어느 부분이 지각(crust)인가?
맨틀	철과 마그네슘을 풍부하게 함유하고 있는 광물로 이루어진 규산암	지구와 비슷함	규산암을 수집하여 밀도를 구해본다. 지구/달의 밀도보다 더 큰가, 작은가? 왜 그런가?
핵	철, 니켈 금속	동일함 그러나 핵이 훨씬 더 작음	각 행성의 핵이 차지하는 비중은 어떠한가?
침전물 또는 표토	물을 함유하고 있는 광물에 있는 규소와 산소, 그리고 유기물질.	광물에 응고된 규소와 산소, 운석 충돌로 만들어진 유리, 태양풍에 의한 소량의 가스(예: 수소). 물이나 유기물질은 없음.	달에 생명체가 존재했다고 생각하는가? 왜 그런가?

특성	지구	달	보고서
대기 (주요성분)	질소 78 %, 산소 21 %	근본적으로 존재하지 않음. 일부 탄소가스(CO2, CO, 메탄)가 존재하지만 극소량임. 압력은 지구 대기압의 약 1조분의 1임.	달의 대기에서 숨을 쉴 수 있을까?
하루의 길이 (항성자전주기)	23.93시간	지구일로 27.3일	지구와 달의 온도가 왜 이토록 다른가?
표면 온도	대기 온도의 범위: −8 8oC(극 지방의 겨울) ~ 58oC(열대 지방의 여름).	표면온도의 범위 : −193oC(극 지방의 밤) ~ 111oC(적도 지방의 낮).	지구와 달의 온도가 왜 이토록 다른가?
표면 특성	산,평원, 강 계곡 등 변화가 많은 지형으로 이루어진 25%의 육지(7대륙). 대양저(ocean floor)는 산, 고원으로 이루어짐.	84 %는 움푹 패인 고지임.16 %는 현무암으로 뒤덮인 달의 바다임.충돌 크레이터 −어떤 것은 밝은 사선, 크레이터 체인, 열구(rilles)가 있음	지구와 달의 지도를 비교한다. 달에 판구조가 작용했다는 증거가 있는가?
핵	철, 니켈 금속	동일함 그러나 핵이 훨씬 더 작음	각 행성의 핵이 차지하는 비중은 어떠한가?
침전물 또는 표토	물을 함유하고 있는 광물에 있는 규소와 산소, 그리고 유기물질.	광물에 응고된 규소와 산소, 운석 충돌로 만들어진 유리, 태양풍에 의한 소량의 가스(예: 수소). 물이나 유기 물질은 없음.	달에 생명체가 존재했다고 생각하는가? 왜 그런가?

:: 암석에 관한 기초 정보 보고서

❖ 광물은 무엇인가?

광물은 자연적으로 발생되는 고체로 화학 조성이 분명하고 결정 구조를 가진다. 암석 결정은 광물질로 구성된다. 암석 결정의 가장 중요한 특징은 구성 원자가 질서가 정연한 구조로 되어 있는 점이다. 이러한 성질 때문에 아름다운 결정 형태를 만든다.

광물	원소	달 암석의 외관
사장석	슘(Ca), 알루미늄, 실리콘(Si), 산소(O)	희끄무레한 상태에서 반투명한 회색빛으로 보통 입자는 너비보다 길이가 더 길게 나타난다.
휘석	철(Fe), 마그네슘, (Mg), 칼슘(Ca), 실리콘(Si), 산소(O)	갈색에서 흑색, 입자는 보통 달의 바다 현무암에서 너비보다 길이가 더 길다. 고지 암석의 경우 약간 사각형이다.
감람석	철(Fe), 마그네슘 (Mg), 실리콘(Si), 산소 (O)	녹색빛으로 보통 둥근 모양의 결정으로 나타난다.
티탄 철광	철(Fe), 티타늄(Ti), 산소 (O)	흑색, 사각형에 가까운 결정으로 늘어남.

❖ 암석은 무엇인가?

암석은 자연적으로 발생되는 고체로 한 가지 이상의 광물로 구성된다. 최소 두 가지로 구성된 광물이라 하더라도 다른 특징을 가진 암석으로 나타나기도 한다. 광물들의 집합은 복잡한 과정에 따라 암석을 만든다. 암석의 종류는 함유된 광물의 종류와 양, 결정의 모양과 크기 등에 따라 분류한다.

달의 암석의 대략적인 광물 함량(퍼센트)

		사장석	휘석	감람석	티탄	철광
고지 암석	사장암	90%	5%	5%	0%	
	노라이트	60%	35%	5%	0%	
	트록토라이트	60%	5%	35%	0%	
달의 바다 현무암	고 티타늄	30%	54%	3%	18%	
	저 티타늄	30%	60%	5%	5%	
	최저 티타늄	35%	55%	8%	2%	

:: 달 과학 차트의 진행 사항

주제	1959년 견해	1969년 초기 견해	1975 아폴로 이후 견해	1997년 견해
표면 물질	화산재, 충돌 파편, 뒤덮인 먼지	충돌 파편일 수 있으나 다른 의견은 지배적이지 않다.	충돌 파편은 내제된 암석층이나 암석 자체에서 파생되었는가?	표토 형성은 이제 컴퓨터로 모델링 됨.
크레이터	충돌인가, 화산 활동인가?	대부분 충돌 : 화산 활동의 기원에 관한 비율은 확실치 않다.	거의 모두 충돌, 많은 암석들이 충돌에 영향을 받음.	팽창하는 크레이터에서 어떻게 물질이 발사되었는지에 관한 추가 정보가 확인된다.
달의 바다	충돌인가, 화산 활동인가?	화산 활동 가능.	확실히 화산 활동.	분열 조건을 보다 잘 이해
달의 바다	구성 알려지지 않음	현무암 가능.	확실히 현무암.	다양한 종류의 현무암.
고지	구성 알려지지 않음	바다 현무암보다 알루미늄 함량은 더 높고 철 함량은 더 낮은 암석일 가능성 있음	알루미늄 함량이 높고 장석 비율이 큰 암석.	암석의 종류는 매우 다양하나 모두 바다 현무암보다 알루미늄 함량이 더 높다
달의 뒷면 (지구에서 보이지 않는 쪽)	구성 알려지지 않음	바다 지역은 앞면(지구에서 보이는 쪽)보다 덜 풍부하다.	고지는 달의 앞면 고지와 유사	감람석과 휘석의 함량과 조성은 다르다.
맨틀	구성 알려지지 않음	진전 없음.	높은 함량의 감람석과 휘석.	규산암을 수집하여 밀도를 구해본다. 지구/달의 밀도보다 더 큰가, 작은가? 왜 그런가?
핵	지구보다 작음	진전 없음.	달에는 물이나 유기 화학물이 없고 다른 휘발성 물질도 지구보다 훨씬 적다	행성에서 발사되어 남극의 매우 추운 지방에 고립된 물이 있을 수 있다.

주제	1959년 견해	1969년 초기 견해	1975 아폴로 이후 견해	1997년 견해
휘발성 물질(물과 같은) 및 유기 화합물	알려진 바 없으나 일부 과학자는 물이 달 표면에 흘렀다고 생각하였다.	진전 없음.	달에는 물이나 유기 화학물이 없고 다른 휘발성 물질도 지구보다 훨씬 적다.	행성에서 발사되어 남극의 매우 추운 지방에 고립된 물이 있을 수 있다.
암석 시대	미정	확실치 않으나 고대일 가능성이 있다(수십 억년 전 이상).	고지 : 39억년.달의 바다: 32억년 – 37억년	고지 : 대부분의 화성 암석은 41억년, 사장암은 44억년으로 추정됨.
마그마 바다	확인조차 안 됨.	진전 없음.	고지는 300km 깊이 사장암은 마그마이상의 거대 마그마 체계에서 형성되었다.	바다에서 형성되었고 다른 고지 암석은 이후 형성되었다.
기원	포획인가, 지구에서 파생되었는가, 또는 이중 행성인가?	진전 없음.	달과 지구는 서로 관련될 가능성이 크므로포획 의견은 가능성이 낮다	지구 거대 충돌 이후 지구 궤도에 달이 형성됨.

| 달까지의 거리

사람들은 달을 쳐다보며 달이 지구에서 얼마나 멀리 떨어져 있는지 궁금해 했다. 달은 지구 주위를 타원 궤도로 돌기 때문에 달은 지구를 공전하면서 한 달을 주기로 지구와의 거리가 멀어지기도 하고 가까워지기도 한다. 달이 지구와 가장 가까워지는 지점이 근지점인데 그 거리는 약 360,000km이며, 달이 지구와 가장 먼 지점인 원지점일 때 거리는 약 405,000km이다. 지구에서 달까지의 평균 거리는 약 382,500km이다.

이 학습 활동에서 학생들은 공으로 지구와 달의 모형을 축척에 따라 만들어 사용하기로 한다. 지구와 달 사이 실제 거리가 주어지면, 학생들은 축척비와 두 축척 모형간의 떨어져야 할 거리를 산출한다.

『달에 관한 기초 정보 보고서』는 지구의 직경이 12,756km이고 달의 직경은 3,476km라고 설명한다. 따라서 달의 직경은 지구 직경의 27.25%이다. 공식 농구공의 직경은 24cm이고, 이것을 지구의 모형으로 활용할 수 있다. 테니스 공의 지름은 6.9cm로 농구공의 27.25%에 가깝다. (정확히 테니스 공은 농구공 크기의 28.8%이다.) 이러한 수치는 지구와 달의 크기 관계와 매우 유사하기 때문에 테니스 공은 달의 모형으로 활용 가능하다.

따라서 이 때의 축척비는 농구공의 직경을 지구 직경과 동일하다고 설정하여 산출한다. 이는 다음과 같은 간략한 관계로 기록할 수 있는데, 보다 간단하게 표현하면 축척도 체계에서 1cm는 우주의 531.5km와 동일하다.

$$24\text{cm} : 12{,}756\text{km} = 1\text{cm} : 531.5\text{km}$$

이 축척을 사용하여 농구공-테니스공 구분을 센티미터(x)로 산출하면 다음과 같다.

$$X = \frac{382.500\ \text{km}}{531.5\ \text{km}} = 719.7\ \text{cm}$$

값 x는 720cm로 반올림하고 미터로 변환하여 환산하면 학생들은 농구공과 테니스공을 7.2m 간격으로 배치하면 된다.

학습 목표

달과 지구의 축척 모델간의 거리를 계산한다.

해당 학년

중학교 1학년

소요 시간

45분

이것이 필요해요

달에 관한 기초 지식(『달에 관한 기초 정보 보고서』), 각종 공(공식 농구공 및 테니스공), 계산기, 줄자

이렇게 준비해요

농구공 및 테니스공을 구할 수 없는 경우에는 다른 구체 모형을 사용하거나 점토공을 축척 모형으로 활용할 수 있다. 예를 들어, 두 개의 점토 공의 직경이 각각 10㎝, 2.7㎝일 때, 축척은 1㎝= 1,275.6㎞이다. 이 축척일 때 학생들은 3m 간격으로 점토공을 배치하면 된다.

핵심 단어

- **축척** : 지도에서의 거리와 지표에서의 실제 거리와의 비율. 몇 천분의 일, 몇 만분의 일 따위로 표시함.

활동 내용

1 미리 준비하기

- 3~4명 모둠별로 활동할 수 있도록 모둠별로 재료를 미리 준비한다.

2 문제 확인하기

- 간접적인 우주의 거리 측정 기법을 소개하여 달과 지구의 축척 모델간의 거리를 계산한다.

3 예상하기

- 「달에 관한 기초 정보 보고서」를 활용하여 달과 지구의 축척 모형 사이의 거리를 예상해본다.

4 절차

1. 지구가 농구공 크기일 때 달의 크기는, 또 다른 농구공인가? 축구공인가? 야구공인가? 테니스공인가? 골프공인가? 구슬인가?
2. 지구의 킬로미터 직경은 _____

3. 달의 킬로미터 직경은 _____

4. 달의 직경은 지구 직경의 몇 퍼센트인가? _____

5. 아래 목록을 이용하여 질문 1에 대한 답을 수정하거나 확인한다.

공의 종류	직경(㎝)
농구공	24
축구공	22
야구공	7.3
테니스공	6.9
골프공	4.3
구슬	0.6

지구가 농구공인 경우 달은 : _____

6. 농구공을 지구의 모형으로 사용한다. 질문 5에서 산출한 두 번째 공을 달의 모형으로 활용한다.

7. 여기서의 축척은 농구공의 직경을 지구 직경과 동일하다고 설정하여 산출한다.

㎝ = _____ ㎞ 따라서, 1㎝ = _____ ㎞

8. 만약 지구에서 달까지의 거리가 382,500㎞인 경우 지구와 달의 거리를 정확히 표현하려면, 두 축척 모형을 어느 정도의 간격으로 놓아야 하는가?

목록표의 축척값을 활용하여 축척 모형간의 간격을 센티미터(x)로 산출한다.

$$X = \frac{\text{달까지의 실제거리 (㎞)}}{\text{축척값 (㎞)}} \qquad X = _____ \text{ ㎝}$$

두 축척 모형은 _____ m 간격으로 배치해야 한다.

9. 자신만의 '지구와 달 축척 모형'을 설정해본다. 해당 수업에 적합한가?

⑤ 활동 결과 및 결론

1. 학생들이 본 학습 전 지구와 달의 크기 관계에 대한 정확한 개념을 정립하였는가?
2. 축척 모형을 간격대로 배치한 결과 달까지의 거리를 시각화하는 데 도움이 되었는가?

평가

- 모둠별로 결과를 토대로 결론을 적어 완성한 학습지를 제출하게 한다.

심화 학습

- 아폴로 우주 비행사가 달까지 가는 데 걸린 시간은 얼마인지 생각해본다.
- 학생들 각 모둠이 서로 다른 축척 모형 쌍을 이용하도록 다양한 구체물의 원주를 측정하도록 한다.
- 달까지의 평균거리가 아닌, 아폴로 11호의 착륙일(1969년 7월 20일)을 기준으로 거리를 적용하거나 오늘을 기준으로 거리를 적용해본다.

달까지의 거리

학년 반 이름

도전과제

달과 지구의 축척 모형간의 거리를 계산한다.

이것이 필요해요

달에 관한 기초 지식, 각종 공(공식 농구공 및 테니스공), 계산기, 줄자

핵심 단어

• [ ] : 지도에서의 거리와 지표에서의 실제 거리와의 비율. 몇 천분의 일. 몇 만분의 일 따위로 표시함.

예상하기

달에 관한 기초 지식(「달에 관한 기초 정보 보고서」)을 활용하여 두 축척 모형간의 거리를 예상해봅니다.

생각해요

자신만의 '지구와 달 축척 모형'을 설정하려면 어떤 방법을 사용하는 것이 좋을까요?

활동 순서

1. 지구가 농구공 크기일 때 달의 크기는, 또 다른 농구공입니까? 축구공입니까? 야구공입니까? 테니스공입니까? 골프공입니까? 구슬입니까?

2. 지구의 킬로미터 직경은:

_____

3. 달의 킬로미터 직경은:

_____

4. 달의 직경은 지구 직경의 몇 퍼센트입니까?

_____

5. 아래 목록을 이용하여 질문 1에 대한 답을 수정하거나 확인합니다.

공의 종류	직경(㎝)
농구공	24
축구공	22
야구공	7.3
테니스공	6.9
골프공	4.3
구슬	0.6

지구가 농구공인 경우 달은 : _____

6. 농구공을 지구의 모형으로 사용합니다. 질문 5에서 산출한 두 번째 공을 달의 모형으로 활용합니다.

7. 여기서의 축척은 농구공의 직경을 지구 직경과 동일하다고 설정하여 산출합니다.

_____ ㎝ = _____ ㎞ 따라서, 1㎝ = _____ ㎞

8. 만약 지구에서 달까지의 거리가 382,500㎞인 경우 지구/달 체계를 정확히 묘사할 때 두 축척 모형을 어느 정도의 간격으로 놓아야 합니까?
목록표의 축척값을 활용하여 축척 모형간의 간격을 센티미터(x)로 산출합니다.

$$x = \frac{\text{달까지의 실제거리 (㎞)}}{\text{축척값 (㎞)}} \qquad x = \frac{\square}{\square}$$

x = _____ ㎝

두 축척 모형은 _____ m 간격으로 배치해야 한다.

9. 자신만의 '지구와 달 축척 모형'을 설정해본다. 해당 수업에 적합합니까?

| 달의 직경

지구에서 달까지의 거리와 관찰자와 둥근 판지까지의 거리를 알고 있는 경우, 달의 직경은 둥근 판지의 직경에 비례한다. 관계는 다음과 같다.

$$\frac{d}{l} = \frac{D}{L}$$

따라서

$$D = L(d/l)$$

여기서 D = 달의 직경
d = 둥근 판지의 직경
L = 달까지의 거리
l = 둥근 판지까지의 거리

본 학습에서 학생들은 d와 l을 측정한다. 이들에게 L을 제시한다. 학생들은 D를 산출한다. 달의 직경(D)은 3,476㎞이다.

학습 목표

비율을 이용하여 달의 직경을 계산한다.

해당 학년

중학교 1학년

소요 시간

45분

이것이 필요해요

2㎝ 직경 둥근 판지, 나무막대(선택사항), 미터자, 계산기, 끈

이렇게 준비해요

- 보름달을 관찰하기 가장 좋은 날짜와 장소를 선택한다.
- 2㎝직경의 둥근 판지가 가장 좋다. 사용하는 둥근 판지의 크기가 클수록 l(둥근 파나자까지의 거리)이 커지며, 정확도가 향상될 수 있다. 단, 둥근 판지를 구하거나 자르기 어려울 경우 100원짜리 동전을 이용할 수도 있다.
- 학습일자 기준, 지구에서 달까지의 거리는 해당지역 천문담당 직원에게 물어 확인하거나 평균값인 382,500㎞를 적용한다.

핵심 단어

- **비례적** : 일정한 비율 관계가 성립하는 것

활동 내용

1 미리 준비하기

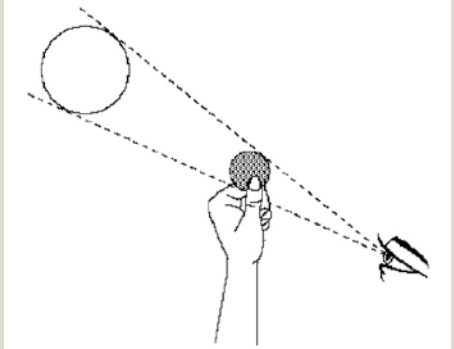
- 2명이 짝지어 활동할 수 있도록 나눈다.
- 두 사람씩 학습할 경우 한 학생은 끈을 이용하여 파트너의 시작점에서 둥근 판지까지의 거리를 측정할 수 있다.

2 수업활동시

•등식 모두에 동일한 단위를 적용할 필요는 없으나 d 와 l , D와 L은 각각 단위가 동일하여야 한다.

3 절차

1. 달을 볼 수 있는 날에 : 막대 위에 둥근 판지를 올려놓거나 자신의 시야에서 둥근 판지 뒤의 달이 완전히 가려지도록 창턱에 놓는다.
2. 파트너는 자신의 시작점에서 둥근 판지까지의 거리를 측정하도록 한다. 이 거리를 l이라 하고 그 값을 기록한다.
3. 지구에서 달까지의 거리는 360,000㎞와 405,000㎞ 범위에서 달라진다. 오늘 날짜를 기준으로 하거나 평균값인 382,500㎞를 적용한다. 사용할 값을 정하여 적는다.



4. 둥근판지의 직경은 얼마인가?

5. 달의 직경은 이 등식에 따라 둥근판지의 직경과 비례한다.

$$\frac{d}{l} = \frac{D}{L}$$ 따라서 $D = L(d/l)$

여기서,

D = 달의 직경
d = 둥근 판지의 직경
L = 달까지의 거리
l = 둥근 판지까지의 거리

4 결과

- 달의 밀도 산출시 직경을 이용하여 부피를 산출하고 7.35 × 10㎏의 질량값을 적용한다.
- 달의 밀도는 3.34g/㎤ 이다.

Apollo previous

달의 직경

학년 반 이름

도전과제

비율을 이용하여 달의 직경을 계산한다.

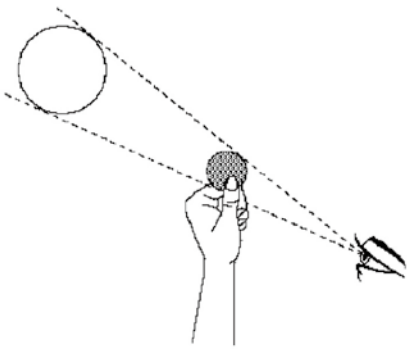
이것이 필요해요

2㎝ 직경 둥근 판지, 나무막대(선택사항), 미터자, 계산기, 끈

핵심 단어

• [ ] : 일정한 비율 관계가 성립하는 것

활동 순서



1. 달을 볼 수 있는 날에: 막대 위에 둥근 판지를 올려놓거나 자신의 시야에서 둥근 판지 뒤의 달이 완전히 가려지도록 창턱에 놓습니다.
2. 파트너는 자신의 시작점에서 둥근 판지까지의 거리를 측정하도록 한다. 이 거리를 l이라 하고 그 값을 기록합니다.

   l = _____

3. 지구에서 달까지의 거리는 360,000㎞와 405,000㎞ 범위에서 달라집니다. 오늘 날짜를 기준으로 하거나 평균값인 382,500㎞를 적용합니다. 사용할 값을 정하여 적습니다.

   L = _____

4. 둥근판지의 직경은 얼마입니까?

   d = _____

5. 달의 직경은 이 등식에 따라 둥근판지의 직경과 비례합니다.

$$\frac{d}{l} = \frac{D}{L}$$ 따라서 $D = L(d/l)$

여기서,

D = 달의 직경
d = 둥근 판지의 직경
L = 달까지의 거리
l = 둥근 판지까지의 거리

활동 결과 및 결론

1. 산출 결과에 따라 달의 직경은 다음과 같습니다.

D = _____

2. 구한 결과와 실제 달의 직경을 비교합니다. 산출한 결과는 얼마나 근접하였습니까?

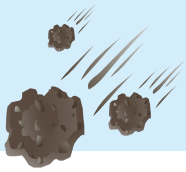
3. 달의 직경이 지구의 직경보다 몇 배 더 작습니까?

4. 달의 직경을 산출했을 때, 등식 양쪽에서 같은 단위를 사용하였습니까?

5. 오늘 날짜를 기준으로 지구에서 달까지의 거리에 대한 값은 어떻게 어디에서 확인 할 수 있습니까?

6. 그 밖에 달의 밀도를 산출할 때 알아야 할 사항은 무엇이 있는지 알아봅니다.

달 암석의 기원



지질학자는 지구와 다른 행성의 구조, 역사, 내부와 표면의 형성과정을 연구하는 과학자이다. 그 속에 존재하는 암석 및 광물은 지질학자에게 행성 역사에 관한 정보를 제공한다. 이와 같이 암석을 채집하고, 설명하고 분류하는 활동으로 바위가 어떻게 형성되었고 어떠한 과정에서 이들이 변화되었는지 학습할 수 있다.

학습 목표

인근 지역의 암석을 수집하고, 수집한 암석을 묘사하고 분류하는 활동을 통해 달의 암석 기원에 관하여 예측한다.

해당 학년

중학교 1~2학년

소요 시간

45분

이것이 필요해요

암석, 빈 계란판(또는 다른 수집 상자), 라벨, 돋보기 또는 입체 현미경, '나만의 암석 차트'「달에 관한 기초 정보 보고서」

핵심 단어

- **지질학자** : 지각을 이루는 여러 가지 암석이나 지층의 성질 또는 상태를 연구하는 학자.
- **광물** : 자연에서 산출되는 균질한 결정질의 고체.
- **암석** : 광물의 집합으로 이루어진 자연산 고체
- **화성암** : 암석은 생성원리에 따라 퇴적암, 변성암, 화성암으로 나뉘는데그 중 뜨거운 마그마가 식어 만들어진 암석.
- **퇴적암** : 물과 바람 등의 운반작용에 의해 운반된 광물이 지표의 낮은 압력과 낮은 온도 상태에서 퇴적작용을 거쳐 만들어진 암석.
- **변성암** : 높은 온도와 압력에 의해 변성작용을 받아 (액체로 변하지 않고 고체 상태에서) 변화된 암석

활동 내용

1 미리 준비하기

- '나만의 암석 차트'에 3개 샘플에 대한 공간만 있기 때문에 학생들에게 사본이 한 부 이상 필요하다.
- 자신이 준비한 암석을 장식하여 전시할 수 있도록 빈 계란 판이나 작은 상자를 준비하도록 한다.
- 돋보기나 입체현미경을 사용하면 관찰이 훨씬 더 집중적으로 이루어질 수 있다.
- 「달에 관한 기초 정보 보고서」는 결론 도출시 학생들이 달의 암석을 예측하고자 할 때 유용한다.

2 문제 확인하기

- 형태, 크기, 색상 및 조직과 발견 장소를 설명할 수 있는 암석의 특징에 관하여 이야기한다.
- 지질학자가 암석을 분류하고 관찰한 결과에 따라 암석의 기원을 해석하는 데 중점을 두고 세 가지 암석 분류에 관해 토론한다.
- 학생들에게 가능한 많은 형용 또는 설명 문구를 이용하여 암석을 묘사하도록 한다.
- 암석을 화성암, 퇴적암 또는 변성암으로 분류하도록 한 다음 암석의 기원을 해석하도록 한다.
- '나만의 암석 차트'는 자신이 구한 암석을 자기 나름대로 관찰하고 해석하는 데 도움을 주도록 나름대로 작성한다.

3 절차

1. 계란판(또는 자신만의 수집상자)에 암석을 전시하고 각 암석의 발견 장소를 기재한 라벨을 부착한다.
2. 돋보기나 입체 현미경 유무에 관계없이 각 암석을 면밀히 관찰한다. 확대해서 보면 어떤 미세한 부분이 보이는지 관찰한다.
3. '나만의 암석 차트'를 작성하여 관찰 내용을 묘사한다. 가능한 다양한 형용 또는 설명 문구를 사용한다.
4. 암석을 화성암, 퇴적암 또는 변성암으로 분류한다. 암석이 어떻게 형성되었는지, 즉, 기원을 해석해본다. 이 정보를 자신의 차트에 추가한다.
5. 이제, 자신의 차트 및「달에 관한 기초 정보 보고서」를 기준으로 달의 암석이 어떤 모습인지 예측한다.
6. 어떻게 달의 암석이 각기 다르게 형성될 수 있었는지 생각해보도록 한다.

4 결과 및 결론

1. 학생에게 달의 암석이 어떠한 모습인지와 지구 암석에 관하여 학습한 내용,「달에 관한 기초 정보 보고서」의 자료를 토대로 달의 암석 기원을 예상하도록 질문한다.
2. 암석 수집품을 전시하고 학생들이 'Lunar Disk' 학습의 루나 샘플과 비교할 수 있을 때까지 보관하도록 한다.

평가

- '나만의 암석 차트'를 적어 제출하게 한다.
- 달의 암석기원을 예측하고 완성한 학습지를 제출하게 한다.

암석 수집시 주의사항

- 학생들이 가급적 자신의 인근 지역에서 다양한 색상과 조직의 암석을 수집하도록 한다.
- 시멘트나 벽돌 파편이 아닌 자연 발생적 암석을 선택하도록 주의를 준다.
- 인근에서 암석을 수집하기 불가능한 경우에는 시중 구매가 가능한 일반 암석 세트를 입수하도록 한다.
- 한 명 이상의 학생이 동일한 암석을 선택할 수 있다.
- 잡지나 교과서의 암석 그림이나 사진을 자료로 활용할 수 있다.

지도상 유의점

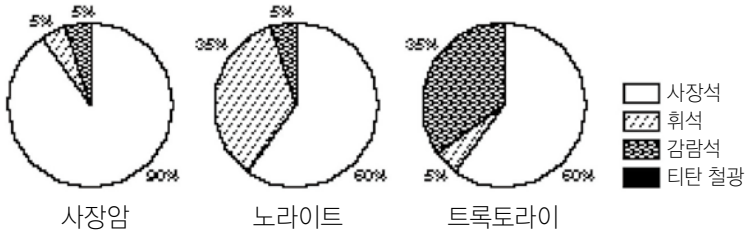
- 각 암석에 자신의 이름과 발견 장소를 기재한 라벨을 붙인 후 학생들에게 암석을 주의깊게 살펴보도록 한다.
- 암석을 관찰하고 해석하는 관점을 훈련할 수 있도록 학생들에게 다음과 같은 질문을 하도록 한다.

– 색상이 어떻게 보이는가?
– 입자가 보이는가?
– 입자는 큰가, 작은가?
– 암석에 광택이 있는가?
– 암석에 줄무늬가 있는가?
– 암석에 많은 구멍의 기포가 있는가?
– 자갈이 함께 접합되어 있는가?
– 암석에 화석이 있는가?

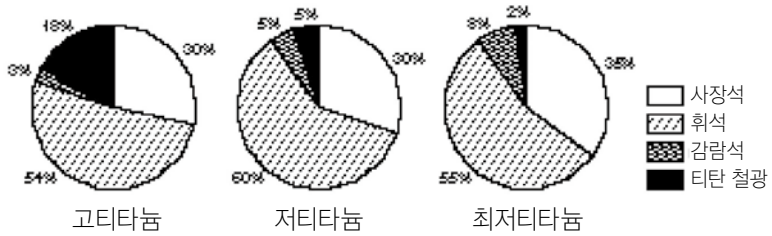
달의 표면

달의 표면은 화성암으로 이루어져있다. 달의 고지는 주로 칼슘이 풍부한 사장석으로 이루어진 화성암인 사장암으로 형성된 것이다. 달의 바다는 콜럼비아 강 고원 또는 아이슬란드의 현무암류와 같은 현무암질 용암층으로 이루어진다. 달 표면에서 확인된 오렌지색 유리는 화산활동의 또 다른 산물이다. 달의 암석은 기후에 영향받지 않으며 바람, 물 또는 얼음에 의해 침식되지도 않는다. 지금도 아폴로 우주 비행사의 발자국은 만들어진 당시만큼이나 선명한 것으로 보아서도 알 수 있다.

❖ 고지 암석의 광물 함량



❖ 달의 바다의 광물 함량



암석의 유형

지질학자는 암석을 세 가지 유형으로 분류한다.

화성암	화산활동 중 표면아래(예:화강암) 또는 표면 위에서(예: 현무암) 마그마가 냉각하고 단단하게 굳으면서 형성된 암석
퇴적암	바람, 물 또는 얼음에 의해 퇴적 장소로 이동한 광물입자, 암석 파편 및 모래의 퇴적, 압축 및 접합으로 형성된 암석
변성암	행성 내 열 또는 압력 깊이에 따라 광물의 조성과 기존 암석의 입자 크기가 변하면서 형성된 암석. 예) 변성작용에 따라 석회석이 대리석으로 변함.

지구 표면의 세 가지 전체의 암석 유형을 살펴본 결과 암석은 열, 압력 및 기후, 침식으로 인해 서서히 그리고 꾸준히 변화하고 순환된다.

달 암석의 기원

학년 반 이름

도전과제

인근 지역의 암석을 수집하고, 수집한 암석을 묘사하고 분류하는 활동을 통해 달의 암석 기원에 관하여 예측한다.

달 표면의 모습을 보면 달이 어떤 암석으로 이루어져있는지 예상할 수 있습니까? 달의 암석은 기후에 영향 받지 않으며 바람, 물 또는 얼음에 의해 침식되지도 않습니다. 지금도 아폴로 우주 비행사의 발자국은 만들어진 당시만큼이나 선명한 것으로 보아서도 알 수 있습니다. 그렇다면 이와 같이 각기 다른 달의 암석은 어떻게 형성되었을까요?

이것이 필요해요

암석, 빈 계란판(또는 다른 수집 상자), 라벨, 돋보기 또는 입체 현미경, '나만의 암석 차트''달에 관한 기초 정보 보고서」

핵심 단어

- [ ] : 지각을 이루는 여러 가지 암석이나 지층의 성질 또는 상태를 연구하는 학자.
- [ ] : 자연에서 산출되는 균질한 결정질의 고체.
- **화성암** : 암석은 생성원리에 따라 퇴적암, 변성암, 화성암으로 나뉘는데 그 중 뜨거운 [ ] 가 식어 만들어진 암석.
- [ ] : 물과 바람 등의 운반작용에 의해 운반된 광물이 지표의 낮은 압력과 낮은 온도 상태에서 퇴적작용을 거쳐 만들어진 암석.

활동 순서

1. 계란판(또는 자신만의 수집상자)에 암석을 전시하고 각 암석의 발견 장소를 기재한 라벨을 부착합니다.
2. 돋보기나 입체 현미경 유무에 관계없이 각 암석을 면밀히 관찰합니다. 확대해서 보면 어떤 미세한 부분이 보이는지 관찰합니다.
3. '나만의 암석 차트'를 작성하여 관찰 내용을 설명합니다. 가능한 다양한 형용 또는 설명 문구를 사용합니다.
4. 암석을 화성암, 퇴적암 또는 변성암으로 분류합니다. 암석이 어떻게 형성되었는지, 즉, 기원을 해석해봅니다. 이 정보를 자신의 차트에 추가합니다.
5. 이제, 자신의 차트 및「달에 관한 기초 정보 보고서」를 기준으로 달의 암석이 어떤 모습인지 예측합니다.

6. 어떻게 달의 암석이 각기 다르게 형성될 수 있었는지 생각해보도록 합니다.

01

나만의 암석 차트

관찰 내용	암석 스케치				
	형상				
	크기				
	색상				
	조직				
	수집 지역				
해석	분류				
	기원				

단원 02 | 아폴로의 교훈

1 단원 소개

'아폴로'라 불리는 미국 우주 계획 프로그램은 달의 암석과 퇴적물 표본을 수집하여 지구로 가져오는 큰 목표를 달성하였다. 전세계 과학자들이 참여한 달의 암석 표본 분석에서 태양계가 만들어진 초기의 태양계, 달, 그리고 가장 중요한 지구의 모양을 만들게 한 힘에 대한 새로운 의견이 끊임없이 나오고 있다. 이러한 아폴로 프로그램의 유산인 '발견의 즐거움'이 2단원의 주제이며, 이 단원에서 가장 흥미로운 부분은 바로 달 표본 디스크(Lunar Sample Disk)이다. 교실에서의 학습 활동은 달 암석, 표면 특징 및 이것이 만들어진 지질학적 과정에 초점을 두고 있다. 그리고, 학생들에게 '달 착륙 지점' 및 '월면차'학습에서 자신만의 달 탐험에 대한 임무를 계획할 기회가 주어진다. 단원의 마지막 활동에서는 조사 및 해석을 통해 달에 나타난 4가지 이상 현상을 설명해보도록 한다.

2 주제 안내

순	주 제	대상학년	소요시간
1	Lunar Sample Disk	2~3학년	60분
2	아폴로호 착륙 지점	2~3학년	60분
3	달의 표면	2~3학년	60분
4	분화	2~3학년	45분
5	점토 용암류	2~3학년	45분
6	달 착륙 지점	2~3학년	45분
7	월면차 모형	2~3학년	90분
8	달의 이상현상(지진,화산,바다)	1~3학년	120분

3 지도상 유의점

이 단원은 미국 아폴로 우주 프로그램 수행 결과 수집한 달 표본 디스크(Lunar Sample Disk)를 얻어서 교실에서 학습 활동을 하는데 활용한다. 달 표본 디스크에는 6개의 암석 표본과 달 지각을 구성하고 있는 토양이 15㎝ 직경의 플라스틱 디스크에 들어 있다. 이 자료를 사용하기 위해서는 활동 일자보다 최소 한 달 전에 NASA 교육자 자료 센터에 서면 요청서를 제출해야 하며, 1~2주의 빌리는 기간 동안 등기 우편으로 교육자에게 발송된다.

자료는 본 책자의 달 탐사 학습을 보완하도록 36개의 35㎜ 슬라이드 세트로 구성되어 있다. 이 중 6개 표본에 관한 컬러 사진 및 설명 모음집도 수록된 자료집과 같이 활용할 수 있도록 제공한다. 슬라이드 사본은 오하이오의 교육자용 자료를 위한 (CORE, Central Operation of Resources for Educators) 또는 NASA 교육자용 자료 센터를 통해 이용 가능하다.
자료의 이용이 어려울 경우, 달 표본 디스크 사진 자료나 슬라이드 자료만을 이용하도록 한다. 활동할 때 2단원 전체 학습 활동의 내용과 수준을 교사가 조절하여 적용하도록 한다.
이 단원의 활동은 대부분 2~4명의 모둠을 단위로 활동을 하거나 시연을 하도록 교실 수업을 염두에 두고 구성되었다. 모둠의 구성은 각 실험의 내용이나 토의 내용에 따라 교사 재량으로 구성할 수 있다. 팀을 미리 형성하여 그룹별로 재료를 나누어주고 하도록 안내해준다.
차시 활동에 제시된 배경지식은 교사가 수업 전에 반드시 읽어 보는 것이 바람직하며 이해를 위해 다양한 사례를 제시해주도록 한다.

4 배경 지식

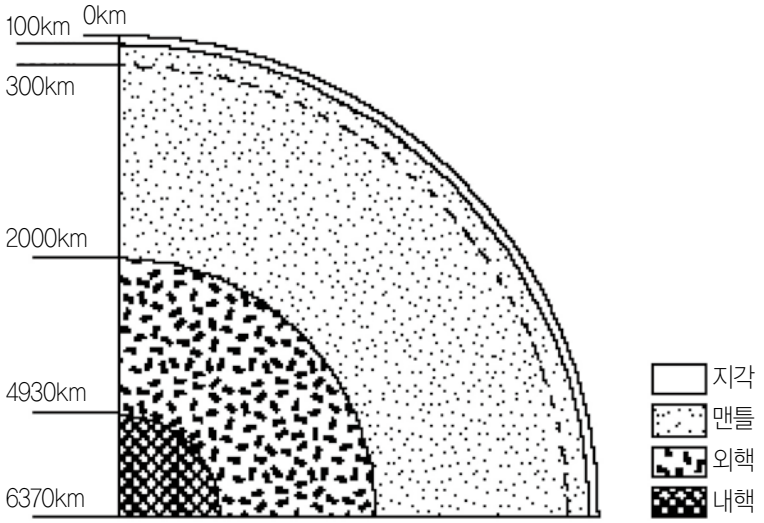
:: 지구와 달의 비교

달의 지질	지구	달
크기(km)	반지름 6378	달의 지질
질량(kg)	5.98×10^{27}	7.3×10^{22}
평균거리(km)	384000	
공전주기(일)	365.25	27.322
자전주기	23시 37분 22초	공전주기와 같음
공전속도(m/s)	30000	940

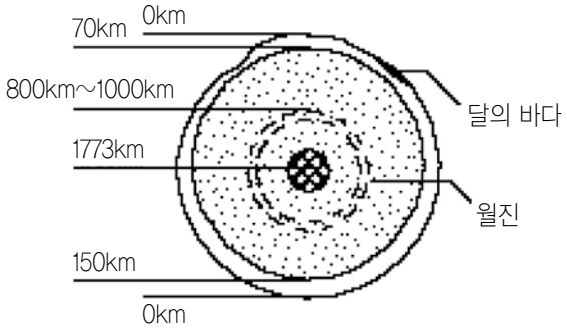
:: 달의 특징

1. 달은 자전주기가 길기 때문에 달에서의 낮과 밤은 각각 2주씩이나 지속된다. 달의 표면 온도는 낮과 밤에 따라 그 차이가 대단히 심하다. 밤에는 영하 170℃, 낮에는 영상 130℃나 되므로 낮과 밤의 온도차는 무려 300℃나 된다. 이렇게 낮과 밤의 온도차가 심하기 때문에 암석이 부서져서 달 표면은 아주 고운 먼지 흙으로 덮여 있는 것이다.
2. 달의 표면은 아주 고운 먼지 흙으로 덮여 있으며 그 표면 위에는 조약돌만한 것에서 집 크기만한 것까지 다양한 암석들이 산재해 있다. 서베이어 호가 달에 내려 달 표면을 탐색한 결과에 의하면 달의 표면은 부드러운 토양과 암석이 혼합된 표토로 덮여 있으며, 이들은 운석의 충돌로 달의 기반암이 부서져서 생긴 것으로 풀이되고 있다.
3. 달에 설치된 월진계에 의하면 월진이 일어나기는 하나 그 강도는 대단히 약하다고 한다. 월진의 진앙은 깊이 1000km까지 존재할 수 있다고 밝혀졌다. 이 깊이까지는 단단한 고체로 되어 있다는 뜻이다. 달의 표면은 표토가 10m쯤 깔려 있으며 그 아래로는 현무암질의 지각이 깊이 60km를 싸고 있다. 지각 아래로 약 1000km 깊이까지는 고체의 맨틀이 놓여 있으며, 맨틀 아래는 반지름 500km나 되는 중심핵이 자리하고 있다. 그러나 중심핵은 지구에서처럼 무거운 금속성 물질을 지니고 있지 않다. 중심핵의 온도는 1500K 정도로 예상되며 달의 중심부는 부분적으로 용융된 상태로 있다.

