<실무시험 & 관측시험 유의사항>

● 답안 작성 시에, 청색 혹은 보라색 펜, 연필, 자, 각도기, 컴퍼스, 모눈종이(필요 시) 등을 사용할 수 있다. 필요하면 감독관에게 종이나 그래프용지 등을 추가 요청하시오.

● 답안은 그림 혹은 그래프, 수식이나 숫자, 국제 표준 천문기호(예: ♂, ♋, $\alpha\,UMa$, $M31$, 5^m, 등)만을 사용해서 작성되어야 한다.

● "예" 혹은 "아니오"를 묻는 문제는 반드시 영어로 분명히 "Yes" 혹은 "No"로 써야 한다. 숫자 역시 자국어 기호가 아닌 표준 기호(1, 2, 3, ...)를 사용해야 한다.

● 답안에는 어느 언어로든 텍스트(문제에서 요구된 사항 외의 설명 등)를 포함해서는 안 된다. 답안에서 (어느 언어이든지) 텍스트인 부분은 채점되지 않는다.

[실무시험]

[7] (공통) 20세기 초, 유명한 천문학자 에드윈 허블은 은하의 시선속도와 각 은하까지의 거리를 정리해서 발표했다. 당시의 자료가 표7에 제시되어 있다. 시선속도의 부호가 (+)인 경우 그 은하는 우리로부터 멀어지고 있다. 거리의 단위는 $Mpc\,(=10^6\,pc)$이다. $(1\,pc=3.08\times10^{18}\,cm)$

(7.1) 그래프용지에 시선속도와 거리의 관계를 보여주는 그래프를 그리시오.

(7.2) 관측된 데이터를 가장 잘 표현할 수 있는 추세선(직선)을 그리시오. 이 직선은 거리 $D=0\,Mpc$, 시선속도 $V=0\,km/s$에서 시작되도록 하시오.

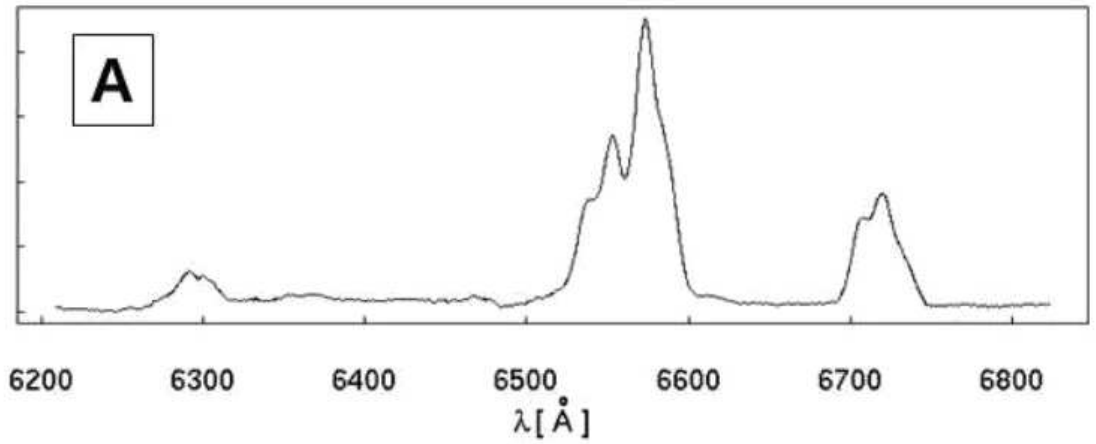
(7.3) V와 D가 비례 관계일 때(즉, $V=H\times D$), 비례상수 H을 구하시오. 앞의 문제에서 구한 추세선을 활용하고, H의 단위는 $(km/s)/Mpc$을 사용하시오. 허블은 이 결과로부터 우주의 균일 팽창을 알아냈고 H는 허블상수로 불린다.

(7.4) 앞 문제들의 결론은 우주가 아주 오래 전 $D=0$에서 출발했다는 것이다. 우주가 팽창함에 따라 허블상수가 $\frac{1}{D}$에 비례하여 변한다고 가정할 때 (즉, $H\sim\frac{1}{D}$), 허블의 데이터에 기반하여 우주의 나이($D=0$에서 우주가 팽창을 시작한 이후 현재까지 걸린 시간)을 구하시오. (참고: 21세기 최신연구에 따르면 우주의 나이는 약 138억년으로 추정된다.)

