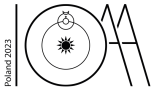
G0-1

Korean (South Korea)

자료분석 시험 - 안내사항

- **시험이 시작되기 전까지 문제봉투를 만지지 마시오.**
- 자료분석 시험은 3시간 동안 진행되고 125점 만점이다.
- 채점될 풀이를 적을 **답안지 (Answer Sheet)**가 있고, 채점되지 않을 **연습지 (Working Sheet)**가 따로 있다. 모두 당신의 학생 코드와 문제 번호가 적혀있을 것이다.
- **각 문제에 지정되어 있는 답안지 만을 사용해야 한다. 인쇄가 되어있는 면에만 답안을 작성하시오.** 뒷면은 사용하지 마시오. 답안지에 채점되고 싶지 않은 내용이 있다면 X자를 그으시오.
- 채점자가 답안을 잘 이해할 수 있도록 최대한 많은 수학적 식들을 사용하시오. 채점자가 당신의 언어를 이해하지 못할 수 있다. 꼭 단어들을 이용해 설명해야 한다면, 짧은 구절들로 설명하시오. (가능하면 영어로)
- 허락 없이 책상에서 떠날 수 없다. 도움이 필요하다면 (고장난 계산기, 화장실 등등), 감독관에게 허락을 받으시오.
- 감독관이 시험의 시작과 끝을 알려줄 것이다. 남은 시간은 시계에 표시될 것이다.
- 시험이 끝난 경우에는 곧바로 답안 작성을 멈춰야 한다. 모든 것을 봉투에 넣고 책상 위에 두시오.
- 모든 봉투가 모인 후 당신의 가이드가 시험장 밖으로 데리고 나갈 것이다.
- 상수표와 중요한 관계식들이 봉투에 같이 들어있을 것이다.

DELEGATION PRINT



C0-1

Korean (South Korea)

상수표

기본 상수들

진공에서의 빛의 속도	c	=	2.998×10^{8} m s^{-1}
플랑크 상수	h	=	6.626×10^{-34} J s
볼츠만 상수	k_B	=	1.381×10^{-23} J K^{-1}
슈테판-볼츠만 상수	σ	=	5.670×10^{-8} W m^{-2} K^{-4}
기본 전하	e	=	1.602×10^{-19} C
중력 상수	G	=	6.674×10^{-11} N m^2 kg^{-2}
진공에서의 유전율	ϵ_0	=	8.854×10^{-12} m^{-3}kg^{-1}s^{4}A^2
기체 상수	R	=	8.315 J mol^{-1} K^{-1}
아보가드로 상수	N_A	=	6.022×10^{23} mol^{-1}
빈 상수	$b = \lambda_m T$	=	2.898×10^{-3} m K
전자의 질량	m_e	=	9.109×10^{-31} kg
양성자의 질량	m_p	=	1.673×10^{-27} kg
중성자의 질량	m_n	=	1.675×10^{-27} kg
헬륨 원자핵의 질량	m_He	=	6.645×10^{-27} kg
원자 질량 단위 (a.m.u., Dalton)		=	1.661×10^{-27} kg

천문학적 데이터

허블 상수	H_0	=	70 km s^{-1} Mpc^{-1}
황도의 북극 (J2000.0)	$(\alpha_\mathsf{E},\ \delta_\mathsf{E})$		$(18^\mathsf{h}00^\mathsf{m}00^\mathsf{s}, +66°33'39'')$
은하의 북극 (J2000.0)	$(\alpha_\mathsf{G},\ \delta_\mathsf{G})$		$(12^\mathsf{h}51^\mathsf{m}26^\mathsf{s}, +27°07'42'')$
1 잰스키 (jansky)	1 Jy	=	10^{-26} W m^{-2} Hz^{-1}
1 파섹 (parsec)	1 pc	=	3.086×10^{16} m $206\,265$ au 3.262 ly
1 천문단위 (au)	1 au	=	1.496×10^{11} m
1 항성일	T_SD	=	23.93444 h $23^\mathsf{h}56^\mathsf{m}04^\mathsf{s}$
1 태양년		=	365.2422 solar days
1 항성년		=	365.2564 solar days

