[유의사항]

※ 아래 사항은 반드시 준수해야 함(requirements)

- 답안지의 언어 (실무시험과 관측시험에 모두 적용) :
  어느 언어로든 답안에 글(text)이 사용되어서는 안 된다. (문제에 따라 일부 답을 영어로 쓰라고 직접 요청하는 경우는 예외로 함)

- 모든 답안은 오로지 그림, 그래프, 공식, 숫자, 표준 국제 천문기호(예를 들어, ♂, ♃, α UMa, M31, 5^m, 등)만 사용해서 작성되어야 한다.

- 숫자는 모국어가 아닌 국제적 표준 기호를 사용해서 기재되어야 한다.

- 채점관은 답안에 어느 언어로든 글(text)로 쓰인 부분은 채점에 반영하지 않을 것이다. 예를 들어, 별자리의 이름이 영어, 러시아어, 혹은 그 외 어느 언어로도 기재되어서는 안 되며, 오로지 UMa, Ori, 등 표준명칭으로만 주어져야 한다.

[실무시험]

[α-6] 변광성의 맥동주기

SZ Lyn은 δ Scuti (δ Sct)형 단주기 맥동 변광성이다. 이 별이 인도의 Mount Abu 천문대에서 B band(대역)에서 관측되었다. 광도곡선 데이터는 표6에 주어져 있다. 차등등급(differential magnitude)은 동일한 영역에 있는 비교성을 관측해서 얻어졌다. 시간은 율리우스일(JD)로 주어져 있다. 이 관측데이터는 단 하루밤의 관측에서 얻어졌기 때문에 JD의 정수 부분(integer part)에 해당하는 값은 변하지 않는다. 이 관측 결과의 광도곡선을 아래와 같이 그리시오.

JD 2456664.0+	Differential magnitude
0.23	-1.60
0.24	-1.73
0.25	-1.98
0.25	-2.24
0.26	-2.33
0.27	-2.22
0.28	-2.07
0.29	-1.95
0.30	-1.84
0.31	-1.72
0.32	-1.68
0.32	-1.66
0.33	-1.64
0.34	-1.63
0.35	-1.67
0.36	-1.72
0.37	-1.89
0.37	-2.09
0.38	-2.29
0.39	-2.27
0.40	-2.05
0.41	-1.95
0.42	-1.84
0.43	-1.78
0.44	-1.71
0.45	-1.64

Table 6.

(6.1) 율리우스일(JD)에 대한 차등등급의 데이터 값들을 그래프에 표시하시오.

(6.2) 데이터 값들을 가장 잘 대표할 수 있는 매끄러운 선으로 광도곡선을 그래프에 같이 그려주시오.

(6.3) 맥동주기는 광도곡선에서 인접한 최대값들 사이의 시간으로 가정한다. SZ Lyn의 맥동주기(P)를 추산하시오.

(6.4) SZ Lyn의 절대등급을 계산하시오. δ Scuti (δ Sct)형 별의 주기-광도 관계는 아래와 같은 경험식에 의해 주어진다.

$$M_B = -2.36\log(P) - 0.62$$

(6.5) SZ Lyn의 겉보기 등급이 $m_B = 9.7^m$이면, SZ Lyn까지의 거리를 구하시오.

[β-6] 쌍성계 S Ant

S Ant는 식쌍성으로서 스리랑카의 아서 클라크 연구소의 45 cm 카세그레인 망원경을 사용하여 분광학적으로 관측되었다. 그림 6에 쌍성 궤도의 여러 위상(phase)에서 관측된 S Ant의 Hα 흡수선 윤곽(profile)이 주어져 있다. (위상은 그래프의 오른쪽에 표시됨)

두 별이 서로 근접해 있어서 반성(secondary)의 선들이 주성(primary)의 선들과 뒤섞이기 때문에, 스펙트럼에는 오로지 주성의 선들만 보여준다. 반성의 데이터는 특수 이미지 처리 방식(de-blending)으로 추출해서 표6에 반성의 시선속도를 나타냈다. 그림 6의 스펙트럼들은 잘 구분되도록 Y-축을 이동시켰다.

(6.1) 답안지의 표6에 아래 값들을 쓰시오.