(7.5) (시니어) 그림 7은 $H\alpha$ 방출선 근방에서 A 천체와 B 천체의 스펙트럼이다. 선 윤곽의 극대점(peak)이 $H\alpha$ 선의 중심으로 정의된다. 표 7에서 A 천체와 B 천체로 가장 그럴듯한 천체들을 찾아내시오. 답을 뒷받침할 정량적인 근거를 제시하시오. (실험실에서 측정한) 정지좌표계에서의 $H\alpha$ 선의 파장은 6563 Å이다.

Galaxy Name (NGC#)	Distance (Mpc)	Radial Velocity (km/s)
Номер галактики по каталогу NGC	Расстояние (Мпк)	Лучевая скорость (км/с)
6822	0.214	43
598 (M33)	0.263	-44
221	0.275	-23
224 (M31)	0.275	-122
5457	0.45	360
4736	0.5	360
5194	0.5	550
4449	0.63	259
4214	0.8	312
3031	0.9	73
3627	0.9	643
4826	0.9	400
5236	0.9	382
1068	1	1146
5055 (M63)	1.1	550
7331	1.1	1030
4258 (M106)	1.4	508
4151	1.7	1025
4382 (M85)	2.0	693
4472 (M49)	2.0	913
4486 (M87)	2.0	1231
4649 (M60)	2.0	1061

Table 7 Таблица 7



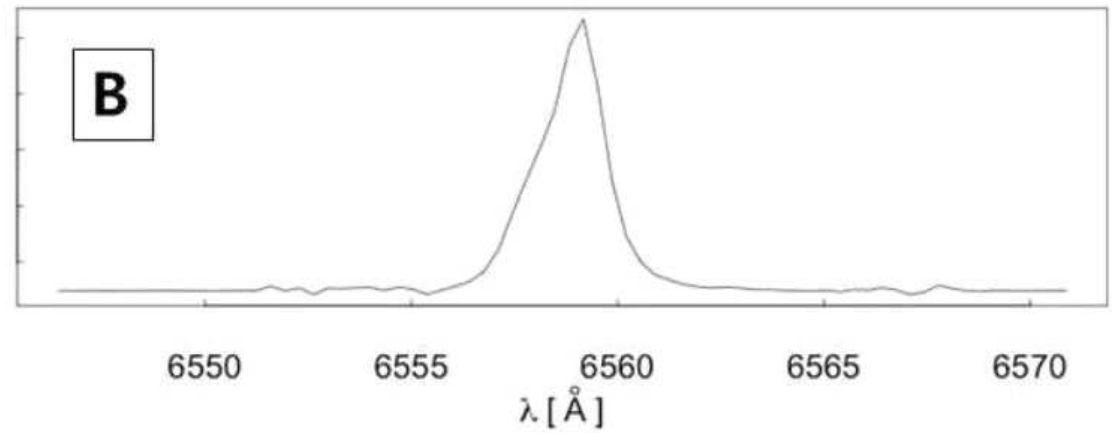


Fig. 7 Рис. 7

[8] (주니어) 초거성 $HD\,153919$

가시광선 관측 결과, X-선 천체 $2U1700-37$의 정체는 O형 초거성 $HD\,153919$로 밝혀졌다. 이 별은 원래 성단 $NGC\,6231$에 속해 있었지만 초신성 폭발 이후 성단에서 탈출한 (튕겨난) 것으로 생각된다. $HD\,153919$와 $NGC\,6231$의 좌표(적경 α, 적위 δ)는 표 8.1에 각각 주어져 있다.

(8.1) $HD\,153919$와 $NGC\,6231$ 사이의 각거리를 적경 방향과 적위 방향에 대해 각각 구하시오.

(8.2) "가이아(Gaia)" 탐사위성이 측정한 $HD\,153919$의 고유운동은 다음과 같다.

$$\mu_\alpha \times \cos\delta = 2.28 \times 10^{-3}\,''/year$$

$$\mu_\delta = 4.95 \times 10^{-3}\,''/year$$

초신성이 폭발한 시기를 추정하시오.