DELEGATION PRINT

Data Analysis

C0-2

Korean (South Korea)

근사식

$(1+x)^n \approx 1+nx$

$(1+x)(1+y) \approx 1+x+y$ if $x \ll 1$ and $y \ll 1$

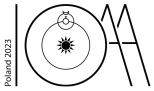
가우스 공식

구면 코사인 법칙 : $\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$

구면 사인 법칙 : $\dfrac{\sin A}{\sin a} = \dfrac{\sin B}{\sin b} = \dfrac{\sin C}{\sin c}$

다음 페이지 $\Longrightarrow$

DELEGATION PRINT



C0-3

Korean (South Korea)

태양			
태양 광도	$L_\odot$	$=$	3.826×10^{26} W
태양의 겉보기 지름	$\theta_\odot$	$=$	$32'$
태양의 유효 표면온도	$T_{\text{eff},\odot}$	$=$	5778 K
겉보기 안시등급 (visual)		$=$	-26.75
절대 안시등급 (visual)		$=$	$+4.82$
겉보기 복사등급 (bolometric)		$=$	-26.83
절대 복사등급 (bolometric)		$=$	$+4.74$
은하 중심에서 태양까지의 거리		$\approx$	$8\ kpc$

지구와 달			
황도 경사각 (지구)	ϵ	$=$	23.5°
플라톤 년 (지구 자전축의 세차 주기)		$=$	$25\,765$ 년
보름달의 겉보기 안시등급 (visual)		$=$	-12.74
달의 겉보기 지름	θ_L	$=$	$31'$
황도면에 대한 달 공전 궤도의 경사각		$=$	$05^\circ 08' 43''$
달 공전 궤도에 대한 달 적도의 경사각		$=$	6.687°
항성월	T_SL	$=$	27.321661 d 655.71986 h
삭망월		$=$	29.530589 d
회귀월		$=$	27.32158 d
근점월 (근점 (apogee)에서 근점까지의 시간)		$=$	27.554550 d
교점월 (승교점 (ascending node)에서 승교점 까지의 시간)		$=$	27.212221 d

DELEGATION PRINT

C0-4

Korean (South Korea)

태양계

천체	평균 반지름 [km]	질량 [kg]	장반경 [au]	이심률
태양	695 700	1.988×10^{30}	—	—
수성	2 440	3.301×10^{23}	0.387	0.206
금성	6 052	4.867×10^{24}	0.723	0.007
지구	6 378	5.972×10^{24}	1.000	0.016 710
달	1 737	7.346×10^{22}	3.844×10^{5} km	0.054 900 (범위 $0.026 - 0.077$)
화성	3 390	6.417×10^{23}	1.524	0.093
목성	69 911	1.898×10^{27}	5.203	0.048
토성	58 232	5.683×10^{26}	9.537	0.054
천왕성	25 362	8.681×10^{25}	19.189	0.047
해왕성	24 622	1.024×10^{26}	30.070	0.009