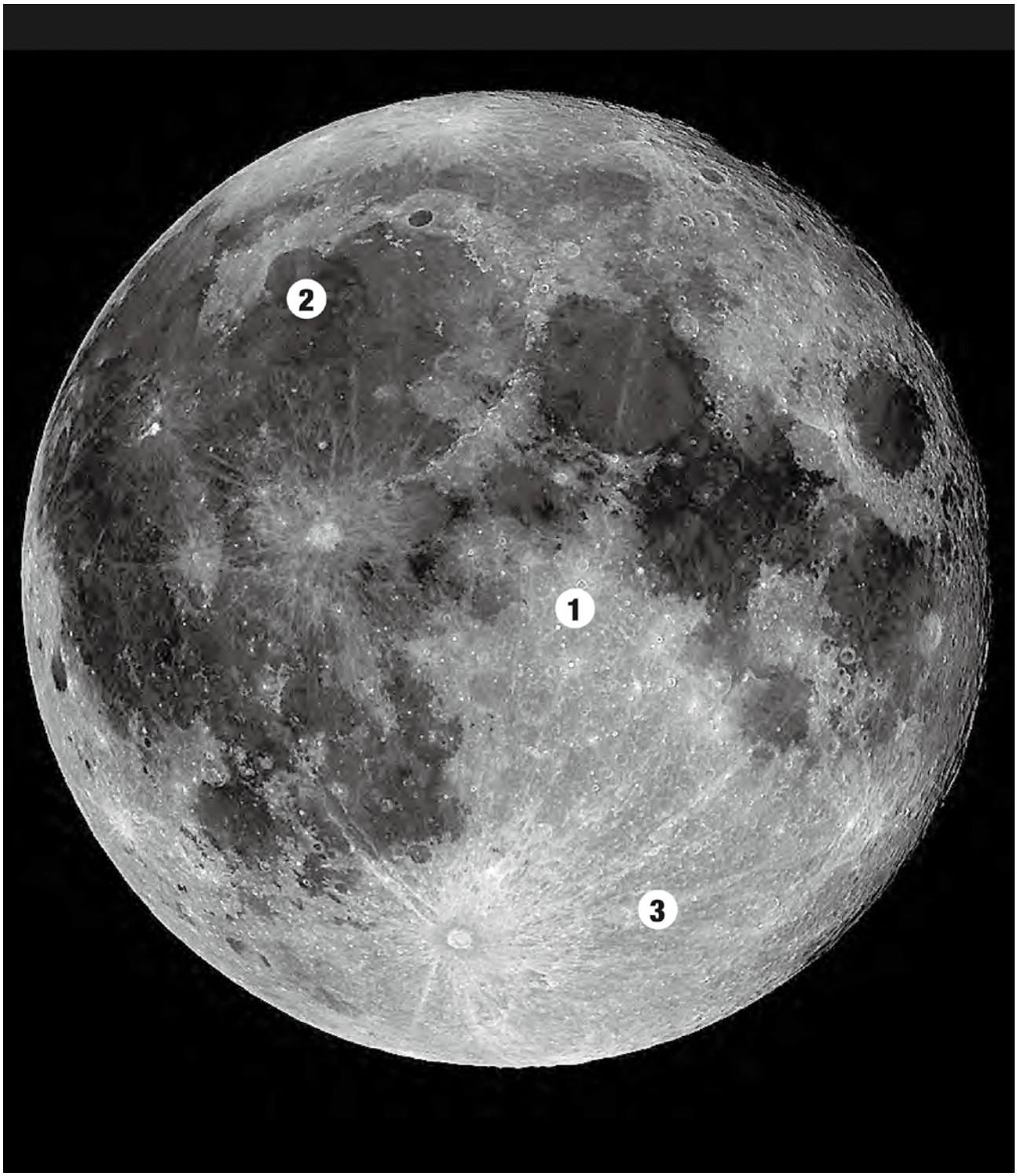
❖ 지구의 내부 구조



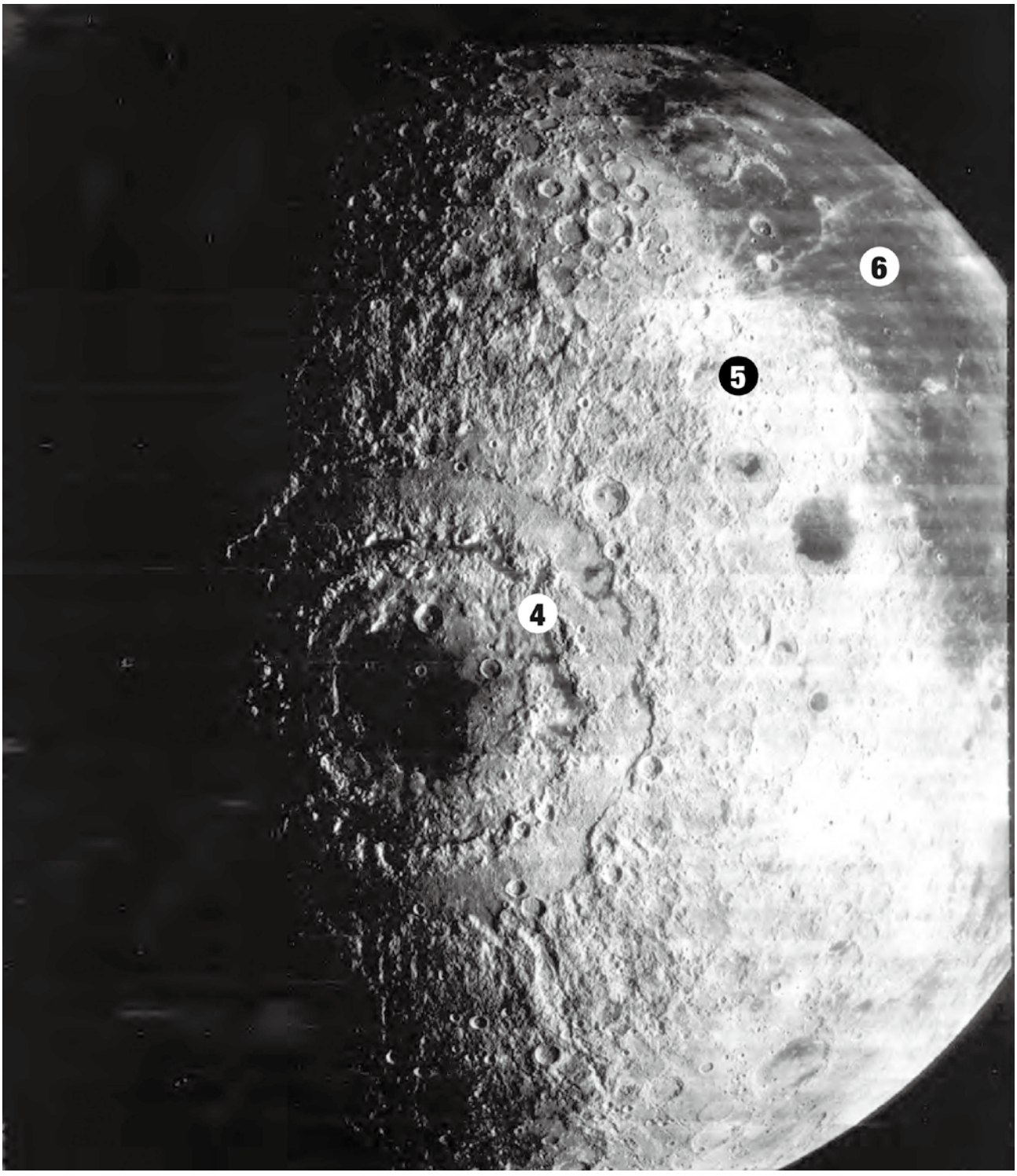
❖ 달의 내부 구조



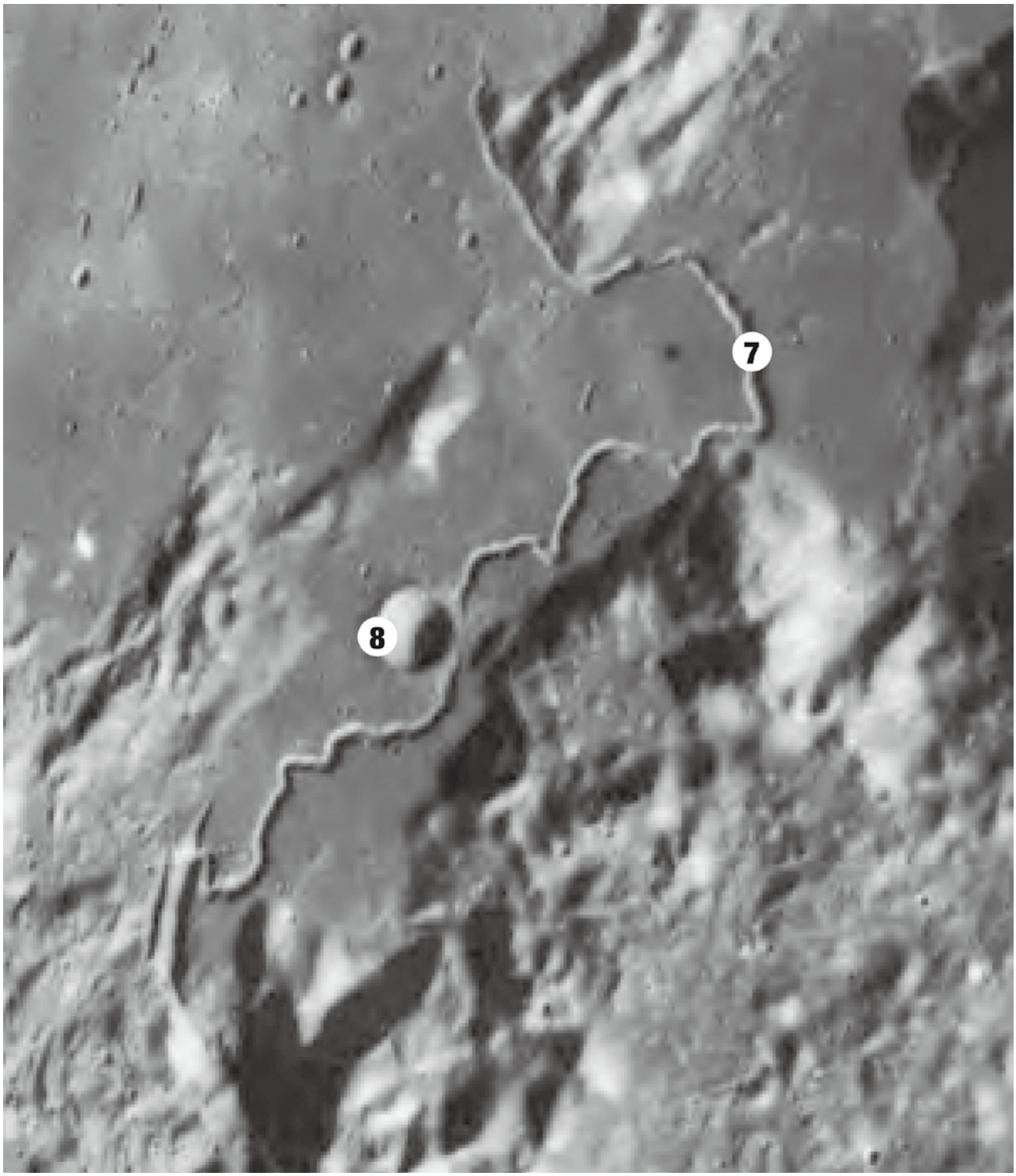
달 (Moon)



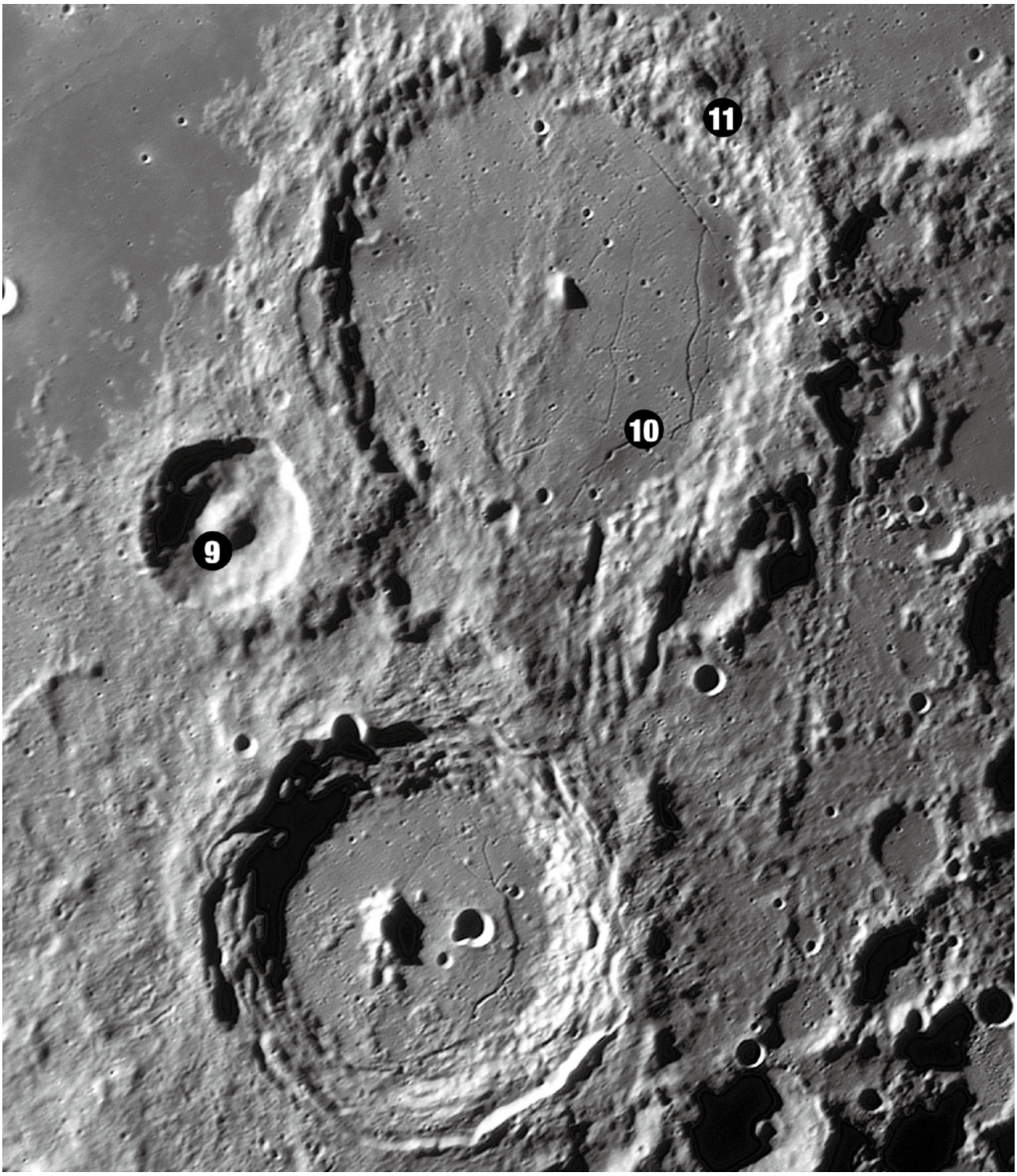
오리엔탈(Orientale)



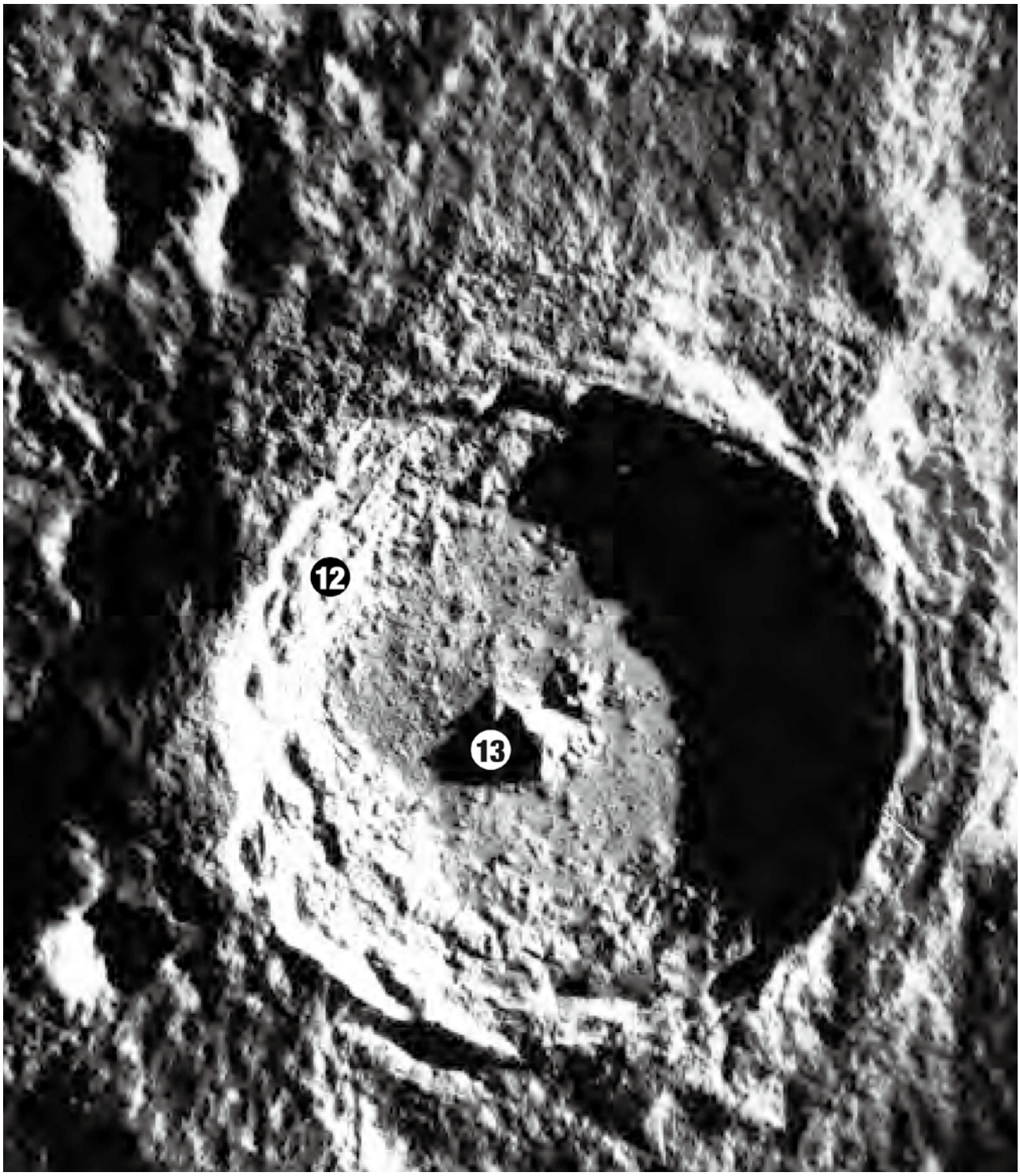
아폴로 15호 착륙 장소



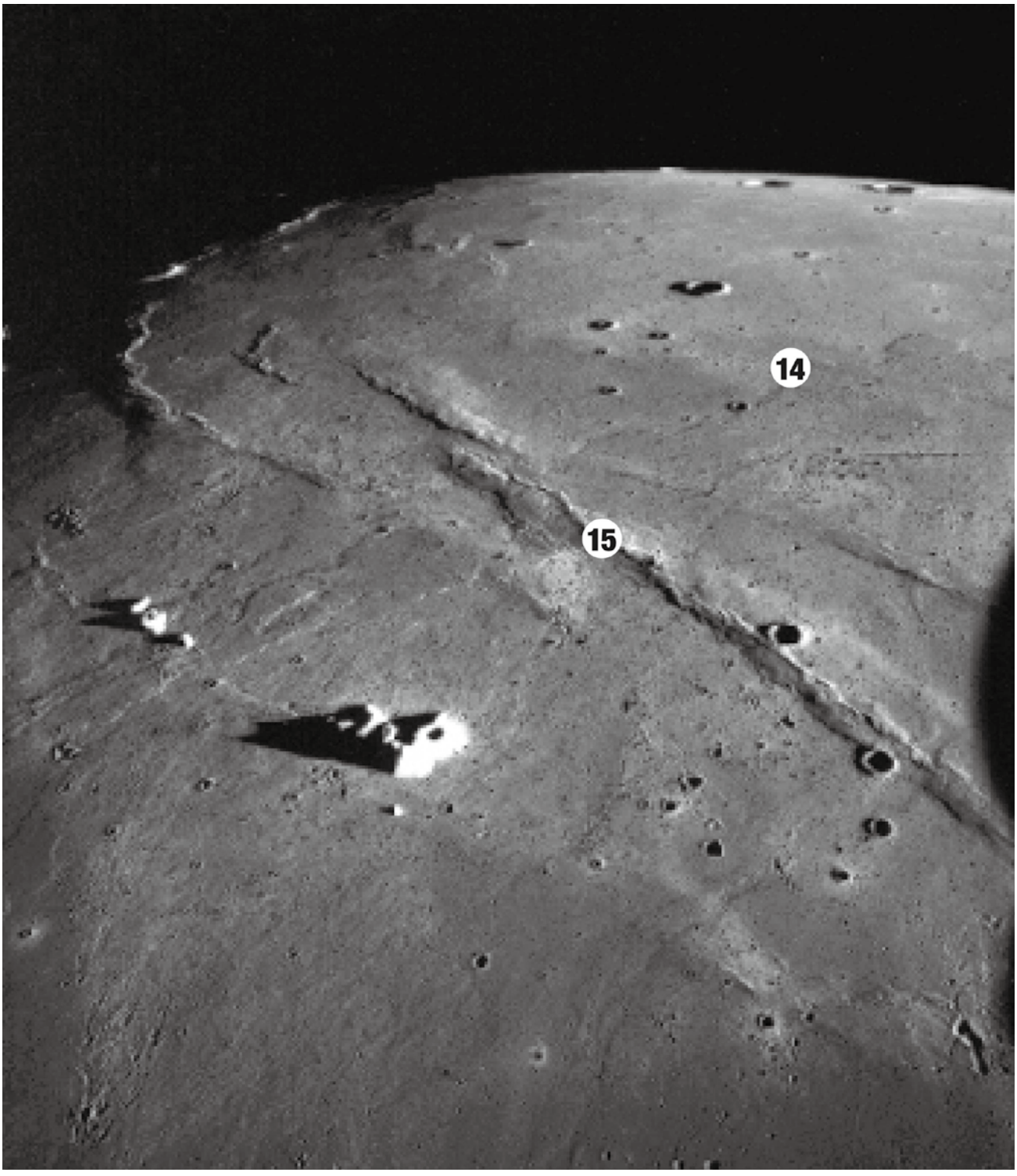
알폰시스(Alphonsis)



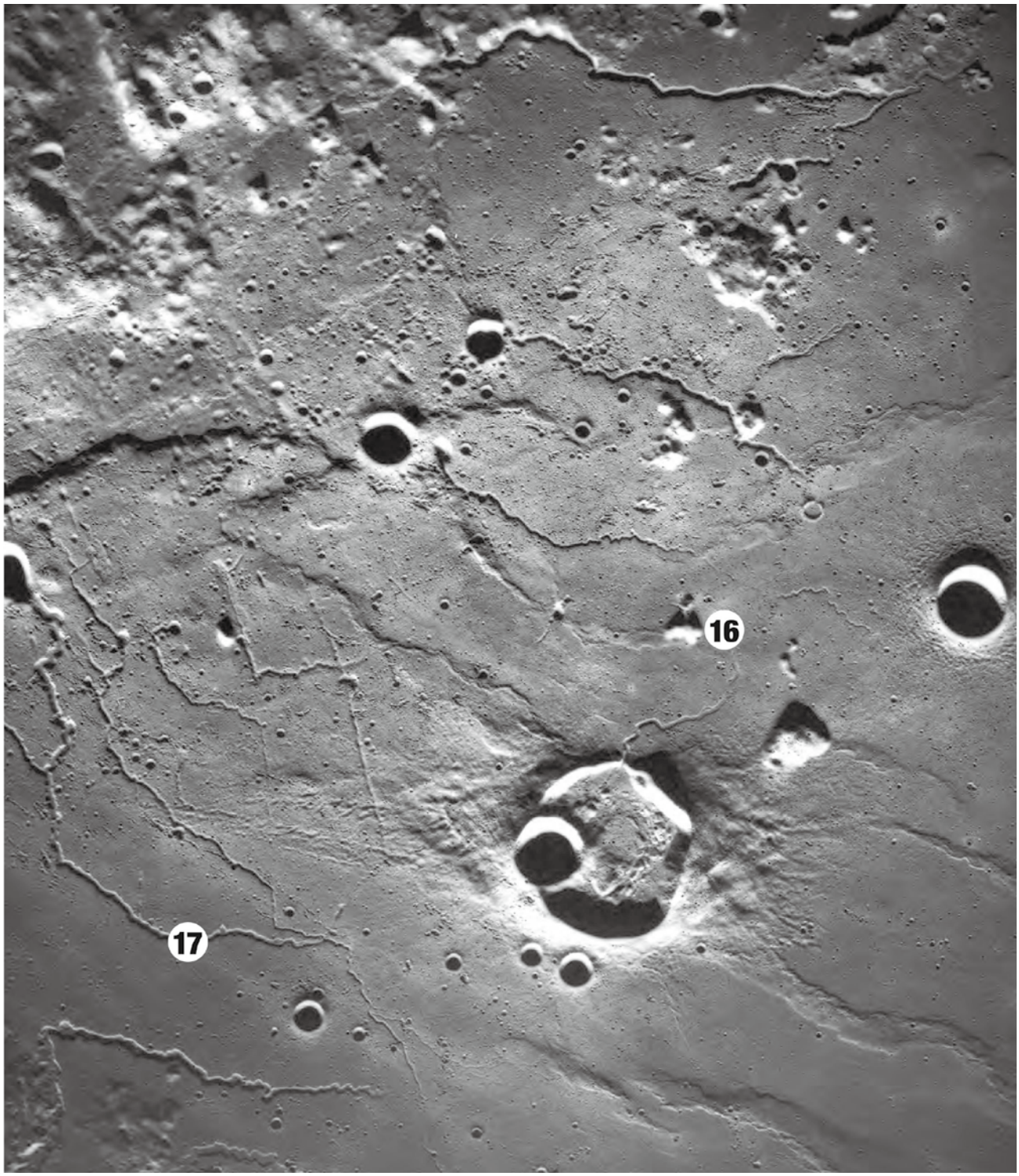
티코

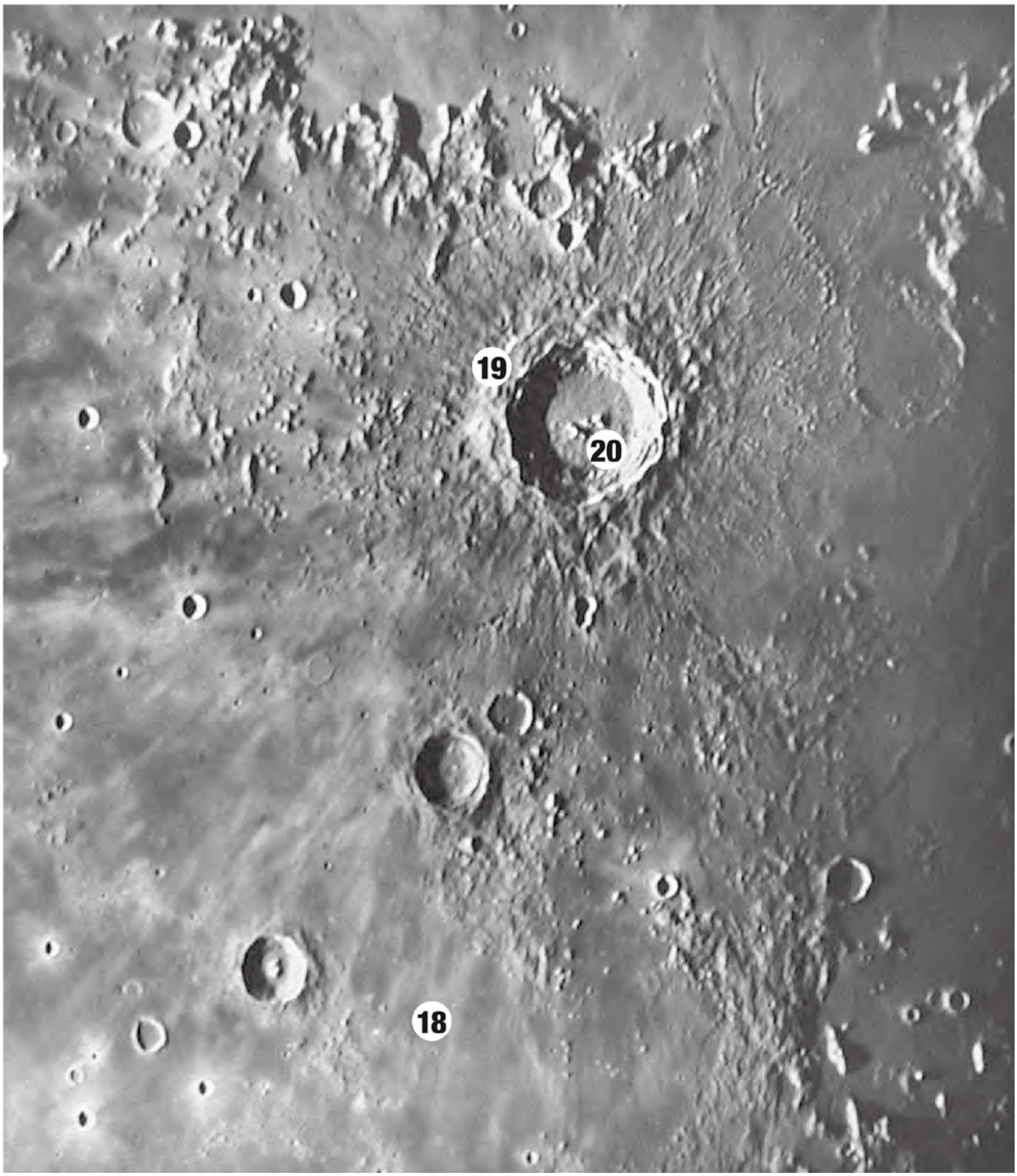


비의 바다(Mare Imbrium)



폭풍의 바다




19
20
18

달 표본 디스크(Lunar Sample Disk)

달에 착륙한 우주비행사의 아폴로 임무 6가지가 있다. 그 중 하나가 총 중량 382㎏으로 된 속에 2,000가지 이상의 표본으로 구성된 암석과 퇴적물 표본을 수집하여 지구로 가져오는 것이다. 달 표본 디스크(Lunar Sample Disk)에는 달의 암석과 퇴적물 6개로 구성된 소형 표본이 포함되어 있다. 여기에는 달 물질 6개의 표본이 있으며, 모든 디스크에 주석이 달린 컬러사진, 암석의 기원에 관한 토론 및 아폴로 임무와 암석의 수집 장소뿐 아니라 샘플에 관한 설명이 기록되어 있다.

학습 목표

달 표본 디스크에 담겨있는 여섯 가지 달의 표본을 자세히 보고 묘사하며, 그 근원에 대해 학습한다.

해당 학년

중학교 2~3학년

소요 시간

60분

이것이 필요해요

달 표본 디스크, 돋보기 또는 입체 현미경, 나만의 암석 차트'("달 암석의 기원"학습활동 참고)'달 표본 디스크 샘플 차트'

이렇게 준비해요

① 전차시의 "달 암석의 기원" 학습을 수행하거나 충분한 시간 동안 암석과 광물 구분에 관한 기본 학습을 한다.
② 달 표본 디스크가 첨부된 암석 설명서를 읽는다.
③ '달 표본 디스크 샘플 차트'에 한 페이지당 3개의 샘플만 적을 공간이 있기 때문에 학생들마다 사본 2부가 필요하다.
④ 돋보기나 입체현미경을 사용하면 관측이 훨씬 더 집중적으로 이루어질 수 있다.

핵심 단어

- **사장암** : 회장석 성분이 많은 사장석이 주를 이루는 암석
- **각력암** : 암석편이 퇴적될 때 그 모가 닳지 않고 거의 그대로 퇴적된 암석. 오렌지색 "흙" , 바다 "흙" , 고지 "흙"

활동 내용

1 미리 준비하기

- 달 표본 디스크와 비교할 수 있도록 '나만의 암석 차트'를 작성할 시간을 제공한다.
- 학교 운동장에서 유리 슬라이드에 전시할 몇 가지 퇴적물을 수집하고, 이 퇴적물을 달 표본과 비교해본다.
- 식물 성분, 플라스틱 물질, 섬유 등을 포함한 생명 활동의 증거를 확대경으로 학교 운동장 퇴적물에서 찾을 수 있을 것이다.

2 문제 확인하기

- 학생에게 가능한 많은 형용 또는 설명 문구를 이용하여 표본을 묘사하도록 한다.
- 학생에게 달 암석에 관한 예측이 정확한지 묻는다.

3 절차

1. 돋보기나 입체 현미경 유무에 관계없이 각각의 달 표본을 관찰한다. 확대해서 보면 어떤 미세한 부분이 보이는가?
2. '달 표본 디스크 샘플 차트'를 작성하여 관찰내용을 설명한다. 가능한 여러 형용 또는 설명 문구를 사용한다.
3. 달의 암석은 예측한 바와 같은가?
4. 어떤 달 표본이 자신이 수집한 암석과 가장 유사한가?
5. 지구 및 달 암석에 관한 학생들 각자가 만든 차트를 기준으로 했을 때 디스크에 포함된 달 표본의 기원에 관해 어떻게 말할 수 있겠는가? 이 정보를 각자의 차트에 추가한다.
6. 지구상의 암석 유형 중 달 표본에서 확인되지 않는 것이 있는가? 왜 그러한가?

4 활동결과 및 결론

- 달 표본과 자신의 암석 수집을 비교하면서 학생들은 지구와 달 암석간의 유사성과 차이점을 토론한다.
- 지구 및 달 암석이 형성되는 다양한 방법을 논의한다.

평가

학생들이 제출한 결과지를 모아 활동을 평가한다.

지도상 유의점

- 우선, "달 암석의 기원"학습 활동 실시하거나 학생들에게 충분한 시간동안 암석과 광물 분류에 대한 기본 학습을 하도록 한 후 수업을 진행하도록 한다.
- 달 표본 디스크 샘플 차트'는 학생들이 관찰 내용과 해석을 구성하는데 유용하므로 미리 제시한다.
- 각 암석에 자신의 이름과 발견 장소를 기재한 라벨을 붙인 후 학생들에게 암석을 주의 깊게 살펴보도록 한다.
- 달 표본 디스크는 표면이 긁히지 않도록 부드러운 천 위에 보관하여야 하며, 항상 교사의 시야에 있어야 한다.

달의 암석 연구

지질학자는 우주에서 보내온 사진을 조사하고 다른 유형의 원격 감지 데이터를 통해 행성에 관한 엄청난 양의 정보를 얻을 수 있다. 그러나 결국은 몇 가지 실제의 표본을 수집해야 한다. 예를 들어, 지질학자가 사진을 통해 달의 바다가 고지보다 역사가 짧다는 사실을 판단하였다 하더라도 나이를 정확히 알 수는 없다. 바위 또한 가설에 중요한 기준이 된다. 가령, 달의 바다는 용암류로 덮여있다고 판단되었으나 달의 바다로부터 표본을 채취하기 전까지 확실히 알지 못했다. 또한 실험실 분석을 제외하고 어떠한 방법도 암석의 화학 및 광물학적 조성을 정확하게 파악할 수는 없다. 가장 중요한 것은 실제의 표본은 우리가 결코 예상하지 못했던 사실을 알려주고 놀라운 내용을 알려준다.

달의 고원지대는 지질학적으로 놀라운 결과의 한 예를 보여주고, 45억년 전 지구의 모습을 이해하는 데 대단히 큰 결정적 도움을 준다. 최초의 고원지대 암석은 달의 바다, 고요의 바다에 최초로 착륙했던 아폴로 11호 임무 기간 중에 채취되었다. 채취된 거의 모든 암석은 실제로 현무암이었으나, 일부는 밀리미터 크기의 암석 파편으로 구성되어 있어 그것과 상당한 차이가 있었다. 이들은 주로 광물성 사장석으로 이루어졌으며 일부 파편은 사장석만으로 구성되었다(「암석에 관한 기초정보 보고서」참고). 암석의 연구 결과 고지 암석이 달의 마그마 바다이자 지각의 대변동의 결과일 수도 있다는 것 모두 표본을 채취하여 연구한 것이다.

달의 기원

오랫동안 달에 관해 가장 밝혀지지 않은 사실은 달이 어떻게 생겼는가에 관한 것이었다. 이 문제를 가지고 수백 년간 사람들은 고민하였다. 여러 가지 의견 중에 대표적인 것은 다음과 같다.

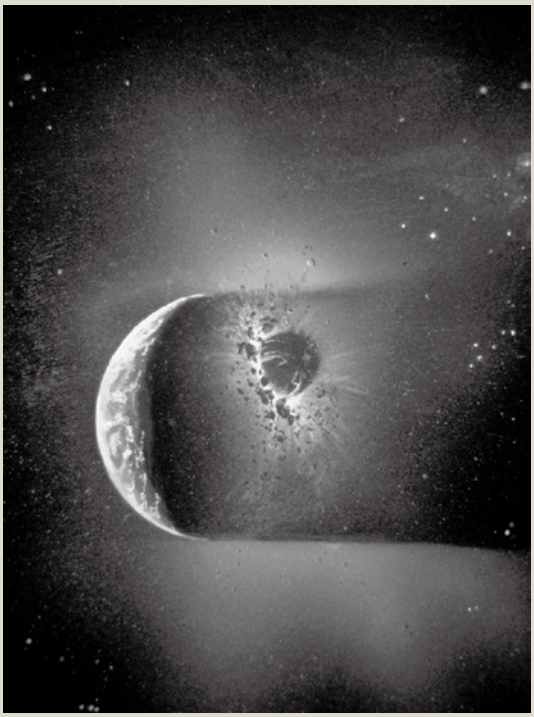
먼저 찰스 다윈의 아들 조지 다윈이 이야기한 분리설이다. 지구와 달은 같은 한 덩어리로 되어 있었는데 빠르게 자전하면서 달 크기의 작은 덩어리가 떨어져 나가 지금의 달의 궤도에서 돌고 있다는 설이다.

다음은 지구와 달이 동시에 생겼다는 동시생성설이다. 원래 지구에는 토성과 같은 고리가 있었는데 그 고리를 이루고 있었던 작은 운석과 기체들이 모여 달을 형성하였다는 설이다. 그러나 이 학설은 지구와 달의 구성성분이 다르기 때문에 이를 뒷받침하지 못하고 있다.

또한, 포획설이 있는데 이는 지구가 완전히 만들어진 다음, 달이 지구 궤도 근처를 지나가다가 잡혀 생겼다는

설이다. 그러나 태양계 밖에서 지구에 들어올 때 충돌하거나 지나쳐 버릴 가능성이 많고 지금처럼 깔끔하게 지구 밖의 궤도를 돌기 힘들다는 문제점이 있다.

최근 이론인 충돌설은 45억 년 전 화성크기의 천체가 우연히 지구의 가장자리와 충돌하여 충돌체는 지구에 녹고 떨어져 나간 일부가 모여 달이 되었다는 설이다. 달 착륙선에서 가져온 샘플로 달의 구성성분을 확인한 결과들이 이를 뒷받침해 주고 있다. 그러나 이 또한 완전하지 못하고 부족한 점이 많아 현재까지도 연구 를 계속 하고 있다.

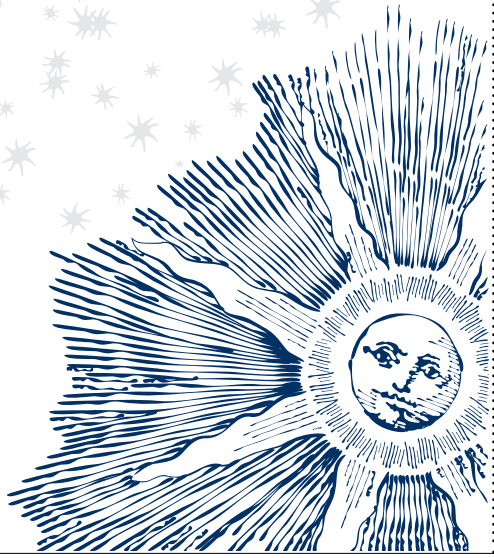


달의 대기와 내부

달에서는 아주 적은 양의 대기가 있다. 사실 달이 너무 작기 때문에 가스를 생성하기 힘들다. 또한 태양에서 부는 바람이 그나마 생성한 가스를 휩쓸어 버린다. 아폴로 우주선에서 나온 배기가스조차 오래 머무르지 못하고 우주선이 착륙하고 이륙할 때 잠깐 있었을 뿐이다.

아폴로 우주선은 달의 내부가 어떻게 생겼는지 알기 위해 달의 진동을 측정할 수 있도록 월진계를 설치하였다. 그 결과 월진이 일어나기는 하지만 대단히 약한 것으로 확인되었다. 최대 월진이 진도 5정도. 접시가 찬장에서 떨어지는 정도로 1년에 한 번 정도 일어난다. 이는 달의 운동이 지구보다 활발하지 않다는 증거이다.

또한 월진계 측정 결과, 달의 지각은 지구의 대륙 지각보다 두껍고, 그 아래 맨틀이 가장 많은 부분을 차지하며 맨틀 아래쪽에는 작은 핵이 있다. 만일 우주의 별들을 보고 싶다면 달에서 관측하는 게 좋다. 달에는 대기가 거의 없고 월진도 없어 망원경을 설치하기에 가장 적합한 장소이기 때문이다.



달 표본 디스크
(Lunar Sample Disk)

학년 반 이름

도전과제

달 표본 디스크에 담겨 있는 여섯 가지 달의 표본을 자세히 보고 묘사하며, 그 근원에 대해 학습한다.

달의 암석 및 표토 수집품은 미국 아폴로 우주 프로그램의 실물 자산입니다. 각 달 표본 디스크(Lunar Sample Di나)에 있는 달의 암석 및 퇴적물 6개 소형 표본을 자세히 살펴보고 묘사해봅시다. 또, 자신이 예측한 달의 암석의 모습과 어떻게 다른지 생각해보고 달의 암석의 근원을 알아보도록 합시다.

이것이 필요해요

달 표본 디스크, 돋보기 또는 입체 현미경, 나만의 암석 차트, '달 표본 디스크 샘플 차트'

핵심 단어

- [ ] : 회장석 성분이 많은 사장석이 주를 이루는 암석
- **각력암** : 암석편이 퇴적될 때 그 모가 닳지 않고 거의 그대로 퇴적된 암석

생각해요

- 지구상의 암석 유형 중 달 표본에서 확인되지 않는 것이 있을까요?
- 지구와 달 암석간의 유사성과 차이점을 생각해봅니다.

활동 순서

1. 돋보기나 입체 현미경 유무에 관계없이 각각의 달 표본을 관찰합니다. 확대해서 보면 어떤 미세한 부분이 보입니까?

2. "달 표본 디스크 샘플 차트"를 작성하여 관찰내용을 설명합니다. 가능한 여러 형용 또는 설명 문구를 사용합니다.

3. 달의 암석은 예측한 바와 같습니까?

4. 어떤 달 표본이 자신이 수집한 암석과 가장 유사합니까?

