



TREINAMENTO 1 - PROVA TEÓRICA
SELEÇÃO DAS EQUIPES BRASILEIRAS PARA
XII IOAA e X OLAA de 2018

Nota Final _____

NOME: VÍTOR CARTEZ CRACIA BARROS

PROVA TEÓRICA
CADERNO DE QUESTÕES

Instruções

- A duração da prova é de 4 horas;
- A prova é individual e sem consultas;
- Suas respostas deverão estar nas folhas de respostas correspondentes a cada questão. Use o verso da folha se necessário;
- Os cálculos podem ser a lápis, mas a resposta deve ser a caneta;
- A prova contém três tipos de questões:
 - **9 questões curtas valendo 10 pontos cada**
 - **4 questões médias valendo 22,5 pontos cada**
 - **3 questões longas valendo 30 pontos cada**
- Questões sem os respectivos cálculos não serão consideradas.

Parte I - Questões Curtas

Questão 1

Um observador em Paris (latitude 42° N) observa uma estrela atravessando o meridiano local sul a uma altura de 34° . No momento da passagem meridiana o relógio do observatório marcava 03h 16min 24s UT, e à meia noite o tempo sideral era 14h 38min 54s.

Calcule as coordenadas equatoriais (AR e DEC) da estrela.

Questão 2

Os eixos da constelação do Cruzeiro do Sul são formados pelas estrelas Acrux e Rubídea (eixo maior), e Mímosa e Pálida (eixo menor).

Estrela	A.R.	DEC
Acrux	$12^{\text{h}} 26^{\text{m}} 36^{\text{s}}$	$-63^\circ 05' 57''$
Rubídea	$12^{\text{h}} 31^{\text{m}} 10^{\text{s}}$	$-57^\circ 06' 45''$
Mímosa	$12^{\text{h}} 47^{\text{m}} 44^{\text{s}}$	$-59^\circ 41' 19''$
Pálida	$12^{\text{h}} 15^{\text{m}} 09^{\text{s}}$	$-58^\circ 44' 56''$

Calcule os tamanhos angulares dos eixos.

Questão 3

Um satélite geoestacionário é um satélite que orbita a Terra com período orbital igual ao período de rotação terrestre. A altitude desses satélites é de 35786 km acima da superfície terrestre. Um satélite é colocado em uma órbita geoestacionária inclinada, com inclinação orbital de $6,6^\circ$ com relação ao plano equatorial.

Calcule o valor preciso da máxima altura possível, com relação ao horizonte, que o satélite atinge para um observador situado na latitude $51,49^\circ$. Ignore a refração atmosférica.

Questão 4

Um dos supostos argumentos de que as viagens tripuladas à Lua foram uma fraude é de que não é possível enxergar daqui da Terra os artefatos deixados pelos astronautas.

Qual o diâmetro de um telescópio óptico capaz de imagear o jipe ("rover") lunar, cujo comprimento é de 3,1 m? Faça seus cálculos para $\lambda = 550$ nm e despreze os efeitos de turbulência da atmosfera.

Questão 5

Um observador munido de um binóculo consegue resolver individualmente as estrelas pertencentes ao aglomerado Canallis 2018, cujas magnitudes aparentes são:

5,09	3,62	2,90	3,87	4,30	4,18	3,70
------	------	------	------	------	------	------

Um segundo observador vê o aglomerado a olho nu e não consegue separar as estrelas individualmente. Qual a magnitude aparente integrada observada por essa segunda pessoa?

Questão 6

A principal reação nuclear no Sol é a cadeia próton-próton, que combina quatro núcleos de Hidrogênio (${}^1\text{H}^1$) em um núcleo de Hélio (${}^2\text{He}^4$). Num estágio mais avançado de sua evolução, passará a ser relevante também o processo triplo alfa, onde três núcleos de ${}^2\text{He}^4$ são fundidos em um núcleo de Carbono (${}^6\text{C}^{12}$). Os excessos de massa do ${}^1\text{H}^1$, ${}^2\text{He}^4$ e ${}^6\text{C}^{12}$ são 7,29, 2,42 e 0,00 MeV, respectivamente.

Use essas informações para calcular a razão das eficiências dos dois processos. Por eficiência entende-se a perda de massa fracional na reação.

Obs: Define-se excesso de massa como $\chi = (M - A \times \text{u.m.a.})c^2$, i.e., a diferença entre a massa M de um átomo e o produto de seu número de massa A e a unidade de massa atômica, convertido para unidades de energia em MeV.

