

탐구수업 지도자료

- 학 년 중학교 2학년
- 단 원 지구와 별
- 소 단 원 8장 은하
- 제 목 도입
- 대표 저자 최승언(서울대학교)
- 공동 저자 고선영(서울서연중학교)
오영록(경기영덕고등학교)
권홍진(경기퇴계원고등학교)
한주용(서울대학교)
이석우(서울대학교)

이 자료는 서울대학교 과학교육연구소가 교육인적자원부의 과학교육 연구기관으로 지정받아 수행하고 있는 「탐구·실험 중심의 과학교육 활성화를 위한 연구개발 사업」의 일환으로 개발되었습니다.



서울대학교 과학교육연구소

Seoul National University Science Education Research Center



제 8 장

은하



서울대학교
과학교육연구소

배경지식 넓히기

1. 허블 우주망원경

미국 항공우주국(NASA)과 유럽우주국(ESA)이 주축이 되어 개발한 우주망원경으로, 무게 12.2톤, 주거울 지름 2.5m, 경통의 길이 약 13m이다. 1990년 4월 우주왕복선 디스커버리호에 실려 지구상공 610km 궤도에 진입하여 우주관측활동을 시작하였으며 수명은 약 15년이다. 지구에 설치된 고성능 망원경들과 비교해 해상도는 10~30배, 감도는 50~100배로, 지구상에 설치된 망원경보다 50배 이상 미세한 부분까지 관찰할 수 있다. 따라서 빅뱅(big bang:대폭발) 이후 약 5억 년이 지난 시점부터 우주의 중심에서 초속 18만 6000마일의 속도로 이제 막 지구에 도착하기 시작한 빛까지 포착할 수 있다.

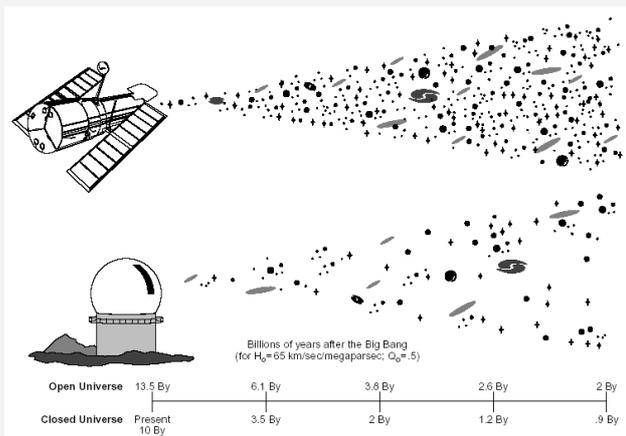


허블 우주망원경의 모습
외부은하의 존재가 처음 밝혀질 당시에는

지금은 관측 기술이 발달되고 장비가 좋아져서 외부은하가 외계의 존재라는 것을 직접 확인할 수 있지만 이것이 큰 논쟁거리였다.

20세기 초반에 외부은하가 우리은하 바깥의 외부우주라고 주장하는 쪽과 우리은하 내에 있는 성운이라는 주장이 한치의 양보도 없이 첨예하게 대립되었던 논쟁이 있었다.

물론 몇 년 동안 지속되던 논쟁은 결국 100인치 망원경이 건설되어 더 정확한 관측 자료가 얻어지면서 일단락이 되었다. 즉, 관측 장비의 발달로 외부은하에 있는 개개의 별을 구분할 수 있게 되면서 그 별들의 분석으로 이들이 우리 은하 바깥에 대단히 멀리 있는 것이라는 것을 알 수 있게



허블 우주망원경과 지상 망원경의 비교

된 것이다.



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

우리은하 이외에 다른 은하가 존재한다는 사실은 1923년 미국의 천문학자 에드윈 허블 (Edwin Hubble)에 의해 발견되었다. 당시에 그가 사용한 망원경은 로스앤젤레스 근처 윌슨 산에 있는 100인치 망원경이었다. 허블은 천문학자들이 우리은하 내에서의 상호간 거리를 측정할 때 이용한 별들을 찾아낼 수 있었다. 이 별들을 기준으로 측정한 결과 허블은 안드로메다성운이 우리은하로부터 아득하게 먼 200만 광년 저쪽에 존재한다는 것을 증명했다. 허블의 연구 성과로 우리는 이제 우리은하가 온 우주에 흩어져 있는 수십 억 개의 은하 중 하나에 불과하다는 사실을 알 수 있는 것이다.