5. 지구 및 달 암석에 관한 학생들 각자가 만든 차트를 기준으로 했을 때 디스크에 포함된 달 표본의 기원에 관해 어떻게 말할 수 있겠습니까? 이 정보를 각자의 차트에 추가합니다.

6. 지구상의 암석 유형 중 달 표본에서 확인되지 않는 것이 있습니까? 왜 그러합니까?

활동 결과

- 달 표본과 자신의 암석 수집을 비교하면서 학생들은 지구와 달 암석간의 유사성과 차이점을 토론해봅시다.
- 지구 및 달 암석이 형성되는 다양한 방법을 논의해봅시다.

달 표본 디스크 샘플 차트

관찰 내용	표본 스케치				
	형상				
	크기				
	색상				
	조직				
	아폴로 임무 / 수집 지역				
해석	분류				
	기원				

【읽을 거리】

과학적 발견 10가지

1. 달은 태양계 행성들과 동시에 생성되지 않았으며 지구와 비슷한 내부구조를 가진 지구형 천체이다.

아폴로 우주선이 탐사하기 전까지는 달에 대한 갖가지 상상과 추측이 난무했다. 하지만 아폴로 11호가 달에 착륙한 뒤 달은 뜨거운 열에 녹고 화산 폭발이 일어나며 많은 운석이 충돌한 암석으로 이루어진 물체라는 것이 밝혀졌다.

지구의 내부구조는 지각, 맨틀, 핵으로 이루어져 있다. 달은 지각, 암석권, 액체 상태인 연약권, 철로 된 작은 핵이 있을 가능성이 있다.

2. 달은 태양계 행성들의 생성 초기모습을 간직하고 있다.

달 표면에 수없이 많은 운석 충돌 크레이터를 보고 수성과 금성, 화성이 어떻게 진화했는지를 밝혀낼 수 있었다. 실제로 이들 행성의 사진을 근거로 밝혀낸 행성의 역사는 대부분 달 탐사 경험에서 나온 것이다.

아폴로탐사 전에는 달 표면에 있는 충돌 크레이터가 어떻게 생겼는지 알 수 없었고, 또한 지구에 있는 유사한 크레이터도 과학자들이 그 원인을 알아낼 수 없는 것이었다.

3. 달에서 가장 최근에 형성된 암석도 지구에서 발견되는 가장 오래된 암석과 나이가 비슷하다. 지구와 달이 만들어졌던 때에 일어났던 현상들을 지금도 달 표면에서 확인할 수 있다.

달 암석의 나이는 어둡고 낮은 지역(달의 바다)의 경우 32억년 정도이고, 밝고 높은 바위지역(달의 고지대)은 46억년 정도이다.

지구에서는 지각이 운동하고 깎이는 등 활발한 활동으로 지표면이 크게 변했지만 달 표면은 거의 변화 없이 유지되고 있다.

4. 달과 지구는 같은 물질로 이루어졌지만 얼마나 차지하는지는 다르다.

달의 암석 속에서 지구 암석과 비슷한 비율의 물질이 나왔다면 달과 지구가 같이 만들어졌을 것이다. 그러나 달의 암석에는 지구 암석에 비해 철과 대기 및 물의 형성에 필요한 물질이 매우 적다.

5. 달에는 생명체, 화석 등이 없다.

달에서 채집한 암석 등에 대한 조사결과, 현재는 물론 과거에도 생명체가 존재했다는 어떤 증거도 발견되지 않았다.

6. 달의 모든 암석은 매우 높은 온도를 거쳐 만들어 졌던 것이며 물이 있었던 흔적은 전혀 없다. 달의 암석은 크게 현무암, 사장암, 각력암으로 분류된다.

현무암은 검은 색으로 용암이 굳어서 된 것이며 '달의 바다'로 불리는 지역을 이룬다. 달의 현무암은 지구의 바

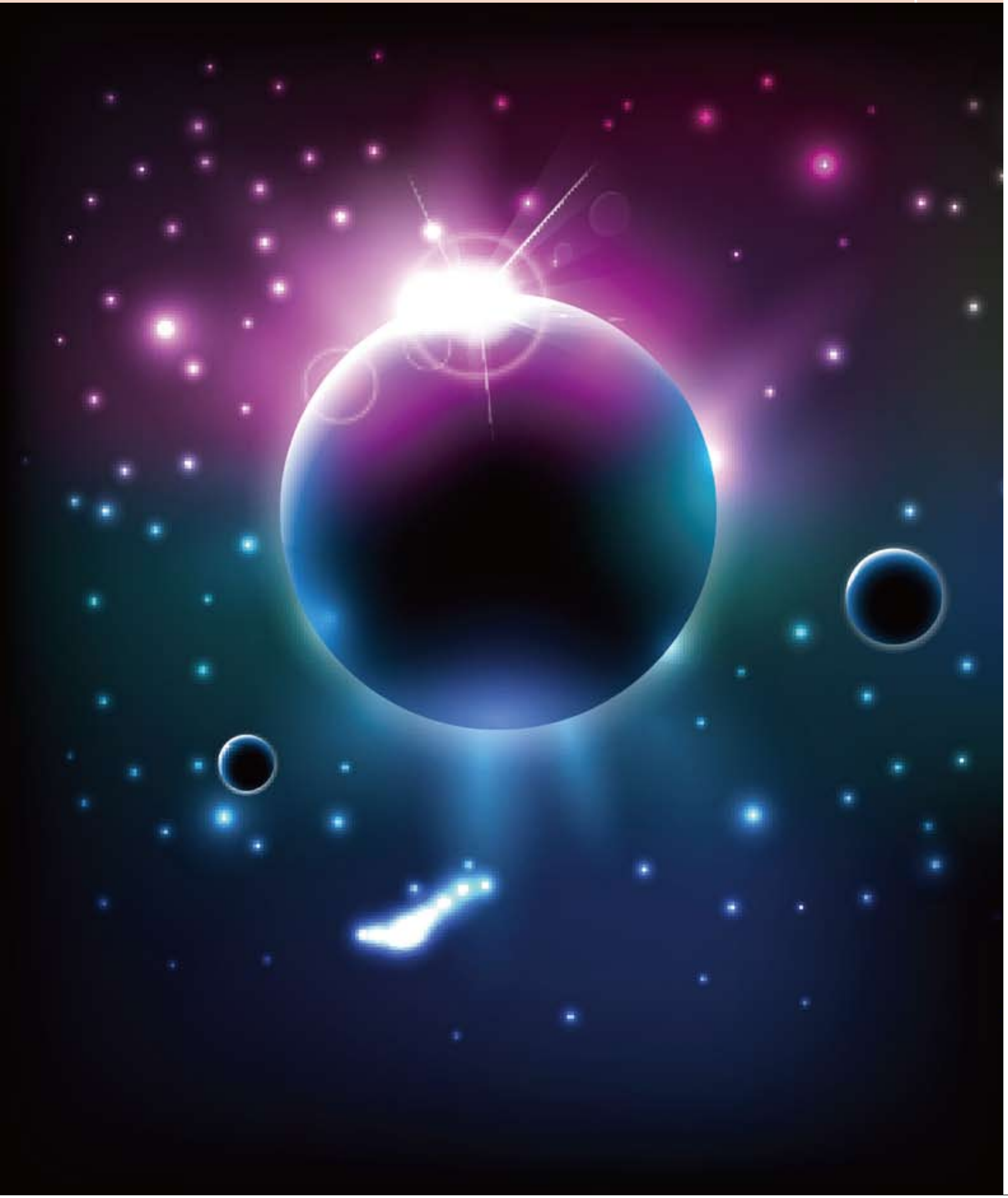
다 밑 지각을 이루는 용암과 비슷하지만 지구 것 보다는 훨씬 오래됐다.
사장암은 현무암지대보다 훨씬 오래되고 밝은 색이며 '달의 고지대'를 이룬다. 이 역시 지구에 있는 비슷한 암석보다 훨씬 오래전에 형성된 것이다.
각력암은 운석이 충돌할 때 다른 암석들이 부서져 섞이고 굳어서 된 암석이다.
그러나 물에 의해 생기는 다른 암석들은 지구에 많이 있는데 비해 달에는 없다는 것이 밝혀졌다.

7. 달이 만들어지던 때에 마그마가 상당히 깊은 곳까지 녹아 마그마의 바다를 이루었다. 고지대에는 마그마의 바다 위에 떠있던 가벼운 암석이 많이 남아 있다.
달의 고지대가 형성된 것은 44~46억년 정도 전이다. 고지대는 수십㎞ 깊이까지 녹아내려 생긴 마그마 바다 위에 떠 있던 물질이 굳어서 생긴 것이다.

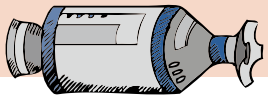
8. 많은 소행성들이 달의 마그마 바다에 충돌해 크레이터가 만들어졌고, 이 크레이터는 화산 활동으로 인한 용암으로 채워져 달의 바다가 됐다.
'비의 바다(Mare Imbrium)' 같은 어둡고 거대한 크레이터는 달이 만들어지던 시기 소행성이나 운석과 충돌해 생긴 크레이터에 용암이 채워져 만들어진 것이다.

9. 달은 완전한 구모양이 아니라 좌우가 다른 형태를 이루고 있으며 이는 지구의 중력이 달에 영향을 미쳤기 때문으로 생각된다.
달의 지각을 이루고 있는 모든 부분의 중력은 똑같지 않다. 넓은 분지지역 아래가 상당히 무겁다. 이는 질량이 큰 용암이 두껍게 쌓여있음을 나타내는 것이다.
달의 중심은 가운데보다 지구 쪽으로 수㎞ 정도 치우쳐져 있다. 이는 지구가 달이 형성될 때 지구의 중력으로 달을 잡아당겨 달이 지구 쪽으로 쏠린 것으로 풀이된다.

10. 달의 표면은 암석 조각들과 먼지로 뒤덮여 있다. '달의 표토'로 불리는 이들 물질들은 태양이 내뿜은 방사선의 흔적을 그대로 담고 있다. 이는 지구의 기후변화를 이해하는데 매우 중요한 것이다.
달의 지각은 달에 충돌한 수많은 운석에 의해 만들어졌다. 이들 암석에는 태양 방사선에 의해 만들어진 물질들이 풍부하게 들어있다. 달에는 태양의 40억년 역사가 그대로 기록돼 있는 것이다.



아폴로호 착륙 지점



달의 위도 및 경도 좌표는 크레이터 근처 지점에서 시작된다. 이 시작점(위도 0°경도 0°)에서 달의 동쪽 위치(태양이 뜨는 방향)는 동경값으로 표시된다. 서쪽 위치(태양이 지는 방향)에는 서경값이 표시된다. 북위는 달의 북극방향으로 측정하고, 남위는 달의 남극 방향으로 측정한다.
12명의 우주비행사는 달에 착륙하여 6개의 아폴로 임무로 달의 앞면(지구에서 보이는 쪽)을 탐사하였다. 6개 착륙 지점은 각기 다른 지질학적 지형을 탐사하도록 선정하였다.

학습 목표

아폴로호의 착륙 지점 여섯 군데의 위치와 지질학적 특징에 대해 학습한다.

해당 학년

중학교 2~3학년

소요 시간

60분

이것이 필요해요

경도 및 위도 격자가 있는 달 지도, 아폴로호 착륙지점 차트, 달의 모형

핵심 단어

- **위도** : 지구 위의 위치를 나타내는 좌표축 중에서 가로로 된 것. 적도를 중심으로 하여 남북으로 평행하게 그은 선.
- **경도** : 위도와 함께 지구상의 위치를 나타내는 좌표. 지구상의 한 지점을 지나는 자오선과 런던의 그리니치천문대를 지나는 본초자오선(本初子午線)의 각도를 그 지점의 경도라 함.
- **고지** : 다른 지역보다 높은 곳
- **달의 바다** : 어두운 현무암질의 넓고 편평한 지대를 말한다. 운석 충돌에 의한 현무암질 화산 분출로 만들어졌다. "바다"라는 이름은 초기의 천문학자들이 실제 바다로 오해해서 붙인 이름이다.
- **고요의 바다** : 월면의 적도 북쪽에서 동경 18~43°에 펼쳐진 평탄한 지형이다. 여러 차례 달 탐사선이 조사한 후, 1969년 인류 최초로 암스토롱이 월면에 발을 디딘 곳이다.
- **프라마우로(Fra Mauro)** : 달탐사 지역의 이름
- **Taurus-Littrow** : 달의 계곡

활동 내용

1 미리 준비하기

- 학생들이 개별적으로 활동할 수 있도록 재료를 검토하고 준비한다.
- 달의 지도 및 달의 모형을 준비한다.
- 표본 출처 및 표본 채취에 관한 세부사항은 달 표본 디스크에 첨부된 암석 설명을 참조한다. 학생들의 활동 후 아폴로호 착륙지점 차트 답변을 공개한다.

2 문제 확인하기

- 각 표본의 수집 장소를 확인하려면 달 표본 디스크를 참조한다.
- 학생들에게 6개의 착륙 지점의 지질학적 차이점을 고려하도록 한다.

3 절차

1. 아폴로 착륙 지점을 표시한 달의 지도를 보고, '아폴로 착륙 지점 차트'에 기록한다.
2. 달의 모형에서 착륙 지점을 확인한다.
3. 지구와 달에서 위도와 경도는 어떻게 비교하는가?
4. 6개의 아폴로 착륙 지점을 비교 및 대조한다.
   (누가, 언제, 어디서, 그리고 지질학적 관점에서 생각해본다.)
5. 어느 곳을 가장 방문하고 싶은지, 그 이유는 무엇인지 생각해본다.

4 활동결과 및 결론

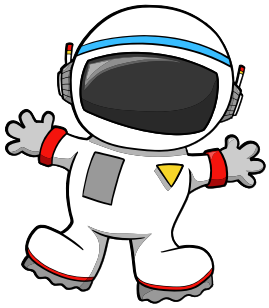
- 아폴로 착륙지점 6개는 어떻게 위치하고 있을까?
- 최초로 언덕 지형에서 작업한 우주 비행사는 누구인가?

심화 학습

- 팀을 구성하여 각 아폴로 착륙 지점(누가, 무엇을 언제, 어디에서, 왜)을 연구하여 수업시 발표하도록 한다.
- 6개의 아폴로 착륙 지점 모두가 달의 앞면이었던 이유는 무엇이었는가?
- 이후 아폴로 달 착륙이 없었던 이유는 무엇인가?
- 아폴로는 달 착륙의 유일한 프로그램이었는가? 미국 및 러시아의 무인 탐사기의 임무 및 착륙에 관해 토의한다.

아폴로 착륙지점 차트

아폴로 임무	착륙일자	경도	위도	주요 지질학적 특징 및 암석 유형 (밑줄친 암석 유형은 달 표본 디스크에서 확인 가능함)
11	1969년 7월 20일	23°E	1°N	달의 바다(고요의 바다), 현무암질 용암
12	1969년 11월 19일	23°E	3°S	달의 바다(폭풍의 바다), 암석은 현무암질 용암, 코페르니쿠스 크레이터의 사선이 그 현장을 횡단한다.
14	1971년 1월 31일	17°E	3°S	고지(Fra Mauro 형성) –비의 분지에서 분출된 것으로 판단됨.
15	1971년 7월 30일	4°E	26°N	달의 바다(비의 바다 가장자리 근처 달의 바다 지역의 Hadley Rille) 및 고지(Appennine 산, 비의 분지의 고리). 암석은 각력암 및 현무암
16	1972년 4월 21일	16°E	9°S	고지(데카르트 형성 및 케일리 평원). 암석은 사장암과 고지 흙
17	1972년 12월 11일	31°E	20°N	달의 바다(평온의 바다 및 고지. 암석은 달의 바다 흙, 오렌지 흙 현무암질 용암, 사장암.



아폴로호 착륙 지점

학년 반 이름

도전과제

아폴로호의 착륙 지점 여섯 군데의 위치와 지질학적 특징에 대해 학습한다.

12명의 우주비행사는 달에 착륙하여 6개의 아폴로 임무로 달의 앞면(지구에서 보이는 쪽)을 탐사하였습니다. 6개 착륙 지점은 각기 다른 지질학적 지형을 탐사하도록 선정하였습니다. 아폴로 착륙지점은 어떤 지질학적 차이점을 가지고 있었을지 생각해봅시다.

이것이 필요해요

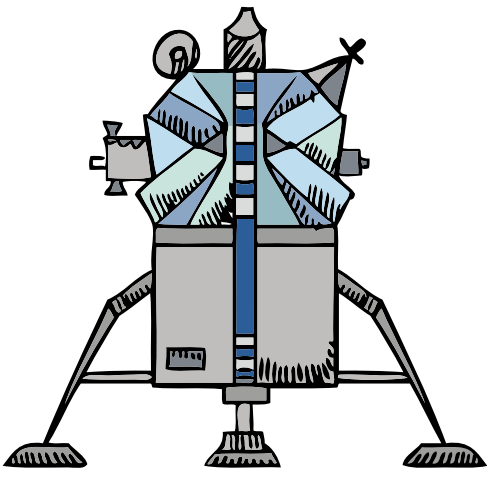
경도 및 위도 격자가 있는 달 지도, 아폴로호 착륙지점 차트, 달의 모형

핵심 단어

- [ ] : 지구 위의 위치를 나타내는 좌표축 중에서 가로로 된 것. 적도를 중심으로 하여 남북으로 평행하게 그은 선.
- [ ] : 위도와 함께 지구상의 위치를 나타내는 좌표. 지구상의 한 지점을 지나는 자오선과 런던의 그리니치천문대를 지나는 본초자오선(本初子午線)의 각도를 그 지점의 [ ]라 함.

생각해요

- 아폴로 착륙지점 6개는 어떻게 위치하고 있을까요?
- 최초로 언덕 지형에서 작업한 우주 비행사는 누구입니까?



활동 순서

1. 아폴로 착륙 지점을 표시한 달의 지도를 본다. '아폴로 착륙 지점 차트'에 기록합니다.
2. 달의 모형에서 착륙 지점을 확인합니다.
3. 지구와 달에서 위도와 경도는 어떻게 비교합니까?
4. 6개의 아폴로 착륙 지점을 비교 및 대조합니다. (누가, 언제, 어디서, 그리고 지질학적 관점에서 생각해 본다.)

5. 어느 곳을 가장 방문하고 싶은지, 그 이유는 무엇인지 생각해봅시다.

활동 결과

- 아폴로 착륙지점 6개는 어떻게 위치하고 있습니까?

아폴로 착륙지점 차트

아폴로 임무	착륙일자	경도	위도	주요 지질학적 특징 및 암석 유형

아폴로 임무	착륙일자	경도	위도	주요 지질학적 특징 및 암석 유형

【읽을 거리】

아폴로 프로젝트

구소련의 우주선 루나 2호가 1959년 최초로 달에 착륙했습니다. 달은 인간이 방문한 유일한 외계 행성입니다. 인간이 최초로 달에 착륙한 것은 1969년 7월 20일이었고, 마지막 착륙은 1972년 12월이었습니다. 달은 실제 표본을 가지고 돌아온 유일한 행성인 것입니다. 이러한 달에 대한 인간의 소망을 자세히 살펴봅시다.

구소련은 1957년 10월 최초로 인공위성을 지구 궤도에 쏘아 올렸습니다. 또한 1961년 4월 12일에 최초로 지구 궤도에 인간을 올려 보냈습니다. 그에 비해 소련과 냉전 관계였던 미국은 1961년 5월 5일, 우주 비행사 앨런 셰퍼드가 궤도에는 오르지 못한 비행을 짧게 했을 뿐이었습이다. 그 때 당시 케네디 대통령은 국민들을 단합시키고 세계의 관심을 받기 위해 인간을 태운 달 여행을 목표로 삼았습니다.

미국항공우주국 NASA는 머큐리 계획과 제미니 계획으로 우주 유영(우주 비행사가 우주선 바깥에서 다니는 것), 우주선의 랑데부(2개의 우주선이 같은 궤도로 우주 공간에서 만나 서로 나란히 비행하는 것)와 도킹(우주선이 우주 공간에서 다른 비행물체에 접근하여 결합하는 것)을 하게 된 것입니다. 레인저 계획에서는 최초로 달을 가까이에서 촬영하였고, 서베이어 계획에서는 달 표면의 사진을 찍었으며 달 흙은 어떤 성분으로 이루어졌는지 알아내었습니다. 루나 오비터라는 무인 달 탐사선을 보내어 달의 표면 가까이에서 돌며 아폴로 우주선들이 착륙하기 좋은 지점을 찾게 하였습니다.

드디어 1967년 1월 준비했던 아폴로 프로젝트를 시작하게 되었으나 아폴로 1호를 시험하던 중 사고가 났습니다. 그 때 우주선에 탑승하고 있던 우주 비행사 거스 그리섬, 에드워드 화이트, 로저 채피 등 3명이 사망하였습니다.

이 사고로 아폴로 프로젝트를 연기하고 다시 설계하여 1968년 10월부터 아폴로 7호~10호를 시험하였습니다. 그 사이, 구소련도 달을 향한 계획을 계속하고 있었습니다. 그러다가 1969년 7월 21일에 루나 15호 우주선을 쏘아 달의 흙 표본을 가지고 돌아오려 했으나 달의 표면에 충돌하면서 실패로 돌아갔습니다.

1969년 7월 20일에 아폴로 11호는 달에 착륙해 24일에 돌아옴으로써 인간 최초의 달 착륙이 이루어졌습니다. 이후 우주선의 산소탱크 폭발로 달 착륙을 포기한 아폴로 13호를 제외하고, 아폴로 12호와 아폴로 14~17호는 성공적으로 임무를 마쳤습니다. 1972년 12월 아폴로 17호의 임무를 마지막으로 지금까지 달 표면을 걸어 다닌 사람은 없습니다.

달의 표면

달 표면에는 여러 뚜렷한 특징이 있다. 이러한 특징 중 크레이터가 대표적이며, 사선, 크레이터 체인, 달의 바다, 열구 및 산 등이 있다. 이 차시에서 학생들은 점토, 회반죽 또는 밀가루 점토를 사용하여 달의 지도 및 사진에서 본 것과 일치하는 달 표면의 모형을 만들어본다. 아폴로의 착륙 지점을 표시하고 각 달 암석 표본의 수집 장소를 확인한다.

학습 목표

달 표면의 모형을 만들고, 각 지역의 지질학적 형성 과정과 암석을 연구한다.

해당 학년

중학교 2~3학년

소요 시간

60분

이것이 필요해요

쌍안경 또는 망원경, 달 지도나 사진, 진흙(회반죽 또는 밀가루 점토),
납작한 상자나 쟁반, 조각도구, 이쑤시개 깃발, 달 표본 디스크

이렇게 준비해요

- 한 개 이상의 달 표본을 입수하여 학생들에게 달 표면의 모형으로 만들 특정 영역을 지정하거나 선택할 수 있도록 한다. 달의 앞면(지구에서 보이는 쪽)과 뒷면 모두의 지도를 사용하면 보다 다양한 표면 특징을 확인할 수 있다.
- 얇은 종이 박스(또는 쟁반)와 모델링 재료(밀가루 점토 등)를 수집한다.
- 나무 막대, 플라스틱 칼, 롤링 핀 등의 조각용 공구를 구비한다.
- 학생들이 자신이 만든 달 표면의 모형과 암석 표본을 관련지을 수 있도록"루나샘플디스크(달표본디스크)"를 먼저 학습한다.

핵심 단어

- **크레이터** : 달, 위성, 행성 표면에 있는 크고 작은 구멍을 말한다. 운석, 화산, 내부가스의 분출 등 다양한 원인에 의하여 만들어짐.
- **산** : 고지의 거의 모두가 큰 크레이터 테두리. 또한 직경이 40㎞보다 큰 크레이터 중앙에 발생되며, 이러한 산을 중앙 융기라 지칭함. 또한 돔이라 불리는 낮고, 원형의 둥근 언덕으로 나타나기도 함.
- **열구** : 고온의 용암이 흐르고 난 후 붕괴된 지하 용암 통로로 형성된 달의 바다를 횡단하는 긴 계곡.
- **사선** : 크레이터에서 시작하여 먼 거리까지 확대된 밝은 색 줄무늬.
- **지형** : 지표면의 특징적인 형태를 말하며 지표의 고저기복, 즉 산·골짜기·평야·하천·해안·해저 등의 각종 지표형태를 말함.

활동 내용

1 미리 준비하기

- 학생들을 3~4명으로 팀을 짜서 나눈다.
- 각 팀마다 진흙(회반죽 또는 밀가루 점토)으로 달 표면의 모형을 만든다.

※ 밀가루 점토 만드는 방법

밀가루 2컵, 오일(1/3컵에 약간 못 미치는 양), 소금 1컵, 냉수 2컵

재료를 혼합하여 큰 소스팬에서 반죽이 공모양이 될 때까지 계속 저으며 혼합물을 만든다. 반죽을 밀가루를 뿌린 표면에 쏟아 놓고 식힌다. 그런 다음 부드럽고 탄성이 생길 때까지 반죽한다. 완전히 식힌 후 진공 용기에 담아 냉장 보관한다.

2 과제해결하기

- 모둠별로 협동하여 한 개의 달 표면 모형을 제작한다고 하면, 각 팀은 제작하고자 하는 표면의 특징을 지질학적으로 설명하며 해당 영역의 대표적인 암석 유형을 기록해야 한다.
- 달 지도에서 유형별 각 영역 주변에 외곽선을 그리거나 지도가 하나 더 있을 경우 지도를 구역을 나누어 절단한다.
- 달 표면 모형을 다시 종합함으로써 전체 지도가 다시 만들어지도록 한다.
- 이쑤시개 깃발을 사용하여 아폴로 착륙 지점을 표시하도록 한다.

3 절차

① 쌍안경이나 망원경으로 달을 관측한다. 표면에서 어떤 특징을 확인할 수 있는가?

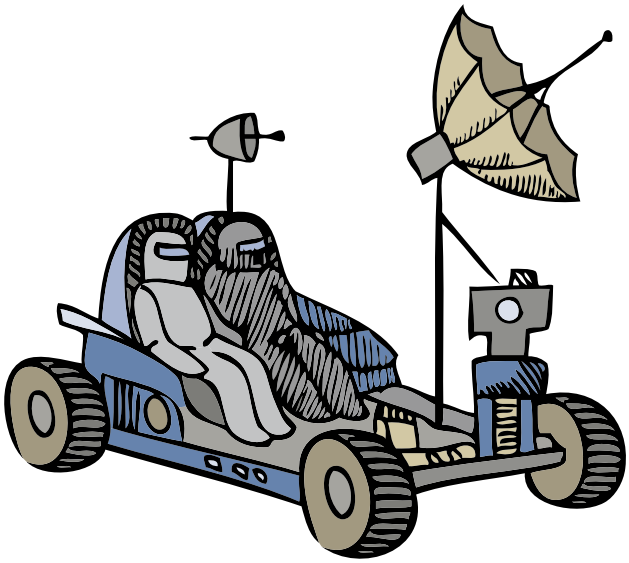
② 달의 지도와 사진을 본다. 눈에 보이는 여러 다른 특징들을 적어본다.
③ 준비된 상자에 얇고 고르게 모델링 재료 층을 깔아서 달 표면 모형을 준비한다.
④ 조각용 도구를 사용하여 달 표면에서 보이는 특징을 구성한다.
⑤ 이러한 달 표면의 특징이 어떻게 형성되었다고 생각하는가? 각 특징마다 최소 한 가지 의견을 기록한다.
⑥ 해당 달 표면 모형에 아폴로 착륙 지점이 있는 경우 이쑤시개 깃발로 라벨을 붙인다.
⑦ 해당 지역에 어떠한 종류의 암석이 발생되는가? 해당 지역에 아폴로 착륙지점이 있는 경우 아래 달 표본 디스크의 샘플 명칭을 기재한다.
⑧ 학생 자신이 만든 달 표면 모형과 친구의 모형을 비교한다. 한 지역의 특징이 또 다른 지역의 특징이 일치하는가? 왜 그러한가? 또는 왜 그렇지 않은가?

④ 활동결과 및 결론

- 달의 그림이나 사진에서 다양한 표면의 특징을 검토한다. 다른 것에 비해 좀 더 공통적인 특징이 있는지 살펴본다.
- 달에서 가장 흔한 지형은 무엇인가? 이러한 지형은 달의 앞면에 위치하는지, 뒷면에 위치하는지, 또는 전체적으로 분포되어있는지 살펴본다.
- 다양한 표면의 특징을 만든 과정을 검토한다.

※ “충돌 크레이터 활동”및“점토 용암류 활동”참고

- 학생들이 모델로 제작한 영역에는 어떠한 암석이 발견되는가? (“아폴로 착륙 지점”과 “달 표본 디스크”첨부한 문서 참조)
- 모둠 학생들이 달의 대형지도에서 각기 다른 영역의 표면을 모델로 선택한 경우 선택한 표면의 특징은 서로 일치하는가? 왜 그런지 또는 왜 그렇지 않은지를 토론하도록 한다.



달의 표면

달의 표면을 살펴보면 밝은 부분과 어두운 부분이 있다. 고대 그리스에서부터 밝은 부분은 땅으로, 어두운 부분은 바다로 여겼던 것 같다. 망원경이 발명되기 훨씬 이전부터 사용하여, 비록 지구에서 보는 땅과 바다의 개념이 아니어도 아직 바다라는 용어를 사용하고 있다.

예전에는 땅이라고 여겼던 부분이 지금은 고지대라고 한다. 달 표면의 거의 대부분은 밝은 색을 띠며 수많은 구덩이로 덮인 고지대로 이루어져 있는데, 특히 달의 뒷면은 대부분이 고지대이다.

고지대에 있는 많은 구덩이를 크레이터라고 한다. 이들 크레이터는 전부 운석이 달에 부딪히면서 만들어진 것이다. 달에 우주선이 가기 전까지는 화산 활동으로 크레이터가 생겼다고 생각하였으나 달의 특징을 자세히 확인하면서 운석과의 충돌이라는 것이 확실해졌다. 운석과의 충돌은 폭탄이 터지는 것과 비슷하다. 운석은 충돌할 때 초속 20km 이상이어서 충돌 후에는 운석 전체가 증발하여 형체를 볼 수 없다. 부딪힌 달의 일부는 증발하거나 녹지만 대부분은 부딪혀 생긴 둥근 부분의 가장자리에 쌓이게 된다.

달의 바다는 지구에서처럼 물이 존재하지 않는다. 단지 편평한 저지대를 뜻할 뿐이다. 바다는 30개가 알려져 있는데 이 중 4개만 달의 뒷면에 있고 나머지는 모두 앞면에 있어 지구에서 바라볼 수 있다. 바다에는 고지대보다 크레이터의 수가 적다. 이는 고지대보다 나중에 생겼다는 것을 의미한다. 이 사실 또한 아폴로 우주선이 달 표면에서 샘플을 가져와 분석한 결과 알 수 있게 되었다.

달의 표면은 지구와 같이 흙으로 덮여 있을까? 지구의 화산에서 분출된 용암이 만든 광경과 비슷할 지도 모르지만, 색이 짙은 회색이라는 공통점 외에는 비슷하지 않다. 달 표면은 짙은 회색으로 모래 표면이며, 수 십 억 년에 걸쳐 운석이 충돌하고 그로 인해 원래의 표면은 가루 형태가 되었다. 달에는 공기가 없어서 운석이 부딪힐 때에도 아무런 저항 없이 최고 속도로 충돌하게 되기 때문이다. 달을 덮고 있는 가루로 된 층을 달의 표토라고 한다.

달의 표면

학년 반 이름

도전과제

달 표면의 모형을 만들고 각 지역의
지질학적 과정과 암석에 대해 연구한다.

달 표면에는 여러 뚜렷한 특징이 있습니다. 이러한 특징 중 크레이터가 대표적이며, 사선, 크레이터 체인, 달의 바다, 열구 및 산 등이 있습니다. 점토, 회반죽 또는 밀가루 점토를 사용하여 달지도 및 사진에서 본 것과 일치하는 달 표면의 모형을 만들어 아폴로의 착륙 지점을 표시해보고 각 지역의 지질학적 과정과 암석에 대하여 연구해봅시다.

이것이 필요해요

쌍안경 또는 망원경, 달 지도나 사진, 진흙(회반죽 또는 밀가루 점토), 납작한 상자나 쟁반, 조각도구, 이쑤시개 깃발, 달 표본 디스크

핵심 단어

- [ ] : 달, 위성, 행성 표면에 있는 크고 작은 구멍을 말한다. 운석, 화산, 내부가스의 분출 등 다양한 원인에 의하여 만들어짐.
- [ ] : 고지의 거의 모두가 큰 크레이터 테두리. 또한 직경이 40㎞보다 큰 크레이터 중앙에 발생되며, 이러한 산을 중앙 융기라 지칭함. 또한 돔이라 불리는 낮고, 원형의 둥근 언덕으로 나타나기도 함.
- **열구** : 고온의 용암이 흐르고 난 후 붕괴된 지하 용암 통로로 형성된 달의 바다를 횡단하는 긴 [ ].
- [ ] : 크레이터에서 시작하여 먼 거리까지 확대된 밝은 색 줄무늬.
- [ ] : 지표면의 특징적인 형태를 말하며 지표의 고저기복, 즉 산·골짜기·평야·하천·해안·해저 등의 각종 지표형태를 말함.

생각해보기

① 달 표면의 지형은 어떻게 형성되었을까요?

② 크레이터는 어떤 원인으로 형성되었을까요?

활동 순서

① 쌍안경이나 망원경으로 달을 관측합니다. 표면에서 어떤 특징을 확인할 수 있습니까?

② 달의 지도와 사진을 봅니다. 눈에 보이는 여러 다른 특징들을 적어보세요.

③ 준비된 상자에 얇고 고르게 모델링 재료 층을 깔아서 달 표면 모형을 준비합니다.
④ 조각용 도구를 사용하여 달 표면에서 보이는 특징을 구성합니다.
⑤ 이러한 달 표면의 특징이 어떻게 형성되었다고 생각합니까? 각 특징마다 최소 한 가지 의견을 기록합니다.

⑥ 해당 달 표면 모형에 아폴로 착륙 지점이 있는 경우 이쑤시개 깃발로 라벨을 붙입니다.

⑦ 해당 지역에 어떠한 종류의 암석이 발생됩니까? 해당 지역에 아폴로 착륙지점이 있는 경우 아래 달 표본 디스크의 샘플 명칭을 기재해봅니다.

⑧ 학생 자신이 만든 달 표면 모형과 친구의 모형을 비교해봅시다. 한 지역의 특징이 또 다른 지역의 특징을 일치합니까? 왜 그러한지, 또는 왜 그렇지 않은지 생각해봅시다.

활동 결과 및 결론

① 달 표면 특징 중 어떤 특징은 다른 특징보다 (보편적입니다, 두드러집니다.)

② 달에서 가장 흔한 지형은 무엇입니까?

③ 달에서 가장 흔한 이 지형은 달의 (전체적으로 분포되어있습니다, 앞면(지구에서 보이는 쪽)에 있습니다, 뒷면(지구에서 보이지 않는 쪽)에 있습니다.)

④ 학생이 달 표면 모형으로 제작한 영역에는 어떤 종류의 암석이 발견되었습니까?

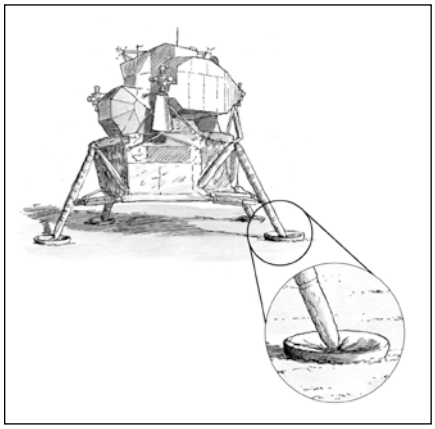
⑤ 모둠 학생들이 달의 대형지도에서 각기 다른 영역의 표면을 모델로 선택한 경우 선택한 표면의 특징이 서로 일치합니까? 왜 그런지 또는 왜 그렇지 않은지를 토론해봅시다.

【읽을 거리】

얼마나 단단할까요?

달에 최초로 간 사람은 달에 착륙할 때 매우 위험한 상태였습니다. 그 이유는 달 표면이 작은 먼지층이 두껍게 덮여 있기 때문입니다. 먼지층이 얼마나 깊은지, 또 얼마나 약한지 누구도 알지 못했습니다. 혹시 우주선이 착륙하면 가라앉아 눈앞에서 사라져 버릴지도 모르는 일이었습니다.

그러나 이제는 이 먼지층이 단단하다는 것을 알고 있습니다. 사진에서 아폴로 11호의 착륙선 패드가 먼지 속으로 약 5cm 들어가 있는 것을 볼 수 있습니다. 얼마나 다행입니까? 이를 통해 NASA는 우주선의 착륙 시스템에 어떤 충격 흡수장치가 필요한지 알게 되었습니다.



지금까지 12명의 사람만이 달에 발을 디뎠습니다. 그러나 NASA는 언젠가 6개월 동안 함께 생활할 우주 비행사 팀을 보낼 계획을 세우고 있답니다.

분화

행성이 녹기 시작할 때 이들의 구성 물질은 서로 분리되기 시작한다. 금속성 철과 같은 가장 무거운 성분은 가라앉으며 핵을 형성한고, 낮은 밀도의 마그마는 떠오르며 지각을 형성한다. 이 과정을 분화라고 한다.

지각 형성 직후, 달은 상당 부분이 용융되어 주변을 완전히 둘러싸인 거대한 마그마 실체를 구성한다. 이는 달의 마그마 바다라고 한다. 이것이 달에 실제로 발생되었다는 주요 증거는 고대의, 달 고지 지각에 상당한 양의 광물 사장석이 존재한다는 것이다. 과학자들은 장석이 마그마 바다에 표류하며 상단에 누적되었다고 추측하는 동시에, 감람석과 휘석과 같은 밀도 높은 광물은 가라앉아 마그마 바다의 기본층에 누적되었다고 본다.

이와 동일한 과정은 지구의 용암 호수와 화산 아래 마그마 챔버에 발생된다. 용융된 물질보다 밀도가 높은 광물은 가라앉고 밀도가 낮은 것은 뜬다. 다양한 화성암을 만드는 것은 중요한 지질학적 과정이다.

학습 목표

분화시 달의 마그마의 바다에서 광물들이 어떻게 분리되는지 살펴본다.

해당 학년

중학교 2~3학년

소요 시간

60분

이것이 필요해요

100원짜리 동전, 모래, 이쑤시개, 그릇, 투명용기, 물

이렇게 준비해요

- 투명용기는 1000ml 비커가 실험용으로 가장 적절하나 입구가 넓은 유리 용기도 사용가능하다.

핵심 단어

- **분화** : 화산으로부터 마그마 등의 고형물이 분출된 것
- **밀도** : 물질의 질량을 부피로 나눈 값으로 물질마다 고유한 값을 지닌다. 단위는 g/㎖, g/㎤ 등을 주로 사용.
- **마그마 바다** : 분화과정에서 달의 상당부분이 용융되어 주변을 완전히 둘러싼 거대한 마그마 실체를 구성한 것

활동 내용

1 미리 준비하기

- 학생들을 3~4명으로 팀을 짜서 나눈다.

2 실험방법 설명

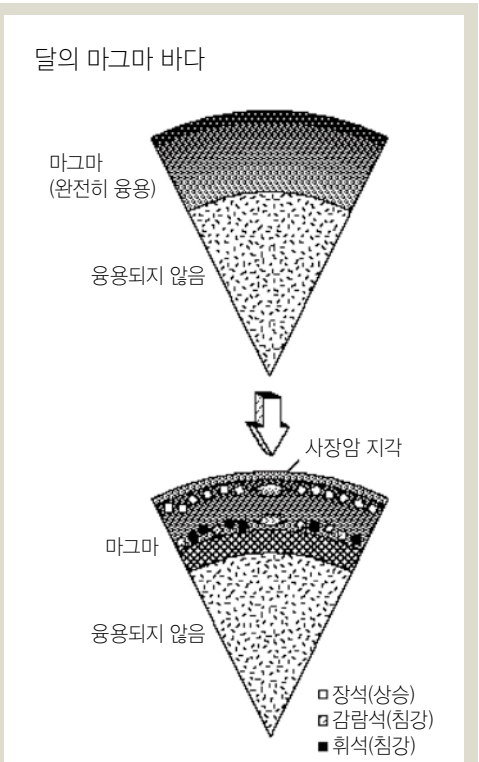
- 100원짜리 동전, 모래와 이쑤시개를 한 줌 집어 물에 떨어뜨린다.
- 100원짜리 동전은 모래보다 빨리 가라앉고 이쑤시개는 뜬다. 물에 뜬 이쑤시개는 다양한 각도로 위치하며 초기 달의 지각을 형성했던 장석과 유사하다.
- 맨 바닥에 모래보다 100원짜리 동전을 더 많이 쌓고, 그 더미 위에 모래를 얹는다. (100원짜리 동전은 모래보다 훨씬 밀도가 높으므로 더 빠르게 가라앉는다.)
- 그 사이의 물은 정적인 용융 마그마를 나타낸다.

3 절차

① 100원짜리 동전, 모래, 이쑤시개를 그릇에 담아 혼합한다.
② 투명 용기의 상단 2㎝ 지점까지 물을 채운다.
③ 물에 100원짜리 동전·모래·이쑤시개 혼합물 한 줌을 떨어뜨렸을 때, 어떠한 현상이 발생할지 예측한다. 모두 바닥에 가라앉을지 일부 다른 것보다 빨리 가라앉는 물체가 있을지 예측해본다.
④ 이제 혼합물을 떨어뜨린다. 물체가 더 이상 움직이지 않을 때까지 기다린 후 퇴적물을 확인한다.
⑤ 물체가 가라앉거나 뜨는 방식이 다른 이유를 설명해본다.
⑥ 달의 마그마 바다의 광물 장석이 물 속의 이쑤시개와 같이 반응한다고 가정한다. 이를 통해 초기 달의 지각 형성에 관해 알 수 있는 것을 적어봅시다.
⑦ 달의 고지를 형성하는 것이 무엇이며, 이 실험을 통해 이해가 되었는지 정리해본다.

4 활동 결과 및 결론

- 가라앉고 뜨는 물체를 달의 마그마 바다의 분화와 관련지어 이야기해 본다.