Questão 7

Messier 57, a Nebulosa do Anel, está a aproximadamente 1500 pc de distância e possui diâmetro angular de $72''$. Observações espectroscópicas indicam que a estrutura está se expandindo a uma velocidade de 15 km/s. Calcule:

- seu diâmetro e
- sua idade.

Questão 8

Estime o número de estrelas num aglomerado globular de 40 pc de diâmetro, sabendo a velocidade de escape em sua borda é de 6 km/s. Considere que a maioria dos membros do aglomerado são parecidos com o Sol.

Questão 9

A velocidade de rotação máxima da galáxia tipo Sa NGC 2539 é de 324 km/s. Sua magnitude aparente no filtro B é $m_B = 12,22$. Para galáxias espirais, costuma-se medir o raio de isofota R_{25} , que é o raio (em kpc) no qual o brilho superficial da galáxia atinge $25 \text{ mag}_B/\text{arcsec}^2$. As galáxias espirais obedecem à relação típica: $\log R_{25} = -0,249 M_B - 4,00$, onde M_B é a magnitude absoluta no filtro B.

Utilizando a relação de Tully Fisher: $M_B = -9,95 \log V_{\max} + 3,15$ (onde V_{\max} está em km/s), calcule a massa e a luminosidade no filtro B de NGC 2359. O índice de cor do Sol é $(m_B - m_V) = 0,64$.

Parte II - Questões Médias

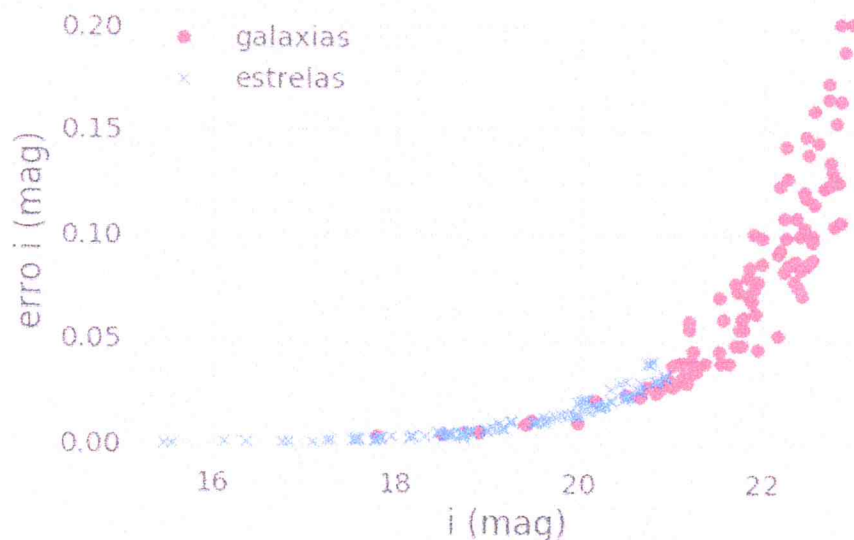
Questão 10

A luz visível de objetos astronômicos, como estrelas e galáxias, hoje em dia é medida por modernos detectores de estado sólido conhecidos como CCDs (Charge-Coupled Devices, ou Dispositivo de Carga Acoplada). Esses detectores são dotados de um certo número de pixels (picture elements, ou elementos de imagem) que podem ter diferentes propriedades, como tamanho, sensibilidade, e nível de saturação - o nível a partir do qual o pixel transborda ao observar uma fonte muito brilhante. A câmera do *Dark Energy Survey* é dotada de um mosaico de CCDs totalizando 520 Megapixels (62 CCDs de 2048×4096) para uso científico e mais 50 Megapixels usados para guiagem e foco. Cada pixel tem 15 micrômetros de lado e é mais sensível na parte vermelha do espectro visível - facilitando a observação de galáxias distantes.

Quanto maior o tempo de integração, maior o acúmulo de sinal (S). Mas medidas também são dotadas de erros, que são produzidos por variadas fontes de ruídos (R). Dentre eles a agitação térmica dos elétrons no CCD, além de sua natureza quântica. A razão sinal-ruído (S/R) nos informa sobre a qualidade dos dados, quanto mais alto melhor. Diferentes casos científicos vão precisar de diferentes valores de S/R .

a) Se S é o sinal, R é o ruído, qual é o erro relativo de uma medida com $S/R = 100$ e $S/R = 10$?

b) A figura a seguir mostra o erro da magnitude na banda i versus a magnitude na mesma banda para 100 galáxias (círculos vermelhos) e 100 estrelas (x azuis) que fazem parte do primeiro lançamento de dados do *Dark Energy Survey*. Note como o erro aumenta para fontes mais fracas, refletindo a dificuldade de se medir esses objetos.