(8.3) 젊은 산개성단 $NGC\ 6231$의 나이는 $4 \sim 7\,Myr\,(1\,Myr = 10^6$년$)$로 추정된다. 표 8.2에 주어진 무거운 별의 이론적 수명을 참조하여, 초신성 폭발의 원형별(progenitor)의 초기질량 범위를 추정하시오. (별이 가질 수 있는 최대 질량을 $120\,M_{\odot}$로 가정하시오)

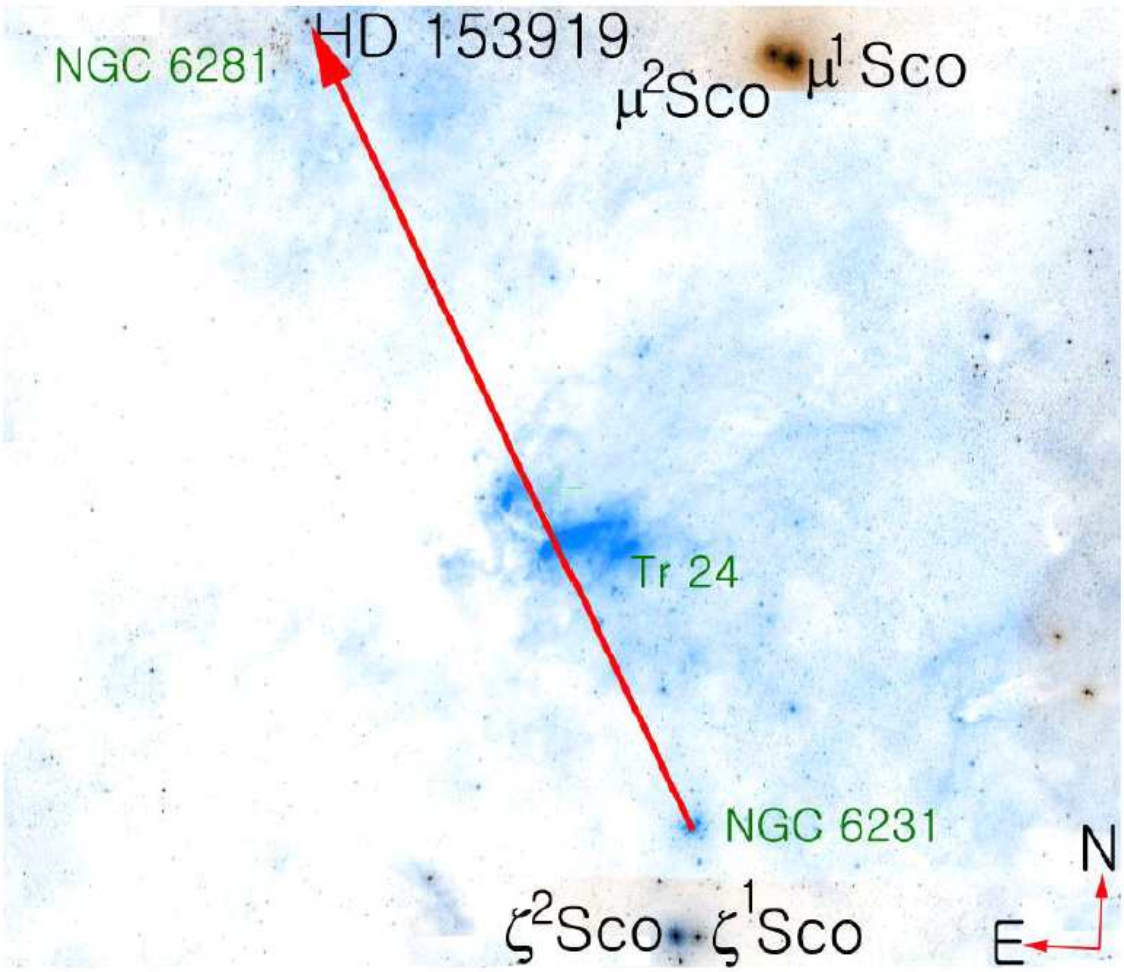


Fig. 8 Рис. 8

Object Объект	Right Ascension (α_{J2000}) Прямое восхождение (α_{J2000})	Declination (δ_{J2000}) Склонение (δ_{J2000})
HD 153919	$17^h\ 03^m\ 56^s.8$	-37° 50' 38".9
NGC 6231	$16^h\ 54^m\ 11^s.7$	-41° 50' 20".0