서울대학교
과학교육연구소

2. 가장 먼 우주, 허블딥필드

“하늘에는 별도 많고 …… 꽤지나 칭칭 나네 …… ” 이 말은 맨눈으로 밤하늘을 볼 때에는 맞는 말이다. 그러나, 허블 우주망원경으로 하늘을 깊이 볼 때에는 “하늘에는 은하도 많고 …… 꽤지나 칭칭 나네”로 바뀌어야 한다. 사진은 이 말을 실감나게 해 준다. 사진은 현재

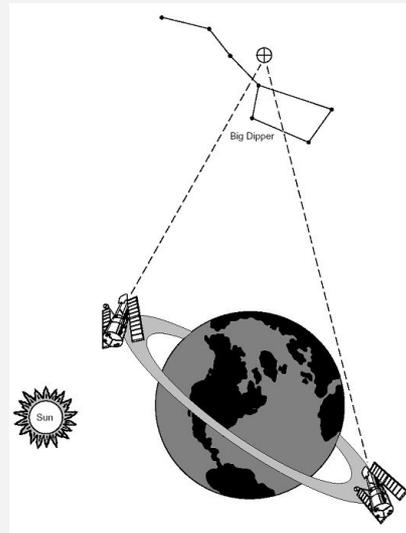


까지 인류가 본 천체 중에서 가장 어두운 천체까지 보여주고 있다.

이 사진은 천문학자들이 현재 관측할 수 있는 가장 먼 우주의 모습을 공동으로 연구하기 위해 1995년 12월 18일

허블 망원경이 찍은 이 사진은 지금까지 인간이 본 가장 먼 우주의 모습이다. 과거 부스리기 같은 은하들 중 어떤 은하는 30등급(맨눈으로 볼 수 있는 밝기의 40억분의 1의 밝기)인 것도 있다. 가장 희미한 은하가 가장 먼 곳에 있는 은하이므로, 이 은하는 빅뱅이후 불과 10억년 밖에 지나지 않은 까마득한 과거에 우주가 어떠했는지를 보여주고 있다.

사람이 맨눈으로 볼 수 있는 가장 어두운 별보다 40억 배나 더 어둡다. 사진에는 대표적인 은하의 종류인 나선 은하와 타원 은하 외에도 다양한 종류의 은하들이 많이 보이며, 특히 어두운 작은 은하들이 많이 보인다. 은하들의 색깔은 흰색, 푸른색, 노란색, 붉은색 등 매우 다양하며, 모양도 둥근 것, 긴 것, 불규칙한 것, 두세 개씩 모여 있는 것 등 여러 가지이고, 크기도 중심부의 왼쪽에 있는 커다란 것에서부터 점으로 보이는 매우 작은 것까지 천



허블딥필드의 위치

부터 열흘간 허블 우주망원경으로 관측하여 얻은 것이며, 북반구 하늘에서 별과 밝은 은하가 별로 없는 곳에 있는 이 지역은 북두칠성 근처에 있으며, 허블딥필드라고 불린다. 이 지역은 태양과 지구의 영향을 피해서 허블 우주망원경이 하루에 24시간 관측할 수 있다. 사진은 보름달의 약 900분의 1에 해당하는 좁은 지역을 보여주고 있다. 이 사진은 하늘의 매우 좁은 한 지역을 보여주고 있으나, 우주는 큰 규모에서 볼 때 밀도가 거의 균일하다고 알려져 있으므로, 하늘에서 다른 지역도 이 사진에서 보는 모습과 크게 다르지 않을 것이다. 사진에서 보이는 가장 어두운 천체는 밝기가 30등급 정도로서 사



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

차만별이다. 어두운 은하들의 대부분은 어두운 색이나 흰색을 띠며, 소수는 매우 붉은색을 띠고 있다. 은하들이 이렇게 다양하게 보이는 것은 은하들의 진화 상태가 매우 다르다는 것을 보여 주는 것이다. 예를 들면, 푸른 은하에서는 최근에 별들이 많이 태어났으며, 노란 은하에서는 많은 별들이 과거에 태어나 진화하여 현재는 늙은 별들만 남아 있다는 것을 보여준다.