Utilizando uma régua, meça a magnitude limite média do levantamento para um erro de 0,10 mag e 0,15 mag. Use a imagem maior na folha de resposta.

c) Se a magnitude é expressa pela fórmula:

$$m = -2,5 \log(S)$$

o erro da magnitude pode ser expresso como:

$$dm = \frac{-2,5}{\ln(10)} \left(\frac{dS}{S} \right)$$

onde o prefixo " d " simboliza o erro da medida (na verdade, sua derivada). Como $-2,5/\ln(10)$ é aproximadamente 1, então o erro da magnitude pode ser expresso como o erro relativo do sinal (S), ou

$$dm \sim \frac{dS}{S}$$

ou, como expresso no início,

$$dm \sim R/S \sim 1/(S/R)$$

Calcule a razão sinal/ruído associada aos erros de 0,10 mag e 0,01 mag e descreva o que acontece com a amostra quando você seleciona apenas objetos com alta razão sinal/ruído.

d) A estrela mais fraca na amostra acima tem magnitude na banda $i \sim 21$ mag, supondo que essa estrela tenha uma magnitude absoluta hipotética de -4 mag, qual é a sua distância da Terra? Essa estrela se encontra dentro da Via-Láctea?

Questão 11

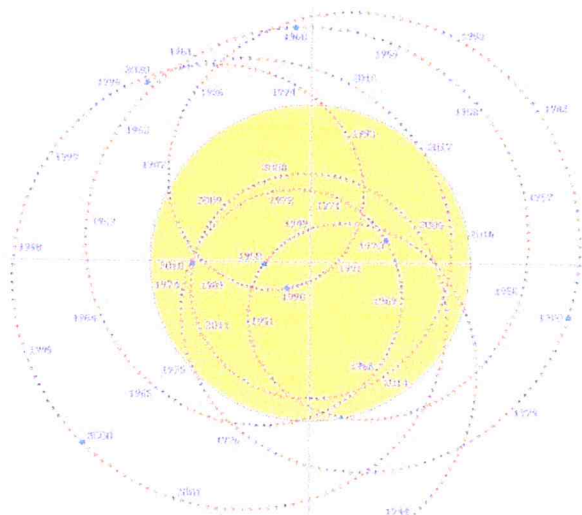
Um astrônomo amador fez imagens de Júpiter durante sua última oposição, usando um telescópio tipo Schmidt-Cassegrain de 230 mm de abertura e razão focal $f/10$, e uma câmera CCD com chip de 170 pixels/mm e área efetiva $3,9 \text{ mm} \times 2,8 \text{ mm}$. Para aumentar a escala de placa, foi utilizada uma lente Barlow que ampliou o comprimento focal efetivo do telescópio em um fator 2,5.

- Calcule o comprimento focal efetivo;
- Calcule o campo de visão coberto pelo chip da câmera CCD;
- Estime o diâmetro angular de Júpiter, supondo que sua órbita ao redor do Sol é circular com raio de 5,7 U.A. e que seu diâmetro equatorial é de $1,428 \times 10^5 \text{ km}$;
- Assumindo que o equador de Júpiter seja colocado paralelo a um dos eixos do CCD, a quantos pixels correspondem o equador do planeta?

Questão 12

Embora as massas dos planetas em muitos casos possam ser consideradas desprezíveis em relação à massa do Sol, o centro de massa do Sistema Solar não coincide com o centro geométrico do Sol. Por incrível que possa parecer, em muitas situações, ele encontra-se localizado externamente ao Sol podendo estar afastado até quase $2 R_{\odot}$ (dois raios solares) do seu centro. A posição do centro de massa do Sistema Solar depende das massas e das posições dos planetas, isto é, como elas estão distribuídas ao redor do Sol.

Na figura a seguir, cada ponto representa as posições do centro de massa do Sistema Solar em relação ao centro do Sol, para o período de 1944 a 2020, projetadas no plano da eclíptica. As posições correspondem ao dia 1º de janeiro de cada ano e nos dias 1º de cada mês subsequente. O disco solar está representado pelo círculo central.