Table 8.1 Таблица 8.1

Initial mass (M⊙) Начальная масса (M⊙)	Lifetime (Myr) Время жизни (Млет)
120	3.54
85	4.05
60	4.86
40	6.18

Initial mass (M⊙) Начальная масса (M⊙)	Lifetime (Myr) Время жизни (Млет)
32	7.23
25	8.61
20	10.45
15	15.05

Table 8.2 Таблица 8.2

[8] (시니어) 행성

표 8에는 공전주기가 240년, 공전궤도 이심률이 $\epsilon = 0.3$인 한 가상의 행성 A가 태양을 공전할 때 그 위치변화가 황도좌표(태양을 원점에 두었을 때의 x, y 좌표)로 주어져 있다. 그림 8은 표 8의 값을 그림으로 나타낸 것이다.

관측자는 또 다른 가상의 행성 B에 있다. B의 공전궤도는 원이다. 행성 A와 행성 B의 공전궤도는 같은 평면에 있으며, 공전주기의 비, $P_A / P_B = 1.5$이다. 행성 A가 원일점에 있을 때 ($t = 0$), B의 관측자에게 A는 '충'의 위치에 있다.

(8.1) B의 관측자가 보기에 행성 A가 순행을 시작하는 때(연도 /year)는 언제인가?

(8.2) B와 태양의 위치를 고정시켜 놓았을 때 (즉, B와 태양은 정지해 있다고 가정했을 때), $t = t_1, t_2, \ldots . t_{12}$ 시점의 A의 위치변화를 그래프용지에 그리시오.

(8.3) 태양과 A를 연결하는 선, 태양과 B를 연결하는 선 사이의 각도가 최대가 되는 때(연도)를 $0 < t < 120$년 사이에서 구하시오. 또한 이 각도의 최대값을 구하시오.

Practical round
Практический тур

Time (years) Время (годы)	x	y
$t_0 = 0$	00.00	-50.21
$t_1 = 10$	+07.38	-49.21
$t_2 = 20$	+14.53	-47.08
$t_3 = 30$	+21.19	-43.18
$t_4 = 40$	+27.10	-37.75
$t_5 = 50$	+31.94	-30.84
$t_6 = 60$	+35.33	-22.54
$t_7 = 70$	+36.81	-13.05
$t_8 = 80$	+35.86	-02.72
$t_9 = 90$	+31.86	+07.80
$t_{10} = 100$	+24.34	+17.40
$t_{11} = 110$	+13.34	+24.41
$t_{12} = 120$	00.00	+27.03