가장 어두운 은하들은 대략적으로 가장 멀리 있는 은하이며 사진에서 보이는 어두운 붉은색의 은하 등은 우주가 태어난 지 10억 년도 되기 전에 태어났으며, 사진은 현재의 모습이 아니라 지금으로부터 약 140억 년 전의 모습을 보여준다. 즉, 우리는 우주의 시초를 보고 있는 것이다.

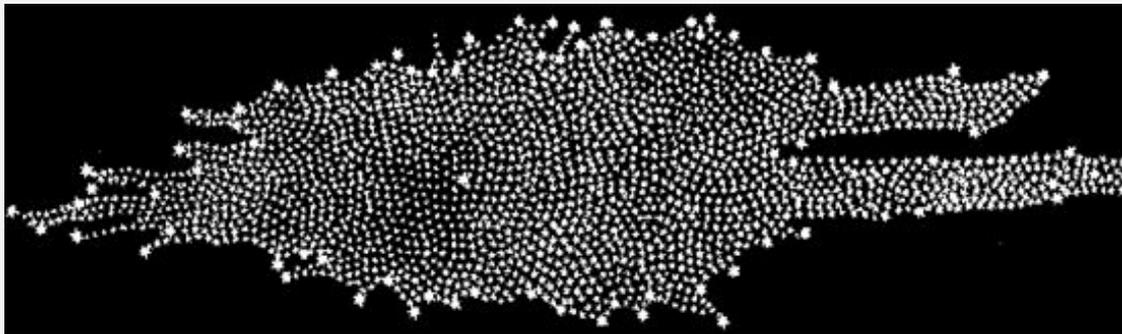


서울대학교
과학교육연구소

3. 우리 은하

우주론적 입장에서 보았을 때 은하들은 집을 짓는 데 쓰이는 벽돌처럼, 우주의 물질 분포를 모양짓는 가장 기본적인 개체이다. 그러나 우리가 이러한 은하들의 존재를 안 것은 불과 70여 년 전이다. 태양계가 속해 있는 ‘우리은하’의 크기와 모습이 어떻게 해서 알려졌을까? 새로운 발견을 낳는 천문학자들의 논리적 생각을 잠시 살펴보자.

18세기 말 천왕성을 발견한 영국의 허셸(Herschel)은 하늘의 구조를 알기 위해 자신이 만든 지름 1.2m 망원경으로 별들의 개수와 밝기를 온 하늘에 걸쳐 조사하였다. 이 조사에서 그는 다른 곳보다 은하수 쪽에 어두운 별들이 훨씬 많다는 사실을 알았다. 그는 별들의 밝기가 대체로 비슷하다면 이 어두운 별들은 매우 멀리 있는 것이라고 생각하였다. 따라서 그는 별들의 세계가 원반 꼴이고, 그 속에서 원반 둘레 쪽으로 별들을 본 것이 은하수라고 결론지었다. 그러나 그의 은하모형에서 우주의 중심은 우리 은하이고, 태양은 우리 은하의 중심에 있었다.



W. Herschel 이 항성 계수의 항성 계수의 방법으로 그린 우주



서울대학교
과학교육연구소

한편 별들 중에는 밝기가 며칠마다 주기적으로 변하는 세페이드 변광성들이 있다. 1912년에 리비트(Leavitt)라는 미국의 여류 천문학자는 이 변광성들이 밝을수록 변광주기가 길다는 사실을 발견하였다. 따라서 어떤 세페이드 변광성을 찾아 그 주기를 재면, 그 별의 실제 밝기를 이 관계로부터 구할 수 있고, 이것과 겉보기 밝기를 비교하여 그 별까지의 거리를 알아낼 수 있게 됐다.

