

지구과학 실험 연수 교재

- 개발년도 1차년도(2003년)
- 제 목 지학2-실험20. 은하까지의 거리
- 연구책임자 최승언(서울대학교)
- 공동연구원 안희수(서울대학교)
권병두(서울대학교)
이문원(강원대학교)

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

실험20. 세페이드 변광성을 이용한 소마젤란은하까지의 거리 측정

1. 실험목표

- 1) 세페이드 변광성의 밝기와 변광 주기의 관계를 구할 수 있다.
- 2) 세페이드 변광성의 주기-광도 관계를 이용하여 은하까지의 거리를 구할 수 있다.

2. 준비물 : 전자계산기, 모눈종이, 자(30cm), 컴퓨터(스프레드시트 프로그램 사용 가능)

3. 실험 소개

1) 주요 개념

세페이드 변광성, 주기-광도 관계, 거리 지수, 별의 거리 방정식

2) 탐구과정 : 자료해석, 전문가의 연구 결과 검색

4. 실험과정

- 1) 다음의 [표1]는 여러 별자리에서 발견된 세페이드 변광성의 변광 주기와 절대 등급을 나타낸 것이다.
 - 2) 가로축을 $\log P(\text{주기})$ 로 하고 세로축을 절대 등급으로 하여 각 세페이드 변광성을 모눈종이에 도시하여 세페이드 변광성의 주기-광도 관계 그래프를 그리자.
 - 3) [표2]는 어떤 세페이드 변광성의 관측 자료이다. '스프레드시트' 프로그램을 사용하여 이 변광성의 변광 주기를 구하고 2)의 결과에 의해 그려진 그래프에 대입하여 이 변광성의 절대 등급을 추정하자.
- 광도가 최소가 되는 날짜를 주의 깊게 보고(광도가 크게 다른 값은 버린다) 날짜 간격이 어느 정도 인지를 알아 가장 최소가 되는 기간을 대략의 주기로 임시로 정한 후, 'MOD (날짜,주기)/주기'의 식을 이용하여 날짜에 해당하는 위상이 주기를 1로 하였을 때, 0과 1사이의 값으로 나오게 한다. 그 후 광도와 0과 1사이의 주기 위상 값을 이용하여 그래프를 그려 본다. 광도 곡선이 부드럽게 이어 질 수 있도록 주기의 값을 0.01정도의 간격을 갖고 계속 수정하여 광도 곡선이 원하는 만큼 되면 그 때의 주기값이 그 변광성의 주기가 된다(제일 뒤의 '참고'를 참조).



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

별	주기(일)	logP	절대 등급
Cas SU	1.95	0.29	-2.54
Sct EV	3.09	0.49	-2.62
Cas CF	4.87	1.69	-3.075
Per UY	5.36	0.73	-3.54
Per VY	5.53	0.74	-3.91
Sgr U	6.74	0.83	-3.93
Cas DL	8.00	0.90	-3.84
Nor S	9.75	0.99	-4.03
Per VX	10.89	1.04	-4.34
Cas SZ	13.62	1.13	-4.71
Pup RS	41.38	1.62	-5.95

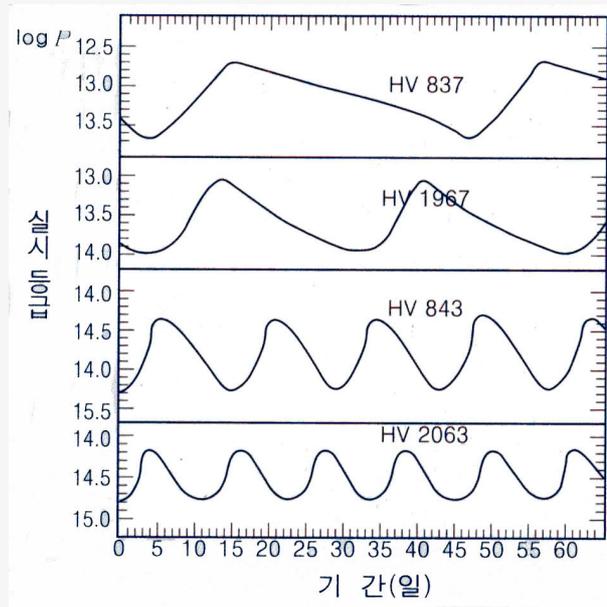
[표 1] 가까운 세페이드 변광성의 변광 주기와 절대 등급

Julian Day	겉보기등급	Julian Day	겉보기등급	Julian Day	겉보기등급
2451825	10.95	2451881	10.91	2451933	10.92
2451831	11.91	2451883	10.53	2451936	11.16
2451835	10.77	2451884	10.66	2451942	11.44
2451850	10.92	2451888	11.00	2451946	10.92
2451851	10.55	2451907	11.91	2451963	10.72
2451853	10.73	2451910	09.45	2451966	10.88
2451855	10.88	2451921	11.23	2451969	11.40
2451861	11.66	2451928	10.89	2451974	11.47
2451878	11.89	2451930	10.54	2451980	10.84
2451880	11.53	2451932	10.69		