Table 8 Таблица 8

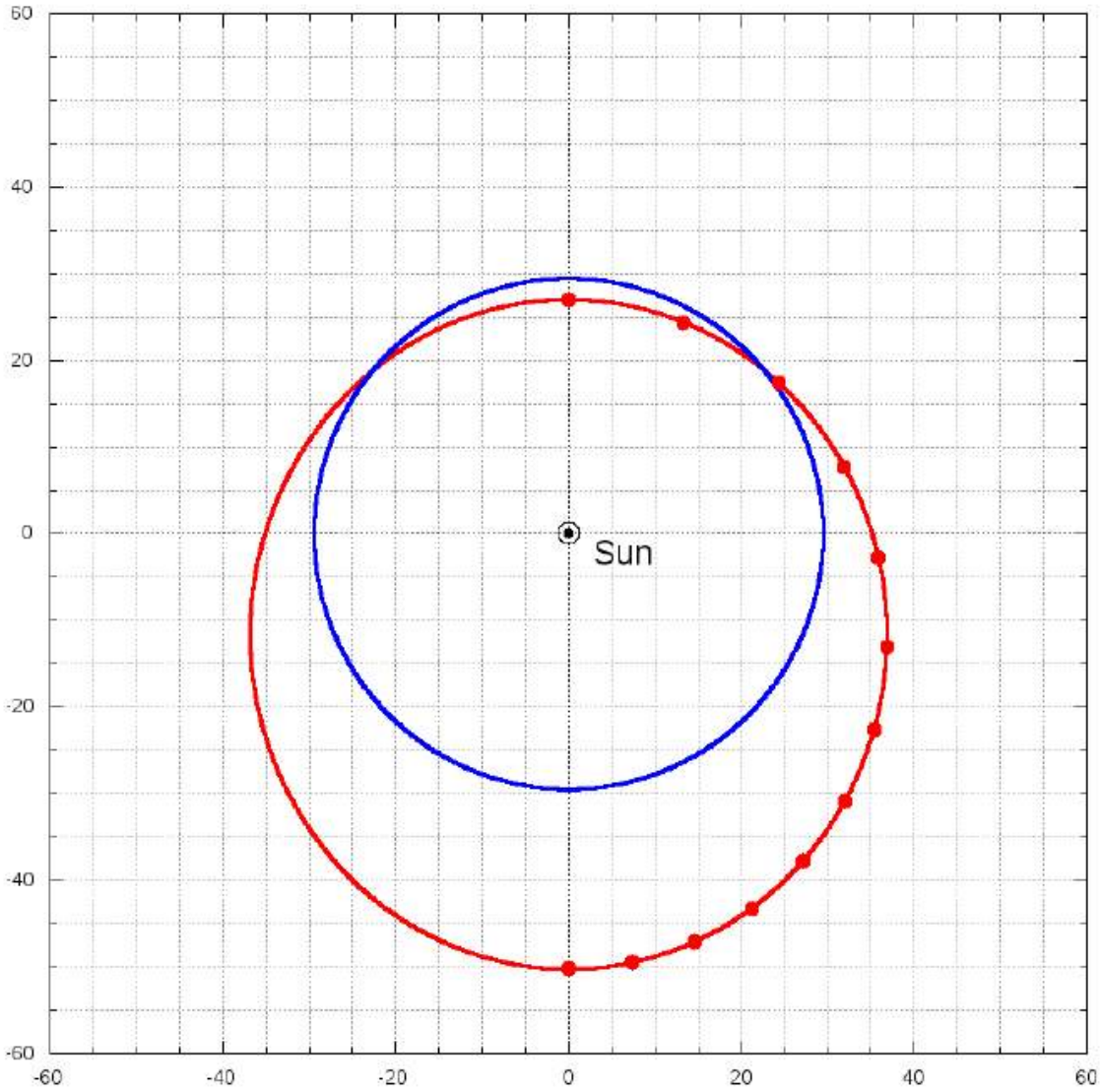


Fig. 8 Рис. 8

[9] (공통) 프록시마 센타우리(Proxima Centauri)의 행성

최근 천문학자들은 프록시마 센타우리의 시선속도가 주기적으로 변하는 현상을 관측했다. 이는 이 항성 주위를 공전하는 행성이 있기 때문으로 추정된다. 표 9에는 관측일(기준일로부터 지난 날짜, 단위는 '일(days)')과 측정된 프록시마 센타우리의 시선속도(단위는 'm/s')가 주어져 있다. 프록시마 센타우리의 질량은 태양의 0.12배, 반지름은 태양의 0.14배, 광도는 태양의 1.5×10^{-3}배이다. 행성의 궤도는 원, 행성의 공전궤도면은 시선방향에 나란하다(즉, 행성의 궤도면은 천구면에 수직)고 가정하시오.

(9.1) 그래프용지에 시간에 따른 프록시마 센타우리의 시선속도 변화를 그래프로 그리시오.

(9.2) 행성의 공전주기와 프록시마 센타우리의 시선속도 최대값을 구하시오.

(9.3) 행성의 공전궤도 반지름(단위: au 혹은 AU)을 구하시오.

(9.4) 행성의 질량(단위: 지구질량 $M_{\oplus}$)을 계산하시오.

(9.5) (시니어) 광도 L, 표면온도 T_S인 항성 주변의 거주가능구역(Habitable Zone, 생명지대)은 고리 모양으로 나타나며, 고리의 안쪽 반지름(d_I)과 바깥쪽 반지름(d_O)을 각각 중심 항성으로부터의 거리(단위 AU)로 표현했을 때 아래와 같은 식으로 주어진다.

$$d_I = \sqrt{\frac{L/L_{\odot}}{S_I(T_S)}}\ AU, \qquad d_O = \sqrt{\frac{L/L_{\odot}}{S_O(T_S)}}\ AU$$

여기에서 $L_{\odot}$은 태양광도, $S_I(T_S)$, $S_O(T_S)$는 그림 9에서 보이듯이 표면온도 T_S의 함수로 주어지는 값이다.