달의 마그마 바다

달은 거대 충돌로 형성된 이후 마그마 바다가 형성되고 결정화되었다. 달의 마그마 바다는 최소한 500㎞에 달하는 깊이로 이러한 마그마 체계에서 형성된 최초의 광물은 철과 마그네슘, 규소, 감람석 및 휘석이었다. 이들은 마그마보다 조밀하여 빠르진 않지만 물에 빠진 바위처럼 가라앉는다. 결국, 사장석이 형성되었고 이는 마그마보다 밀도가 떨어지므로 콜라의 거품처럼 마그마 위에 뜨기 시작했다. 이는 퇴적되어 사장암 산을 이루었고 최초의 달 지각이 되었다. 이러한 마그마 바다 단계는 약 44억 년 전에 완료되었다.

형성된 직후, 달 주변은 달의 마그마 바다라 지칭하는 용융 암석의 거대한 껍질로 둘러싸였다. 내부에 결정이 형성되면서 감람석 및 휘석과 같은 조밀한 암석은 가라앉고 밀도가 낮은 사장석은 위로 뜨면서 사장암 지각을 형성하였다. 이차시의 실험에서 물에 뜨는 이쑤시개는 사장석을 나타내고 물에 가라앉는 100원짜리 동전은 감람석 및 휘석을 나타내는 것이다.

분화

학년 반 이름

도전과제

분화시 달의 마그마 바다에서 광물들이 어떻게 서로 분리되는지 살펴본다.

행성이 녹기 시작할 때 이들의 구성 물질은 서로 분리되기 시작합니다. 금속성 철과 같은 가장 무거운 성분은 가라앉으며 핵을 형성한고, 낮은 밀도의 마그마는 떠오르며 지각을 형성합니다. 이 과정을 분화라고 합니다. 지각 형성 직후, 달은 상당 부분이 용융되어 주변을 완전히 둘러싸인 거대한 마그마 실체를 구성합니다. 이는 달의 마그마 바다라고 합니다. 이러한 마그마 바다에서 광물들이 서로 어떻게 분리되는지 간단한 실험을 통해 알아봅시다.

이것이 필요해요

100원짜리 동전, 모래, 이쑤시개, 그릇, 투명용기, 물

핵심 단어

- [ ] : 화산으로부터 마그마 등의 고형물이 분출된 것
- **밀도** : 물질의 질량을 [ ] 로 나눈 값으로 물질마다 고유한 값을 지닌다. 단위는 g/㎖, g/㎤ 등을 주로 사용한다
- [ ] : 분화과정에서 달의 상당부분이 용융되어 주변을 완전히 둘러싼 거대한 마그마 실체를 구성한 것

예상하기

① 물에 100원짜리 동전·모래·이쑤시개 혼합물 한 줌을 떨어뜨렸을 때 어떠한 현상이 발생할까요?

② 모두 바닥에 가라앉을지 일부 다른 것보다 빨리 가라앉는 물체가 있을지 예측해봅니다. 어떤 물체가 가장 먼저, 또 가장 나중에 가라앉을까요?

생각해보기

• 이 실험에서 가라앉고 뜨는 물체는 달의 마그마 바다의 분화와 어떤 관련성이 있는지 생각해봅니다.

활동 순서

① 100원짜리 동전, 모래, 이쑤시개를 그릇에 담아 혼합합니다.

② 투명 용기의 상단 2㎝ 지점까지 물을 채웁니다.

③ 물에 100원짜리 동전·모래·이쑤시개 혼합물 한 줌을 떨어뜨렸을 때, 어떠한 현상이 발생할지 예측해봅니다. 모두 바닥에 가라앉을지 일부 다른 것보다 빨리 가라앉는 물체가 있을지 예측해봅니다.

④ 이제 혼합물을 떨어뜨립니다. 물체가 움직이지 않을 때까지 기다린 후 퇴적물을 확인합니다.

⑤ 물체가 가라앉거나 뜨는 방식이 다른 이유를 설명해봅니다.

⑥ 달의 마그마 바다의 광물 장석이 물 속의 이쑤시개와 같이 반응한다고 가정한다. 이를 통해 초기 달의 지각 형성에 관해 알 수 있는 것을 적어봅시다.

⑦ 달의 고지를 형성하는 것이 무엇이며, 이번 실험을 통해 이해가 되었는지 정리해봅시다.

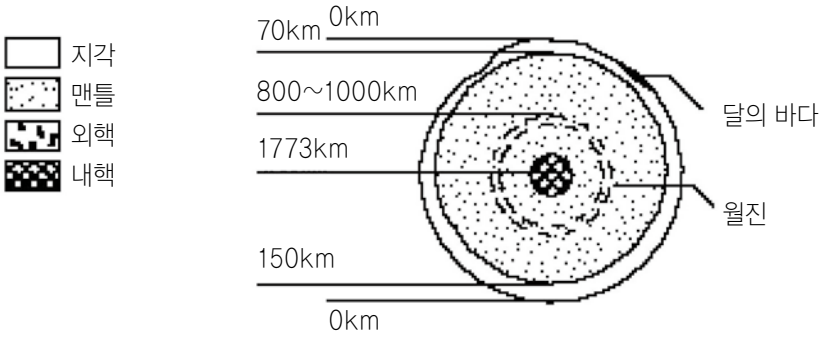
활동 결과 및 결론

① 초기 달의 지각형성의 모습이 어떠하였을지 생각해봅니다.

② 달의 마그마 바다와 달 고지 지각에서 발견된 광물이 서로 다른 이유를 생각해봅시다.

【읽을 거리】

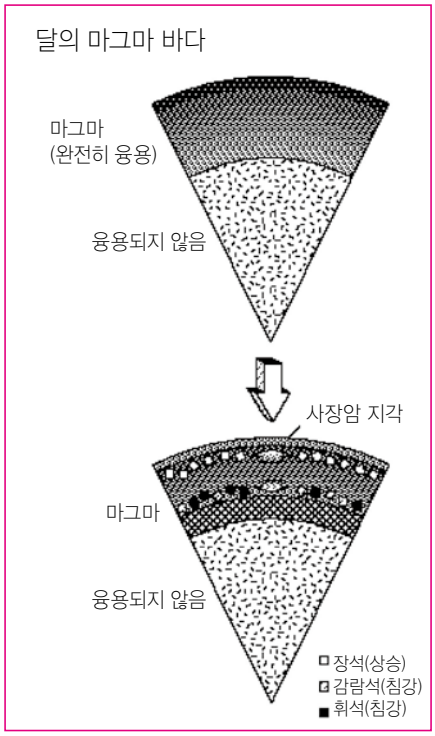
달의 내부 구조



달의 마그마 바다

달은 거대 충돌로 형성된 이후 마그마 바다가 형성되고 결정화되었다. 달의 마그마 바다는 최소한 500㎞에 달하는 깊이로 이러한 마그마 체계에서 형성된 최초의 광물은 철과 마그네슘, 규소, 감람석 및 휘석이었다. 이들은 마그마보다 조밀하여 빠르진 않지만 물에 빠진 바위처럼 가라앉는다. 결국, 사장석이 형성되었고 이는 마그마보다 밀도가 떨어지므로 콜라의 거품처럼 마그마 위에 뜨기 시작했다. 이는 퇴적되어 사장암 산을 이루었고 최초의 달 지각이 되었다. 이러한 마그마 바다 단계는 약 44억 년 전에 완료되었다.

형성된 직후, 달 주변은 달의 마그마 바다라 지칭하는 용융 암석의 거대한 껍질로 둘러싸였다. 내부에 결정이 형성되면서 감람석 및 휘석과 같은 조밀한 암석은 가라앉고 밀도가 낮은 사장석은 위로 뜨면서 사장암 지각을 형성하였다. 위의 실험에서 물에 뜨는 이쑤시개는 사장석을 나타내고 물에 가라앉는 100원짜리 동전은 감람석 및 휘석을 나타내는 것이다.



점토 용암류

본 학습에서 학생들은 진흙을 사용하여 표면 용암류를 재현하게 된다. 진흙을 경사면에 부을 때, 우선적으로 해야 할 일은 분출물의 뚜렷한 특징이 형성되는 것을 관찰하는 것이다. 제방(Levees)은 분출물의 주변에 형성되는데, 이 때, 둑이 범람하면서 형성되는 용암류의 제방과는 달리 진흙이 흘러내리면서 바로 제방을 형성한다. 진흙은 제방 내부에서 내리막으로 이동한다. 리지(Ridge)는 흐르는 부분에서 형성될 수 있으며 용암류의 큰 리지와 유사하다. 분출물의 두께는 경사, 시간, 분출물의 위치 및 쏟은 진흙의 양에 따라 변화한다. 이러한 변수는 시간의 함수로 너비와 두께를 측정함으로써 실험할 수 있다.

학습 목표

용암의 대체물로 진흙을 사용하여 용암이 행성의 지표를 따라 흐를 때 형성되는 구조물과 지질학적 과정을 이해한다.

해당 학년

중학교 1~3학년

소요 시간

60분

이것이 필요해요

점토혼합물, 양동이(주둥이가 있는 것이 좋다), 거품기나 큰 주걱, 10㎝×10㎝ 격자무늬가 그려진 ~0.5m×1m 플라스틱판(또는 랩을 씌운 나무화판), 배관, 스톱워치, 각도기, 측정용 테이프나 자, "데이터표"

이렇게 준비해요

- 점토와 물을 양동이에 젖은 점토 약 2.3kg와 물 4컵의 비율로 섞는다.
- 점토·물 혼합물은 덩어리가 거의 없는 상당히 균일한 상태이어야 하므로 두께가 균일한 크림상태가 되도록 거품기(또는 큰 주걱)를 사용하여 혼합물을 부드럽게 만든다.
- 플라스틱판이 실험용으로 적합하나, 구하기 힘들 경우 랩을 씌운 나무 화판과 같이 작은 구멍이 없는 표면도 적합하다.

– 표면에 수분이 스며들만한 구멍이 너무 많으면 진흙이 수분을 잃어 분출물의 특성이 변화한다.

– 유성매직펜을 사용하여 플라스틱판에 10㎝간격으로 격자무늬를 그린다. 또는 비닐 랩을 덮은 종이 위에 격자무늬를 그린 후 나무판에 고정시킨다.

핵심 단어

- **용암류** : 융융상태의 용암이 화구에서 흘러내리는 것 또는 그것이 고결한 암체.
- **제방** : 물가에 흙이나 돌, 콘크리트 따위로 쌓은 둑.
- **전단** : 물체 내부 양쪽에 크기가 같고 방향이 반대인 두 힘이 가해져 물체 내부에서 어긋남이 생기는 일.

활동 내용

1 미리 준비하기

- 학생들을 3~4명으로 팀을 짜서 나눈다.

2 과제해결하기

- 유성 매직 펜을 사용하여 플라스틱판에 10cm 간격으로 격자 무늬를 그린다. 또는 나무 판에 테이프로 고정한 후 플라스틱 랩을 덮은 종이에 격자 무늬를 그려도 된다.
- 각도기 및 연추선을 사용하여, 절차에 맞게 플라스틱판을 15°의 각도로 지지한 다음 절차를 반복할 수 있도록 25° 각도로 조정한다.
- 학생은 점토를 천천히 일정한 속도로 경사 플라스틱판에 부어야 한다. 양동이는 플라스틱판의 높은 쪽 끝에서 약 10cm에 고정해야 한다.

각 10cm 표시마다,

① 분출물 전반부가 표시를 통과한 시간을 기록한다.

② 분출물의 길이를 측정한다.

③ 분출물의 너비를 측정한다.

④ 분출물의 중앙 깊이를 측정한다.

이러한 수치를 기록하고, 또 분출물의 외곽을 대략적으로 그릴 수 있도록 '데이터 표'를 뒤에 첨부하였다.

점토가 플라스틱판 위에 흐를 때, 유속이 낮거나 제로인 가장 자리 근처의 부분을 확인한다. 이 부분이 통로의 제방이 된다.

3 절차

① 양동이에서 점토와 물의 혼합물을 젓는다.(약간의 덩어리는 허용)

② 플라스틱판의 한쪽 끝을 약 15°의 각도로 고정한다(각도기 및 연추선을 사용하여 각도를 정한다). 플라스틱판 아래쪽 판이 처짐을 방지하는 데 유용하다.

③ 점토 혼합물의 양동이를 플라스틱판의 높은 끝쪽에서 아래쪽 경사로 약 10㎝ 지점에서 잡는다. 양동이가 플라스틱판 표면 위로 10㎝ 올라오도록 한다. 점토를 천천히 붓는다. 쏟는 속도는 가급적 일정하게 유지하는 것이 중요하다. 분출물 전반부가 영점을 통과할 때 스톱워치를 작동한다.
④ 아래쪽 경사로 흘러서 퍼질 때의 분출물을 관찰하고 각각의 10㎝표시에 도달할 때의 시간을 기록한다. 분출물의 전반부 뒤에서 뚜렷한 통로는 얼마나 멀리에서 명확하게 보이는가?
⑤ 붓는 것을 멈췄을 때 시간을 기록한다. (분출물은 계속 이동하고 있음). '데이터표'를 작성한다.
⑥ 통로와 제방 및 제방 내 전단부를 확인한다. 통로는 분출물의 전체 길이를 연장시키는가?
⑦ 줄자를 사용하여 각 10㎝ 표시에서 분출물의 길이, 너비 및 중앙 깊이와 채널 너비를 측정한다. '데이터표'를 작성한다.
⑧ 격자를 중심선으로 활용하여 분출물의 윤곽을 그린다.
⑨ 이제 플라스틱판을 약25°의 각도보다 높게 고정하고 실험을 반복한다. 점토를 경사 끝에서 평평한 내부 표면까지 흘러내릴 수 있다. 이렇게 평평한 부분의 구조는 경사 부분의 구조와 비교할 때 어떠한가?
⑩ 모든 측정을 반복하고 '데이터표'를 작성한다.

활동 결과 및 결론

- 두 개의 분출물을 어떻게 비교하는가?
- 유량 너비에 대한 통로 너비의 비율이 동일한가?

심화 학습

- 눈금이 있는 자를 사용하여 각 10㎝ 표시 단위로 분출물을 분할하여 횡단면도를 구한다.
- 횡단면에서 제방의 여백을 볼 수 있는가?
- 분출물의 길이의 아래로 갈수록 횡단면이 어떻게 변화하는가?
- 활동을 비디오로 촬영해본다.

지도상 유의점

- 점토와 물을 혼합할 때 쉽게 혼합할 수 있도록 점토를 1.2cm의 조각으로 나눈 후 말린다. 혼합과정에서 점토를 사용하기 최소 이틀 전에 시작해야 한다. 양동이를 덮어 점토 혼합물이 경화되지 않도록 한다.
- 점토·흙 혼합물이 너무 묽으면 물처럼 쏟아지고, 너무 되면 덩어리지며 쌓이게 된다. (이 현상은 매우 흥미로우며, 일부 매우 점성이 높은 용암류와 다소 유사하다)
- 진흙을 경사면에 부으면 제방(levees)이 분출물의 외곽에 형성되는데, 둑이 범람하면서 제방이 형성되는 용암류의 제방과 같은 현상과 동일하지는 않다. 이것은 진흙이 흐르면서 실제로 제방을 형성하는 것으로, 제방 내부의 진흙은 내리막으로 이동한다.
- 리지(Ridge)는 흐르는 부분에서 형성될 수 있으며 용암류의 큰 리지와 유사하다.
- 분출물의 두께는 경사, 시간, 분출물의 위치 및 쏟은 진흙의 양에 따라 변화한다. 이러한 변수는 시간의 함수로 너비와 두께를 측정함으로써 실험할 수 있다.

점토 용암류

학년 반 이름

도전과제

용암의 대체물로 진흙을 사용하여
용암이 행성의 지표를 따라 흐를 때 형성되는
구조물과 지질학적 과정을 이해한다.

달 표면의 용암이 우리 주변의 어떤 물질과 비슷할 지 생각해본 적이 있나요? 용암의 대체물로 진흙을 사용할 때, 분출물의 두께가 경사, 시간, 분출물의 위치 및 쏟은 진흙의 양에 따른 변화를 관찰하며 지질학적 과정을 이해해보자.

이것이 필요해요

점토혼합물, 양동이(주둥이가 있는 것이 좋다), 거품기나 큰 주걱, 10㎝×10㎝ 격자무늬가 그려진 ~0.5m×1m 플라스틱판(또는 랩을 씌운 나무화판), 배관, 스톱워치, 각도기, 측정용 테이프나 자, "데이터표"

핵심 단어

- [ ] : 용융상태의 용암이 화구에서 흘러내리는 것 또는 그것이 고결한 암체.
- [ ] : 물가에 흙이나 돌, 콘크리트 따위로 쌓은 둑.

활동 순서

① 양동이에서 점토와 물의 혼합물을 젓습니다.(약간의 덩어리는 허용)

② 플라스틱판의 한쪽 끝을 약 15°의 각도로 고정합니다 (각도기 및 연추선을 사용하여 각도를 정함). 플라스틱판 아래쪽 판이 처짐을 방지하는 데 유용합니다.

③ 점토 혼합물의 양동이를 플라스틱판의 높은 끝쪽에서 아래쪽 경사로 약 10㎝ 지점에서 잡습니다. 양동이가 플라스틱판 표면 위로 10㎝ 올라오도록 합니다. 점토를 천천히 붓는다. 쏟는 속도는 가급적 일정하게 유지하는 것이 중요합니다. 분출물 전반부가 영점을 통과할 때 스톱워치를 작동합니다.

④ 아래쪽 경사로 흘러서 퍼질 때의 분출물을 관찰하고 각각의 10㎝표시에 도달할 때의 시간을 기록합니다. 분출물의 전반부 뒤에서 뚜렷한 통로는 얼마나 멀리에서 명확하게 보이나요?

⑤ 붓는 것을 멈췄을 때 시간을 기록합니다. (분출물은 계속 이동하고 있음). '데이터표'를 작성합니다.
⑥ 통로와 제방 및 제방 내 전단부를 확인합니다. 통로는 분출물의 전체 길이를 연장시키나요?

⑦ 줄자를 사용하여 각 10㎝ 표시에서 분출물의 길이, 너비 및 중앙 깊이와 통로 너비를 측정합니다. '데이터표'를 작성합니다.
⑧ 격자를 중심선으로 활용하여 분출물의 윤곽을 그립니다.
⑨ 이제 플라스틱판을 약25°의 각도보다 높게 고정하고 실험을 반복합니다. 점토를 경사 끝에서 평평한 내부 표면까지 흘러내릴 수 있습니다. 이렇게 평평한 부분의 구조는 경사 부분의 구조와 비교할 때 어떠한가요?

⑩ 모든 측정을 반복하고 '데이터표'를 작성합니다.

활동 결과 및 결론

① 두 개의 분출물을 어떻게 비교합니까?

② 유량 너비에 대한 통로 너비의 비율이 동일합니까?

데이터 표

각도	0°일 때의 시간	10	20	30	40	50	60	70	80	90	붓기를 멈춘 시간
15°											
25°											

각도	0°일 때의 너비	10	20	30	40	50	60	70	80	90	총 길이
15°											
25°											

각도	0°일 때의 중심선의 깊이	10	20	30	40	50	60	70	80	90
15°										
25°										

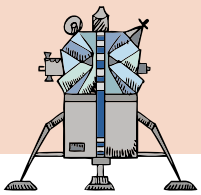
각도	0°일 때의 통로의 너비	10	20	30	40	50	60	70	80	90
15°										
25°										

데이터 표

❖ 15°일 때 분출물 스케치

❖ 25°일 때 분출물 스케치

달 착륙 지점



이전 학습에서 달 암석, 표면 특징 및 이를 형성한 지질학적 과정을 소개하였다. 이러한 배경지식을 바탕으로 학생들에게 달 착륙의 임무를 계획하라는 과제를 제시한다. 본 학습에서는 학생이 모둠별로 우주선을 설계하고, 적절한 달 착륙 지점을 선택한 후 전체 수업 전 의견을 제시한다. 최종 발표 시에는 지도, 도면 및 3차원 모형과 같은 시각자료와 함께 발표해야 한다.

학습 목표

달 왕복 여행을 위한 우주선을 설계하고 흥미로운 달 착륙지점을 선택한다.

해당 학년

중학교 2~3학년

소요 시간

60분

이것이 필요해요

달 지도, 아폴로 착륙지점 지도, 「달에 관한 기초 정보 보고서」, 달 슬라이드, '팀 과제 학습지'미술 및 공작 재료

이렇게 준비해요

- 도서관에서 필요한 만큼 자료를 수집할 수 있도록 시간을 충분히 할애한다.
- 시나리오 임무를 학생들에게 제시한 후 학생들이 3~4명으로 협력팀을 구성하도록 한다.

활동 내용

1 미리 준비하기

- 학생들이 달에 관한 전반적인 내용과 착륙하기 전 예상 착륙 지점에 관해 파악해야 할 내용에 관해 토론한다. 아폴로 착륙 지점을 검토하는 학습이 이 토론학습에 도움이 될 것이다.틱판 아래쪽 판이 처짐을 방지하는 데 유용하다.

② 발표 준비

- '팀 과제 학습지'에 설명한 바와 같이 과제를 받게 된다.
- 발표시 자료 및 시간에 따라 3차원 모형 또는 포스터 크기의 도면을 사용할 수 있다.
- 발표에는 팀원 중 한 사람 또는 팀 구성원 전체가 참여할 수 있다.

※ 시나리오

> NASA는 여러분에게 사람들을 태우고 안전하게 달까지 비행하여, 착륙하고 지구로 귀환할 수 있는 우주선을 개발하라는 과제를 부여하였습니다. 여러분의 우주선은 흥미로우면서도 안전한 달 착륙 지점을 선택하여 착륙해야 합니다.
> 우주선은 크기, 질량, 추진 장치, 승무원의 수, 생명 유지 시스템 및 이륙과 착륙 방법을 고려해야 합니다. 또한 달 착륙 지점의 경우 지질학, 지형, 안전 및 머무는 시간을 고려해야 합니다.

③ 절차

① 해당 팀에 주어진'팀 과제 학습지'를 읽어 보도록 한다.
② 달에 이동, 착륙하고 지구로 귀환할 수 있는데 필요한 모든 시스템을 갖춘 우주선을 설계한다. 모형을 제작하거나 해달 설계에 대한 세부 도면을 설계한다.
③ 달 표면의 지도를 학습하고, 달에 관한 지식을 토대로 흥미로우면서도 안전한 달 착륙 지점을 결정한다.
④ 수업시 발표한다.
(가) 도면과 모형(혹은 한 가지만)을 이용하여 자신의 우주선과 그 특징들을 소개한다.
(나) 착륙 지점을 묘사하고, 위치 표시하고, 선택한 이유를 근거를 들어 설명한다.

활동 결과 및 결론

- 선택한 지점은 위치 및 지질학적 다양성 측면에서 아폴로 지점과 어떤 점이 비슷하고, 다른지 이야기해 보도록 한다.
- 이 활동에서 어떤 우주선 설계와 착륙 지점이 다른 설계와 지점보다 위험한 이유는 무엇인가?
- 이러한 달 착륙 지점은 단기 방문에만 적합한가, 혹은 달 기지 건설에도 적합한가?

심화 학습

• 우주선 설계는'계란 투하'대회의 연장으로 수행할 수 있다.

–각 우주선은 한 개의 날계란을 보관 및 보호하도록 설계된다.

–계란은 고공낙하(대략 2층 발코니 높이)하여 착륙 후에도 깨지지 않은 상태를 유지해야 한다.

• 일부 학생들은 아폴로 지점 선정에 대한 보다 자세한 사항을 학습해도 된다.

• 월면 차량이 해당 지형에서 작업할 수 있어야 한다고 규정한"월면차"학습에서 이번 활동에서의 달 착륙지점을 활용한다.

• "달 토지 이용"활동에서도 이번 활동의 달 지점을 이용한다.

달 착륙 지점

학년 반 이름

도전과제

달 왕복 여행을 위한 우주선을 설계하고
흥미로운 달 착륙 지점을 선택한다.

전 차시에서 학습하였던 달 암석, 표면 특징 및 이를 형성한 지질학적 과정과 같은 배경지식을 바탕으로 여러분에게 달 착륙의 임무를 계획하라는 과제를 제시합니다. 여러분은 팀별로 우주선을 설계하고, 적절한 달 착륙 지점을 선택한 후 의견을 제시하고, 최종적으로 지도, 도면 및 3차원 모형과 같은 시각자료와 함께 발표를 해야 합니다.

이것이 필요해요

달 지도, 아폴로 착륙지점 지도, 「달에 관한 기초 정보 보고서」, 달 슬라이드, '팀 과제 학습지'미술 및 공작 재료

※ 시나리오

NASA는 여러분에게 사람들을 태우고 안전하게 달까지 비행하여, 착륙하고 지구로 귀환할 수 있는 우주선을 개발하라는 과제를 부여하였습니다. 여러분의 우주선은 흥미로우면서도 안전한 달 착륙 지점을 선택하여 착륙해야 합니다.
우주선은 크기, 질량, 추진 장치, 승무원의 수, 생명 유지 시스템 및 이륙과 착륙 방법을 고려해야 합니다. 또한 달 착륙 지점의 경우 지질학, 지형, 안전 및 머무는 시간을 고려해야 합니다.

활동 순서

① 해당 팀은 주어진'팀 과제 학습지'를 읽어봅니다.
② 달에 이동, 착륙하고 지구로 귀환할 수 있는데 필요한 모든 시스템을 갖춘 우주선을 설계해야 합니다. 모형을 제작하거나 해달 설계에 대한 세부 도면을 설계합니다.
③ 달 표면의 지도를 학습하고, 달에 관한 지식을 토대로 흥미로우면서도 안전한 달 착륙 지점을 결정합니다.
④ 수업시 발표합니다.
(가) 도면과 모형(혹은 한 가지만)을 이용하여 자신의 우주선과 그 특징들을 소개합니다.
(나) 착륙 지점을 묘사하고, 위치 표시하고, 선택한 이유를 근거를 들어 설명합니다.

활동 결과 및 결론

① 선택한 지점은 위치 및 지질학적 다양성 측면에서 아폴로 지점과 어떤 점이 비슷하고, 다른지 이야기해봅시다.

② 이 활동에서 어떤 우주선 설계와 착륙 지점이 다른 설계와 지점보다 위험한 이유는 무엇입니까?

③ 선택한 착륙 지점은 단기 방문에만 적합한가, 혹은 달 기지 건설에도 적합한지 이야기해봅시다.

팀 과제 학습지

이름: 날짜:

달 착륙 지점

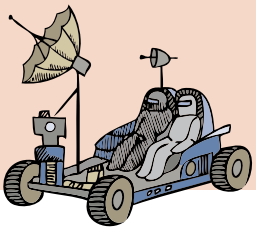
각 팀은 반드시 우주선을 설계하고 흥미로우면서도 안전한 달 착륙 지점을 결정해야 합니다.
각 팀의 모든 구성원들은 다음 과제 중 하나 이상을 맡아야 합니다.

수석 엔지니어: 전체 프로젝트를 감독하고, 우주선 설계를 도우며, 팀에서 중요한 의사 결정을 담당한다.
과학자: 우주선을 설계하고 우주선의 모델 또는 도면의 제작을 감독한다.
달 지질학자: 달 지도를 학습하고 흥미로우면서도 안전한 우주선의 착륙 지점 선택을 감독한다.
공보 관리자: 과학자 및 지질학자를 돕고, 수업 전 우주선과 달 착륙 지점의 발표내용을 검토한다.

* 발표시에는 자료 및 시간에 따라 3차원 모형 또는 포스터 크기의 도면을 사용할 수 있고, 발표는 팀원 중 한 사람, 또는 팀 구성원 전체가 참여할 수 있습니다.

Lessons form Apollo

월면차



아폴로의 월면차는 아폴로 15호, 16호 및 17호의 우주비행사가 착륙 지점을 탐사하고 착륙지점에서 보다 더 먼 지역까지 탐사할 수 있도록 설계한 우주 마차(space buggy)이다. 본 학습에서 학생들은 우주 비행사의 행동 범위의 확대, 비행사의 에너지 소비량의 경감, 관측 장치와 암석표본의 운반능력 증대 등에 유용하도록 월면차 모형을 만들어보도록 한다.

학습 목표

NASA 월면차(lunar roving vehicle) 모형을 만들어 본다.

해당 학년

중학교 2~3학년

소요 시간

90분

이것이 필요해요

아폴로 월면차 도면, 「달에 관한 기초 정보 보고서」, 줄자, 스톱워치
공작용 재료: 하드보드지(혹은 상자), 튜브(통), 캔, 빨대, 공작용 판지, 끈, 테이프, 핀, 스티로폼 상자, 실패, 풍선, 고무 밴드, 쥐덫 등

이렇게 준비해요

- 공작 세트가 있으나 위의 공작용 재료와 같이 간단한 재활용 재료로도 제작할 수 있다.
- 실제로 움직이는 모형 제작에 관심이 있는 경우 로켓 및 모형 제작에 관한 추가적인 정보를 찾아서 도움을 주도록 한다.

핵심 단어

- **안테나** : 무선통신에서 통신의 목적을 달성하기 위해 공간에 효율적으로 전파를 방사하거나, 또는 전파에 의해 효율적으로 기전력을 유기(誘起)시키기 위해 공중에 가설한 도선(導線).
- **콘솔** : 컴퓨터를 제어하기 위한 계기반.

활동 내용

1 준비하기

- 학생들에게 월면차를 제작하기 위해 필요한 공작용 재료들을 사전에 알려주어 간단한 재활용품으로 만들 수 있도록 준비한다.

2 도전 과제 설계하기

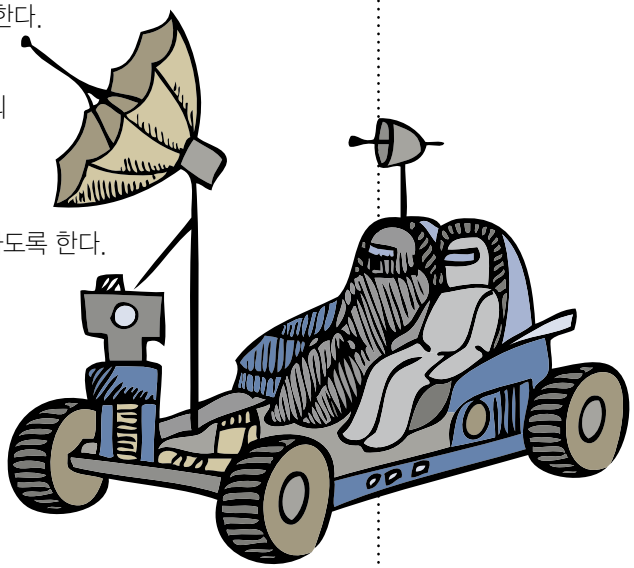
① 아폴로 월면차와 일반 가족 차량의 유사점과 차이점을 설명한다.
② 월면차 바퀴의 특별한 점은 무엇인가? 바퀴를 고무로 제작하지 않고 공기를 채우지 않는 이유는 무엇인가?
③ 「달에 관한 기초 정보 보고서」를 검토하여 새로운 월면차를 설계한다. 중요한 설계 요소는 크기, 중량, 전원 장치, 승객 수, 제어 장치, 과학 장비, 공구 및 보관함이 있다. 학습지에 설계도를 그리고 부품에 라벨을 부착하도록 한다.
④ 자신의 설계도에 기초하여 월면차 모형을 만들고 차량에 이름을 붙인다.
⑤ 차량의 특징과 성능 및 질문③의 여러 조건을 어떻게 해결했는지에 관한 설명문을 작성한다.

활동 결과 및 결론

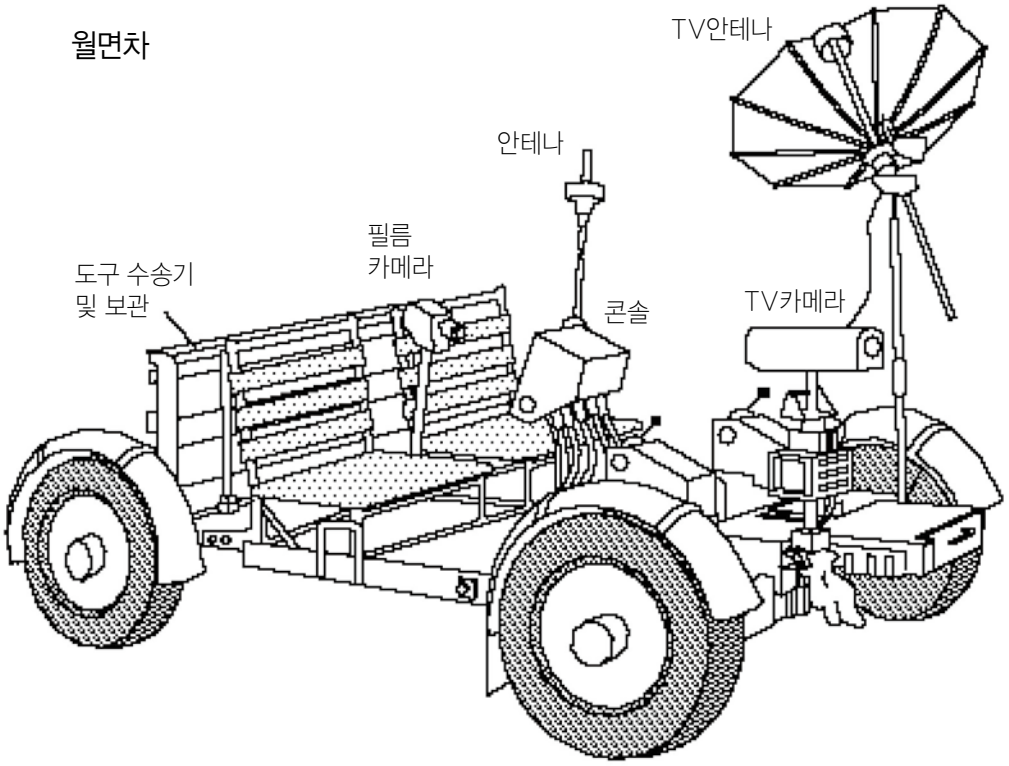
- 월면차 모형 제작 후 학생들은 차량에 이름을 붙이고 성능과 특징에 관한 설명을 기록한다.

심화 학습

- 다음과 같은 평가 기준으로 학생들이 제작한 차량에 대한 대회를 개최한다.
  - 차량이 추진 시스템으로 실제 움직이는가?
  - 차량이 매끄럽거나 평평하거나, 굴곡이 많거나 경사진 여러 다른 종류의 표면 위를 지날 수 있는가?
  - 차량은 튼튼한가?
  - 차량이 무거운 하중을 수용할 수 있는가? 학생에게 하중 중량을 결정하도록 한다.
  - 차량이 운석 폭격을 견딜 수 있는가?
  - 차량이 달에서 작동할 수 있는가?
- 수동 운전 차량과 원격 제어 로봇 월면차의 장단점에 대해 토론한다.



아폴로 우주 비행사가 사용한 차량의 도면



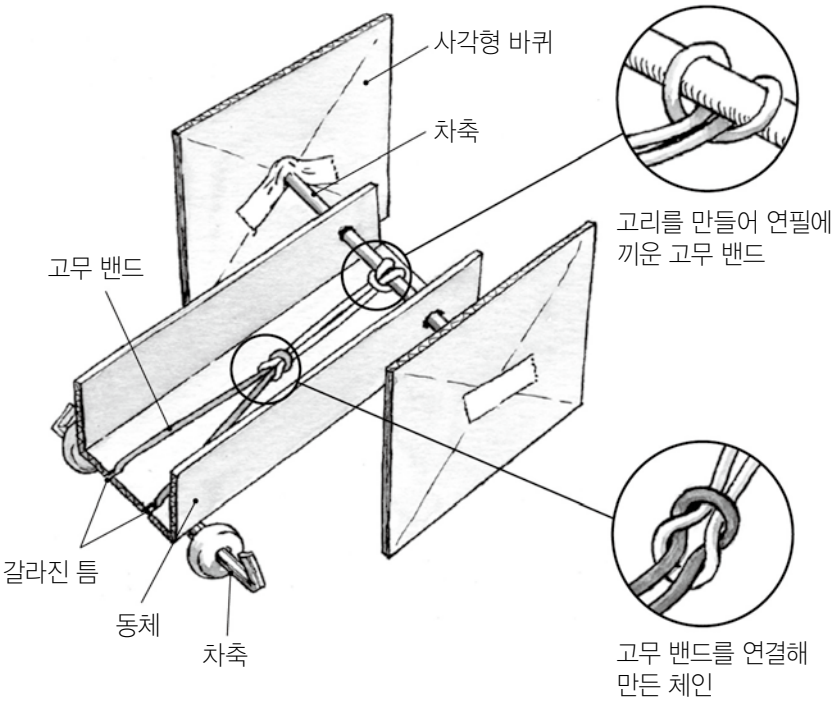
도전과제 수행과정의 예

① 먼저 동체를 만듭니다. 골판지를 5cm 같은 간격으로 접어 3등분합니다. 이 때 골판지의 주름 방향대로 접도록 합니다.

② 앞바퀴를 만듭니다. 13cm 정사각형 골판지 2장을 놓고 그 위에 대각선을 가로질러 그은 뒤 두 대각선의 중심에 구멍을 작게 뚫습니다. 동체에는 구부러진 옆면 끝부분에 축이 들어갈 구멍을 뚫는데 이 때 구멍은 수평이 맞아야 하며 연필이 쉽게 드나들 수 있도록 크게 뚫습니다.

③ 이제 앞바퀴를 답니다. 축이 들어가는 동체 구멍에 연필을 넣습니다. 연필의 양 끝에 바퀴를 넣고 테이프로 붙입니다.

④ 뒷바퀴를 만듭니다. 월면차의 다른 쪽 끝 아래에 빨대를 테이프로 붙입니다. 양 끝에 양초를 끼웁니다. 빨대의 끝을 구부린 뒤 테이프를 붙여 양초가 빠져 나오지 못하게 합니다. 마지막으로 고무 밴드의 한쪽 끝은 연필에 고리를 만들어 매고 나머지는 동체 뒷부분 작은 홈을 파서 그 홈에 끼웁니다.



지도상 유의점

- 도전 과제를 성공적으로 해결하는 방법은 서로 경쟁하는 게임이 아니라 각자의 창의력과 독창력을 밖으로 끄집어내는 기회의 장을 제공하는 것이라는 것을 학생들에게 인식시켜야 한다.
- 학생들이 곤경에 빠져 더 이상 진전이 없을 때 현재의 결과를 가져온 과정을 설명하게 함으로써 되짚어 보게 한다. 이후 과제로 돌아올 수 있도록 질문하되, 이 때 방법을 알려주어서는 안 된다. 예를 들어, "이런 현상은 왜 발생하지?""만약 ....라면 어떤 일이 생길까?" 또는" 다른 방법으로는 무엇이 있을까?"와 같이 질문한다.
- 무언가가 의도하는 방향으로 진척되지 않고 있으면 학생들에게 다시 해보라고 격려한다. 이러한 도전 과제는 학생들에게 문제해결력과 창조적 사고의 기회를 제공한다.
- 한 가지 아이디어를 실행하기 전 학생들에게 먼저 문제를 해결할 수 있는 몇 가지 방법을 제시하게 하는 방법도 효과적이다.
- 설계가 의도된대로 작동하지 않을 경우 아이들을 격려해 다시 시도해보도록 한다. 좌절의 경험이 설계를 개선시켜 성공을 가져오기 때문이다.
- 학생들이 스스로 설계하는 것을 어려워 할 경우 교사의 판단하에 〈도전과제 수행과정의 예〉를 학생들의 수준에 맞게 제시할 수도 있다.

월면차

학년 반 이름

도전과제

NASA 월면차(lunar roving vehicle) 모형을 만들어 본다.

아폴로의 월면차는 우주비행사가 착륙 지점을 탐사하고 착륙지점에서 보다 더 먼 지역까지 탐사할 수 있도록 설계한 우주 마차(space buggy)입니다. 본 학습에서 학생들은 우주 비행사의 행동 범위의 확대, 비행사의 에너지 소비량의 경감, 관측 장치와 암석표본의 운반능력 증대 등에 유용하도록 월면차 모형을 만들어보도록 합니다.

이것이 필요해요

아폴로 월면차 도면, 「달에 관한 기초 정보 보고서」, 줄자, 스톱워치
공작용 재료 : 하드보드지(혹은 상자), 튜브(통), 캔, 빨대, 공작용 판지, 끈, 테이프, 핀, 스티로폼 상자, 실패, 풍선, 고무 밴드, 쥐덫 등

활동 순서

① 아폴로 월면차와 일반 가족 차량의 유사점과 차이점을 설명합니다.

② 월면차 바퀴의 특별한 점은 무엇입니까? 바퀴를 고무로 제작하지 않고 공기를 채우지 않는 이유는 무엇일까요?

③ 「달에 관한 기초 정보 보고서」를 검토하여 새로운 월면차를 설계합니다. 중요한 설계 요소는 크기, 중량, 전원 장치, 승객 수, 제어 장치, 과학 장비, 공구 및 보관함입니다. 학습지에 설계도를 그리고 부품에 라벨을 부착하도록 합니다.

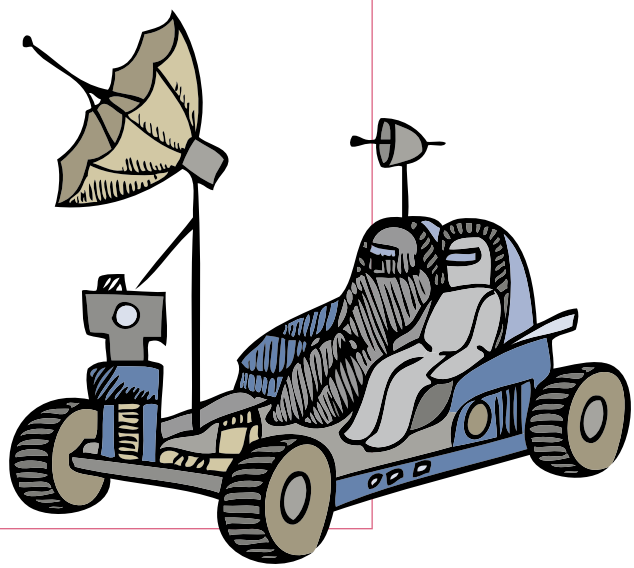
③ 「달에 관한 기초 정보 보고서」를 검토하여 새로운 월면차를 설계합니다. 중요한 설계 요소는 크기, 중량, 전원 장치, 승객 수, 제어 장치, 과학 장비, 공구 및 보관함입니다. 학습지에 설계도를 그리고 부품에 라벨을 부착하도록 합니다.