- Com o auxílio de uma régua, calcule e escreva a distância, em km, do centro de massa do Sistema Solar, em relação ao centro do Sol, em junho de 2018. Use a imagem maior na folha de resposta;
- Desenhe sobre a figura uma seta, partindo do centro do Sol, em direção à posição provável do planeta Júpiter, em 1º de janeiro de 2011. Use a imagem maior na folha de resposta;
- De forma sucinta, dê uma explicação para o fato do centro de massa do Sistema Solar ter passado muito próximo do centro do Sol, entre 1990 e 1991.

Questão 13

Astrônomos de dois observatórios distantes 3172 km um do outro observaram a mesma região do céu, num projeto de monitoramento de asteroides próximos a Terra.

As Figuras 13.1 e 13.2 mostram as imagens obtidas no Observatório 1, às 4h53m UT e 7h16m UT da mesma noite.

A Figura 13.3 mostra imagens feitas na mesma noite nos Observatórios 1 e 2, simultaneamente. A escala das imagens é a mesma.

- Identifique o asteroide nas imagens. Use a imagem maior na folha de resposta;
- Meça o deslocamento angular do asteroide nas imagens do Observatório 1 e calcule sua velocidade angular em $''/s$. Use a imagem maior na folha de resposta;
- Meça a paralaxe do asteroide e calcule sua distância até a Terra. Use a imagem maior na folha de resposta;

d) Calcule a velocidade tangencial do asteroide.