(※ 문제지에 주어진 표6을 마지막 열을 제외하고 답안지에 다시 그려서 만들 것)

- Hα의 파장이 6563 Å이라고 가정하고, Hα 선의 파장이동(wavelength shift)을 측정한 (직접 읽은) 값
- 주성의 시선속도(radial velocity)의 계산 값

(6.2) 같은 그래프용지에 위상(phase)에 대한 주성과 반성의 시선속도 값을 표시하시오.

(6.3) 주성과 반성의 시선속도 변화를 가장 잘 보여주는 매끄러운 곡선을 사용하여, 각각의

시선속도 곡선을 함께 그려주시오.

(6.4) 주성의 속도(V_P)와 반성의 속도(V_S)를 km/s의 단위로 계산하시오.

(6.5) 쌍성계의 주기가 P=0.65 일, 궤도 경사각이 $i = 70^\circ$ 이라면, 주성과 반성 각각의 질량을 계산하시오.

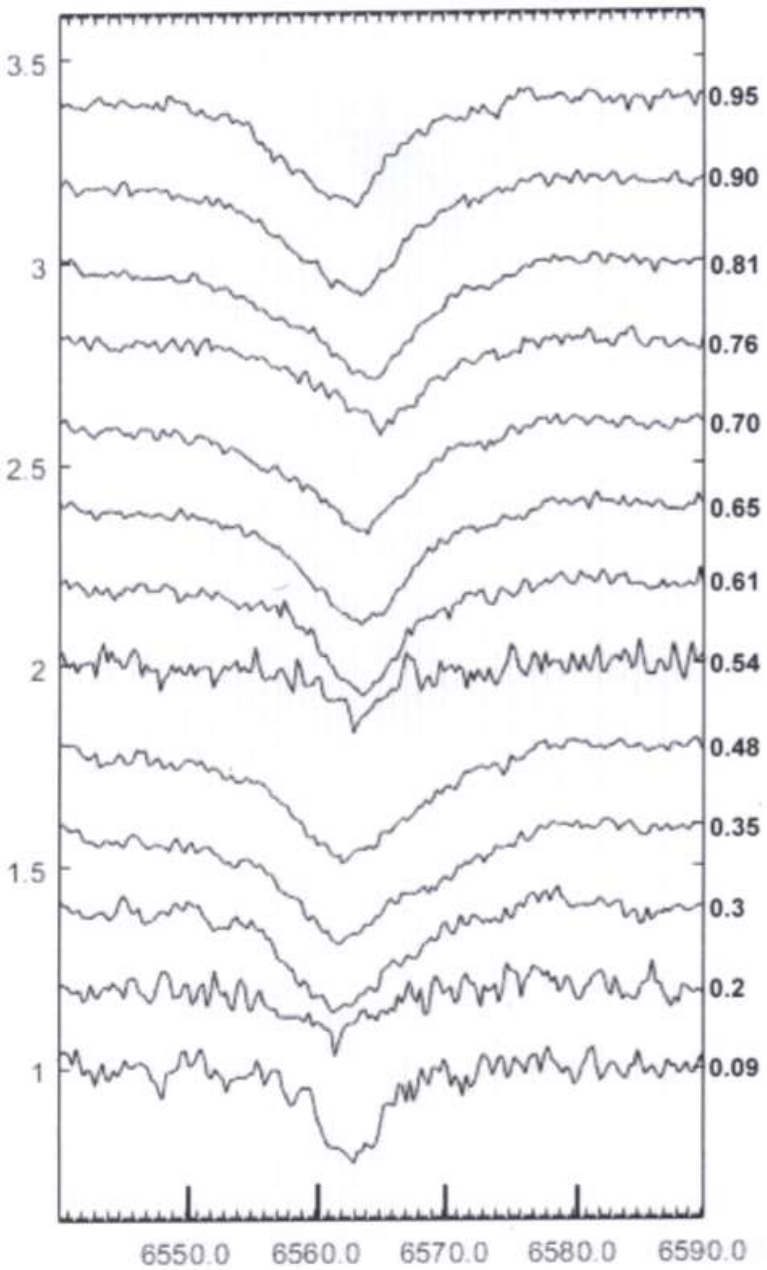


Fig. 6.