④ 자신의 설계도에 기초하여 월면차 모형을 만들고 차량에 이름을 붙입니다.

⑤ 차량의 특징과 성능 및 질문③의 여러 조건을 어떻게 해결했는지에 관한 설명문을 작성합니다.

활동 결과 및 결론

- 월면차 모형 제작 후 학생들은 차량에 이름을 붙이고 성능과 특징에 관한 설명을 기록합니다.



월면차 모형 설계도

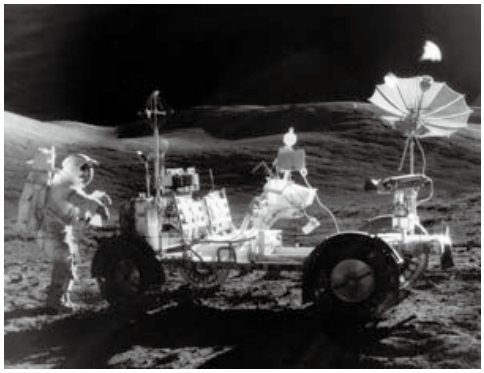
❖ 스케치

❖ 성능과 특징에 대한 설명

【읽을 거리】

아폴로의 월면차

아폴로의 월면차는 배터리로 작동하는 우주 마차(space buggy)였습니다. 아폴로 15호, 16호 및 17호의 우주 비행사는 이를 사용하여 착륙 지점을 탐사하고 이전 임무의 우주 비행사보다 더 멀리까지 탐사할 수 있었습니다. 월면차는 달 탐사 중 달의 착륙 장치 내부에 감쪽같이 접어 넣었다가 달 표면에 도착하면 스프링을 이용하여 펼치면 됩니다. 월면차는 두 명의 우주 비행사가 탑승하고 수동으로 운전합니다. 이것은 가파른 경사를 올라가고 암석을 넘어가며 달의 표토 위에서 쉽게 움직이도록 설계되었습니다. 자체 중량의 두 배가 넘는 인원, 과학 장비, 암석 및 표토 샘플을 수송할 수 있었습니다.



월면차의 바퀴는 접촉면에 티타늄 받침대를 부착한 강철 피아노선 재질이었습니다. 엔지니어들이 고체나 공기가 충천된 고무 타이어를 사용하지 않았는데 그 이유는 망으로 된 바퀴보다 이것들이 훨씬 무겁기 때문입니다.
아폴로 우주선은 월면차, 월면차 배터리, 과학 장비, 샘플 채취 장치 등 표면에 전달 가능한 질량(하중)이 고정되어 있기 때문에 철망 바퀴는 전체 하중 질량에 중요한 요소입니다. 이러한 월면차는 장기적인 사용에 맞게 설계되지 않았기 때문에 향후 달 탐사차량에 있어 유사한 설계와 재질을 사용할지, 새롭고 보다 내구성 좋은 부품을 사용할지, 혹은 로봇 월면차로 전환할지 확실치 않습니다.

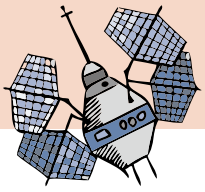
맞춤형 바퀴

달에는 공기가 없기 때문에 기압이 없습니다. 따라서 자동차나 자전거 타이어처럼 공기가 가득 찬 타이어는 눌러주는 공기가 없기 때문에 부피가 늘어나 폭발하게 됩니다.
다음과 조건에서 다닐 수 있는 타이어를 생각해 봅시다.
① 기압이 없는 곳에서 사용할 수 있어야 한다.
② 달 표면의 온도에 견딜 수 있어야 한다.(영하 157˚~ 영상 121˚)
③ 무게는 5.5kg 정도로 한다.
④ 달 표면에 있는 작은 먼지층으로 방해받지 않아야 한다.
까다로운 조건이지만 과학자들은 타이어를 만들었습니다. 이 타이어는 탄력이 있는 얇은 금속으로 만들어졌습니다. 이러한 재료를 사용해 가볍고 먼지에도 방해받지 않으며 온도가 너무 낮거나 높아도 견딜 수 있게 만들었습니다. 이 밖에도 바위에 부딪히면 구부러지고 공기를 더 넣을 필요가 없습니다.

폼나는 자동차

가격이 무려 130억원이나 하는 차임에도 월면차는 타고 다니기에 그리 멋진 자동차는 아닙니다. 그렇지만 갖고 다니기에 매우 편리합니다. 월면차를 접을 수 있고 그 크기는 작은 방만 하답니다.

| 달의 이상 현상



학생들에게 팀을 구성하도록 하고, 달의 4대 이상 현상을 해결하고자 하는 가설을 제시한다. 학생들은 전체 학급을 대상으로 서면 및 구술 발표를 준비하고, 포럼 형식을 이용하여 맞고 틀리고가 아닌 각 가설의 장점에 관하여 논의한다.

4대 이상 현상은 다음과 같다.

① 지진인가 지진이 아닌가, 그것이 문제이다.

② 화산들은 다 어디로 갔는가?

③ 달의 바다여, 어디 있는가?

④ 자기장은 영원한가?

이와 같은 이상 현상의 일부분은 다른 것에 비해 더 복잡하다. 따라서 수업시간에 모든 이상 현상을 토론할 필요는 없다. 가장 간단한 것이 지진과 사라진 화산에 관한 주제이므로 학생의 수준을 고려하여 교사가 취사선택하여도 된다.

학습 목표

달의 여러 이상 현상을 조사하고 설명한다.

해당 학년

중학교 1~3학년

소요 시간

120분

이것이 필요해요

달의 지도, 달에 대한 배경 정보, 「달에 관한 기초 정보 보고서」, '과제 수행지'미술재료

이렇게 준비해요

- 학생들이 도서관에서 달에 대한 배경 정보를 습득할 수 있도록 시간을 제공한다.
- 학급을 4~5명이 한 팀이 되도록 나눈다. 각 팀은 이 프로젝트에 어울리는 팀 명칭과 로고를 만들도록 한다.

핵심 단어

- **지진** : 오랫동안 누적된 변형 에너지가 갑자기 방출되면서 지각이 흔들리는 일.
- **월진** : 달의 표면에서 일어나는 지진(地震).

활동 내용

1 준비하기

- 각 팀에 해당 과제를 설명하는 '과제 수행지'를 제공한다.

2 절차

① 과제 수행지를 제공받은 후 각 팀은 주어진 딜레마에 맞는 가설을 수립한다.
② 반드시 협력하여 이상 현상, 가설을 설명하고 근거를 뒷받침하는 보고서를 작성한다.
③ 모든 최종 보고서를 복사 및 배포하여 각 팀이 모두 완전한 세트를 갖추도록 한다.
④ 팀이 학급에서 구술 발표를 할 경우 반드시 지도, 포스터, 차트, 슬라이드 등의 시각교재를 활용하도록 한다.
⑤ 각 발표 후에는 다른 팀의 발표에 대한 질문과 논의를 제시할 수 있다.

활동 결과 및 결론

- 모든 팀의 발표가 끝난 후, 토론을 주도하여 학습한 내용을 요약하도록 한다.

심화 학습

- 달의 자기장에 관한 또 다른 신비한 측면을 토론할 수 있다.

– 보통 달의 자기장보다 약 10배로 매우 큰 표면 자기장을 나타내는 몇몇 작은 구역(직경 30~60㎞)이 존재한다. 이들은 밝은 색의 소용돌이 퇴적물과 관련된다.

달의 이상현상

❖ 지진인가 지진이 아닌가, 그것이 문제이다

월진의 횟수와 강도(진도)는 지구의 지진의 횟수와 진도보다 훨씬 적다. 이러한 차이의 예상 원인은 달의 크기가 더 작고 내부 온도가 더 낮기 때문이다. 지구는 뜨겁고 활동적이며 이는 판 구조론에서 가장 확연하게 드러났다. 지구의 지각 판 운동은 맨틀의 대류에 의한 것이다. 고체 맨틀은 실제로 일년에 몇 센티미터 정도의 속도로 움직인다. 달의 맨틀은 너무 차가워서 쉽게 움직일 수 없으며 대류 및 활동적인 지각 판 운동이 없다. 달 내부의 움직임이 적다는 것은 지진 발생도 적다는 것을 의미한다. 실제로 발생되는 희박한 월진은 주로 지구와 태양 중력의 잡아당김에 의한 것이다.(고체인 달의 밀물과 썰물)

❖ 화산들은 다 어디로 갔는가?

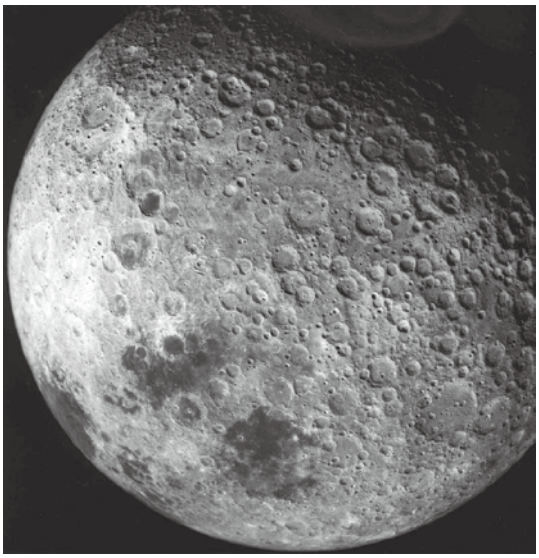
달은 용암류는 많으나 화산은 없거나 극히 일부에 불과하다. 이러한 난제를 해결하는 실마리는 화산이 지구, 화성 및 금성에 형성된 이유를 이해하는 데 있다. 실제로 그러한 실체들은 또한 화산과는 관계없는 용암류도 방대하게 형성되어 있다. 예를 들어, 엄청난 용암 퇴적물은 오리건, 워싱턴 및 아이다호에서 볼 수 있다. 이들은 컬럼비아 강 용암대지(Columbia River Basalts)라고 한다. 이들은 열하(Fissure)라고 하는 긴 균열에서 분출되어 표면을 뒤덮은 것이다. 마그마가 지나간 통로는 다른 장소의 경우와 크게 다르게 긴 세월에 걸쳐 정기적으로 흐르며 해당 지역에 고산을 형성했던 협소한 수로에는 발견되지 않았다. 컬럼비아 강 용암대지의 마그마 이동은 그 지역의 긴 열하가 발달되면서 마그마의 표면 통로를 만들어준 것이다. 달의 경우, 다중 고리 분지의 고리 주변에 파열이 빈번하게 발생되었는데, 이러한 파열은 분명 달 안쪽으로 멀리 확장되어 마그마의 통로가 되었을 것이며, 동시에 어떤 특정 지역에 마그마 통로가 집중되지 않도록 했다. 그 결과, 큰 화산은 발견되지 않았고, 일부 형성되었으나 충돌로 파괴되었다는 의견이 달의 경우 타당하다. 그러나 분지 고리에서 화산 규모의 많은 산들이 살아남았다는 점에서, 화산 역시 그랬으리라고 예상할 수 있다.

❖ 달의 바다여, 어디 있나요?

달의 바다는 거의 전부가 지구를 바라보는 달 쪽(달의 앞면)에 있다. 그와 대조적으로 달의 뒷면에는 극히 일부만 존재한다. 이러한 비대칭의 가장 큰 예상 원인은 달 지각의 두께 차이이다. 지각은 표면으로 분출하기 위해 반드시 통과해야 하는 달의 바다 현무암 마그마에 비해 밀도가 더 낮다. 따라서 마그마는 지각을 관통하기 위해 충분한 추진 압력이 있어야 한다. 과학자는 달의 마그마가 움직이지 않게 되면서 지각 기반 근처에 모인다고 생각한다. 마그마가 관통할 수 있는 파열이 생길 정도로 압력이 충분해질 때까지 그곳에 머물러 있다.
달의 앞면은 지각의 두께가 약 70㎞에 달한다. 달의 바다 현무암 마그마 대부분은 균열이 생길 정도로 압력이 커지면 표면에 도달할 수 있다. 그러나, 뒷면은 지각 두께는 앞면에 비해 2배이므로 표면에 도달할 수 있는 마그마가 매우 희박하여 대부분 관통 경로에 그대로 머물러 있는 것이다.

[달의 앞면]

사진은 지구와 달의 절반이 마주보는 망원경 영상으로 캘리포니아의 Lick 관측소에서 입수한 것이다.



[달의 뒷면]

아폴로 16호 임무 중 입수한 것으로 거의 식별하기 어려우나, 좌측의 어두운 부분을 제외하고, 지구에서 확인할 수 있는 뒷면을 나타낸 것이다.

❖ 자기장은 영원한가?

달의 자기장은 달의 특징 중 연구가 달 된 분야의 하나이다. 달의 자기장은 지구 자기장보다 약 10,000배 약하다. 달은 과거에는 약하나마 자기장이 있었으나 현재는 전혀 발생되지 않고 있다. 자기장 강도가 감소한 가장 큰 예상 원인은 달의 미세 금속 핵(반경 400㎞ 미만)이 지구 핵에서 발생되는 방식으로 자기장을 만들어 냈으나 자기장을 발생시키는 엔진 구동력이 상실되었다는 것이다. 지구 자기장은 핵의 액체 내부의 대류 운동 즉, 보다 뜨거운 철은 상승하고, 보다 차가운 철은 하강하는 운동에 의해 발생되고 각기 다른 운동이 자기장을 생성한다. 달의 경우 전체가 지구보다 훨씬 빨리 냉각되므로(달이 더 작기 때문) 핵 또한 냉각되어 고체화 되었을 것이다. 자기장을 만들 정도로 충분히 빠른 운동은 오늘날 달의 핵 내부에서 일어나지 않는다.

달의 이상 현상

학년 반 이름

도전과제

달의 여러 이상 현상을 조사하고 설명한다.

팀을 구성하고, 달의 4대 이상 현상을 해결하고자 하는 가설을 세웁니다. 전체 학급을 대상으로 서면 및 구술 발표를 준비하고 포럼 형식을 이용하여 맞고 틀리고가 아닌 각 가설의 장점에 관하여 논의하도록 합니다.
4대 이상 현상은 다음과 같습니다.
① 지진인가 지진이 아닌가, 그것이 문제이다.
② 화산들은 다 어디로 갔는가?
③ 달의 바다여, 어디 있는가?
④ 자기장은 영원한가?

이것이 필요해요

달의 지도, 달에 대한 배경 정보, 「달에 관한 기초 정보 보고서」, '과제 수행지' 미술재료

활동 순서

① 과제 수행지를 제공받은 후 각 팀은 주어진 딜레마에 맞는 가설을 수립합니다.
② 반드시 협력하여 이상 현상, 가설을 설명하고 근거를 뒷받침하는 보고서를 작성합니다.
③ 모든 최종 보고서를 복사 및 배포하여 각 팀이 모두 완전한 세트를 갖추도록 합니다.
④ 팀이 학급에서 구술 발표를 할 경우 반드시 지도, 포스터, 차트, 슬라이드 등의 시각교재를 활용하도록 합니다.
⑤ 각 발표 후에는 다른 팀의 발표에 대한 질문과 논의를 제시할 수 있습니다.

【수행과제 1】 지진인가 지진이 아닌가, 그것이 문제이다

"달은 샌프란시스코보다 안전합니다."

최소한 지진 피해로부터 안전합니다. 매년 지구에는 진도 4이상의 지진이 10,000번 이상 발생됩니다. 반대로, 달의 월진 횟수는 500회 미만이며 대부분 진도 2.5미만입니다. 달에서 아폴로 지진 장비가 작동했던 8년간 기록된 최대의 월진은 진도 5에 약간 못 미치는 수준이었습니다. 지구의 경우 최대 지진은 진도 8이나 심지어 9에 이릅니다. 결국 월진에서 방출되는 전체 에너지량은 3개의 100와트 전구에서 방출되는 수준과 동일합니다. 지진은 300,000,000개의 100와트 전구에 상당하는 에너지를 방출합니다.

딜레마 1

지구보다 달의 지진이 더 적은 이유는 무엇입니까?
지구에 인간이 살기 때문일까요? 달이 더 작기 때문일까요? 지구에서 지각 판이 이동하기 때문일까요? 달에 크레이터가 있기 때문일까요?

❖ 수행과제

- 지구보다 달의 지진이 더 적은 이유를 설명하는 가설을 수립합니다.

【수행과제 2】 화산들은 다 어디로 갔는가?

달 표면에서 달의 바다라 불리는 어두운 곳은 고체화된 용암류로 이루어져 있습니다. 과학자들은 각 용암류의 주변을 나타내는 사진과 달의 바다에서 돌아온 암석을 조사하여 파악하고 있습니다. 용암 평원은 달 표면의 16%를 차지하고 두께는 최대 약 2㎞로 이는 상당한 양의 용암입니다. 그래서 약 10억년 전에 분출된 용암의 총 1,000만㎦가 달의 바다 분지를 채운 것으로 추정하고 있습니다. 또한 달의 바다 대부분은 다중 고리 분지라는 거대한 원형의 충돌 크레이터 내부에서 발생됩니다. 이러한 엄청난 크레이터 형성이 달의 바다를 만드는 용암을 발생시킨 것은 아니지만 분지는 액체 용암이 흘러내리는 낮은 지대가 되었습니다.

딜레마 2

1,000만㎦의 용암이 달 표면에 분출되었으나 명확한 원인이 된 화산은 없습니다. 하와이 또는 태평양 북서부의 캐스케이드에서와 같이 급격히 융기한 산은 없습니다. 달에 화산이 없다면 용암의 근원은 무엇일까요? 화산이 파괴었을까요? 용암이 다른 방식으로 분출되었나요? 용암이 분출되는 다른 방식은 무엇인가요?

❖ 수행과제

- 달의 바다가 고체화된 용암류로 이루어져있다고 가정하고, 사라진 화산 딜레마를 해결하는 가설을 수립합니다.
- 달에 화산이 없는 이유를 조사하고 설명해봅니다.

【수행과제 3】 달의 바다여, 당신은 어디 있나요?

달의 앞면은 약 16%가 어두운 달의 바다로 덮여 있습니다. 그러나 달의 뒷면의 경우 1%미만이 달의 바다로 덮여있습니다. 과학자들은 달의 맨틀이 녹으면서 달 내부에 마그마가 형성되었고, 이러한 마그마는 이후 긴 균열을 통해 표면으로 이동한 것이라고 말합니다. 달의 뒷면의 지각이 앞면의 두께보다 약 두 배라는 증거를 통해 설명될 수 있습니다.

딜레마 3

마그마가 달의 맨틀 전체에서 발생되었다고 가정하면, 대부분의 달의 바다는 왜 달의 앞면에 있습니까? 달의 뒷면은 다른 암석으로 덮혀 있었습니까? 달의 바다가 달의 앞면에서 표출되는데 지구 중력이 도움을 주었을까요? 두꺼운 뒷면의 지각은 탐사하기가 어려웠을까요?

❖ 수행과제

- 달의 뒷면에 달의 바다가 앞면보다 적은 이유를 해결하는 가설을 수립합니다.

【수행과제 4】 자기장은 영원한가?

달의 자기장은 지구보다 훨씬 약합니다. 그러나 달 암석의 자기적 특성 연구에서와 같이 과거에는 자기장이 훨씬 강하였습니다. 지구의 자기장은 철로 이루어진 핵 내부의 이동으로 형성됩니다. 달에도 핵이 있지만 지구의 핵보다 훨씬 작습니다. (달의 핵 반경은 400㎞ 미만이며, 100㎞ 정도로 작을 수도 있습니다. 반대로 지구의 핵 반경은 2900㎞입니다.)

딜레마 2

달의 자기장은 과거(수십억년 전)에는 보다 강하였으나 현재는 약해져, 지구의 자기장보다 훨씬 약합니다. 달의 자기장이 지구의 자기장보다 약해진 이유는 무엇일까요? 그리고, 과거에는 왜 더 강하였을까요?

❖ 수행과제

- 달의 자기장이 지구보다 약한 이유와 과거에 지구보다 더 강하였던 이유가 무엇인지 설명하는 가설을 수립합니다.

과제 수행지

이름: 날짜:

달의 이상현상

각 팀의 모든 구성원들은 다음 임무 중 하나 이상을 맡아야 한다.

수석 전략가: 전체 프로젝트를 감독하고, 전체 구성원과 긴밀히 협조하며 중요한 의사 결정을 담당한다.
재료 담당: 학습에 필요한 모든 재료를 수집, 관리 및 반환한다.
매체 자문: 지도, 포스터, 모형과 같이 발표시 각 팀이 사용할 모든 시각준비를 감독한다. 또한 슬라이드, 사진, 컴퓨터 등의 이용을 조정한다.
행정관: 기록하고, 매체 자문을 도우며 최종 보고서를 작성한다.

* 구술 발표는 한 명 또는 팀 구성원 전체가 할 수 있다.

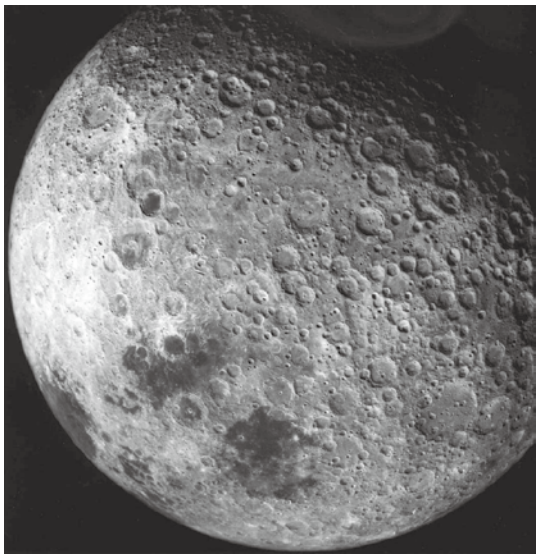
【읽을 거리】

달의 바다

달의 바다는 거의 전부가 지구를 바라보는 달 쪽(달의 앞면)에 있습니다. 그와 대조적으로 달의 뒷면에는 극히 일부만 존재합니다. 이러한 비대칭의 가장 큰 원인은 아마도 달 지각의 두께 차이일 것입니다.
달의 앞면은 지각의 두께가 약 70㎞에 달합니다. 달의 바다 현무암 마그마 대부분은 균열이 생길 정도로 압력이 커지면 표면에 도달할 수 있습니다. 그러나, 뒷면은 지각 두께는 앞면에 비해 2배이므로 표면에 도달할 수 있는 마그마가 매우 희박하여 대부분 관통 경로에 그대로 머물러 있는 것입니다.
[달의 앞면][달의 뒷면]사진은 지구와 달의 절반이 마주보는 망원경 영상으로 캘리포니아의 Lick 관측소에서 입수한 것이다. 아폴로 16호 임무 중 입수한 것으로 거의 식별하기 어려우나, 좌측의 어두운 부분을 제외하고, 지구에서 확인할 수 있는 뒷면을 나타낸 것이다.

[달의 앞면]

사진은 지구와 달의 절반이 마주보는 망원경 영상으로 캘리포니아의 Lick 관측소에서 입수한 것이다.



[달의 뒷면]

아폴로 16호 임무 중 입수한 것으로 거의 식별하기 어려우나, 좌측의 어두운 부분을 제외하고, 지구에서 확인할 수 있는 뒷면을 나타낸 것이다.

우측(달의 뒷면)의 사진은 지형의 두 가지 주요 유형을 명확히 구분할 수 있습니다. 고지(Highlands)는 특히 달의 뒷면의 사진에 잘 표시되며 밝은 색상으로 깊게 패인 지형입니다. 달의 바다(Maria)는 보다 어둡고 평탄하며 용암이 흘러 내려 함몰 부위를 채우면서 형성되었습니다. 달에 관한 한 가지 미스터리는 달의 바다가 왜 앞면이 아닌 뒷면에서 적게 발생되는가 하는 것입니다. 이것은 달의 뒷면에 많은 수의 크레이터가 어깨를 맞대고 있다는 점에 주목하면 됩니다. 이러한 엄청난 홀은 달의 초기 폭격의 연대기를 나타내는 것으로, 초기 지구에도 영향을 주었을 집중 폭격입니다.

Lessons form Apollo

단원 03 | 화성 탐험

1 단원 소개

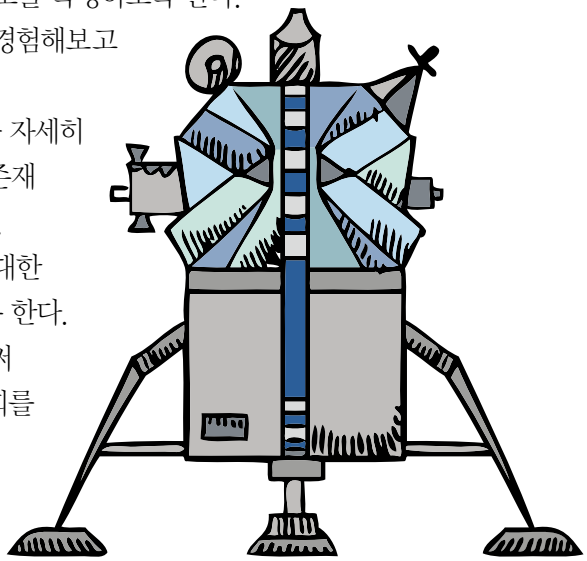
화성에 관한 단원이 왜 물의 끓는점에 대해 탐구하는 활동으로 시작할까요? 화성의 물이 끓어서 증발할 것 이라는 의견이 주를 이루기 때문이다. 따라서 물이 끓는 상태 변화에 대해 학습하면 화성에 액체 상태의 물이 없는 이유를 이해하는 데 도움이 된다. 여러 가지 실험을 통해 대기압의 효과에 대해 살펴보고, 온도와 기압에 대한 그래프 분석을 통해 화성에 물이 존재하는지에 대해 탐구하도록 한다. 화성의 지형 사진을 살펴보고 과거에 화성에 물이 흐른 흔적에 대한 가설을 설정해보도록 한다. 앞 차시에 대한 활동을 바탕으로 화성 탐사에 대해 궁금한 점에 대해 탐색하여 직접 화성 탐사를 계획해 보도록 한다.

2 주제 안내

순	주 제	대상학년	소요시간
1	물을 얼마나 뜨겁게 만들 수 있을까?	중2~3학년	45분
2	대기압의 효과 알아보기	중2~3학년	90분
3	화성에 물이 있을까?	중2~3학년	90분
4	화성의 어디에서 물을 찾을 수 있을까?	중3학년	45분

3 지도상 유의점

1차시에서는 실험을 할 때 안전에 유의하여 물의 온도를 측정하도록 한다.
2차시에서는 다양한 실험을 통해 대기압의 효과를 경험해보고 대기압의 특징을 발견해내도록 지도한다.
3차시에서는 온도와 압력 그래프, 화성 지형 사진을 자세히 살펴보고 충분히 탐구할 시간을 주어 화성에 물의 존재 여부를 자기 주도적으로 탐구할 수 있도록 유도한다. 조별로 토의를 통해 가설을 세우고, 화성의 지형에 대한 자세한 관찰을 통해 여러 가지 상황을 유추해보도록 한다.
4차시에서는 학생이 화성 탐사 계획을 세워 봄으로써 화성에 대해 계속적으로 관심을 탐구할 수 있는 기회를 마련하도록 한다.



4 배경 지식

:: 화성 탐사에서 물을 1차적인 대상으로 삼는 이유는 무엇일까요?

화성의 물 연구를 통해 과학자들은 행성의 진화, 물의 축적, 기후 발달 및 생명체의 시초에 관한 통찰력을 얻는다. 이러한 이유 때문에 물에 대해 이해하는 것이 NASA의 행성 비행에서 가장 중요한 부분이 된다.

과학자들은 35억 년 전 화성에서 태양계에서 가장 큰 홍수가 있었다고 본다. 이 물이 모여 호수나 얕은 바다가 되었을지도 모른다. 이 물이 어디에서 비롯된 것인지, 얼마나 오래 지속되었는지, 어디로 갔는지를 알면 이 행성의 과거 역사가 많이 밝혀질 것이다. 따라서 화성 역사를 알고 싶어하는 많은 과학자들은 화성의 물 이야기를 알아야 한다.

물을 설명하기 위해 과학자들은 화성 기후가 시간이 경과함에 따라 서서히 변했는지, 아니면 지난 수십억 년 동안 변하지 않았는지를 두고 논쟁 중이다. 두 가지 입장은 화성 그리고 화성의 생명체와 물을 보는 시각이 판이하게 다르다.

- 화성의 기후가 현재와 항상 같았다면 짧은 시간에 굉장한 양의 물이 방출되어 표면에서 보이는 상당량의 물이 필요한 물과 관련된 지형이 형성되었어야 한다. 이렇게 많은 양의 물은 증발되거나 끓어서 사라지기 전에 표면을 빠르게 형성했을 것이다. 그리고 물이 이렇게 짧은 기간만 존재했으므로 생명체가 진화할 기회가 없었을 것이다.
- 화성의 기후가 한 때 더 따뜻하고 습했다면 물이 오랜 시간 존재하면서 표면을 점진적으로 변경시키고 생명체를 형성하는 일이 가능했을 것이다.

이렇게 물에 대한 생각이 다르기 때문에 이 행성의 진화에 대한 시각도 다르다. 물의 존재 기간과 상관없이 아마도 물은 우주로 나갔거나 지하로 가라 앉았을 것이다.

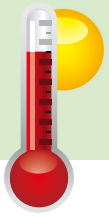
공통점	NASA의 1차 조사 대상	파생 지식
물	생명체 – 과거나 현재의 증거	지구 이외에도 생명체가 존재할 가능성 확인
	기후 – 날씨, 변화 과정 및 역사	지구의 기후 변화 과정과의 관련성 확인
	자원 – 환경과 이용	고체 행성, 그 진화 방식, 향후 우주 비행에서 이용 가능한 자원 확인

:: 물이 왜 특별한가요?

행성 과학자들이 행성과 위성, 소행성 같은 행성체를 연구할 때 가장 먼저 찾는 것 중 하나라는 점에서 물은 생물학적 및 물리학적 작용에서 매우 중요한 존재다. 물은 그 독특한 특성 때문에 여러 가지 측면에서 중요한 화합물이다.

특성	이 특성에 기인하는 속성	예
양극성 분자이다	이온 화합물을 잘 녹이는 용매이다	• 세포막을 통과해 영양소를 제공하고 노폐물을 제거한다 • 다양한 표면 물질을 녹인다
수소 결합을 형성한다	화학적 활성 분자이다	• 표면 장력(응집력)이 있다 • 모세관 작용(응착)을 보인다 • 다양한 화합물에 존재한다
고밀도 액체이다	힘을 가하고 압력을 분산시킨다	• 유기체 운동성과 부양성을 제공한다 • 표면 물질을 침식하고 운반한다
비열량이 높다	다량의 열을 저장한다	• 지구 기후를 알맞게 조절한다 • 일일 온도 변동을 알맞게 조절한다 • 적도의 열을 극지방으로 옮긴다
얼면 팽창한다	얼음의 밀도가 물보다 낮다	• 얼음이 물 위에 뜨기 때문에 추울 때 얼음 밑의 유기체를 보호한다 • 물이 얼때 팽창해 물리적 풍화로 암석과 광물이 쪼개진다
분자 무게에 비해 증기압이 낮다	좁은 온도 범위에서 상이 변한다	• 지구에서 세 가지 상태로 존재한다 • 물의 순환을 통해 전체 환경에서 물이 이동한다 • 증발을 통해 냉각될 수 있다
분자가 다양한 주파수로 공명한다	자외선과 적외선 같은 파장을 흡수한다	• 액체 상태의 물은 수생 유기체를 보호한다 • 수증기는 육지 유기체를 보호한다 • 온실 가스 역할을 한다
수소와 산소를 함유한다	전개 분해로 원소를 분해할 수 있다	• 지구 귀환 비행 시 연료로 사용할 수 있다

| 물을 얼마나 뜨겁게 만들 수 있을까?



본 차시는 학생들이 물을 얼마나 뜨겁게 가열할 수 있는지 생각해 보고, 물을 가열해 온도를 측정함으로써 100℃ 지점에서 학생들은 물 온도가 더 이상 올라가지 않는다는 것을 발견하는 활동이다. 학생들은 측정한 데이터로 그래프를 만들고 온도 정체기를 이해하는 활동이다.

학습 목표

끓는점에 도달한 물의 온도 그래프를 그리고 정체기를 발견할 수 있다.

해당 학년

중 2~3학년

소요 시간

45분

이것이 필요해요

알코올램프, 쇠그물, 삼각플라스크, 온도계, 스탠드, 초시계

이렇게 준비해요

① 물을 끓이는 실험을 하기 위한 방법을 조별로 계획한다.
② 각 조별로 계획한대로 실험도구를 준비한다.
㉠ 정해진 양의 물을 측정한다. (물의 양을 토의를 통해 100~150mL로 정한다.)
㉡ 알코올램프를 스탠드의 아래쪽에 두고, 링의 높이를 적절히 조절하고 쇠그물을 놓는다.
㉢ 물이 담긴 삼각플라스크를 쇠그물 위에 놓는다.
㉣ 온도계를 삼각플라스크 위에 고정한다.
㉤ 온도계 구부가 물에 완전히 잠기도록 온도계의 높낮이를 조절한다. (삼각플라스크 바닥에 닿지 않아야 삼각플라스크의 온도가 아니라 물 온도를 측정할 수 있다.)
③ 알코올램프, 온도계, 삼각플라스크, 뜨거운 물과 관련된 안전 절차에 대해 이야기한다.

핵심 단어

• **끓는점** : 액체의 증기압이 대기압과 같아질 때의 온도. 이 지점에서 액체는 증기로 바뀔 수 있다.

활동 내용

❖ 사전 개념 점검

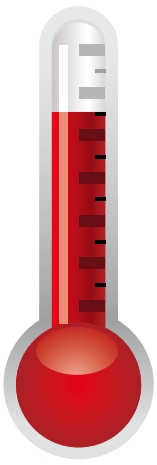
1. 학생들에게 주어진 시간에 가열 도구를 사용해 물을 얼마나 뜨겁게 데울 수 있을지 물어본다.
2. 학생들은 자신이 생각하는 것을 활동지에 적는다.

❖ 실험하기

1. "물을 얼마나 뜨겁게 데울 수 있을까?"라는 문제를 제시하고, 학급 전체가 물의 양, 링의 높이 등 변수를 어떻게 조절할지 토의한다.
   100~150mL의 물을 사용하도록 한다. 이유는 측정하기 쉽고, 5~8분 안에 끓기 시작하며, 수업 시간에 증발하지 않는다. 또, 쏟더라도 큰 문제가 되지 않으며, 피부에 닿더라도 물을 더 많이 끓이는 경우보다 심한 부상을 입지 않고, 온도계의 구부를 덮지 않기 때문이다.
2. 학생들에게 활동에 필요한 도구를 준비하도록 한다.

① 정해진 양의 물을 측정한다. (물의 양은 토의를 통해 100~150mL로 정한다.)
② 알코올램프를 스탠드의 아래쪽에 두고, 링의 높이를 적절히 조절하고 쇠그물을 놓는다.
③ 물이 담긴 삼각플라스크를 쇠그물 위에 놓는다.
④ 온도계를 삼각플라스크 위에 고정한다.
⑤ 온도계 구부가 물에 완전히 잠기도록 온도계의 높낮이를 조절한다. (삼각플라스크 바닥에 닿지 않아야 삼각플라스크의 온도가 아니라 물 온도를 측정할 수 있다.)

3. 학생들에게 처음 물의 온도를 재도록 한다.
4. 모든 조의의 준비 상태를 확인한 후, 알코올램프의 불을 붙인다.
5. 15초마다 물의 온도를 기록하게 한다.
   물의 온도가 온도 정체기에 도달하는 현상은 학생들에게는 자신의 예상을 깨는 상황일 수 있다. 날씨와 현재 위치의 고도에 따라 다르겠지만, 97℃~105℃ 사이의 어느 지점에서 온도가 더 이상 변하지 않는 것을 발견할 수 있다. 중요한 점은 알코올램프로 계속 열을 가하는데도 온도가 더 이상 상승하지 않는다는 것이다.
   물-증기 전이 정체기에서 몇 분간 온도를 측정하는 작업을 마칠 때까지 계속 기록하게 한다. 정체기 그래프를 만드는 것은 매우 중요한 활동이다. 이 그래프가 없으면 끓는 것을 완전히 이해하지 못한다. 끓는 온도는 압력에 따라 좌우되기 때문에 끓는 온도를 나타내는 것은 물이 거품을 일으키며 끓는 모양이 아니라



이 정체기이다. 측정한 온도를 그래프로 그리고 정체기의 존재를 인식할 때 학생들은 끓는 온도를 개념화하고 끓는 것에 대해 토의할 수 있게 된다.

6. 물의 온도에 대해 기록한 내용을 바탕으로 그래프를 그리도록 한다. 가로축은 시간, 세로축은 온도로 사용한다.

❖ 결과 토의하기

물의 온도를 측정한 결과와 그린 그래프를 보여주며 발표하고 결론에 대해 토의한다.

1. 그래프의 전체적인 모양은 어떤가? 다른 조의 그래프 모양과 어떻게 다른가?
2. 몇 도에서 비커 물이 끓었는가?
3. 물 온도의 상승이 멈춘 시점에 어떤 일이 있었는가?
4. 알코올램프로 물을 계속 가열하는데 어떻게 온도 상승이 멈출 수 있을까? 그 에너지는 모두 어디로 갔을까?

지도상 유의점

1. 물이 끓으면서 온도 정체기에 도달하는 현상을 학생들이 직접 발견하도록 지도한다. 온도를 측정하며 그래프를 그리면서 스스로 탐구할 수 있도록 유도한다.
2. 알코올램프, 유리 도구, 끓는 물을 안전하게 다루도록 지도한다. 학생들에게 실험을 시작하기 전에 주의사항을 분명히 주지시킨다.

물을 얼마나 뜨겁게 만들 수 있을까?

학년 반 이름

도전과제

끓는점에 도달한 물의 온도 그래프를 그리고 온도 정체기 발견하기

물을 얼마나 뜨겁게 데울 수 있을까요? 물을 가열하면서 온도를 측정해보고, 그 결과를 그래프로 나타내 봅시다.

이것이 필요해요

알코올램프, 쇠그물, 삼각플라스크, 온도계, 스탠드, 초시계

핵심 단어

• **끓는점** : 액체의 [ ] 이 [ ] 과 같아질 때의 온도. 이 지점에서 액체는 증기로 바뀔 수 있다.

활동 순서

1. 주어진 시간에 가열 도구를 사용해 물을 얼마나 뜨겁게 데울 수 있을지 예상하여 활동지에 적습니다.
2. "물을 얼마나 뜨겁게 데울 수 있을까?"라는 문제에 대해 물의 양, 링의 높이 등 변수를 어떻게 조절할지 토의합니다.
3. 실험도구를 준비합니다.

① 정해진 양의 물을 측정한다. (물의 양은 토의를 통해 100~150mL로 정한다.)
② 알코올램프를 스탠드의 아래쪽에 두고, 링의 높이를 적절히 조절하고 쇠그물을 놓는다.
③ 물이 담긴 삼각플라스크를 쇠그물 위에 놓는다.
④ 온도계를 삼각플라스크 위에 고정한다.
⑤ 온도계 구부가 물에 완전히 잠기도록 온도계의 높낮이를 조절한다. (삼각플라스크 바닥에 닿지 않아야 삼각플라스크의 온도가 아니라 물 온도를 측정할 수 있다.)

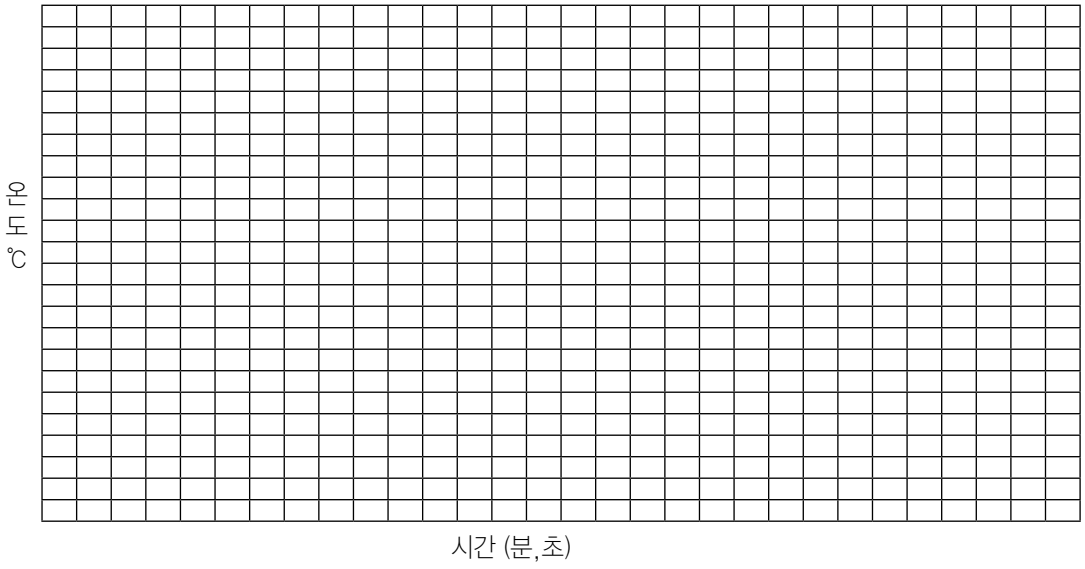
4. 처음 물의 온도를 재어 기록합니다.
5. 알코올램프의 불을 붙입니다.
6. 15초마다 물의 온도를 기록합니다.
7. 물의 온도에 대해 기록한 내용을 바탕으로 그래프를 그립니다. 가로축은 시간, 세로축은 온도로 합니다.

활동 결과

♣ 15초마다 물의 온도를 측정하여 적어봅시다.

시간(분' 초")	0	15"	30"	45"	1'	1' 15"	1' 30"	1' 45"
온도℃								
시간(분' 초")	2'	2' 15"	2' 30"	2' 45"	3'	3' 15"	3' 30"	3' 45"
온도℃								
시간(분' 초")	4'	4' 15"	4' 30"	4' 45"	5'	5' 15"	5' 30"	5' 45"
온도℃								
시간(분' 초")	6'	6' 15"	6' 30"	6' 45"	7'	7' 15"	7' 30"	7' 45"
온도℃								
시간(분' 초")	8'	8' 15"	8' 30"	8' 45"	9'	9' 15"	9' 30"	9' 45"
온도℃								
시간(분' 초")	10							
온도℃								

♣ 실험 결과를 바탕으로 그래프로 나타내봅시다.