프록시마 센타우리 주변에서 발견된 행성이 거주가능구역 안에 있는지, 그렇지 않은지 판단하시오. 계산과정을 쓰고, 최종답변은 영어로 'Yes' 혹은 'No'로 분명하게 표기하시오.

Time (days) Время (дни)	Radial velocity (m/s) Лучевая скорость (м/с)
0.00	-1.09
0.26	-1.37
2.03	-0.57
2.86	-0.52
4.23	+1.01
6.44	+1.24
7.97	+0.91
9.24	-0.05
10.60	-0.31
11.25	-1.14
12.51	-1.40
13.48	-1.48
14.83	+0.05
16.44	+0.80
18.63	+1.37
19.81	-0.34
21.43	-0.41
22.19	-1.37
23.05	-1.24
24.39	-0.41
25.24	-0.47
26.65	+0.80

Table 9 Таблица 9

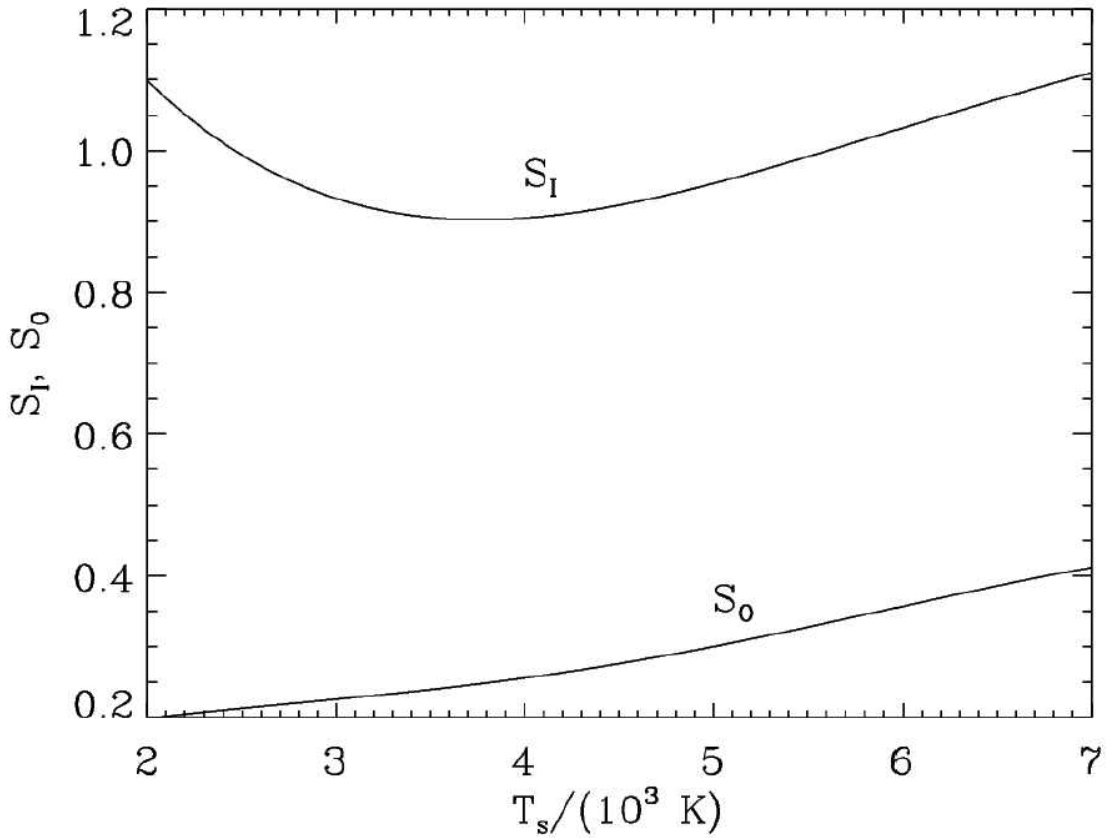


Fig. 9 Рис. 9