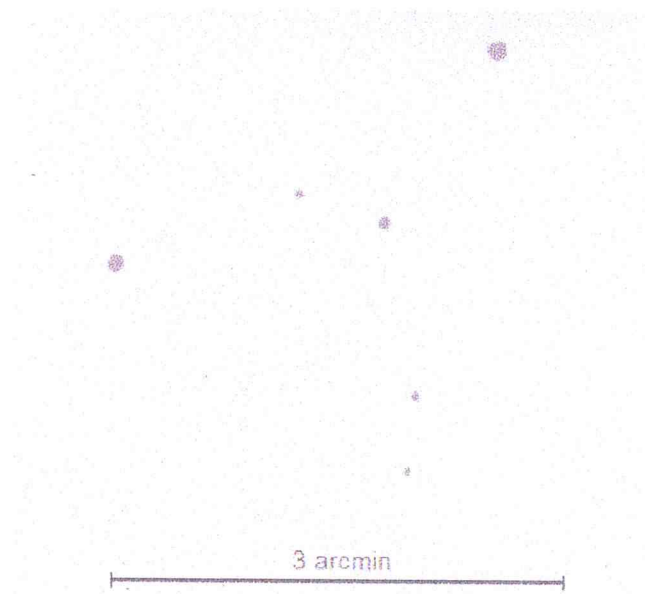


Figura 13.1

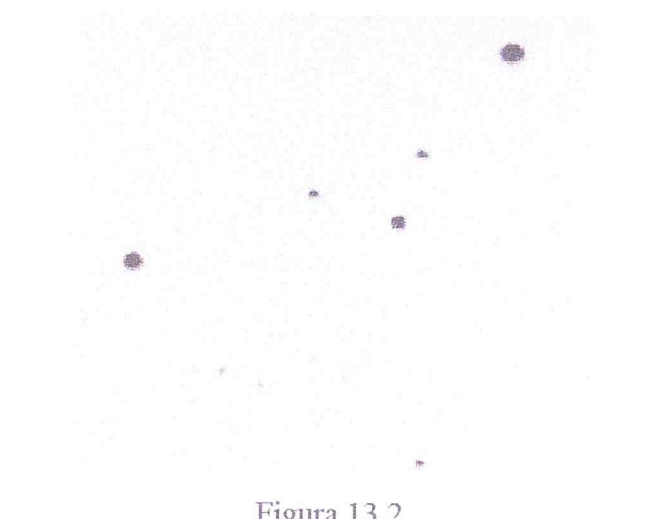


Figura 13.2

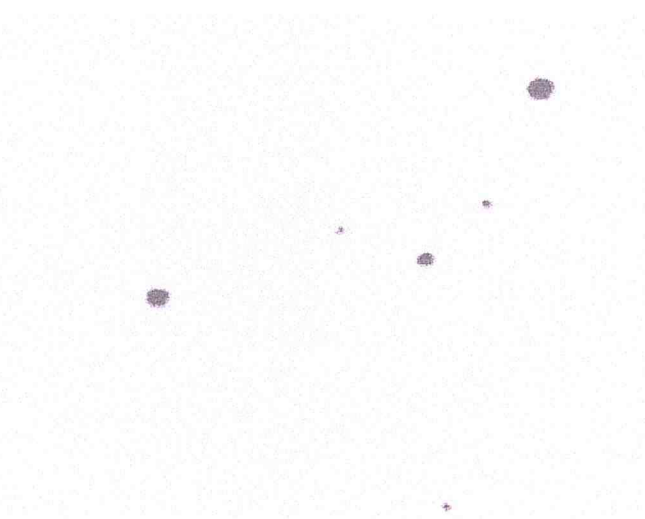


Figura 13.3

Parte III - Questões Longas

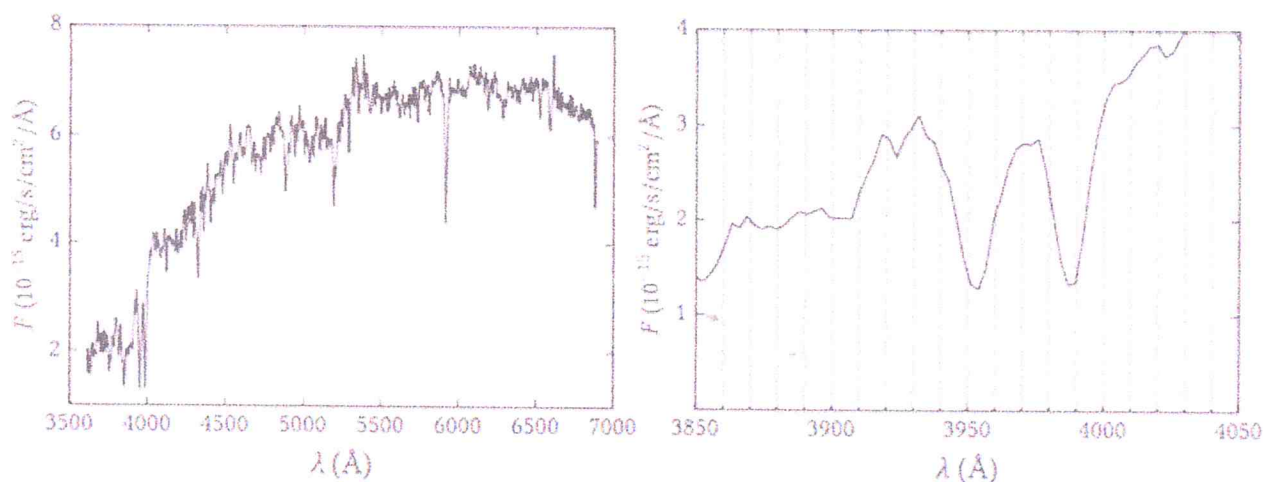
Questão 14

O Cometa 1882 II possui período de 770 anos e distância periélica 0,00775 U.A. Determine:

- O semi-eixo maior da órbita a ;
- A excentricidade orbital e ;
- As velocidades no periélio v_P e no afélio v_a ;
- Na sua aproximação máxima ao Sol, o núcleo cometário fragmentou-se em dois pedaços, observados deslocando-se a ângulos de 20° e 50° com relação à direção inicial do cometa. Calcule a razão entre as massas dos fragmentos, sabendo que suas velocidades escalares eram iguais. Despreze qualquer perda da massa original do núcleo durante o processo.
- Os dois fragmentos continuam orbitando o Sol, com períodos $P_1 = 769$ anos e $P_2 = 875$ anos. Calcule suas velocidades periélicas, sabendo que a distância do periélio é a mesma do núcleo original.

Questão 15

A figura abaixo é o espectro de uma galáxia. No extremo azul, nota-se o dubleto do CaII, duas linhas de absorção cujos comprimentos de onda de repouso são 3934 \AA e 3969 \AA .