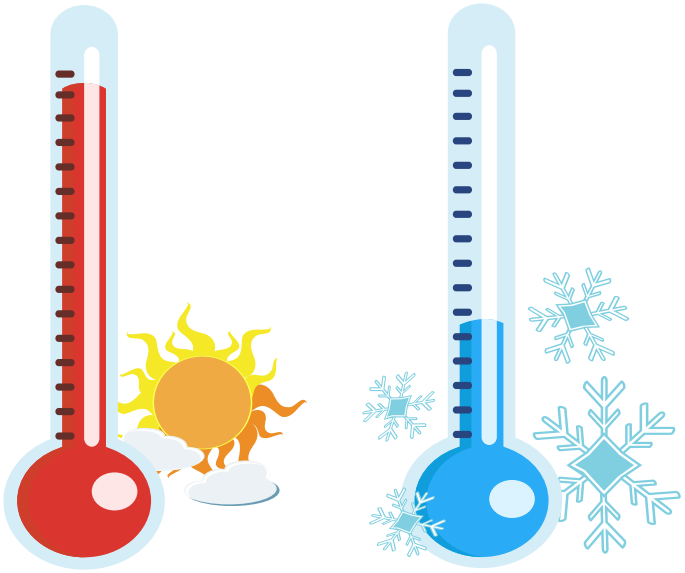
생각해요

1. 그래프의 전체적인 모양은 어떤가요?

2. 몇 도에서 비커 물이 끓었나요?

3. 물 온도의 상승이 멈춘 시점에 어떤 일이 있었나요?

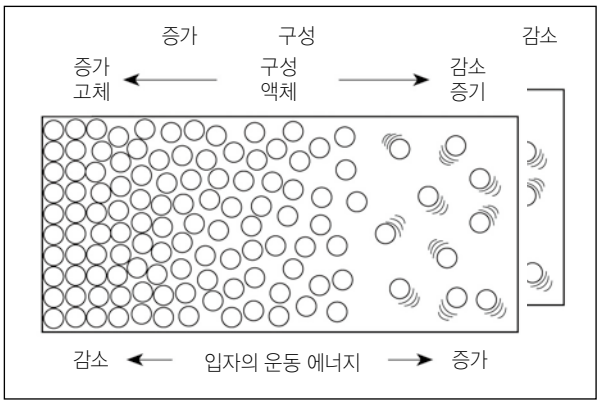
4. 알코올램프로 물을 계속 가열하는데 어떻게 온도 상승이 멈출 수 있을까요? 그 에너지는 모두 어디로 갔을까요?



【읽을 거리】

물의 끓는점과 온도 정체기

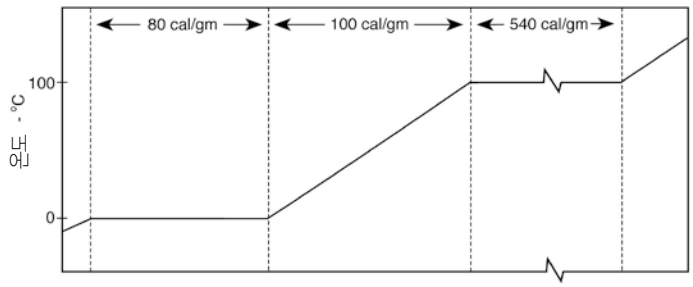
화성의 물이 끓어서 증발한 것 같다는 의견이 주를 이루기 때문에 끓는 점에 대해 공부하면 화성에 액체 상태의 물이 없는 이유를 이해할 수 있다. 화성의 평균 온도가 −60℃인데 어떻게 물이 끓을 수 있을지 궁금하다. 끓는점에 대해 잘 이해하기 위해 물의 상태 변화 정체기에 대해 경험할 필요가 있다 (그림 1).



〈 그림 1 〉

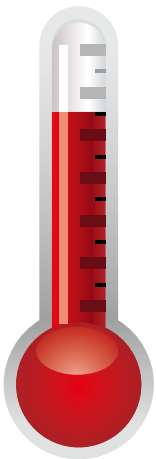
이 활동에서는 액체가 기체로 변하는 방법을 이해하는 것이 중요하다(그림 1). 분자가 하나로 모이는 것을 막는 힘을 이겨낼 정도로 충분한 운동 에너지(진동 운동)를 갖게 될 때까지 분자는 액체 상태를 유지한다.액체에 열을 가하면 그 입자의 운동 에너지가 쉽게 증가한다. 특정 온도에 도달하면 입자의 에너지가 활발해져 입자와 입자가 분리되어 기체가 된다. 이것을 끓는점이라고 한다.

끓는점에서 액체에 가해진 열을 분자가 흡수하여 액체는 기체 상태로 변한다. 이러한 분자는 공기 중으로 빠져나가면서 열을 흡수하기 때문에 액체의 온도는 끓는점 이상으로 상승하지 않는다. 가열한 물의 온도 상태가 표시된 그래프(그림 2)에는 끓는점이 평탄하게 표시되어 있다.



〈 그림 2 〉 물 1그램에 추가된 칼로리

그림2. 물의 가열 곡선을 보면 열을 더하거나 뺄 때 온도가 어떻게 변하는지 알 수 있다. 예를 들어, 얼음 온도가 0℃에 도달하면 얼음 1g을 녹이는 데 80칼로리씩 소모된다. 가해진 모든 열은 얼음을 녹이는 데 사용되기 때문에 이 상태가 변하는 동안은 온도가 일정하게 유지된다. 얼음이 모두 녹은 후에는 열이 가해질 때마다 물 온도가 상승한다. 1칼로리가 추가될 때마다 물 1g의 온도가 1℃씩 올라간다. 물 온도가 100℃에 이르면 물 1g이 증발할 때마다 540칼로리씩 소모된다. 가해진 모든 열은 물 증발에 사용되기 때문에 이 상태가 변하는 동안은 온도가 일정하게 유지된다. 물이 모두 증발한 후에는 열이 가해질 때마다 증기 온도가 상승한다.



열을 계속 가해도 물의 온도가 변하지 않는다는 것이 이해가 안될 수 있다. 수증기 1g당 540칼로리가 소모되고, 이렇게 소모된 열이 열원으로 공급되는 추가 에너지를 상쇄한다는 사실이다. 열을 더 많이 가하는 것은 물의 온도를 높이는 게 아니라 물이 끓는 속도를 높이는 것이다.

측정한 온도 값을 그래프로 표시하고, 온도 정체기의 존재를 발견할 때 끓는 온도가 실제로 의미하는 것을 개념화하고 끓는 것에 대해 이해할 수 있다.

Mars exploration

기압의 효과 알아보기

물고기는 물의 존재를 인지하고 있을까? 사람 역시 공기 속에서 살아가고 있다. 지구 대기가 지표면에 상당한 힘을 가하고 있다는 것을 여러 가지 실험을 통해 경험해 보는 차시이다.

학습 목표

여러 가지 실험을 통해 기압의 효과에 대해 설명할 수 있다.

해당 학년

중2~3학년

소요 시간

90분

이렇게 준비해요

〈실험1〉 주둥이가 넓은 병, 고무장갑
〈실험2〉 수조, 비커, 물
〈실험3〉 풍선, 두 개짜리 고무마개를 끼울 수 있는 플라스크, 빨대, 유리관
〈실험4〉 빨대, 컵, 물, 색소
〈실험5〉 코팅카드, 컵, 물, 펜

핵심 단어

- **대기압** : 대기 속의 기체 분자로 형성되는 힘이다. 대기압은 행성의 중력과 관련된 대기의 높이와 밀도의 상관관계에 있다. 해수면 높이에서 지구 대기압은 1,013hpa이다. 화성은 일반적인 표면 압력 범위가 6.8hpa이다.
- **보일의 법칙** : 온도가 일정할 때 일정 질량의 기체 부피가 증가하면 그 압력은 감소한다는 법칙이다.

활동 내용

❖ 사전 개념 점검

다음 물음에 대해 학생들의 생각을 활동지에 적도록 한다.

1. 밀크쉐이크를 빨대로 마실 수 있는 이유는 무엇일까요?
2. 뚜껑이 꽉 닫혔을 때 빨대로 밀크쉐이크를 마시기 어려운 이유는 무엇일까요?

❖ 실험하기

스테이션식 활동으로 5가지 실험을 조별로 돌아가면서 활동한다. 실험 활동을 하면서 실험 결과에 대해 조별로 토론하도록 한다.

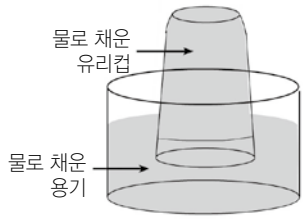
〈실험 1〉 병에서 장갑을 빼낼 수 있을까?

장갑을 꺼낼 때, 갇힌 공기의 부피는 증가하고 그 압력은 감소한다.

① 손에 장갑을 낀다.
② 병을 테이블 위에 놓고 병의 밀폐 상태를 유지하면서 장갑을 병에서 빼낸다.
③ 병을 테이블 위에 놓고 아무것도 건드리지 않는다.

〈실험 2〉 물을 얼마나 높이 올릴 수 있을까?

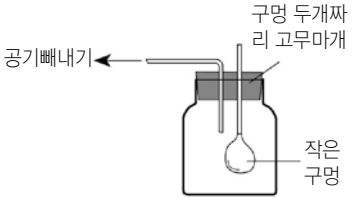
① 유리컵을 담그고 물을 채우되 물 위에 약간의 공기 주머니가 있게 한다.



컵에서 물이 조금 나가면서 갇힌 공기의 부피는 증가하고 압력은 감소한다.

② 유리컵을 똑바로 들어올린다. 유리컵 안의 물이 넘치지 않을 때까지 얼마나 높이 들 수 있을지 도전해 본다.
③ 공기 주머니를 더 크게, 더 작게, 전혀 없게 다시 배치한다. 각 상황에서 내부의 물이 넘치지 않을 때까지 얼마나 높이 들 수 있을지 도전해 본다.

〈실험 3〉 풍선을 부풀릴 수 있을까?



병에서 공기를 빼면 감소한다.

① 음료수 빨대를 막히지 않은 관(예: 풍선이 달리지 않은 관)에 넣는다.

② 빨대를 빨아 최대한 많이 풍선을 부풀린다.

〈실험 4〉 빨대 안에 물을 가둘 수 있을까?

중력이 물을 아래로 당겨 갇힌 공기의 부피는 증가하고 압력은 감소한다.

① 손에 장갑을 낀다.

① 빨대 끝을 손가락으로 막고 물속에 넣는다.

② 손가락을 떼고 지켜본다.

③ 빨대 꼭대기에 손가락을 다시 대고 물에서 꺼낸다.

〈실험 5〉 카드를 사용해 뒤집힌 유리컵 안의 물이 쏟아지지 않게 할 수 있을까?

카드가 약간 휘면서 갇힌 공기의 부피는 증가하고 압력은 감소한다.

① 컵에 물을 4분의 3 채운다.

② 컵의 주둥이에 코팅된 카드를 덮는다.

③ 마른 손으로 카드 테두리를 잡고 컵을 뒤집는다.

④ 액체의 표면 위치를 펜으로 표시한다.

⑤ 카드를 잡고 있던 손을 천천히 뺀다.

⑥ 액체의 표면 위치를 한 번 더 펜으로 표시한다.

❖ 결과 토의하기

실험을 한 후 각 질문에 대한 답을 조별로 토의한다.

〈실험 1〉 병에서 장갑을 빼낼 수 있을까?

① 저항감이 처음 느껴진 때는 언제인가?
② 저항감 없이 손가락을 구부릴 수 있는가?
③ 장갑이 병에서 빠지지 않는 이유는?
④ 장갑을 쉽게 꺼내려면 어떻게 배치할 수 있을까? 배치를 바꾸면 왜 달라질까?

〈실험 2〉 물을 얼마나 높이 올릴 수 있을까?

① 유리컵을 들어 올릴 때 공기 주머니 크기가 변하는가?
② 공기 주머니 크기가 결과에 어떤 영향을 주었는가?
③ 어떻게 바꾸었을 때 물이 흘러나왔는가?
④ 물이 다시 흘러 들어가지 않고 컵 안에 그대로 있는 이유는?

〈실험 3〉 풍선을 부풀릴 수 있을까?

① 공기가 풍선으로 어떻게 들어갔는가?
② 공기가 풍선으로 잘 들어가도록 어떻게 했는가? 신체 중에서 이 방법에 도움이 된 중요한 부분은 어디인가?
③ 풍선의 부푼 상태를 유지하려면 어떻게 해야 하는가? 그 이유는?
④ 풍선을 부풀릴 수 있는 다른 방법은? 자신만의 방법을 시도해 본 경우 공기가 흐르는 방식을 설명한다.
⑤ 열려 있는 관을 통해 불 경우 어떻게 될까?

〈실험 4〉 빨대 안에 물을 가둘 수 있을까?

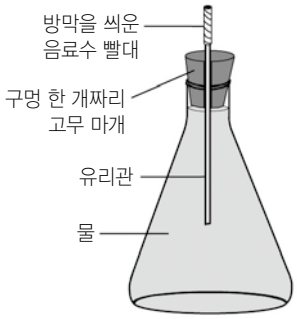
① 1단계에서 물이 빨대로 들어가지 않은 이유는?
② 손가락을 떼었을 때 물이 확 들어가지 않은 이유는?
③ 빨대에서 물을 어떻게 빼냈는가? 빨대에서 물이 나오도록 손가락을 떼었을 때 무엇이 달라졌는가?

〈실험 5〉 카드를 사용해 뒤집힌 유리컵 안의 물이 쏟아지지 않게 할 수 있을까?

① 액체 표면 위치가 달라졌는가?
② 카드 모양을 설명한다.
③ 용기 안에 물이 그대로 있는 이유는?
④ 물이 쏟아지기 전까지 용기를 얼마나 기울일 수 있을까?

심화 학습

1. 플라스크에 물을 채우고 빨대나 유리 관을 끼운 구멍 한 개짜리 고무 마개로 밀봉한다.
2. 학생 한 명에게 빨대로 물을 마셔보게 한다.



학생이 물을 조금 마시면 플라스크 내부 압력이 떨어진다. 이 때 빨대의 압력이 플라스크 내부 압력보다 커지기 때문에 더 이상 물을 빨아 마실 수 없게 된다. 구멍 두 개짜리 고무 마개를 사용하여 실험을 할 수 있다. 두 번째 구멍을 막았다 열었다 하면서 학생들은 플라스크 안으로 공기가 자유롭게 들어갈 때와 구멍을 막았을 때를 시험하며 비교할 수 있다.

기압의 효과 알아보기

학년 반 이름

도전과제

여러 가지 실험을 통해 기압을 느껴보고,
기압의 효과를 설명해보자.

물고기는 물의 존재를 인지하며 살까요? 사람들도 공기 속에서 살아가고 있으나, 공기의 존재를 잘 느끼지 못할 때가 많습니다. 여러 가지 실험을 통해 기압을 느껴보고, 기압의 효과를 설명해봅시다.

이것이 필요해요

〈실험1〉 주둥이가 넓은 병, 고무장갑

〈실험2〉 수조, 비커, 물

〈실험3〉 풍선, 두 개짜리 고무마개를 끼울 수 있는 플라스크, 빨대, 유리관

〈실험4〉 빨대, 컵, 물, 색소

〈실험5〉 코팅카드, 컵, 물, 펜

핵심 단어

- [ ] : 대기 속의 기체 분자로 형성되는 힘이다. 대기압은 행성의 중력과 관련된 대기의 높이와 밀도의 상관관계에 있다. 해수면 높이에서 지구 대기압은 1,013hpa이다. 화성은 일반적인 표면 압력 범위가 6.8hpa이다.
- **보일의 법칙** : 온도가 일정할 때 일정 질량의 기체 [ ] 가 증가하면 그 [ ] 은 감소한다는 법칙이다.

활동 순서

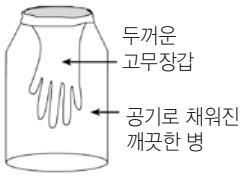
1. 다음 물음에 생각을 발표해봅시다.

① 밀크쉐이크를 빨대로 마실 수 있는 이유는 무엇일까요?

② 뚜껑이 꽉 닫혔을 때 빨대로 밀크쉐이크를 마시기 어려운 이유는 무엇일까요?

2. 스테이션식 활동으로 5가지 실험을 조별로 돌아가면서 활동합니다. 생각해보기 물음에 대한 답을 생각하며 실험을 합니다.

〈실험 1〉 병에서 장갑을 빼낼 수 있을까요?

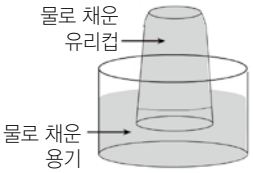


① 손에 장갑을 낀다.

② 병을 테이블 위에 놓고 병의 밀폐 상태를 유지하면서 장갑을 병에서 빼낸다.

③ 병을 테이블 위에 놓고 아무것도 건드리지 않는다.

〈실험 2〉 물을 얼마나 높이 올릴 수 있을까요?

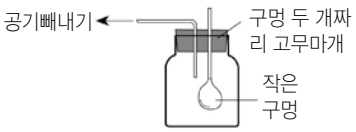


① 유리컵을 담그고 물을 채우되 물 위에 약간의 공기 주머니가 있게 한다.

② 유리컵을 똑바로 들어올린다. 유리컵 안의 물이 넘치지 않을 때까지 얼마나 높이 들 수 있을지 도전해 본다.

③ 공기 주머니를 더 크게, 더 작게, 전혀 없게 다시 배치한다. 각 상황에서 내부의 물이 넘치지 않을 때까지 얼마나 높이 들 수 있을지 도전해 본다.

〈실험 3〉 풍선을 부풀릴 수 있을까요?



① 음료수 빨대를 막히지 않은 관(예: 풍선이 달리지 않은 관)에 넣는다.

② 빨대를 빨아 최대한 많이 풍선을 부풀린다.

〈실험 4〉 빨대 안에 물을 가둘 수 있을까요?

① 빨대 끝을 손가락으로 막고 물속에 넣는다.

② 손가락을 떼고 지켜본다.

③ 빨대 꼭대기에 손가락을 다시 대고 물에서 꺼낸다.

〈실험 5〉 카드를 사용해 뒤집힌 유리컵 안의 물이 쏟아지지 않게 할 수 있을까요?

① 컵에 물을 4분의 3 채운다.
② 컵의 주둥이에 코팅된 카드를 덮는다.
③ 마른 손으로 카드 테두리를 잡고 컵을 뒤집는다.
④ 액체의 표면 위치를 펜으로 표시한다.
⑤ 카드를 잡고 있던 손을 천천히 뺀다.
⑥ 액체의 표면 위치를 한 번 더 펜으로 표시한다.

생각해요

〈실험 1〉 병에서 장갑을 빼낼 수 있을까요?

① 저항감이 처음 느껴진 때는 언제인가요?

② 저항감 없이 손가락을 구부릴 수 있습니까?

③ 장갑이 병에서 빠지지 않는 이유는 무엇일까요?

④ 장갑을 쉽게 꺼내려면 어떻게 배치할 수 있을까요? 배치를 바꾸면 왜 달라질까요?

활동 결과

〈실험 2〉 물을 얼마나 높이 올릴 수 있을까요?

① 유리컵을 들어 올릴 때 공기 주머니 크기가 변하나요?

② 공기 주머니 크기가 결과에 어떤 영향을 주었습니까?

③ 어떻게 바꾸었을 때 물이 흘러나왔나요?

④ 물이 다시 흘러 들어가지 않고 컵 안에 그대로 있는 이유는 무엇입니까?

〈실험 3〉 풍선을 부풀릴 수 있을까요?

① 공기가 풍선으로 어떻게 들어갔습니까?

② 공기가 풍선으로 잘 들어가도록 어떻게 했습니까? 신체 중에서 이 방법에 도움이 된 중요한 부분은 어디인가요?

③ 풍선의 부푼 상태를 유지하려면 어떻게 해야 합니까? 그 이유는?

④ 풍선을 부풀릴 수 있는 다른 방법은? 자신만의 방법을 시도해 본 경우 공기가 흐르는 방식을 설명합니다.

⑤ 열려 있는 관을 통해 불 경우 어떻게 될까요?

〈실험 4〉 빨대 안에 물을 가둘 수 있을까요?

① 1단계에서 물이 빨대로 들어가지 않은 이유는 무엇입니까?

② 손가락을 떼었을 때 물이 확 들어가지 않은 이유는 무엇입니까?

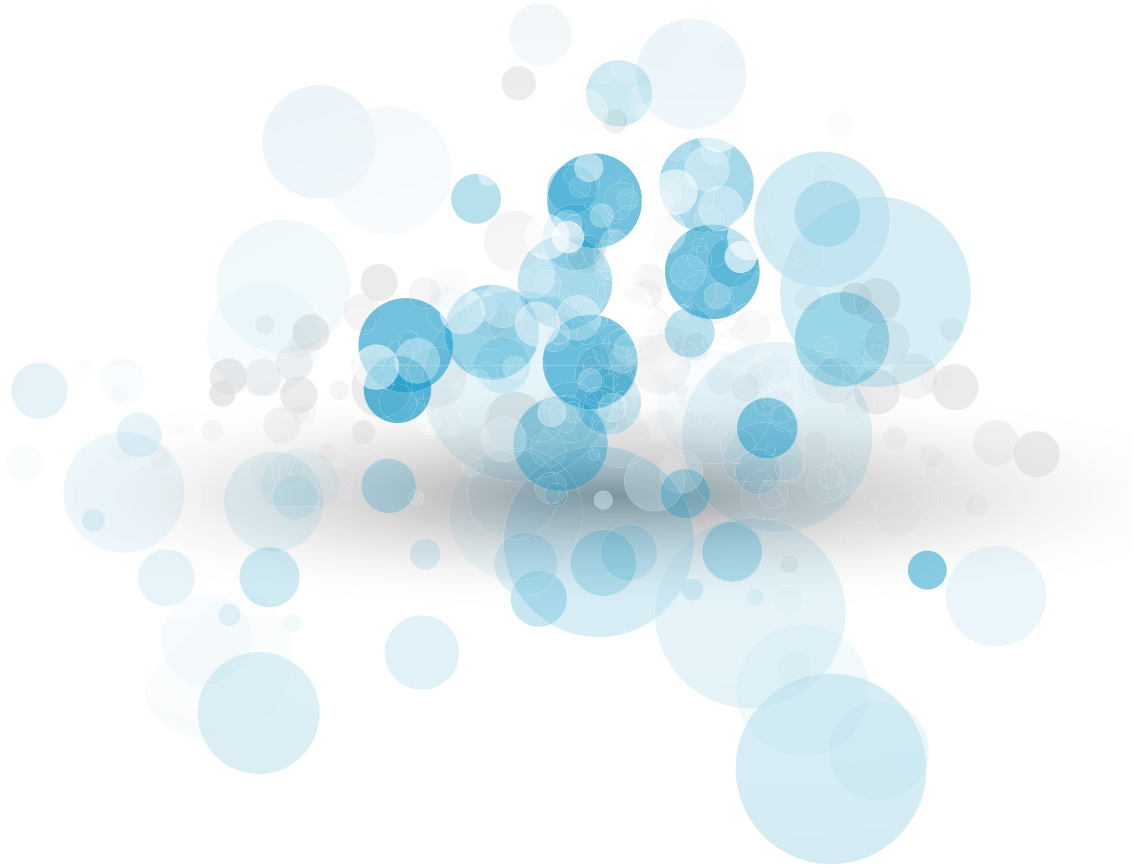
③ 빨대에서 물을 어떻게 빼냈습니까? 빨대에서 물이 나오도록 손가락을 떼었을 때 무엇이 달라졌습니까?

〈실험 5〉 카드를 사용해 뒤집힌 유리컵 안의 물이 쏟아지지 않게 할 수 있을까요?

① 액체 표면 위치가 달라졌나요?

② 용기 안에 물이 그대로 있는 이유는 무엇입니까?

③ 물이 쏟아지기 전까지 용기를 얼마나 기울일 수 있을까요?



【읽을 거리】

대기압에 대한 이해

공기는 보이지 않고 느낄 수 없기 때문에 사람들이 그 존재와 효과를 확인하기가 어렵다. 공기에 질량이 있다는 것과 100km 이상 두꺼운 대기가 상당히 무겁다는 것을 이해하지 못할 수도 있다. 물고기가 자신의 몸을 지탱해주는 물을 감지하지 못하는 것처럼 대부분의 사람들은 자신이 공기라는 커다란 바다 밑에 산다는 사실을 감지하지 못한다.

수영장 바닥에서는 높은 수압을 쉽게 느끼지만 우리가 대기압을 받고 있다는 것은 쉽게 느끼지 못한다. 우리의 팔과 몸이 쉽게 움직일 수 있기 때문에 대기압이 우리를 세게 누르고 있다는 것을 믿기 어렵다.

팔을 움직일 때 대기가 우리 팔의 위, 옆, 아래를 동일하게 누르고 있기 때문에 이 힘이 모든 방향으로 동일하다는 것이다. 그 때문에 압력을 효과적으로 느끼지 못하는 것이다. 우리가 공기나 대기압을 인지하지 못하고도 자유롭게 살 수 있다는 사실은 우리 몸이 대기압에 적응했다는 증거이다.

고도 (m)	압력 (hpa)	이 고도 위의 대기 비율	끓는점 (℃)
0	1,013	100	100.0
500	955	94	98.5
1,000	899	89	96.9
1,500	846	83	95.0
2,000	795	78	93.5
2,500	747	74	91.9
3,000	701	69	90.0
3,500	658	65	88.5
4,000	617	61	86.8
4,500	578	57	85.0
5,000	541	53	83.5
5,500	505	50	81.5
6,000	472	47	80.0
6,500	441	43	78.5
7,000	411	41	76.5
7,500	383	38	74.9
8,000	357	35	73.1
8,500	332	33	71.5
9,000	308	30	69.7
9,500	286	28	68.0
10,000	265	26	66.4

Mars exploration

지구의 대기는 무게가 약 5.8톤이며 대기는 해수면 기준으로 1,013hpa의 힘으로 누르고 있다. 이것이 지구의 중력과 관련된 대기의 질량과 온도의 상관관계이다. 위에 있는 대기가 많을수록 압력도 높아진다. 따라서 위의 대기가 적을수록 압력이 낮아진다. 높은 압력을 받는 공기의 입자는 낮은 압력을 받을 때보다 공기의 입자가 더 조밀하게 모여 있다. 따라서 고기압 공기가 저기압 공기 영역으로 이동해 압력이 같아지고 모든 입자 사이의 공간이 일정해진다.

대기압의 수직 방향 분포는 모든 계절과 위도의 평균 모델인 표준 대기를 기준으로 한다. 고정된 해수면의 기온 15℃와 압력 1,013hpa가 사용된다. 에베레스트산은 8,848m이고 대기의 99%는 32km미터 미만에 속한다.

이 단원은 물에 관한 것이다. 물은 일정량의 대기압 없이는 액체로 존재할 수 없기 때문에 지구 대기가 표면에 상당한 힘을 가한다는 사실을 이해하는 것이 매우 중요하다. 운동 에너지로 인해 액체 상태의 분자는 대기압이 충분히 낮아지면 증기로 변할 수 있다. 액체 상태를 유지하려면 분자가 분리되어 기체 상태가 되는 대신에 분자가 응집할 수 있도록 충분한 압력을 받아야 한다.

이번 활동을 통해서 공기에 질량과 부피가 있다는 사실과 압력을 가할 수 있다는 사실을 이해해야 한다. 이번 차시에 핵심 개념은 다음과 같다.

- 온도가 일정한 경우 특정 질량을 지닌 기체의 부피가 증가하면 압력은 감소한다 (보일의 법칙)
- 공기는 압력이 높은 곳에서 낮은 곳으로 흘러 두 압력이 같아진다.

| 화성에 물이 있을까?

이번 차시에서는 실제 화성에 대한 자료와 사진을 분석하여 화성에 액체 상태의 물이 있는지 여부를 탐구한다. 조별로 패스파인더 우주 비행 임무에서 얻은 온도와 압력 그래프를 분석하여 화성에 물이 존재했을 가능성에 대해 토의한다. 화성 사진을 통해 지형을 살펴보고 과거 화성 표면에 물이 흘렀을 가능성에 관해 생각해보고, 물이 어떻게 사라졌을지에 대해 탐구해본다.

학습 목표

화성에 대한 자료를 통해 화성에 물이 있는지 탐구할 수 있다.

해당 학년

중2~3학년

소요 시간

90분

이렇게 준비해요

패스파인더의 온도와 압력 그래프, 화성 사진들

핵심 단어

- **마스 패스파인더** : 1996년 12월에 발사된 착륙선으로 지구와의 무선 교신장치, 과학 기기, 소저너라고 하는 탐사 장치가 실렸다. 소저너는 표면 암석과 광물의 성분을 확인할 수 있는 기기와 촬영 장치 두 대를 배치할 때 사용되었다.
- **마스 글로벌 서베이어** : 1996년 11월에 화성 대기와 표면 지도를 만들기 위해 발사된 우주선이다. 이 우주선이 수집하는 데이터를 이용해 화성 표면에 물이 흐른 증거를 찾고, 표면 지리와 구조를 연구하며, 화성년 1년(지구년으로 약 2년) 이상 화성 기후 변화를 조사했다.
- **솔(Sol)** : 화성의 하루로, 24.67시간이다.
- **곡류** : 강에 있는 굽이로서 굽이의 바깥쪽 가장자리에는 강둑의 침식이 발생하고 안쪽에는 침전물이 쌓여 생긴다. 곡류는 천천히 흐르는 오래된 강에서 발생한다.

활동 내용

❖ 사전 개념 점검

다음 물음에 대한 학생들의 생각을 활동지에 적도록 한다.

1. 화성에 간 사람이 낮에 태양 때문에 더워 우주복을 벗는다면 어떻게 될까?
2. 화성에서 어떤 형태의 물이 발견될 것이라고 생각하는가?
3. 마스 글로벌 서베이어가 카메라로 화성에서 볼 수 있는 물 관련 지형에는 어떤 것이 있을까?

❖ 실험하기

1. 패스파인더가 수집한 자료로 만든 온도와 압력 그래프를 조별로 나눠준다. 학생들에게 다음과 같은 질문에 대해 생각해보라고 한다.

- 그래프에 몇 솔이 표시되었는가?
- 온도 범위는 얼마인가? 압력 범위는?
- 온도와 압력이 가장 높은 때는 ? 가장 낮은 때는?
- 하루 동안 온도와 압력이 어떻게 변하는가?
- 온도와 압력 패턴이 연결되어 있는 것 같은가?
- 온도와 압력 최대치, 최소치, 평균치는 얼마인가?
- 지구와 화성의 온도와 압력 최대치, 최소치, 평균치는 얼마나 다른가?
- 화성의 온도와 압력 변동성은 지구의 온도와 압력 변동성과 얼마나 다른가?
- 이러한 압력에서 액체 상태의 물이 존재하려면 온도는 얼마나 되어야 할까?
- 이러한 온도에서 물이 존재하려면 압력은 얼마나 되어야 할까?
- 액체 상태의 물이 끓는 데 얼마나 걸릴까? 증발하려면 얼마나 걸릴까?
- 패스파인더에서 액체 상태의 물이 존재할 수 있을 온도와 압력이 측정된 적이 있었는가? 그렇다면 필요한 온도와 압력이 동시에 발생했는가? 이 조건이 얼마나 지속되었는가?

2. 화성 사진을 보고 관찰한 것을 설명해 보는 활동을 한다. 관찰할 수 있는 화성의 지형은 다음과 같다.

- 만년설 • 화산 • 건조한 표면 • 협곡 • 곡류 • 지표 하천 • 크레이터 • 단구

3. 학생들에게 패스파인더 착륙 지점 주변을 보여주는 사진 6과 7을 조사하게 한다. 이 지역을 변하게 한 작용과 물의 증거를 찾아보도록 한다. 과학자들은 이 지역에 많은 양의 물이 흘렀다고 생각한다. 증거는 다음과 같다.

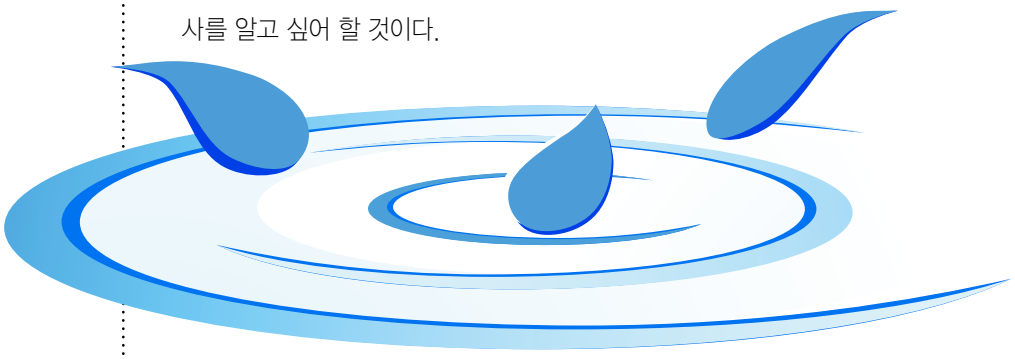
- 지표 하천
- 유선형 지형
- 둥근 표석
- 진흙 같은 산란물 층이 있는 크레이터
- 매끈한 범람원
- 수로에 있는 웅덩이와 길게 패인 자국

4. 사진 11, 12, 13을 비교해 본다. 화성과 지구 계곡의 유사점과 차이점은 무엇인지 찾아본다. 이 비교를 근거로 화성의 물에 관해 어떤 결론을 도출할 수 있을지 토의해본다.
   두 협곡 모두 물이 지속적으로 흘렀다는 흔적을 보여준다. 그 예로는 다음과 같다.
- 지표 하천은 직선이고 얕기 때문에 곡류와 협곡 깊이로 오랜 기간 물이 흘렀다는 것을 알 수 있다.
- 단구와 좁은 수로를 보면 액체가 지속적으로 흘러 좁아지면서 이러한 협곡을 형성했음을 알 수 있다.
- 두 협곡의 벽에는 층이 보인다. 곡류를 보면 일부 층은 다른 것보다 침식에 강함을 알 수 있다.
- 굽이치는 강이 일반적으로 그렇듯이 곡류의 안쪽 굽이에 침전물이 쌓여 있는 것 같다. 이러한 침전물은 오랜 시간 지속적으로 흘렀다는 것을 나타낸다. 그리고 수로는 곡류의 바깥쪽 굽이에서 강둑 아랫부분을 자른 것 같다. 이 역시 오랜 시간 지속적으로 흘렀다는 것을 나타낸다.

❖ 결과 토의하기

1. 앞의 활동을 통해 화성에 물이 있는지 여부에 대해 토의해 본다.
   현재의 기후 조건에서는 화성에서 물이 액체 상태로 존재하는 것은 불가능하다. 화성에 액체 상태의 물이 있다는 증거를 찾을 수는 없지만 지형에 대한 관찰을 통해 물이 흘렀다는 증거가 있다는 것을 발견하게 된다. 현재 조건으로는 액체 상태의 물이 존재할 가능성이 없지만 과거에는 화성 표면에 물이 흘렀다는 사실을 설명할 수 있는 가설을 세워보도록 한다. 조별로 가설을 세우고 가장 좋은 아이디어를 발표해 본다.
   다음은 과학자들이 세운 가설이다.
- 과거 한 시점에는 대기 밀도가 높아서 압력도 훨씬 높았을 것이다.
- 과거 한 시점에는 온도가 훨씬 높았을 것이다.
- 대량의 물이 지각을 뚫고 나와 이 물이 표면을 침식할 정도로 충분했으나 끓어서 증발했다.
- 흐르는 물의 표면이 낮은 화성의 온도 때문에 얼어 얼음막이 형성되어 물이 증발하는 속도가 크게 느려졌다. 일시적으로 갇힌 물이 지표면을 침식하다가 점차 끓어서 증발했거나 지표면에 흡수되었다.

2. 학급 전체가 화성 표면의 물이 어떻게 사라질 수 있는지 토의해본다. 좀 더 확실한 답을 찾아보려면 어떤 종류의 정보가 필요한지 물어본다.
   물은 지하로 흡수되거나, 광물과 화학적으로 결합하거나, 대기에 증기로 존재하거나, 얼어서 만년설이 되거나, 우주에서 손실될 수 있다. 학생들은 패스파인더가 측정한 온도와 압력이 일반적인 것인지, 표면이 어떻게 생겼는지, 화성에 얼음이 많이 있는지, 수증기가 화성 대기에 얼마나 있는지, 화성의 과거 기후 역사를 알고 싶어 할 것이다.



지도상 유의점

화성에서 패스파인더가 수집한 자료로 만든 온도와 압력 그래프를 통해 현재의 기후 조건에서는 화성에서 물이 액체 상태로 존재하는 것은 불가능하다는 것을 발견하도록 유도한다. 지구의 온도와 압력에 대한 자료를 찾으려면 기상청 홈페이지를 이용하거나 전미 기후데이터센터를 이용하도록 한다.

과거에 화성에 물이 흘렀다는 사실을 설명할 수 있는 가설 세우기 활동에서는 학생들이 어려워할 경우 과학자들이 세운 가설 중 몇 개를 예로 들어준다.

화성에 물이 있을까?

학년 반 이름

도전과제

화성에 대한 자료와 사진을 분석하여
화성에 물이 있는지 탐구해보자.

패스파인더가 우주 비행 임무에서 얻은 온도와 압력 그래프를 분석하여 화성에 물이 존재했을 가능성에 대해 토의볼까요? 화성 사진을 통해 지형을 살펴보고 과거 화성 표면에 물이 흘렀을 가능성에 관해 생각해보고, 물이 어떻게 사라졌을지에 대해 탐구해봅시다.

이것이 필요해요

패스파인더의 온도와 압력 그래프, 화성 사진들

핵심 단어

- **마스 패스파인더** : 1996년 12월에 발사된 [ ]으로 지구와의 무선 교신장치, 과학 기기, 소저너라고 하는 탐사 장치가 실렸다. [ ]는 표면 암석과 광물의 성분을 확인할 수 있는 기기와 촬영 장치 두 대를 배치할 때 사용되었다.
- [ ] : 화성의 하루로, 24.67시간이다.
- [ ] : 강에 있는 굽이로서 굽이의 바깥쪽 가장자리에는 강둑의 침식이 발생하고 안쪽에는 침전물이 쌓여 생긴다. 곡류는 천천히 흐르는 오래된 강에서 발생한다.

활동 순서

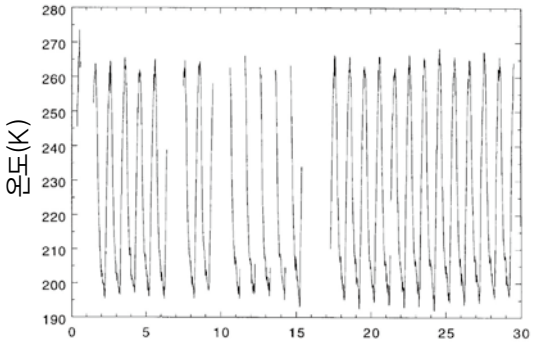
1. 다음 물음에 대해 생각을 발표해봅시다.
   ① 화성에 간 사람이 낮에 태양 때문에 더워 우주복을 벗는다면 어떻게 될까요?
   ② 화성에서 어떤 형태의 물이 발견될 것이라고 생각하나요?
   ③ 마스 글로벌 서베이어가 카메라로 화성에서 볼 수 있는 물 관련 지형에는 어떤 것이 있을까요?
2. 조별로 패스파인더가 수집한 자료로 만든 온도와 압력 그래프를 분석한다. 그래프를 보고 활동 결과 물음에 답해봅시다.

3. 화성 사진을 보고 관찰할 수 있는 화성의 지형을 활동 결과에 적어봅니다.
4. 패스파인더 착륙 지점 주변을 보여주는 사진 6과 7을 자세히 관찰한다. 이 지역의 특징과 물이 흐른 증거를 찾아 활동 결과에 적습니다.
5. 사진 11, 12, 13을 비교하여 화성과 지구 계곡의 유사점과 차이점을 찾아봅니다.
6. 화성에 물이 있는지 여부에 대해 토의해 봅시다.
7. 과거에 화성 표면에 물이 흘렀다는 사실을 설명할 수 있는 가설을 세워 봅니다.
8. 화성 표면의 물이 어떻게 사라질 수 있는지 토의해봅시다.

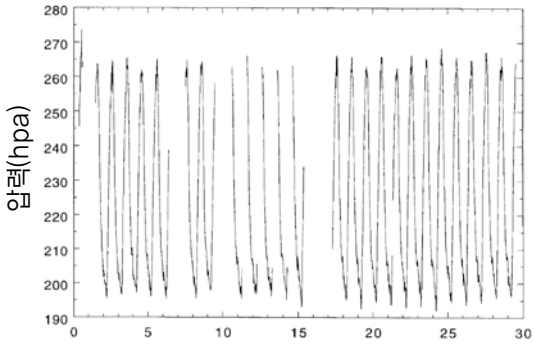
활동 결과

1. 패스파인더가 수집한 자료로 만든 온도와 압력 그래프를 분석하기

마스 패스파인더 착륙선
높이 0.25미터의 온도



마스 패스파인더 착륙선
표면 압력



※ 자료제공 : 짐 머피 박사, 마스 패스파인더 ASI/MET 팀

- 그래프에 몇 솔이 표시되었나요?

- 온도 범위는 얼마인가요? 압력 범위는 얼마인가요?

- 하루 동안 온도와 압력이 어떻게 변하나요?

- 온도와 압력 최대치, 최소치, 평균치는 얼마인가요?

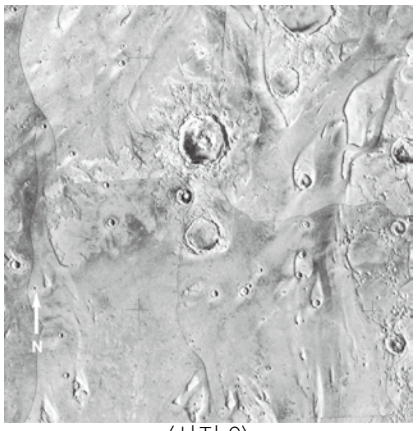
- 이러한 압력에서 액체 상태의 물이 존재하려면 온도는 얼마나 되어야 할까요?