Phase	Δλ (Å)	Radial velocity of primary (km/s)	Radial velocity of secondary (km/s)
0.09			Not available
0.20			211
0.30			235
0.35			189
0.48			Not available
0.54			Not available
0.61			Not available
0.65			-171
0.70			-267
0.76			-224
0.81			-148
0.90			Not available
0.95			Not available

Table 6.

[αβ-7] 태양 스펙트럼의 눈금 조정(calibration)

아서 클라크 천문대의 45 cm 카세그레인 망원경에 장착된 분광사진기로 태양을 관측했다. 그림 7.1에 태양의 흡수선 스펙트럼의 일부가 주어져 있다. 분광선들이 잘 보이도록 스펙트럼의 색은 반대로 표현되어 있다. 아래쪽 분광선들은 태양의 흡수선 스펙트럼이고 위쪽 분광선들은 Fe-Ne 램프의 방출 스펙트럼이다. 방출 스펙트럼은 태양 스펙트럼의 눈금조정(calibration)에 사용된다. 양쪽 스펙트럼의 이미지 프레임(image frame)은 동일하다.

그림 7.2는 태양 흡수선 스펙트럼과 Fe-Ne 방출 스펙트럼을 보여준다. 적색선은 태양 흡수선 스펙트럼이고 검은색 선은 Fe-Ne 방출 스펙트럼이다. 몇몇 Fe-Ne 방출선의 파장이 Å의 단위로 그림에 같이 주어져 있다. Y-축은 정규화 플럭스(normalized flux)이다. X-축은 CCD 이미지의 픽셀(pixel)로 가정하시오.

(7.1) 답안지에 표7을 똑같이 그리고, 그림의 격자를 이용하여 해당 픽셀 값을 읽어서 해당 칸에 쓰시오.

(7.2) 표7의 파장(Å)에 대한 픽셀(pixel)을 그래프에 표시하시오.

(7.3) 이 관계를 가장 잘 표현할 수 있는 직선을 같이 그려주시오.

(7.4) 그림 7.2에 표시된 흡수선(L1)의 파장을 결정하시오.

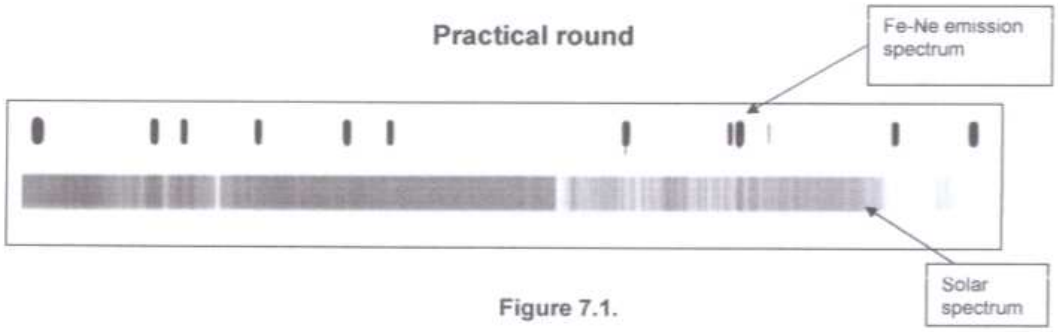


Figure 7.1.