우리 은하에는 10만 개 정도의 별들이 별떼처럼 뭉쳐 있는 구상성단이 드문드문 흩어져 있다. 세페이드 변광성의 주기-광도 관계가 알려진 뒤, 천문학자들은 구상성단들에 있는



서울대학교
과학교육연구소

변광성의 변광주기를 재어 구상성단들까지의 거리를 측정하였다.

1918년 미국의 천문학자 새플리(Shapley)는 이 구상성단들이 공모양으로 은하수 원반 위아래에 걸쳐 퍼져 있음을 깨달았다. 그리고 그 공의 중심은 우리 태양에 있지 않고, 궁수자리 쪽에 있음도 알았다. 이 사실을 바탕으로 해서 새플리는 태양이 은하 중심에서 약 8천 파섹 떨어져 있고, 비행접시 꼴을 한 현대적인 우리 은하 모형을 만들었다.

대다수 별들은 태양처럼 혼자 있기보다는 무리지어 있다. 왜냐하면 별이 태어날 때 한꺼번에 여럿이 생기기 때문이다. 별이 모인 개수에 따라 ‘쌍성’, ‘삼중성’, ‘다중성’, ‘성단’ 등으로 부른다.

100에서 1000개 정도의 젊은(나이 1백만에서 수십억 년) 별들이 불규칙한 꼴로 모여 있는 것을 ‘산개성단(open cluster)’이라 한다. 산개성단의 지름은 4~20pc 이며, 한 구름덩이에서 태어난 별들이 흩어지고 있는 영성한 별떼이다.

‘성협(association)’은 산개성단보다 별 수는 적고(10개~100개) 더 느슨하게 퍼져 있는 집단이다. 이것에는 O 또는 B형 별이나, 황소자리 T형별이라는 막 태어난 밝은 별들과 다량의 수소기체가 있다.

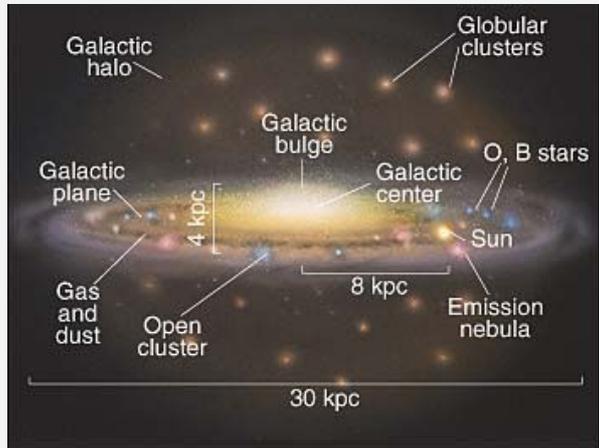
‘구상성단(globular cluster)’은 10만 개쯤의 늙은(나이 100~150억 년) 별들이 둥그렇게 모여 있는 무거운 성단이다. 크기는 5~25pc 정도로 산개성단 보다 약간 크다. 우리 은하 안에 있는 구상성단들은 중원소가 매우 적고 나이가 많은 종족 II 별들로 이루어져 있기 때문에 우주의 나이나 은하 형성과정 연구에 도움을 주는 중요한 천체이다. 한편 이웃한 마젤란 은하에서는 구상성단 같은 모양을 하고 있지만 젊은 별이 많은 성단도 발견되었다.

오늘날 측면에서 본 우리은하는 지름 100kpc인 구형의 헤일로(halo)속에 지름 50kpc인 원반이 들어있는 형태이다.

원반의 중심에 있는 중앙팽대부(bulge)는 반지름이 약 2kpc인데, 중원소가 풍부한 별들이 존재하며 중심에는 지름 140AU정도의 응축된 전파원이 있으며, 그 가운데 검은 구멍(black hole)이 있으리라 생각된다

원반에는 젊은 별, HII영역, OB 성협, 산개성단 등 비교적 연령이 적은 천체들이 존재하며, 은하중심면의 얇은 원반(thin disk)과 이를 에워싸고 있는 두꺼운 원반(thick disk)으로 나뉘어진다. 얇은 원반은 두꺼운 원반에 비하여 금속 성분이 많으며 비교적 젊은 별들이 존재하고, 약 120억 년전부터 현재까지 항성이 만들어지고 있다고 알려져 있다.