- 이러한 온도에서 물이 존재하려면 압력은 얼마나 되어야 할까요?

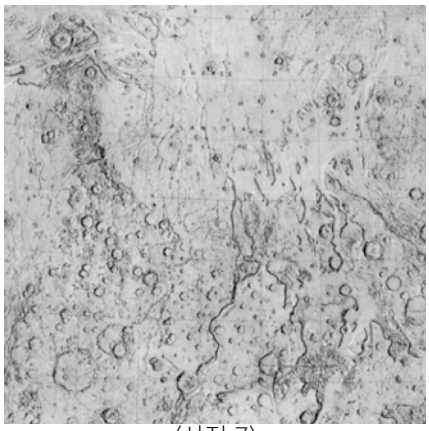
- 패스파인더에서 액체 상태의 물이 존재할 수 있을 온도와 압력이 측정된 적이 있었나요? 그렇다면 필요한 온도와 압력이 동시에 발생했는가요?

2. 화성 사진 15장을 보고 관찰할 수 있는 화성의 지형에 대해 적어볼까요?

3. 패스파인더 착륙 지점 주변을 보여주는 사진 6과 7을 자세히 관찰한 후 이 지역을 변하게 한 작용과 물의 증거를 찾아 적어봅시다.



〈사진 6〉


〈사진 7〉

생각해요

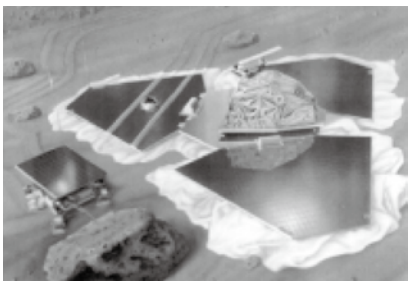
1. 여러 자료에 대한 탐색을 바탕으로 과연 화성에 물이 있을까요? 탐구한 내용을 바탕으로 근거를 들어 적어 봅시다.

2. 현재 상태로는 화성에 액체 상태의 물이 존재할 가능성이 없지만 과거에는 화성 표면에 물이 흘렀다는 사실을 설명할 수 있는 가설을 세워봅시다.

【읽을 거리】

마스 패스파인더

7개월 간 3억km를 이동한 끝에 마스 패스파인더는 1997년 7월 4일 화성에 착륙했다. 마스 패스파인더는 1996년 12월에 발사된 착륙선으로 지구와의 무선 통신, 과학 기기, 소저너라고 하는 탐사 장치가 실려 있었다. 소저너는 촬영 장치 두 개와 표면 암석 및 광물의 성분을 확인할 수 있는 기기를 배치할 때 사용되었다.

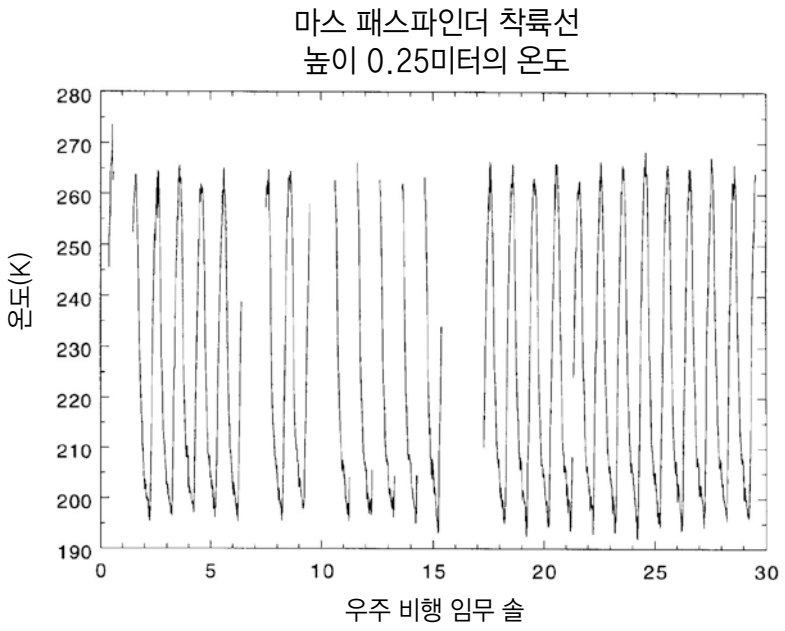


〈그림 1〉 화가가 표현한 마스 패스파인더와 화성 위 소저너 모습

패스파인더에는 온도, 압력, 풍향·풍속 센서도 실려 있었다. 온도는 착륙 후 가는 철사로 된 열전지로 측정했다. 열전지는 표면에서 25cm, 50cm, 100cm 높이의 대기 온도를 측정했다. 대기압은 1970년대 중반 바이킹이 사용한 것과 비슷한 기계식 센서(기본적으로 아네로이드 기압계)로 측정했다. 패스파인더는 화성 대기 구조, 표면 기후 및 기상, 표면 지리, 화성 암석과 토양의 형태, 구조, 성분을 조사하는 우주 비행 임무를 수행했다.

패스파인더의 화성 온도 분석

화성 대기는 95% 이상 이산화탄소(CO2)로 구성되어 있다. 화성의 약한 중력장에는 기체 분자가 거의 없기 때문에 희박한 대기의 질량이 매우 작다. 지구로 보면 약 13km 고도로 올라가야 밀도와 압력이 같아진다. 온도 그래프를 분석해보면 다음과 같다.



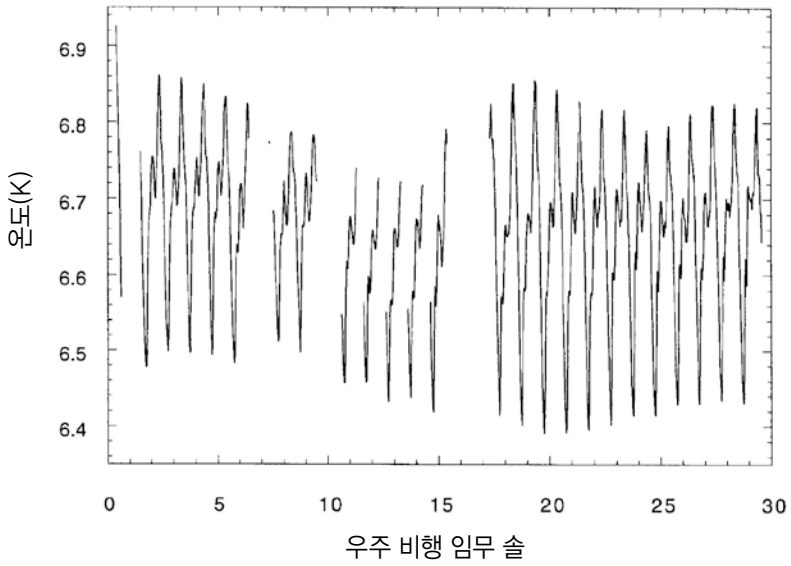
※ 자료제공 : 짐 머피 박사, 마스 패스파인더 ASI/MET 팀

- 마스 패스파인더는 지구의 북회귀선 위도 정도인 화성 북반구의 위도 N 19.3도 지구의 8월 중순인 여름철에 착륙했다.
- 온도는 얼음의 녹는점인 273.16K에 도달하지 않았다. (켈빈눈금은 절대 0에서 시작하며, 0℃는 273.16K 에 해당한다. 얼음은 273.16K에서 녹고, 물은 373.16K에서 끓는다.)
- 온도 그래프의 기울기를 보면 햇빛에 따라 온도 변화가 얼마나 빠른지를 알 수 있다.
- 낮의 온도 변화 범위가 넓다는 것은 대기의 절연 효과가 낮다는 것을 의미한다.
- 첫 번째 솔(화성의 하루, 24.67시간) 동안에 온도가 급상승한 이유는 계측 기둥을 오후에 배치해 열전지가 태양 전지판 바로 위에 있었기 때문이다. 어두운 패널에서 햇빛을 흡수해 열전지가 데워졌다.
- 데이터에 차이가 나는 것은 패스파인더가 문제를 감지하고 스스로 정지되었기 때문이다. 이 문제는 메모리 확보 문제인 것으로 밝혀졌다. 기상 장치는 데이터를 수집하고 카메라는 착륙 지점을 촬영하는 작업을 수행했다. 패스파인더는 과부하를 감지하고 스스로 정지하여 다시 재설정하였다. 데이터 수집을 다시 시작하는 데 매번 약 5시간이 걸렸다. 엔지니어들이 이 문제를 진단하고 기상 데이터 수집 시간을 오후 3시 ~ 7시로 제한했다. 제 16솔에는 엔지니어들이 온종일 데이터를 수집할 수 있는 소프트웨어 “패치”를 전송했다.

패스파인더의 화성 압력 분석

패스파인더 착륙 지점의 압력은 처음 30일 동안 약 6.4 ~ 6.85hpa였다. 이 압력은 액체 상태의 물이 존재할 수 있는 최소치(6.13hpa)에 가깝다. 상태 변화를 활용하여 물이 이러한 압력에서 어떻게 움직이는지에 대해 생각해 볼 수 있다. 6.4hpa에서 물이 끓으려면 0.6℃ 이상으로 물을 데워야 한다. 0℃에서 0.6℃ 사이일 경우 건조한 화성 대기에서 물이 증발할 것이다. 압력 그래프를 분석해보면 다음과 같다.

마스 패스파인더 착륙선
표면 압력



※ 자료제공 : 짐 머피 박사, 마스 패스파인더 ASI/MET 팀

압력은 온도와 관련이 있다. 압력은 오전 6시쯤에 가장 높은데, 이때는 대기가 가장 시원하고 밀도가 가장 높은 시점이다. 압력은 오후 6쯤이 가장 낮다. 이때는 대기가 가장 따뜻하고 밀도가 가장 낮다.

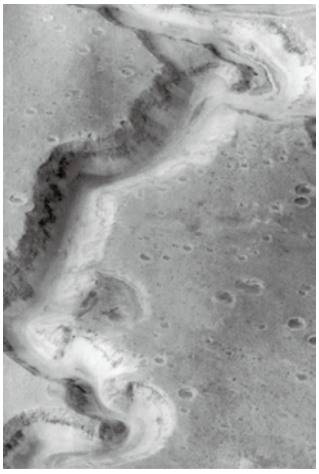
- 제 1솔의 압력이 급상승한 이유는 아직도 알 수 없다.
- 하루 중 일시적으로 온도와 압력이 변동하는 원인은 조류이다. 태양을 향하고 있는 행성의 면이 데워지는 동안 반대쪽은 차가워진다. 따라서 자전하는 행성은 온도와 압력이 끊임없이 변한다. 해안선을 따라 부는 해풍과 육풍을 통해 온도 변화가 기압과 공기 이동에 어떤 영향을 주는지 유추할 수 있다. 행성의 더운 쪽과 차가운 쪽이 계속 달라지면서 지구의 바다 조류와 같은 방식으로 행성을 이동하는 열 조류가 생긴다. 그러나 열 조류는 중력이 아니라 열에 의해 형성된다. 지구도 1,013hpa 정도의 상당한 대기압 때문에 일시적으로 변동하지만 화성에 비하면 훨씬 약한 것이다.
- 패스파인더는 남반구의 겨울 지점에 착륙했다. 화성은 타원형 궤도이기 때문에 남반구 겨울이 북반구 겨울보다 춥다. 따라서 대기에서 더 많은 CO_2가 승화되어 이 기간에 남극은 서리로 덮인다. 이렇게 서리가 쌓이기 때문에 대기에서 기체 CO_2분자가 사라져 행성 압력이 감소한다. 제20솔 무렵의 최저 압력은 이 행성의 연중 최소 압력이기도 하다. 남반구가 더워지면 CO_2서리가 다시 대기로 승화되어 압력이 상승한다.

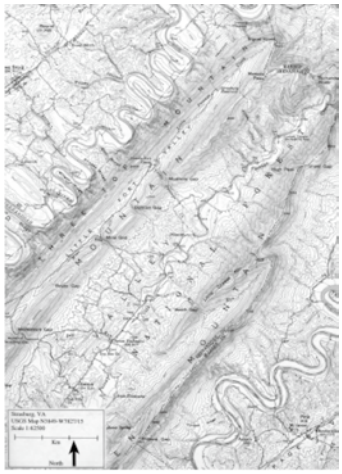
그래프를 보면 압력이 증가하기 시작하는 것을 알 수 있다. 화성 압력은 극점 바로 다음에서 최대치에 도달한다.

- 압력은 행성의 동향을 반영하며, 온도는 센터로 부터 수백 미터 이내 부분의 색상과 같은 국소적 요인과 연관되어 있다.
- 20 ~ 30솔 동안 매일 압력이 떨어지는 이유는 아직 밝혀지지 않았다.

과연 화성에 물이 있을까?

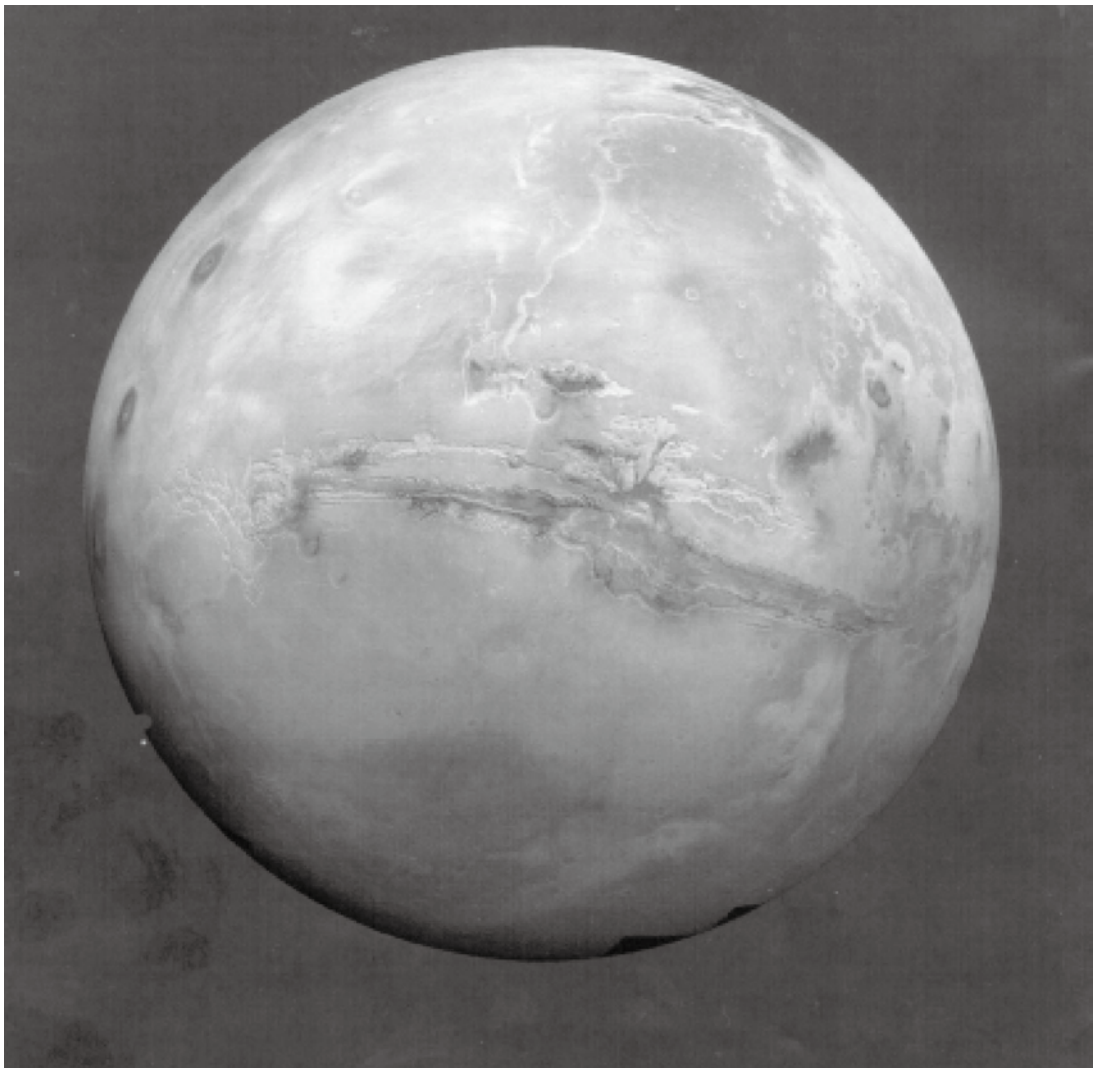
화성에 물이 존재할 가능성이 없다는 것은 복잡한 딜레마를 제기한다. 즉, 흐르는 물의 흔적이 분명해 보이는 모든 표면 지형을 어떻게 설명할 수 있을까? 대부분의 과학자들은 화성 표면에 물이 흘렀다는 생각에는 동의하지만 흘러간 길이, 흐른 양, 물이 흘렀던 기후 조건에 대해서는 여전히 논쟁 중이다.
화성의 수로, 곡류, 침식 지형 이미지는 물이 흘렀다는 것을 강력하게 시사한다. 아래 사진은 지구의 V자형 계속 두 개와 화성의 굽이치는 강물 계곡처럼 보이는 것을 비교하여 오랜 시간 물이 흘렀다는 생각을 뒷받침해준다. 아래 설명을 통해 화성에 물이 있었다는 증거가 된다.





화성의 나네디 발리스는 지구의 V자형 계곡과 비슷하다. 위의 사진은 이러한 계곡을 좀 더 큰 척도로 나타낸 것이다.

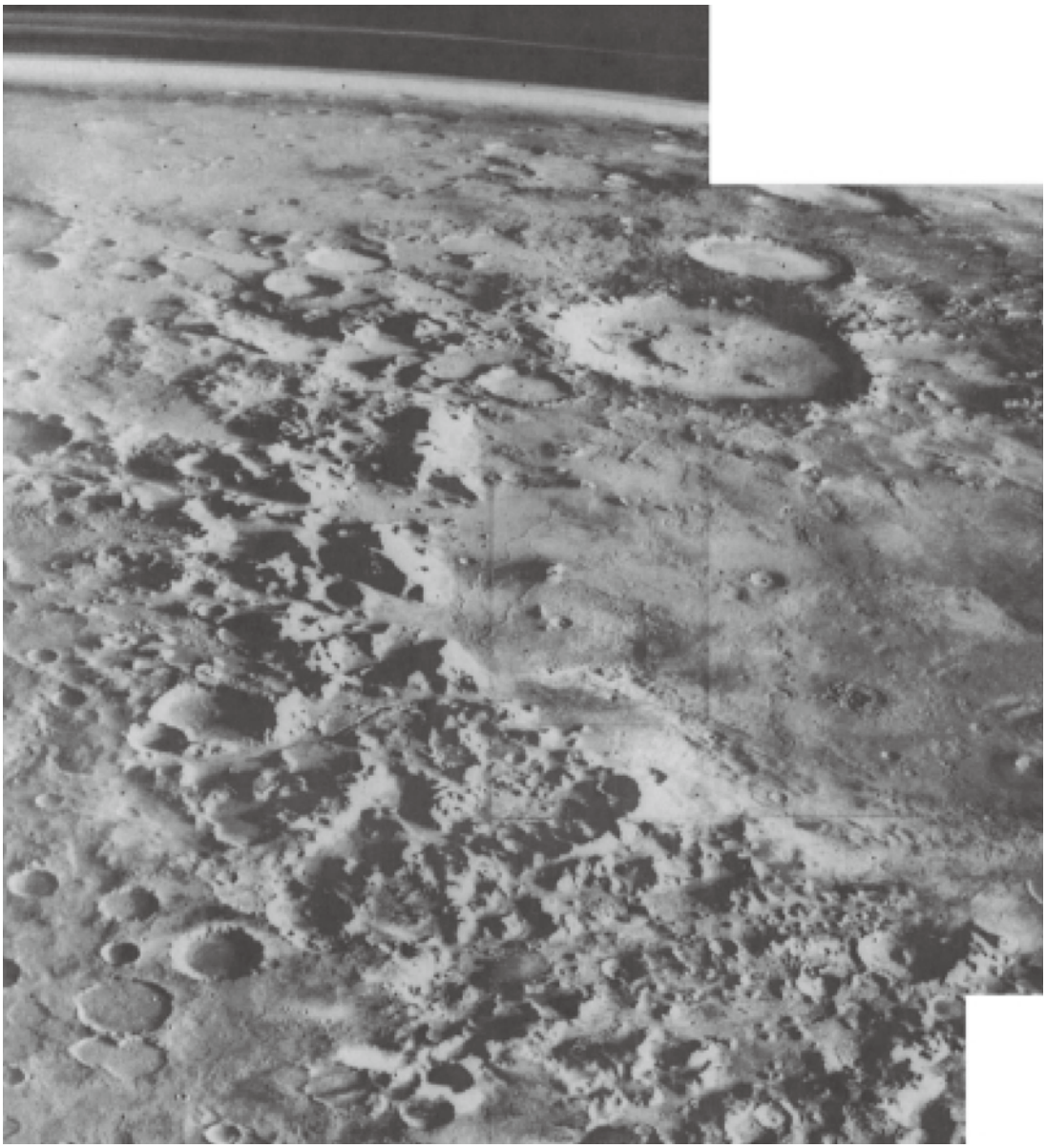
학생 활동 자료 : 화성에 관한 15장의 사진들



〈사진 1〉 화성 반구.
축척 : 화성의 직경은 6,787km이다.

이 사진은 표면의 2,500km 높이에서 보이는 화성의 모습으로, 1976년에 바이킹 I호에서 찍은 이미지 102개를 모자이크 처리한 것이다. 이 사진에는 대형 충돌 크레이터, 화산, 4,800km의 대형 협곡인 발레스 마리너리스(사진 중앙)이 보인다. 왼쪽에 있는 둥근 점 세 개가 화산이다. 각각 높이가 25킬km이고 직경이 약 350km이다. 이 사진에서는 화성의 극관 두 개가 보이지 않는다.

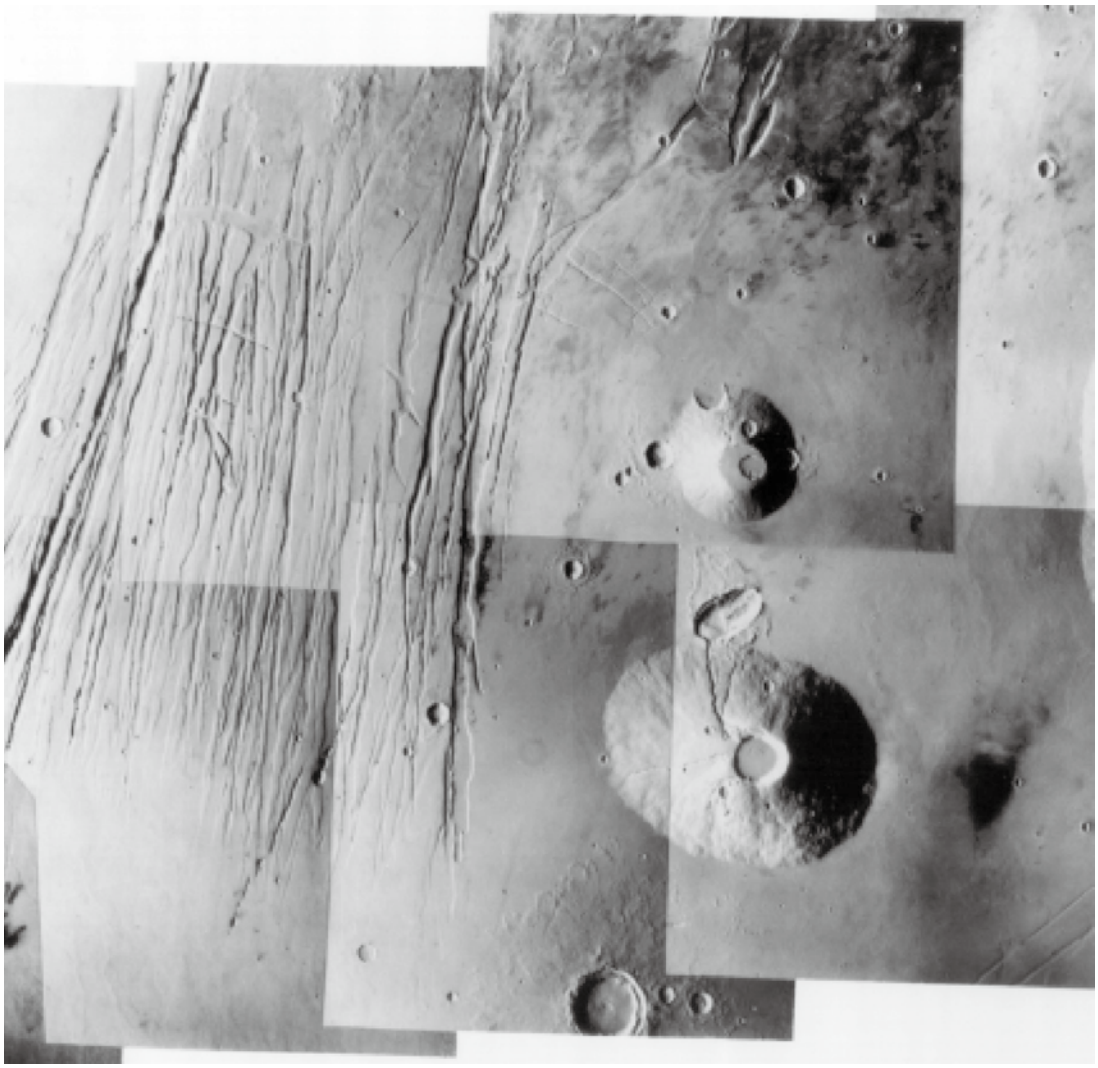
학생 활동 자료 : 화성에 관한 15장의 사진들



〈사진 2〉 아지르 플라니시아의 모습.
축척 : 오른쪽 위의 커다란 크레이터는 지름이 약 200km이다.

바이킹 I호는 18,000km 거리에서 약 1,500km 궤도 높이에서 Argyre Planitia(아지르 평원) 위 하늘의 사진을 찍었다. 수평선 위로 보이는 밝은 색 띠가 특히 흥미롭다.
먼지 폭풍의 먼지로 화성 표면에서 25~30km 높이 대기에 연무가 형성된 것이다. 이 사진을 통해 화성 대기가 얼마나 희박한지 알 수 있다.

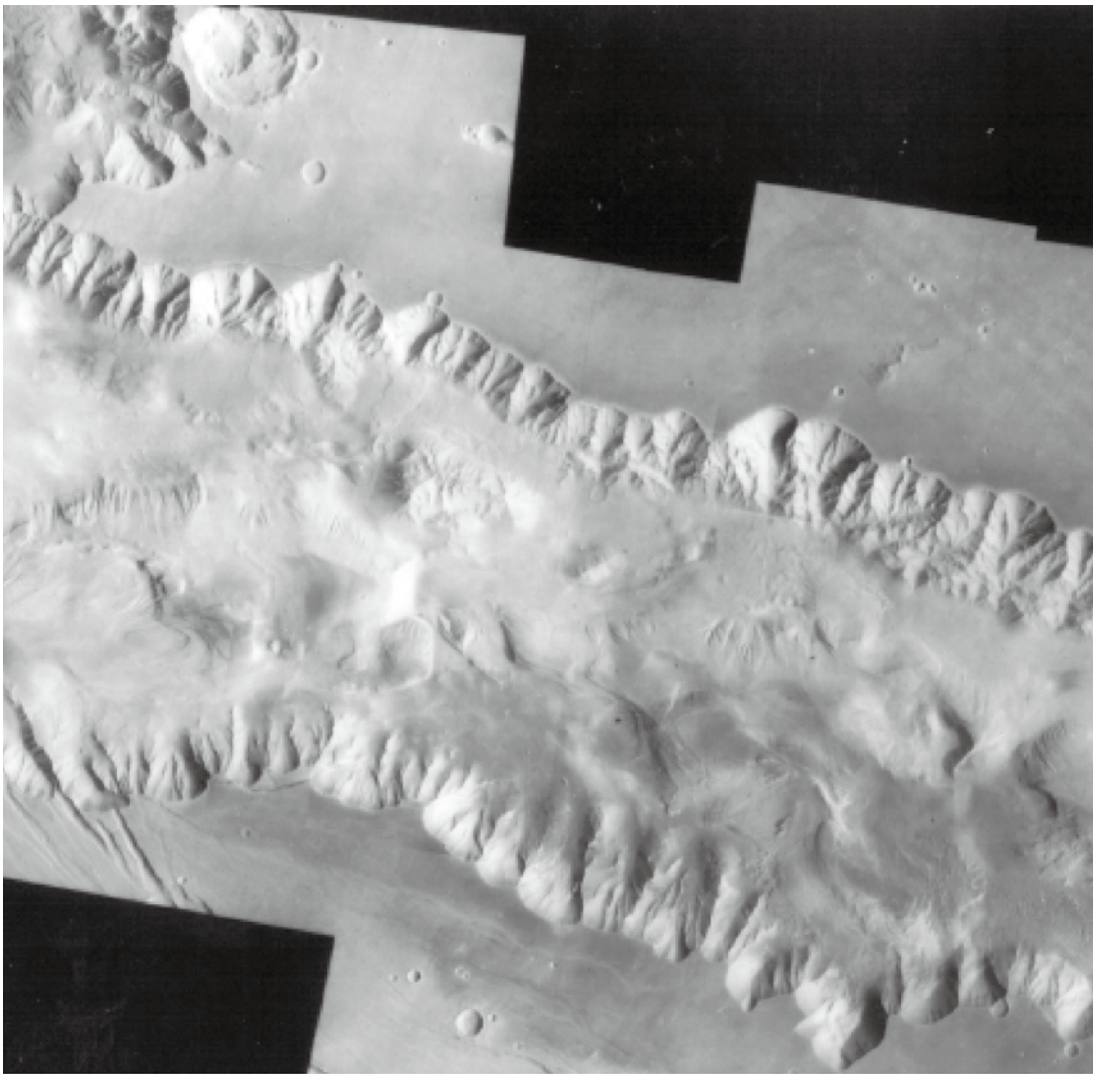
학생 활동 자료 : 화성에 관한 15장의 사진들



〈사진 3〉 화성의 화산과 단층선.
축척 : 아래쪽 화산 크기는 90 x 130km이다.

화성 표면에는 화산이 있는데 모두 사화산이다. 중앙의 구멍에서 점도가 낮은 현무 용암이 흘러나와 이 두 순상 화산이 형성되었다. 큰 화산은 높이가 6km이고 직경은 90 x 130km^{2}이며 기울기는 7도이다. 작은 화산은 높이와 직경이 각각 3.5km, 60km이고 기울기는 5도이다. 둘 다 화성에서 가장 가파른 화산이다. 두 화산에서 모두 용암 수로와 충돌 크레이터가 보인다. 왼쪽의 긴 직선 지형은 이 지역의 화성 표면이 위로 불룩해질 때 형성되었다.

학생 활동 자료 : 화성에 관한 15장의 사진들



〈사진 4〉 칸도르 케즘의 한 부분.
축척 : 이 부분은 폭이 125km, 깊이가 8km이다.

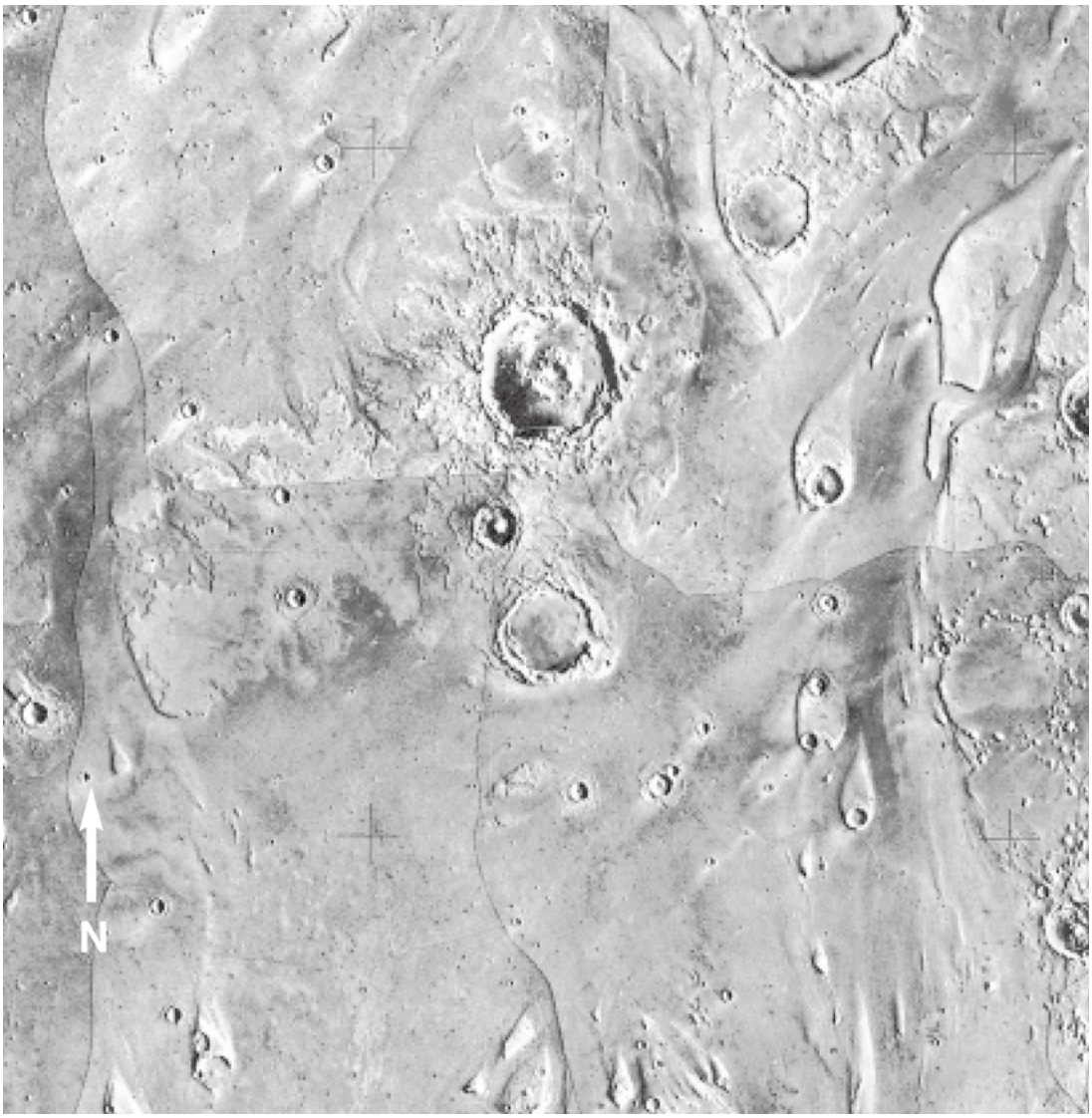
화성에는 협곡이 많아 더 자세히 배울 수 있다. 이 이미지는 발레스 마리너리스 칸도르 케즘의 너비 100km, 깊이 8km의 단면이다. 발레스 마리너리스는 대략 미국과 같은 길이의 거대한 V자형 계곡이다. 무수히 많은 산사태로 가장자리가 깎이면서 넓어졌다.

학생 활동 자료 : 화성에 관한 15장의 사진들

〈사진 5〉 카세이 발리스의 입 지형.
축척 : 오른쪽 아래의 크레이터는 직경이 약 100km이다.

이 사진에서는 다양한 지리적 과정을 볼 수 있다. 갈라진 능선이 보이는 평원(상부 중앙), 100km의 대형 크레이터(일부는 심하게 붕괴되었음), 열편 산란물 층, 거대한 수로, 바람에 의한 흔적(과거의 물 흐름과 반대 방향으로 진행)이 보인다.

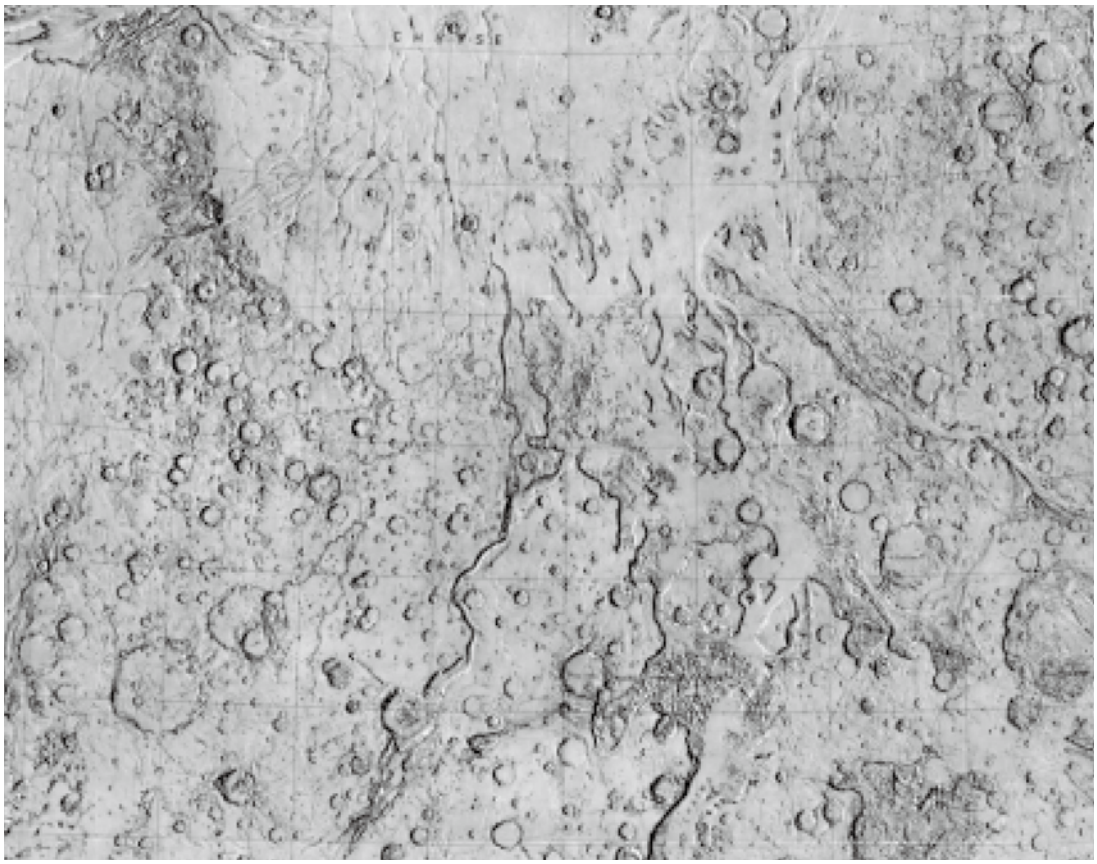
학생 활동 자료 : 화성에 관한 15장의 사진들



**〈사진 6〉 패스파인더의 착륙 지점인 아레스 발리스의 입.
축척 : 중앙 근처의 어두운 크레이터는 직경이 약 60km이다.**

이 사진은 패스파인더 착륙 지점(19.35N, 33.55W) 주변 지역을 찍은 것이다. 현재 화성에 액체 상태의 물이 없지만 지형을 보면 화성 역사 초기에 물이 흘렀다는 것을 알 수 있다. 흐르는 물로 형성된 지형(대규모 홍수가 이 지역을 휩쓸고 지나갔음을 시사함), 매끈한 외연 퇴적 평원(안전하게 착륙할 수 있는 지역, 상류 퇴적물로 가득함), 이류 같은 산란물 층이 있는 충돌 크레이터(표면 층에 물이나 얼음이 많았다는 것 시사, 범람 가설과 일치)에 주목한다.

학생 활동 자료 : 화성에 관한 15장의 사진들



**〈사진 7〉 아레스 발리스와 크리세 플라니시아의 국지적인 모습.
축척 : 지도에 보이는 면적은 약 3,000km x 3,400km이다.**

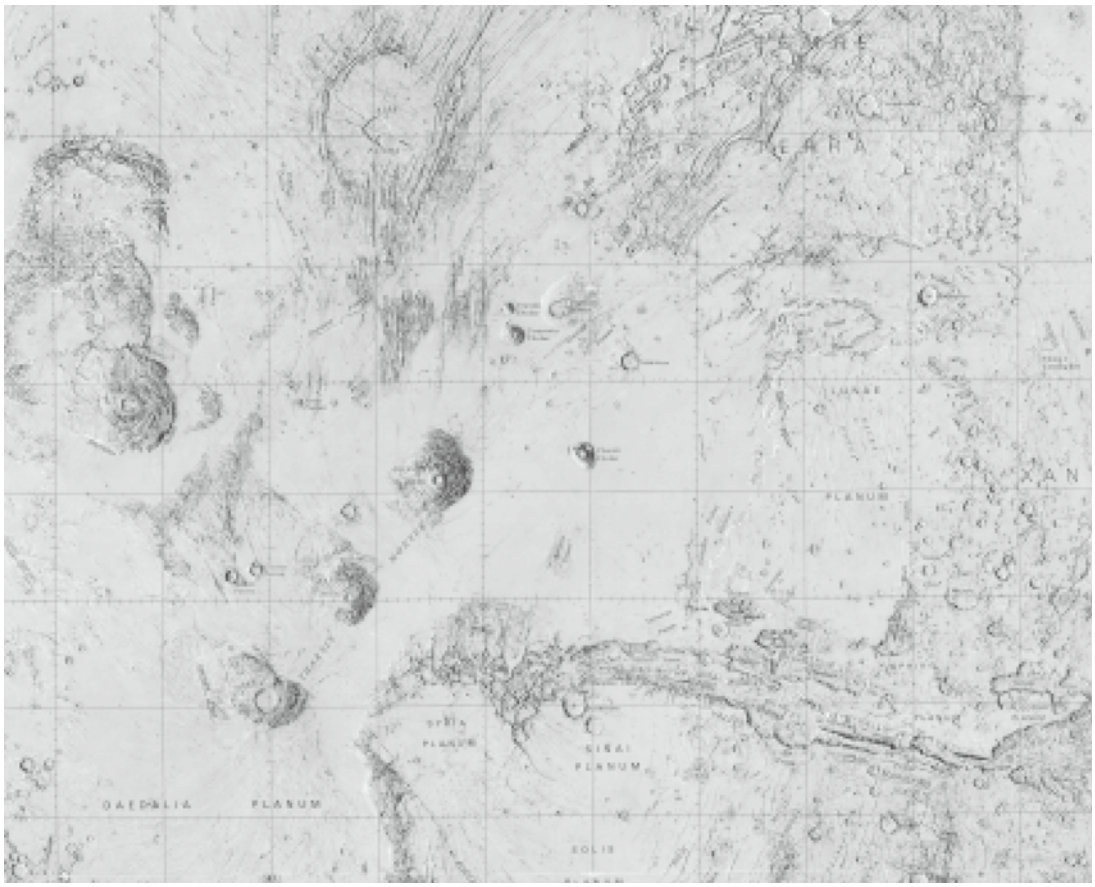
이 사진에는 지역의 흥미로운 지형이 많이 부각되어 보인다. 고원에서 2~3km까지 수로가 내려가며 아래쪽의 크리세 플라니시아 대부분을 감싸고 있다. 대부분의 수로는 거칠어 보이는 움푹한 땅에서 시작된다. 이것은 대부분의 영구동토층이 녹으면서 표면이 붕괴할 때 형성된 화성의 독특한 지형인 카오스 지형이다. 카오스 지형과 많은 수로를 통해 흐르는 물이 지역적 현상이었음을 알 수 있다. 물이 아래로 흐르면서 다양한 지형을 지나면서 고지대의 퇴적물을 운반했다. 이 수로 입구의 많은 암석에서 나온 퇴적물을 찾을 가능성 때문에 화성의 지리학과 수문학에 관해 더 알고 싶어 하는 과학자들에게 패스파인더의 착륙 지점이 특히 중요했다. 크리세 플라니시아에는 열편 산란물 층이 많지만 고지대에는 없다. 열편 산란물 층은 물이나 얼음이 풍부한 지역에만 발생하므로 충돌 시절에는 고지대가 평원보다 건조했을 것이 분명하다. 그리고 고지대에는 크레이터가 많이 형성되어 있지만 크리세 플라니시아에는 거의 없다. 태양계는 30억 년 전에 소행성의 포격이 많던 시기를 겪었다. 이 포격으로 화성의 크레이터 대부분이 형성되었고, 그 때문에 크리세 플라니시아 크레이터가 사라진 홍수는 이 시기 이후에 발생했을 것이 분명하다.