[표 2] 어떤 세페이드 변광성의 관측 자료

- 4) 3)에서 구한 세페이드 변광성의 거리 지수 $m-M$ 을 구한 후 거리 방정식 $m - M = 5 \log r - 5$ 을 사용하여 이 세페이드 변광성까지의 거리를 구하자.
- 5) [그림1]은 소마젤란 은하 내에서 발견된 네 개의 세페이드 변광성의 광도 곡선이다.
- 6) 소마젤란 은하 내에서 발견된 네 개의 세페이드 변광성의 광도 곡선을 보고 각각의 겉보기 등급과 변광 주기를 구하자.
 - 변광성의 겉보기 등급은 최대 등급과 최소 등급의 평균을 사용하자.
- 7) 소마젤란 은하 내에서 발견된 네 개의 세페이드 변광성의 주기를 1)에서 구한 세페이드 변광성의 주기-광도 관계에 대입하여 각각의 절대 등급을 추정하고 각각의 거리 지수 $m-M$ 을 구하자.
- 8) 거리 방정식 $m - M = 5 \log r - 5$ 을 사용하여 소마젤란 은하 내에서 발견된 세페이드 변광성까지의 거리를 구하고 이것을 평균내어 소마젤란 은하까지의 거리를 구하자.





[그림 1] 소마젤란 은하 내의 세페이드 변광성의 광도 곡선의 광도 곡선



5. 결과 및 토의

- 1) 세페이드 변광성의 주기-광도 관계를 그려보자.
- 2) 과정 3)~4)에 따라 구한 값을 다음 표에 기록하자.

어떤 세페이드 변광성의 주기	()일
어떤 세페이드 변광성의 절대 등급	()등급
어떤 세페이드 변광성의 거리 지수	()
어떤 세페이드 변광성까지의 거리	()pc



- 3) 과정 6)~8)에 따라 구한 값을 다음 표에 기록하자.

소마젤란 은하 내의 세페이드 변광성	겉보기 등급	절대 등급	거리 지수	지구에서의 거리(광년)
HV 837				
HV 1967				
HV 843				
HV 2063				
평균 거리				

- 4) 소마젤란 은하까지의 거리는 얼마인가?

[참고] : 스프레드시트 프로그램을 활용한 세페이드 변광성의 주기 구하기

- 1) 관측자료로 주어진 Julian Day와 겉보기 등급에서 최저 겉보기 등급을 12등급 내외로



잡으면 245831일의 11.91등급, 245878일의 11.89등급, 245910일의 11.92등급의 세 자료를 취할 수 있다. 각 자료의 날짜 간격은 47일, 32일이다(관측이 매일 실시되지 않았다는 점을 명심하자). 47일과 32일을 모두 만족시킬 수 있는 잠정적인 주기의 최대값은 16일 내외이다(48은 16의 3배, 32는 2배이다).

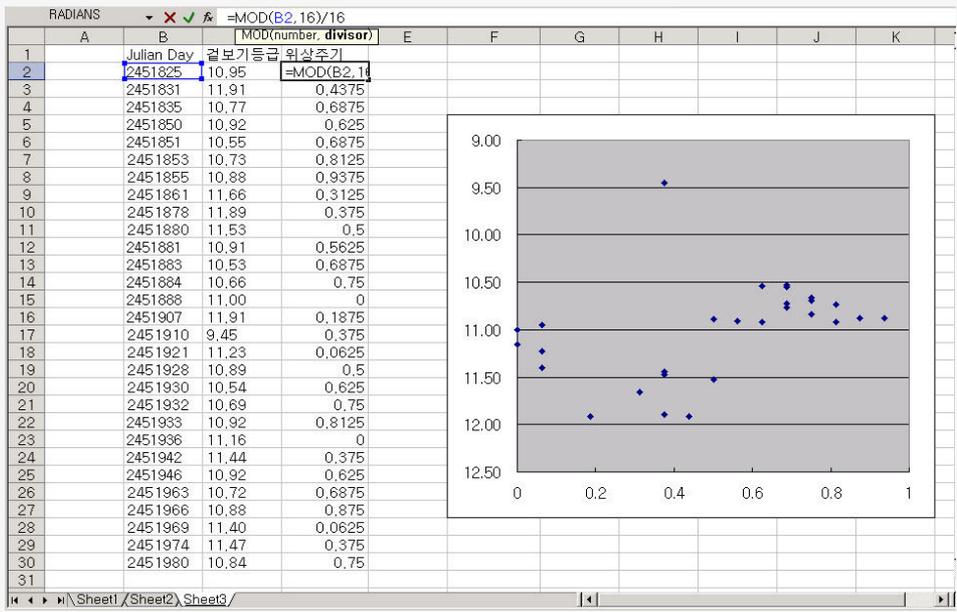
- 2) 스프레드시트에 Julian Day와 겹보기 등급을 입력한 후 계산식에 'MOD(날짜,주기)/주기'의 식을 적용한다. 이 때 주기는 1)에서 결정한 잠정적인 주기인 16일을 대입하면 0과 1사이의 위상 주기에 따른 세페이드 변광성의 겹보기 등급 관측값이 나온다(그림2).