한편 헤일로에는 비교적 나이가 많은 종족 II의 구상성단이 은하 중심에 대하여 구형으로 분포하고 있다. 따라서 우리는 구상 성단의 분포를 관찰하여 은하의 중심을 결정할 수 있으며, 은하의 회전곡선의 설명에 필요한 암흑 물질이 존재할 것으로 믿어진다.



우리은하의 상상도



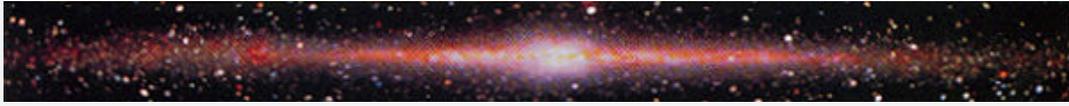
서울대학교
과학교육연구소



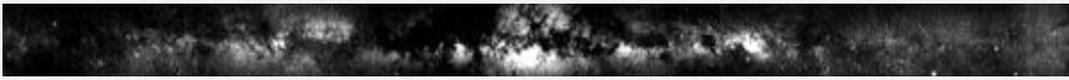
서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소



적외선으로 본 우리 은하의 모습



가시광선으로 본 우리 은하의 모습



서울대학교
과학교육연구소

우리 태양은 얇은 원반의 일원으로 은하 중심으로부터 약 8.5kpc, 은하 중심면으로부터 약 30pc 떨어져 있다.

4. 외부은하-은하의 종류

우리 은하가 많은 별들의 집단이며 그 크기가 유한하다는 사실이 알려지고 있던 때에, 일부 천문학자들은 당시 정체가 불분명해서 별 사이에 떠돌아다니는 구름덩이라고 알고 있던 천체들이 혹시 우리 은하처럼 많은 별을 거느린 외부은하가 아닐까 하고 의심하기 시작했다. 어두운 별들이 은하수에 많기 때문에 우리 은하가 원반 모양을 하고 있다고 생각한 허셀의 논리처럼, 미국의 천문학자 커티스(Curtis)는 1918년 이 구름덩이들 중 작고 어두운 것이 큰 것들보다 훨씬 많다는 사실을 지적하고, 이들이 작은 이유가 매우 멀리 있기 때문이라고 주장하였다.

한편, 1917년 미국 캘리포니아 주 로스앤젤레스 북쪽에 있는 윌슨 산에는 지름이 2.5m 인 대형 망원경이 세워졌다. 이 망원경은 인간이 우리 은하라는 좁은 우물 속을 벗어나 더 넓은 우주로 눈길을 돌리게 하는 데에 결정적 공헌을 한다(현재 이 망원경을 도시의 맑은 불빛으로 인해 더 이상 관측에 쓰이지 못하는, 그야말로 역사적 기념물이 되고 말았다).

천문학자 허블(Hubble)은 이 망원경으로 성운들을 관측하고 사진 찍었다. 그는 놀랍게도 이들 중 일부가 아주 어두운 별들로 이루어져 있음을 볼 수 있었다. 특히 안드로메다 대성운에서 매우 어둡지만 우리 은하에서 많이 발견됐던 세페이드 변광성들을 찾아낼 수 있었는데, 주기-광도 관계에서 계산한 이 변광성들까지의 거리는 약 30만 파섹이었다. 안드로메다 대성운이 우리 은하처럼 수많은 별들을 스스로 거느린 외부은하라는 사실이 밝혀진 셈이다. 허블은 다른 성운들로 관측하여 이들 중 상당수가 외부은하임을 보였다. 외부은하 천문학 시대가 도래한 것이다.

허블은 외부은하들을 겉모양에 따라 타원은하, 렌즈형 은하, 나선은하, 불규칙은하로 나누었다. 타원은하는 별들이 타원체 꼴의 대칭구조로 뭉쳐 있는 은하로 별 사이에 기체나 먼지 등이 거의 없고, 늙어서 커다랗게 부푼 붉은 별들과 태양보다 가볍고 어두운 별들로 이루어져 있다. 반면에 나선은하는 성간구름이나 먼지, 젊고 밝은 별이 많이 줄지어 있는 나선팔을 갖고 있다. 나선팔이 풀어진 정도, 그리고 팽대부 크기에 따라 세분된다. 나선 은하 중에서 가운데가 막대꼴을 하고 있는 것들을 막대 나선은하라고 한다.