학생 활동 자료 : 화성에 관한 15장의 사진들

〈사진 8〉 패스파인더에서 트윈 픽스를 바라본 모습.
축척 : 트윈 픽스는 약 1km 떨어져 있고, 높이는 약 50m이다.

이 사진은 패스파인더가 임무를 시작한 지 4일째 되는 날에 찍은 것이다. 착륙 지점에서 약 1km 떨어져 있는 두 언덕인 "트윈 픽스(Twin Peaks)"에 과학자들이 큰 관심을 갖고 있다. 언덕 부분은 층이 있는 것 같고, 왼쪽 언덕(별칭 "스카이 런")의 흰색 부분은 이 지역을 휩쓸었던 홍수로 생긴 최고 수위선인 것 같다. 전면에 어지럽게 흩어져 있는 표석은 아마도 얼음이나 물에 의해 아레스 발리스 위쪽에서 운반된 것 같다. 소저너는 알파 프로톤 X선 분광계를 사용해 착륙 지점 주변 암석과 토양의 광물 성분을 확인하였다.

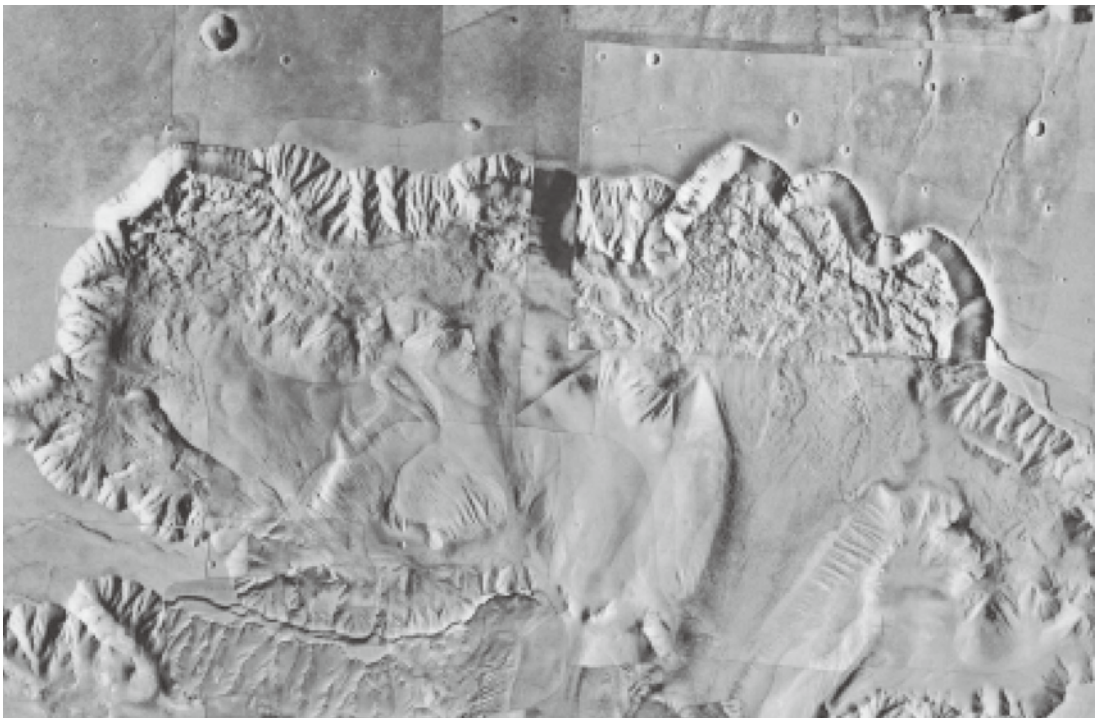
학생 활동 자료 : 화성에 관한 15장의 사진들



**〈사진 9〉 발레스 마리너리스와 그 주변 지역.
축척 : 가장 왼쪽에 있는 화산, 올림푸스 몬스는 직경이 약 600km이다.
이 지도는 약 8,250km x 6,750km의 지역을 나타낸 것이다.**

이 지도는 화성에서 가장 두드러진 지형을 나타낸 것이다. 가장 왼쪽에 있는 화산인 올림푸스 몬스는 높이 약 27km, 바닥 기준선 600km 이상으로 태양계에서 가장 큰 화산이다.
발레스 마리너리스는 태양계에서 가장 큰 협곡으로, 5,000km 이상 뻗어 있는 V자형 계곡이다. 화성 표면의 3천만 km^2가 약 11km 돌출해 있다. 이 돌출 부분은 발레스 마리너리스 서쪽 가장자리 중앙에 있으며, 행성 깊은 곳에서 마그마가 올라와 암석권이 반구 모양으로 부풀었다가 균열되면서 형성되었을 것이다. 이 돌출 지형에서 많은 단구가 방사형으로 퍼져 있는 것이 보인다.
이 지역의 많은 화산은 활성 마그마 방이 동시에 존재했다는 증거이다. 화산 주변의 매끈해 보이는 표면은 용암이 흘러 표면을 덮었을 때 생긴 것이다. 과학자들은 지도 오른쪽 하단에 보이는 표면처럼 이 지역에 구멍이 많을 것이라고 본다. 발레스 마리너리스의 동쪽 가장자리에는 고지대의 카오스 지형에서 크리세 플라니시아까지 수로가 나 있다. 1976년 바이킹 I호와 1998년 패스파인더의 우주 비행 임무 시 모두 크리세 플라니시아에 착륙했다.

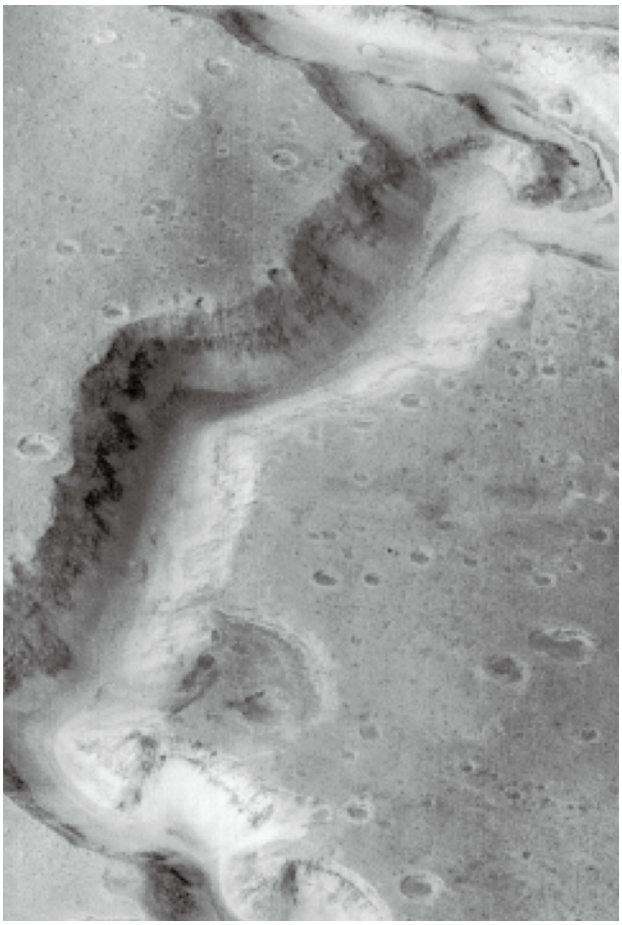
학생 활동 자료 : 화성에 관한 15장의 사진들



〈사진 10〉 오빌 카즈마.
축척 : 오빌 카즈마는 125km x 325km이고, 암벽의 높이는 약 5km이다.

오필 카즈마는 발레스 마리너리스에서 북쪽 끝에 있는 협곡 중 하나다. 그 너비가 약 125km, 길이가 325km, 벽 높이는 약 5km에 이른다. 협곡 상단의 고원은 아마도 용암이 두껍게 쌓인 것일 것이며, 견고한 암석 층이 협곡 상부 가장자리에 가파른 절벽을 형성하고 있다. 이 절벽들은 산사태에 취약한데, 실제로 많은 산사태에 의해 협곡이 넓어졌다.

학생 활동 자료 : 화성에 관한 15장의 사진들



〈사진 11〉 나네디 발리스.
축척 : 사진의 크기는 9.8km x 15km이고 협곡의 폭은 약 2.5km이다.

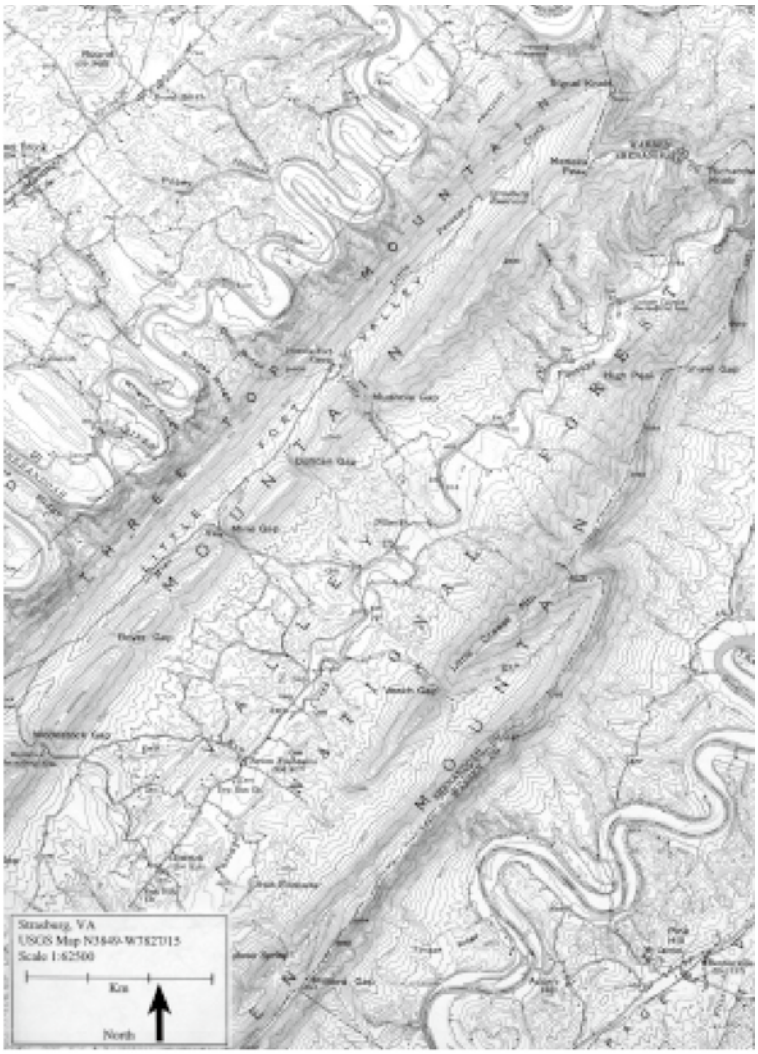
화성 잰시 테라 지역의 구멍이 많은 평원을 가로지르는 화성 계곡 중 하나인 이 나네디 발리스의 이미지는 마스 글로벌 서베이어가 찍은 것이다. 이 사진에 찍힌 면적은 9.8 x 18.5km^2이며, 12m의 작은 지형도 볼 수 있다. 협곡 폭은 약 2.5km이다. 협곡 위쪽 벽의 암석 노두와 하부 협곡 비탈 및 협곡 바닥에 풍화된 잔해가 보인다. 이 협곡의 기원은 알 수 없다. 협곡 내 단구(사진 프레임 상부 근처)와 너비 200m의 소형 수로(사진 프레임 상부 근처) 같은 지형을 통해 액체가 지속적으로 흐르면서 아래 부분이 깎였음을 알 수 있다. 그 외에 협곡 주변 지역 표면에 크기가 좀더 작은 수로의 패턴이 없고, 윗부분의 모양이 상자 형태를 띠고 있는 지류와 눈에 보이는 곡류의 크기 및 조밀함 같은 특징을 통해 볼 때 붕괴로 인해 지형이 형성되었음을 암시한다. 지속적으로 범람하고 붕괴해 현재와 같은 협곡의 모양이 형성되었을 가능성이 높다. 현재 이미지의 서쪽 부분을 자세히 관찰하면 이러한 지형과 기타 지형의 형성과 수정 과정의 효과를 구분할 수 있을 것이다.(이 설명은 말린 우주과학 시스템에서 제공한 것이다.

학생 활동 자료 : 화성에 관한 15장의 사진들

**〈사진 12〉 루이지애나 주, 캠티의 레드 강 우각호와 굽이.
축척 : 보이는 면적은 10km x 17km이다.**

루이지애나 주 레드 강은 미시시피 강의 지류이다. 이 강은 넓은 범람원 위를 굽이쳐 흐르며 더 높고 험한 고지와 경계를 이룬다. 이 강은 Grand Ecore(범례 우측 상단 모서리 근처)의 북쪽에 있는 계곡 절벽 아랫부분을 깎는다는 점에 주목한다. 이 현상은 관성에 의해 물의 대부분이 굽이 바깥쪽으로 운반되기 때문에 발생한다. 반대로 굽이 안쪽에서는 물이 천천히 흘러 모래가 쌓일 수 있기 때문에 굽이 안쪽에는 모래톱(점선으로 표시)이 형성된다. 우각호들은 레드 강이 평원을 가로지를 때 곡류를 만들어 상류 굽이와 분리될 때 형성된 것이다. 화성의 나네디 발리스(사진 11)는 좁은 강이 넓은 계곡, 곡류, 초기 지형의 우각호 두 개, 아래가 깎인 암붕, 굽이 안쪽의 모래톱을 만든다는 점에서 레드 강과 상당히 비슷하다. 이러한 행성 간 비교는 한때 화성에 오랜 시간 물이 흘렀음을 입증할 수 있는 기후가 있었다는 시각을 뒷받침한다.

학생 활동 자료 : 화성에 관한 15장의 사진들

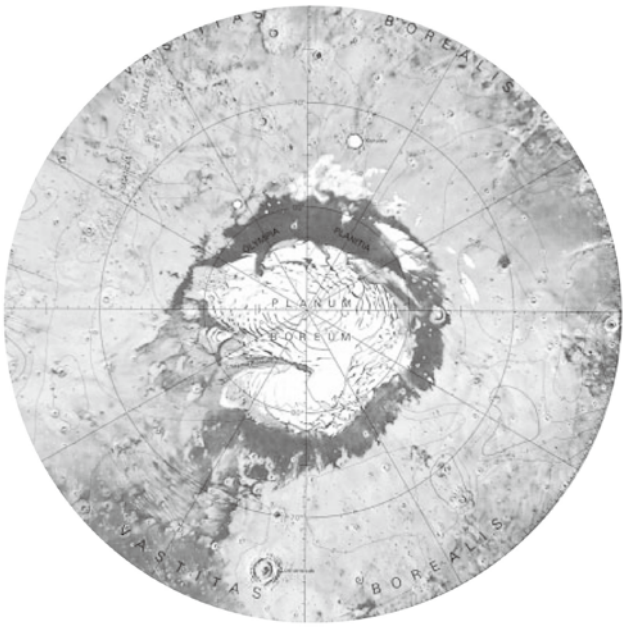


**〈사진 13〉 버지니아 주, 스트라스버그 근처 셰넌도어 강의 굽이.
축척 : 보이는 면적은 13 x 17km^{2}이다.**

이 사진에는 사진 12에서 본 것과 같은 지형이 많이 나온다. 다시 말하자면, 이 사진을 통해 학생들은 강이 굽이 바깥쪽 강둑 밑을 깎고 굽이 안쪽에 퇴적물을 쌓는다는 것을 볼 수 있다. 학생들은 언덕들이 곡류에 의해 나뉠 수밖에 없다는 것도 추론할 수 있다. 어느 지점에서 강은 언덕들을 침식하고 관통해 흘러 섬을 만듦으로써 결국 우각호가 형성될 것이다. 이러한 강이 곡류가 되는 데에는 굉장히 오랜 세월이 걸렸다. 아마도 직선으로 뻗은 지표 하천에서 출발했을 것이다. 땅을 침식하면서 성숙한 강의 특성인 곡류 형태를 띠게 되었다. 강바닥과 강 계곡의 모양을 보고 과학자들은 강물이 한 지역을 얼마나 오래 흘렀는지 알 수 있다. 나네디 발리스가 굽이쳐 흐르며 상당히 깊기 때문에 강물은 오래 전부터 흘렀을 것이 분명하다.

학생 활동 자료 : 화성에 관한 15장의 사진들

〈사진 14〉 화성의 남극.
축척 : 이 모습은 직경이 약 3,375km이다.



〈사진 15〉 화성의 북극.
축척 : 이 모습은 직경이 약 3,375km이다.

화성의 타원형 궤도 때문에 남반구 겨울이 북반구보다 춥고, 남극은 주로 고체 이산화탄소(드라이아이스)로 구성되어 있다. 반대로 북극은 주로 얼음으로 이루어져 있으며, 화성의 물이 상당량 저장되어 있는 곳으로 간주된다. 과학자들은 남극이 겨울철에 물의 녹는점보다 훨씬 낮은 온도에서 점점 더 작아진다는 것을 보고 이 사실을 알게 되었다. 북극은 온도는 드라이아이스가 승화되기 위해 필요한 것보다 높지만 크기가 일정하게 유지된다. 나선형 모양은 용해 차이 때문에 생긴 것으로 보인다. 태양을 향하는 경사면이 녹아 수축하는 동안 얼음과 드라이아이스가 태양 반대쪽 경사면에 쌓인다.

| 화성의 어디에서 물을 찾을 수 있을까?

이번 차시에서는 화성으로 직접 우주 비행을 한다고 상상하고 화성에 보낼 우주선의 탐사 계획을 세워보는 활동을 한다. 화성 탐사를 통해 정보를 수집하는 방법을 탐색해 보도록 한다.

학습 목표

정보 수집 방법에 대한 탐색을 통해 화성 탐사 계획을 세울 수 있다.

해당 학년

중 3학년

소요 시간

45분

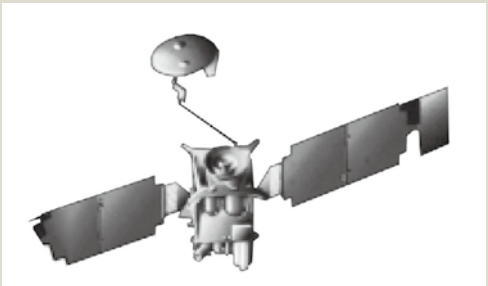
이렇게 준비해요

컴퓨터, 인터넷 접속이 가능한 교육환경, 비행달력, 계획서

활동 내용

1. 화성과 관련된 단원을 공부하면서 화성 탐사에 대해 궁금한 질문 목록을 작성해 본다.

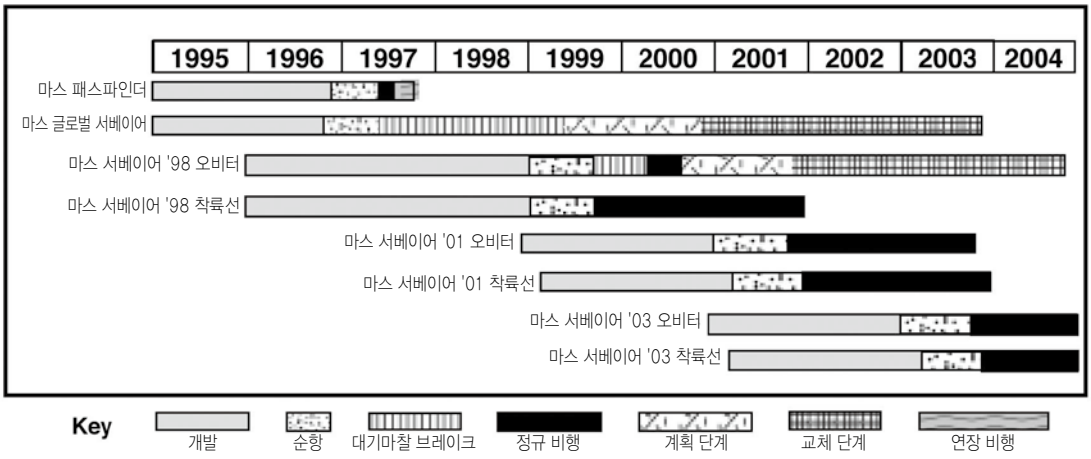
- 궁금했던 것은 무엇인가요?
- 특히 재미있던 내용은 무엇인가요?
- 더 자세히 알고 싶은 정보는 무엇인가요? 그 이유는 무엇인가요?
- 더 자세히 보고 싶은 지형은 무엇인가요? 그 이유는 무엇인가요?



〈화가가 표현한 마스 글로벌 서베이어 모습〉

2. 다음 그림을 보고 우주 비행 기기를 살펴본다.
우주 비행을 할 때 보고 싶은 기기는 무엇인지 생각해본다. 이러한 기기를 자신이 직접 설계하거나 작동시키는 모습을 상상해본다.

3. 비행 달력을 자세히 살펴본다.



〈NASA의 화성 비행 연대표〉

4. 내가 관심있는 정보를 찾을 수 있는 방법에 대해 생각해본다.
- 신문, 잡지, 웹사이트, 텔레비전, 라디오 등 매체를 활용하여 정보를 탐색한다.

4. 내가 관심있는 정보를 찾을 수 있는 방법에 대해 생각해본다.
- 신문, 잡지, 웹사이트, 텔레비전, 라디오 등 매체를 활용하여 정보를 탐색한다.

5. 자신의 질문의 답을 찾을 수 있는 방법을 요약한 계획서를 만들어 본다.
화성에 보낼 우주선의 탐사 계획서를 작성해본다.

6. NASA는 웹사이트에 현재 우주비행 데이터와 사진을 정기적으로 올리고 있다. 이를 이용해 학생들은 관심 분야에 따라 자신의 질문을 만들어 화성 연구 범위를 넓힐 수 있다.
화성 탐험 프로그램에 관해 자세히 알고 싶으면 다음의 웹페이지를 방문해본다.

스페이스링크	http://spacelink.nasa.gov
제트 추진 연구소	http://www.jpl.nasa.gov/
마스 패스파인더	http://mpfwww.jpl.nasa.gov
마스 글로벌 서베이어	http://mgs-www.jpl.nasa.gov/
마스 서베이어 1998	http://mars.jpl.nasa.gov/msp98/
마스 서베이어 2001	http://mars.jpl.nasa.gov/2001/

지도상 유의점

화성에 보낼 우주선의 탐사 계획을 세울 때 학생들이 막연한 상상력에 의존하기 보다는 계획을 세운 까닭을 함께 적어봄으로써 좀 더 과학적인 탐구활동이 되도록 지도한다. 직접 NASA 웹사이트에 접속하여 현재 화성 탐사 진행 정도를 파악하여 실제적인 탐구가 이루어지도록 한다.

화성의 어디에서 물을 찾을 수 있을까?

학년 반 이름

도전과제

정보 수집 방법에 대한 탐색을 통해 화성 탐사 계획 세우기

화성으로 직접 우주 비행을 한다고 상상해 본적이 있나요? 화성에 보낼 우주선의 탐사 계획을 세워봅시다.

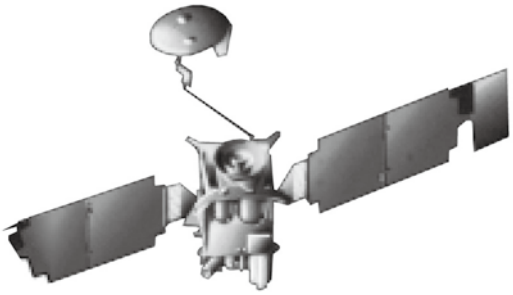
이것이 필요해요

컴퓨터, 인터넷 접속이 가능한 교육환경, 비행달력, 계획서

활동 순서

1. 화성과 관련된 단원을 공부하면서 화성 탐사에 대해 궁금한 질문 목록을 작성해 본니다.

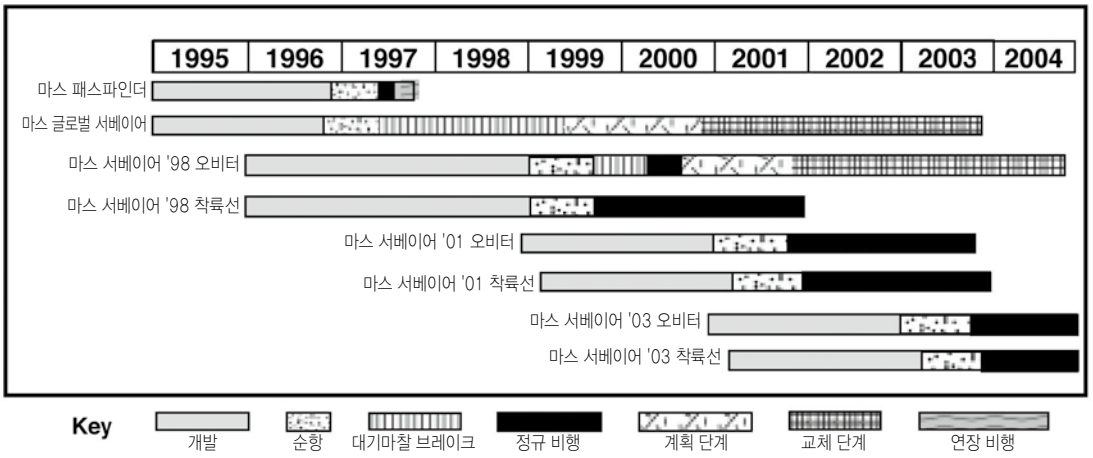
2. 다음 그림을 보고 우주 비행 기기를 살펴봅시다.



〈화가가 표현한 마스 글로벌 서베이어 모습〉

우주 비행을 할 때 보고 싶은 기기는 무엇인지 생각해봅시다. 이러한 기기를 자신이 직접 설계하거나 작동시키는 모습을 상상해봅니다.

3. 비행 달력을 자세히 살펴봅니다.



〈NASA의 화성 비행 연대표〉

4. 내가 관심있는 정보를 찾을 수 있는 방법에 대해 생각해봅니다.
   – 신문, 잡지, 웹사이트, 텔레비전, 라디오 등 매체를 활용하여 정보를 탐색합니다.

5. 자신의 질문의 답을 찾을 수 있는 방법을 요약한 계획서를 만들어 봅니다.
   화성에 보낼 우주선의 탐사 계획서를 작성해봅시다.

활동 결과

1. 화성과 관련된 단원을 공부하면서 화성 탐사에 대해 궁금한 질문 목록을 작성해 봅니다.

• 궁금했던 것은 무엇인가요?

• 특히 재미있던 내용은 무엇인가요?

• 더 자세히 알고 싶은 정보는 무엇인가요? 그 이유는 무엇인가요?

• 더 자세히 보고 싶은 지형은 무엇인가요? 그 이유는 무엇인가요?

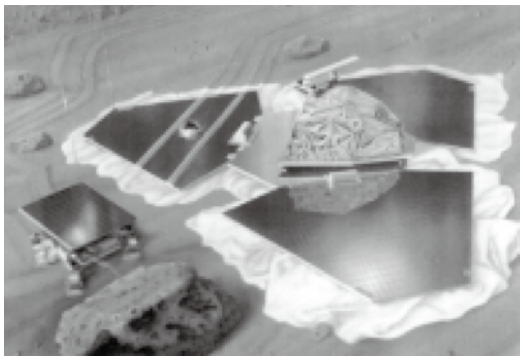
생각해요

• 자신의 질문의 답을 찾을 수 있는 방법을 요약한 계획서를 만들어 봅시다. 화성에 보낼 우주선의 탐사 계획서를 작성해 봅시다.

【읽을 거리】

최근의 화성 탐사

위 그림의 우주선이 최근 로켓을 타고 지구의 이웃인 화성으로 발사되면서 지구를 영원히 떠났다. 3억km 거리는 7개월밖에 걸리지 않는 짧은 우주 여행이었다. 패스파인더는 크기가 작기 때문에 과학자들이 보낼 수 있는 기기가 제한되었다. 과학자들은 자신의 기기나 실험 장치를 화성으로 보내야 하는 이유를 적고 상세한 제안서를 작성해 NASA에 제출했다. 결국 패스파인더에는 전자레인지 크기의 탐사 장치, 카메라, 분광계, 온도, 압력 및 풍향풍속 센서가 실렸다. 배터리가 소모되고 얼기 전에 패스파인더는 다음과 같은 화성에 관한 데이터를 수집했다.



〈화가가 표현한 화성 위의 마스 패스파인더와 소저너 모습〉

- 화성 대기의 구조
- 표면의 날씨와 기상
- 표면 지리
- 화성 암석과 토양의 형태, 구조 및 성분

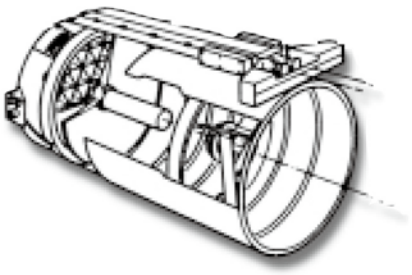
이 모든 자료는 과학자들이 화성의 물 역사에 관해 좀 더 자세히 알고 현재의 물에 대한 가설 중 타당성이 있는 것을 평가하는 데 도움이 되었다. 좀 더 자세한 화성 표면 지도를 수집하고 표면 지형을 더 잘 알기 위해 NASA는 또 다른 우주선인 마스 글로벌 서베이어를 보내 화성을 조사하기로 결정했다. 마스 글로벌 서베이어는 화성 표면 400km 고도 관점에서 더 좋은 시야를 확보할 수 있으며, 다양한 방법으로 표면을 분석할 첨단 기기도 갖추고 있었다. 이 우주선에 실린 기기는 다음과 같다.

- 일일 변화와 표면 지형을 조사하기 위한 저해상도 카메라 두 대와 고해상도 카메라 한 대
- 화성의 자기장을 조사하기 위한 자력계/전자 반사계
- 화성의 중력장과 지표 아래 질량 분포를 조사하기 위한 무선 시스템
- 화성 표면 지형과 전체 형태를 조사하기 위한 레이저 고도계
- 표면과 대기에서 나오는 열을 조사하기 위한 열방출 분광기(이 정보를 이용해 과학자들은 날씨 지도를 만들고 표면 물질의 크기와 성분을 확인할 수 있음)

Mars exploration

마스 글로벌 서베이어 덕분에 과학자들은 화성의 표면과 지표면 아래 성분을 자세히 알 수 있었고, 이 정보로 화성의 물 역사에 관해 자세히 알 수 있었다.

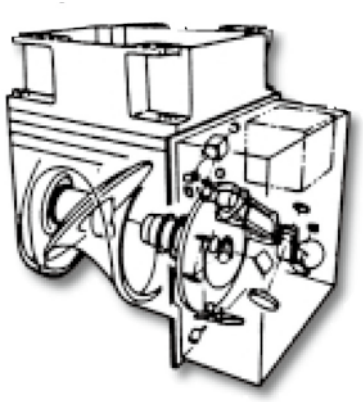
특히 카메라 세 대는 물 연구와 관련된 것으로, 마스 글로벌 서베이어에는 표면 500m를 확인할 수 있는 저해상도 카메라 두 대와 3미터의 작은 물체를 볼 수 있는 협각 카메라 한 대가 있다. 이것은 바이킹에 실린 최고 해상도 이미지 20m의 카메라와 비교된다. 저해상도 카메라는 전체 행성의 일일 지도를 작성하여 과학자들이 만년설과 먼지 및 얼음 구름 같은 물체의 매일매일의 변화를 관찰할 수 있다. 자동차 크기의 표석을 볼 수 있는 협각 카메라는 침식의 증거, 해안선, 빙하, 협곡 벽에서 물이 새어 나온 흔적, 기후 변화를 반영하는 극지방 침전물 층을 찾을 때 사용될 것이다.



〈마스 글로벌 서베이어 비행에 사용될 카메라〉

열방출 분광계는 표면과 대기에서 나오는 열의 양을 다양한 파장으로 측정한다. 이 분광계로 다음을 확인할 수 있다.

- 서로 다른 여러 고도의 대기 온도와 압력
- 층과 대기 전체에 퍼진 먼지의 농도
- 낮과 밤의 온도를 비교(해변의 모래는 낮에는 매우 뜨겁고 밤에는 차가워지는 것과 같은 효과)해 먼지 알갱이부터 기반암에 이르는 표면 입자의 크기를 관찰한다. 표면 입자 크기를 보고 과학자들은 입자가 어떻게 움직이는지(바람, 물 또는 기타 작용에 따라) 알 수 있다.
- 화성 암석, 토양 및 먼지의 성분과 비율(분광계는 하와이에서 발견되는 것(현무암)과 비슷한 화산암 및 세인트 헬렌 산에서 분출한 것(유문암)과 비슷한 암석, 재와 구별할 수 있다. 분광계는 말라버린 호수에 남아 있는 광물과 대기가 현재보다 조밀하고 습했을 때 형성되었던 광물을 탐색할 것이다.



〈마스 글로벌 서베이어 비행에 포함된 열방출 분광계〉

패스파인더 및 글로벌 서베이어 웹사이트에서는 우주 비행 임무를 확인하고, 기기를 통해 얻은 데이터와 사진에 접속하며, 과학자들이 도출할 수 있었던 결론을 확인하고, 우주 비행 임무에서 새롭게 생겨나는 질문에 대한 답을 찾아볼 수 있다.

스파인더와 글로벌 서베이어 비행은 일련의 화성 비행에 참여하는 첫 번째 우주선에 불과하다. 2년마다 화성과 지구가 일직선상에 놓이는데, 이때 우주선이 두 행성 사이를 효율적으로 이동할 수 있다. 향후 10년에 걸쳐 NASA는 지구와 화성이 효율적으로 이동할 수 있는 위치에 올 때마다 새로운 비행을 시작할 계획이다.·

마스 글로벌 서베이어(1997) — 이 우주선은 화성의 대기와 표면 지도를 만들 것이다. 표면수 증거를 탐색하

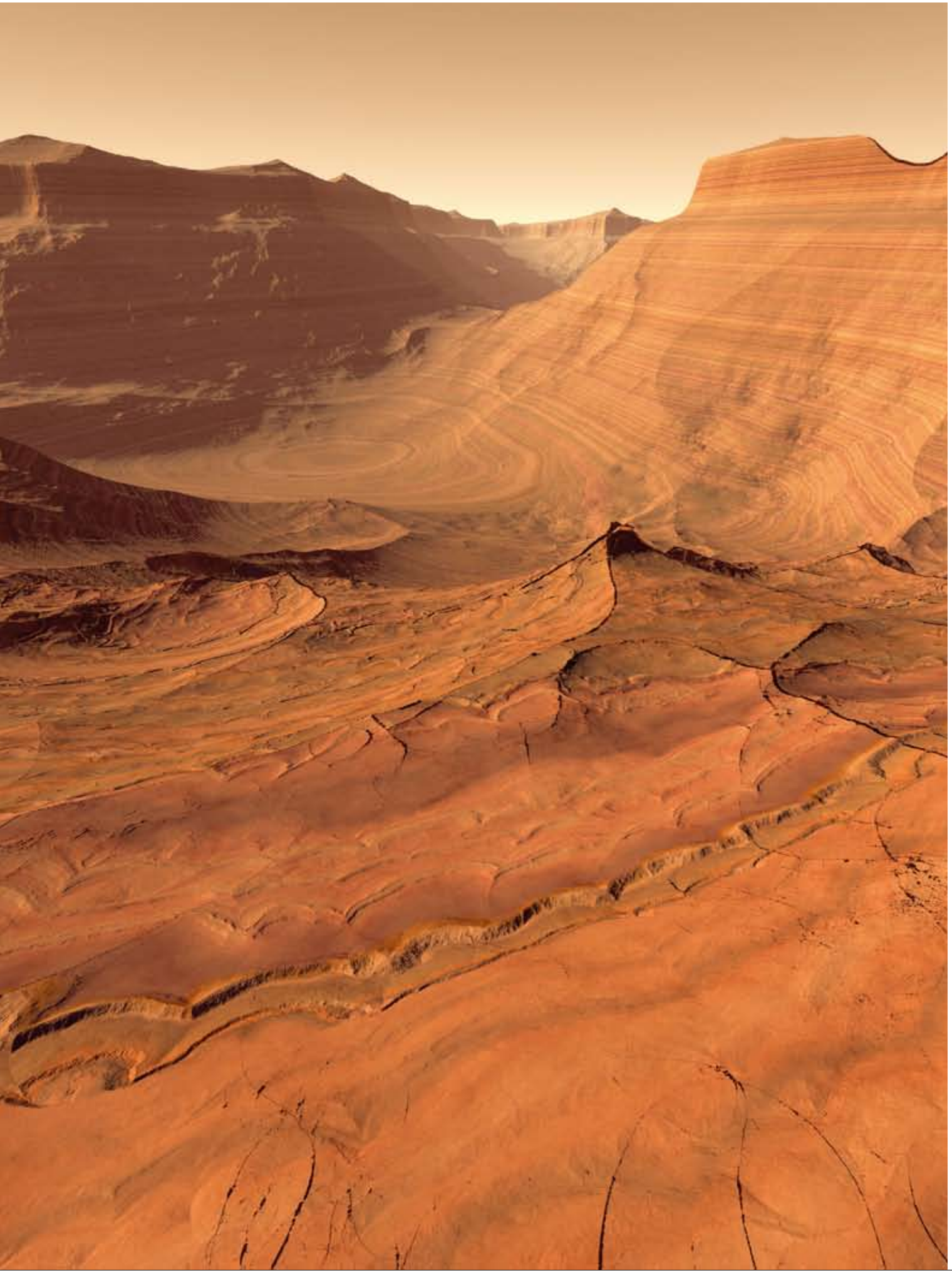
고, 표면 지리와 구조를 조사하며, 화성년 기준 1년(지구년 약 2년) 이상 화성의 기후 변화를 조사할 것이다.

- 마스 서베이어(1998-99) — 이 착륙선은 화성 남극관 가장자리 부근에 착륙해 지리, 기상, 과거 및 현재의 수자원 조사에 초점을 맞출 것이다. 착륙 전에 두 개의 마이크로프로브를 떨어뜨려 지하수의 존재를 탐색할 것이다. 이 우주선은 화성 계절의 대기와 수증기 변화를 조사할 것이다. 그러나 두 우주선은 화성에 도착하자마다 분실되었다. 글로벌 서베이어 오비터는 예상보다 낮은 화성의 대기로 들어가 대기 기체 입자와 마찰하여 연소되었다. 서베이어 착륙선은 계획대로 착륙을 시작했으나 지면에 닿았는지는 확인되지 않았다. 로켓 오작동으로 불시착해 가파른 크레이터 벽에 착륙, 바닥으로 굴러 떨어져 통신 장치에 문제가 생겼거나 매우 부드러운 토양에 착륙해 표면 아래로 가라앉았을 것이라고 추정하고 있다.

두 우주선이 소실되어 화성을 더 잘 파악하고, 과학 실험을 설계하며, 이후 우주 비행의 공학적 측면을 개선하기 위한 자료가 필요한 화성 탐사에 차질이 빚어졌다.

- 마스 서베이어(2001) — 이 착륙선은 수십 Km를 이동해 표면의 먼지와 토양 표본을 수집할 수 있는 탐사 장치를 싣게 된다. 화성 암석과 토양을 원료로 이용해 로켓 추진제를 생산하는 능력도 시험하게 될 것이다. 이 착륙선은 화성 표면 바로 아래 수자원을 확인하는 일을 포함해 표면 광물학과 화학적 성질을 조사할 것이다.
- 마스 서베이어(2003) — 이 착륙선은 화성의 다양한 부분에서 표본을 수집할 다목적 탐사 장치를 싣고 갈 것이다. 이 착륙선에는 현재와 미래 표면 비행의 통신 및 항법에 필요한 복잡한 연결 장치가 실릴 것이다.

NASA 과학자들은 현재에도 화성에 대해 계속적으로 연구를 진행하고 있다.



발행일 | 2011년 7월
발행처 | 한국항공우주연구원
주　소 | 대전광역시 유성구 과학로 115(어은동 45번지)
전화번호 | 042. 860. 2114, 팩스 042. 860. 2004
홈페이지 | www.kari.re.kr