DELEGATION PRINT

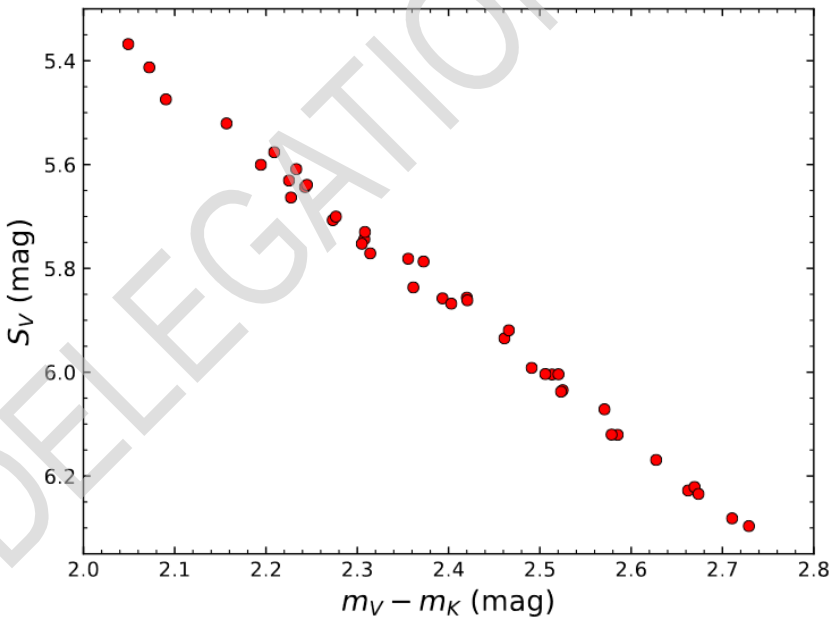
문제 1. 대마젤란성운 까지의 거리 (50점)

2019년에 폴란드 천문학자들이 주도한 국제적 연구를 통해 대마젤란성운 (Large Magellanic Cloud, LMC) 까지의 거리가 매우 높은 정확도와 정밀도로 측정되었다. 이를 통해 외부은하 거리 척도의 영점을 잡을 수 있었고, 이어 허블 상수의 매우 정밀한 측정도 가능하게 하였다. 이들은 LMC 내부의 20개의 식쌍성까지의 거리를 재는 방법을 사용했다. 다음과 같이 정해지는 표면 밝기 S_V 를 사용했다.

$$S_V = m_V + 5\log_{10}\theta$$

m_V는 V밴드에서의 등급이고 θ는 mas 단위로 표현한 하늘에서의 별의 각지름이다.

S_V는 $1\ \mathrm{mas}$의 각지름을 가지고 있는 별의 등급이라고 해석할 수 있다. S_V와 색지수 $(m_V - m_K)$ 사이의 경험적 관계가 관측 데이터로 만들어졌다. m_V와 m_K는 각각 가시광선의 V밴드와 적외선의 K밴드에서의 등급이다. 분광형 G, K의 거성들에 대한 이 관계가 아래 그림에 주어져 있다.



측광과 분광을 이용해서 식쌍성계 각 구성원의 실제 반지름을 구하고, $S_V - (m_V - m_K)$ 관계에서 예측되는 각지름을 이용하면 식쌍성계까지의 거리를 구할 수 있다.

아래 표는 3개의 식쌍성계에 대한 정보를 제공하고 있다. R_1과 R_2는 각 구성원의 반지름이다. V_{1+2}과 K_{1+2}는 각각 V밴드와 K밴드에서의 총 등급이고, L_2/L_1는 각 밴드에서의 광도 비율이다.

DELEGATION PRINT

Data Analysis

Q1-2

Korean (South Korea)

source ID	R_1 [$R_\odot$]	R_2 [$R_\odot$]	V_{1+2} [mag]	K_{1+2} [mag]	L_2/L_1 (V)	L_2/L_1 (K)
OGLE-LMC-ECL-03160	17.03	37.42	16.73	14.10	2.80	4.23
OGLE-LMC-ECL-10567	24.60	36.64	16.15	13.83	1.41	1.99
OGLE-LMC-ECL-18365	37.30	15.94	16.27	14.01	0.206	0.188

위에 설명된 방법을 주어진 3개의 식쌍성계에 대해 적용하고 LMC까지의 거리를 kpc 단위로 계산해라. 총 오차를 추산해라. $S_V - (m_V - m_K)$ 관계에서 생길 수 있는 오차는 0.8% 정도라고 가정해라.

힌트 : 계산 과정에서 적어도 3개의 유효숫자와 소수점 뒤로 2자리를 유지해라. 성간소광은 무시하고 LMC의 각크기는 작다고 가정해라.

DELEGATION PRINT