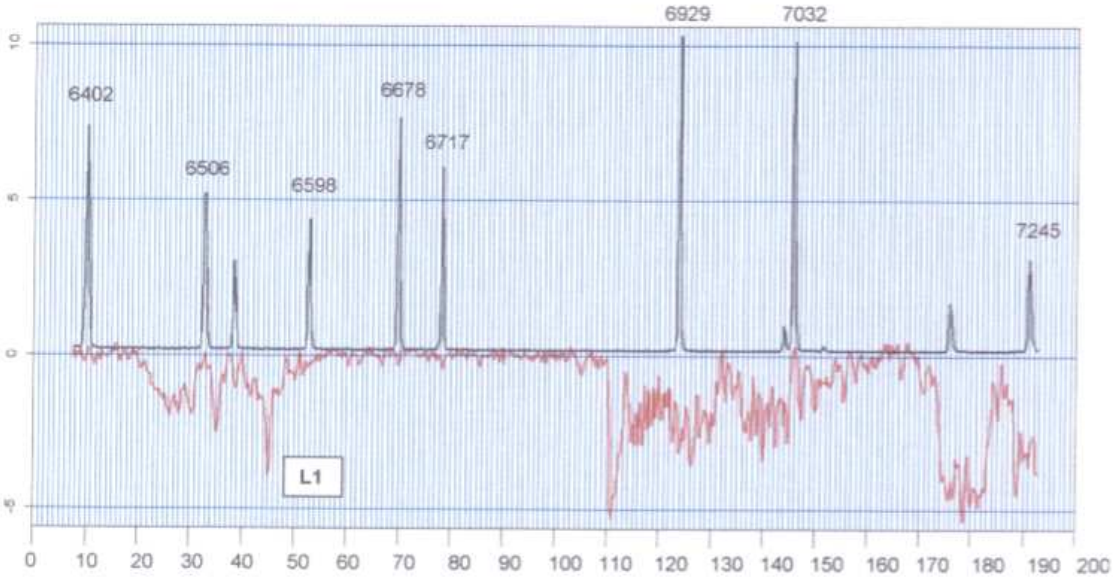


Figure 7.2.

Wavelength (Å)	Pixel
6402	
6506	
6598	
6678	
6717	
6929	
7032	

Table 7.

[αβ-8] 별의 변광 분석 연구

주기성 변광성에서 주기는 관측할 수 있는 값 중에서 가장 중요할 뿐만 아니라 가장 많은 정보를 제공한다. 변광성의 주기와 그 주기의 변화에 대한 연구는 변광성 연구의 중요한 부분이다. 어떤 별이 완벽하게 주기적이면, 모든 주기가 정확하게 동일하다. 그 같은 경우에는 미리 그 cycle들을 예측할 수 있다.

(8.1) 어떤 완벽하게 주기적인 별이 역기점(epoch) 시간 t_0(cycle #0에서 최대값(또는 최소값)이 일어나는 시간)과 주기 P를 갖는다면, 이 별은 $t_0 + P$의 시간에 그 다음 최대값(또는 최소값)이 일어난다. 이 최대(혹은 최소)값의 시간을 cycle #1의 최대(혹은 최소)값의 계산시간(C_1)이라고 한다. 이런 방식을 사용해서, 주기 P와 역기점 t_0을 갖는 완벽하게 주기적인 별의 cycle #n의 최대값의 계산시간(C_n)의 공식을 아래와 같이 수립하시오.

$C_n = ...$

(8.2) 표8에 역기점 $t_0 = JD\ 2442502.726$ (JD : 율리우스 일)과 주기 $P = 0.971534$일을 갖는 식쌍성의 최소값의 시간들이 주어져 있다. 이들 값을 위의 공식에 대입해서 표의 각 cycle에 대해 최소값의 계산시간을 구해서 표의 "JD-Calculated" 칸에 쓰시오.

(8.3) 표의 "(O-C) (in days)" 칸을 일(day)의 단위로 쓰시오.

("O-C" = 관측값 - 계산 값)

(8.4) 앞에서 계산한 (O-C)의 값을 분(minute)의 단위로 바꾸어서 "(O-C) (in minutes)" 칸에 쓰시오.

(8.5) 완성된 이 표를 사용해서, "(O-C) (in minutes)"에 대한 "The number of cycle"의 그래프를 만들어 데이터 값을 표시하고, 데이터의 경향을 가장 잘 보여주는 선(trend line)을 같이 그리시오. (그래프 용지가 제공되므로, 그래프용지의 최대 범위까지 사용하시오)

(8.6) 위의 결과로부터 이 별이 완벽하게 정기적인지, 거의 정기적인지, 전혀 정기적이 아닌지, 영어로 아래와 같이 답하시오.

"(1) perfectly periodic", "(2) almost periodic", "(3) not periodic"

Cycles	JD-Observed (Obs)	JD-Calculated (Cal)	O-C (days) (Obs - Cal)	O-C (minutes) (Obs - Cal)
300	2442794.1804			
500	2442988.4867			
950	2443425.6757			
1000	2443474.2563			
1250	2443717.1386			
1350	2443814.2934			
1400	2443862.8687			
1700	2444154.3285			
1750	2444202.9077			
1850	2444300.0622			
2100	2444542.9444			
2400	2444834.4039			
2550	2444980.1353			
3200	2445611.6366			
3250	2445660.2111			
3500	2445903.0947			

Table 8.