RADIANS		=MOD(B2,16)/16		E	F	G	H	I	J	K
A	B	MOD(number, divisor)								
1	Julian Day	겹보기 등급	위상주기							
2	2451825	10.95	=MOD(B2,16)							
3	2451831	11.91	0.4375							
4	2451835	10.77	0.6875							
5	2451850	10.92	0.625							
6	2451851	10.55	0.6875							
7	2451853	10.73	0.8125							
8	2451855	10.88	0.9375							
9	2451861	11.66	0.3125							
10	2451878	11.89	0.375							
11	2451880	11.53	0.5							
12	2451881	10.91	0.5625							
13	2451883	10.53	0.6875							
14	2451884	10.66	0.75							
15	2451888	11.00	0							
16	2451907	11.91	0.1875							
17	2451910	9.45	0.375							
18	2451921	11.23	0.0625							
19	2451928	10.89	0.5							
20	2451930	10.54	0.625							
21	2451932	10.69	0.75							
22	2451933	10.92	0.8125							
23	2451936	11.16	0							
24	2451942	11.44	0.375							
25	2451946	10.92	0.625							
26	2451963	10.72	0.6875							
27	2451966	10.88	0.875							
28	2451969	11.40	0.0625							
29	2451974	11.47	0.375							
30	2451980	10.84	0.75							
31										

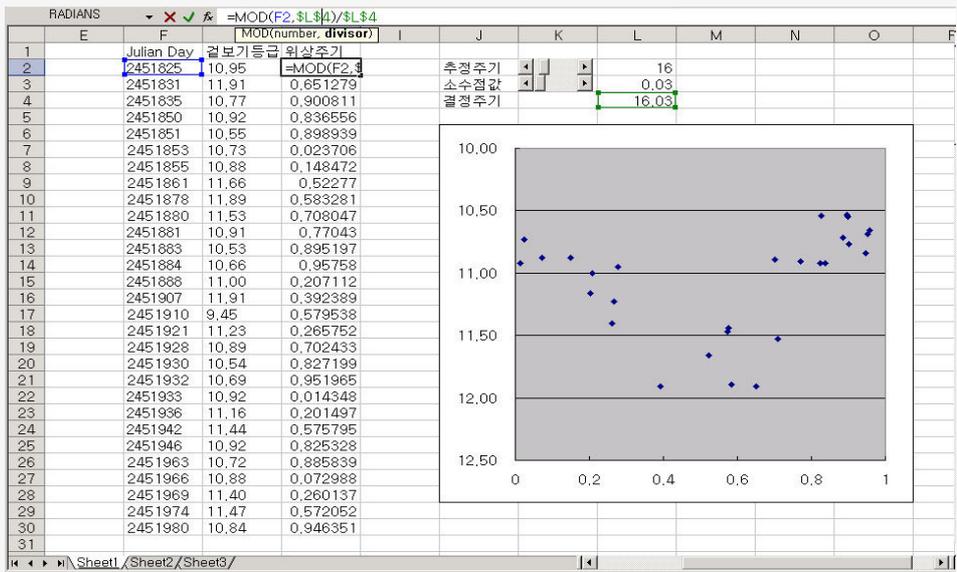
[그림 2]

- 3) 가로축을 위상주기, 세로축을 겹보기 등급으로 한 그래프를 그린다. 이 때 가로축의 최저값은 0, 최대값은 1이 되어야 하며, 세로축은 등급이 큰 값이 아래로 가도록 한다(등급이 클수록 어두운 별이므로).
- 4) 이 그래프가 만족스럽다면 우리가 구하려고 하는 세페이드 변광성의 변광 주기는 16일이다. 다른 관측값들과 큰 차이를 보이는 2451910일의 관측값(9.45등급)을 관측오차로 판단하여 버린다면, 이 세페이드 변광성은 변광 주기 16일, 최대 10.5등급, 최저 12등급 내외라는 결과가 나온다. 좀더 부드러운 값을 얻고 싶다면 주기를 0.1~0.01 간격으로 조금씩 수정해 주면 된다(그림 3). '스핀단추' 기능을 이용하면 보다 간단하고도 세밀한 작업을 할 수 있다(그림 4).





[그림 3]



[그림 4]