외부 은하들 중에 원반은 있으나 나선팔이 없는 은하를 렌즈형 은하라고 한다. 불규칙 은하는 대칭적이거나 기하학적인 구조를 갖지 않거나 모양이 특이한 은하들이다.



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

형태에 따라 분류된 은하들의 개수 비는 대략 왜소은하 : 거대타원은하 : 나선은하 : 불규칙은하 = 50 : 5 : 20 : 25 로 추정된다. 즉, 거대 타원은하나 나선은하와 같은 크고 밝은 은하의 80%는 나선은하이므로, 은하들은 대부분 작고 흐린 은하들이다.

그렇다면 은하들은 왜 이렇게 서로 다른 꼴로 태어났을까? 모양이 다른 은하들은 물리적 성질도 서로 다르다. 타원은하는 늙고 중원소(수소나 헬륨보다 무거운 원자들)가 적은 별들로 이루어져 있으며, 이 별들은 타원은하 중심을 무질서하게 공전하고 있다. 나선은하가 내는 빛은 주로 원반에 있는 젊고 중원소가 많은 별들에서 나오고, 이 별들은 은하의 핵을 중심으로 질서정연하게 한 방향으로 돌고 있다. 모양이 다른 은하들 사이에 물리적 성질이 어떻게 다른가는 낱낱이 알려져 있는 편이다. 그러나 ‘은하들이 왜 이처럼 모양이 서로 다르게 태어났는가’하는 문제는 아직도 풀리지 않은 수수께끼로서 현재 연구가 활발히 진행되고 있다.



M100, 나선은하



M74, 나선은하



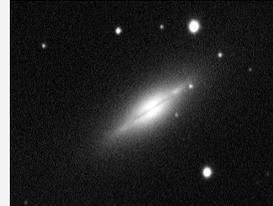
M87, 타원은하



NGC1433, 막대나선은하



M82, 불규칙은하



NGC5866, 렌즈형 은하



※ 참고문헌 및 site

과학영재학교 전자교재. **천문학**.
 리처드 베렌젠 외(2000). **은하의 발견**. 전파과학사.
 박창범(1995). **인간과 우주**. 가람기획.
 이명균 외(2000). **허블 망원경으로 본 우주**. 서울대학교 출판부.
 존 그리빈(2002). **스페이스**. MOON.
 Nadine Butcher Ball (1994). *Project Spica*. Kendall.
<http://amazing-space.stsci.edu/resources/exploration/hdf>
<http://hubblesite.org/newscenter/>



탐구 활동을 위한 안내

1. 탐구 활동 목록

	제 목	분 류 [성격/ 수준/ 장소]	기 타
활동1	이 우주에 얼마나 많은 은하가 있을까?	탐구/ 보충/ 교실	새 탐구
활동2	은하 분류하기	탐구/ 일반/ 교실	확장 탐구
활동3	우리 은하의 모습과 태양계의 위치	탐구/ 심화/ 교실	확장 탐구
활동4	우리 은하의 성단과 성운	탐구/ 일반/ 교실	확장 탐구



2. 선정 이유

- 활동 1.** 과학자들의 계산방법을 따라해 가며, 우주 공간에 존재하는 천체의 수를 대략적으로 헤아려 보고 과학자들의 계산 값과 비교한다.
- 활동 2.** 학생들 스스로 허블 망원경 사진 속의 은하들을 분류해보고 과학자들의 분류와 비교해본다.
- 활동 3.** 밤하늘을 가로지르는 은하수의 모습을 통해 우리 은하의 모습을 어떻게 알 수 있는지 생각해 본다.
- 활동 4.** 성단과 성운이 우리 은하를 이루는 천체임을 알고, 여러 사진 자료를 이용하여 이 천체들의 특징을 설명할 수 있다.