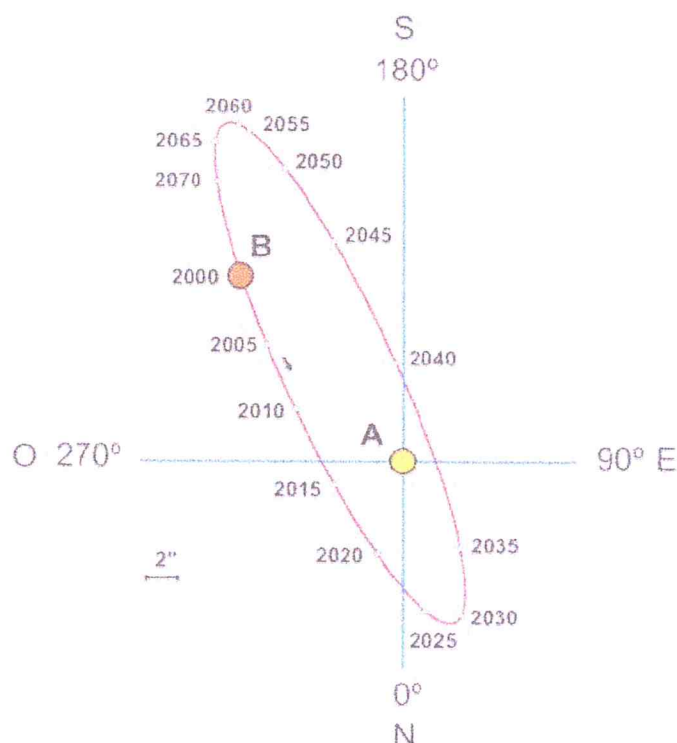
- Meça o *redshift* da galáxia. Use a imagem maior na folha de resposta;
- Calcule a velocidade de afastamento;
- Calcule a distância até nós;
- Calcule a luminosidade da galáxia, sabendo que sua magnitude aparente no filtro V é 12;
- Se esta galáxia tiver aproximadamente o mesmo tamanho da Via Láctea, qual seu diâmetro angular?

Questão 16

Na grande constelação austral do Centauro, que envolve quase totalmente o Cruzeiro do Sul, encontra-se a terceira estrela mais brilhante do céu noturno – a Alpha Centauri (α Cen), conhecida, também, pelos nomes próprios de Toliman e Rigil Kentaurus (o pé do Centauro). É o sistema estelar mais próximo do Sol e foi a terceira estrela a ter sua distância anunciada (T. Henderson, 1839).

À vista desarmada destaca-se apenas pelo seu forte brilho aparente ($m = -0,29$). Quando, porém, é observada, mesmo por um pequeno telescópio, revela-se como um par de estrelas de brilhos aproximadamente iguais. Entretanto, α Cen é, na realidade, um sistema triplo de estrelas, isto é, três estrelas associadas gravitacionalmente (α Cen A, α Cen B e α Cen C).

Na figura a seguir temos o esquema da órbita relativa de α Cen B ao redor da componente A projetada num plano tangente a esfera celeste.



Na tabela I, a seguir, estão agrupadas algumas características físicas e geométricas das três componentes do sistema, a saber: a classe espectral (CE), a cor, a luminosidade (L), o diâmetro (D), a massa (\mathcal{M}), a magnitude aparente (m) e a magnitude absoluta (M). A luminosidade, o diâmetro e a massa estão apresentados tomando-se o correspondente valor para o Sol como unidade.

ESTRELA	CE	COR	L	D	\mathcal{M}	m	M
α Cen A	G2V	Amarela	1,519	1,227	1,100	-0,01	+4,37
α Cen B	K1V	Alaranjada	0,500	0,865	0,907	+1,33	+5,71
α Cen C	M5.5Ve	Vermelha	0,0017	0,145	0,123	+11,05	+15,53

Tabela I

Na tabela II estão as posições e as velocidades das três componentes do sistema: a ascensão reta (AR) e a declinação (DECL) para a época 2000.0, a distância (DIST) ao Sistema Solar em anos-luz, o movimento próprio anual em segundos de arco (μ) e as velocidades radial (R), tangencial (T) e espacial (S), em relação ao Sol, em km/s. Os sinais negativos nas velocidades radiais significam que as estrelas se aproximam do Sistema Solar.

ESTRELA	AR	DECL	DIST	μ	R	T	S
α Cen A	14h 39m 36,5s	-60° 50' 02,3"	4,366 \pm 0,007	3,678	-25	23	34
α Cen B	14h 39m 35,1s	-60° 50' 13,8"	4,366 \pm 0,007	3,678	-21	23	31
α Cen C	14h 29m 43,0s	-62° 40' 46,1"	4,243 \pm 0,002	3,850	-16	24	29

Tabela II

Baseado nas informações dadas:

- Na folha de resposta, com o auxílio de uma régua, estime a atual distância angular entre as componentes A e B do sistema. Utilize a escala que aparece no terceiro quadrante da figura;
- Calcule o diâmetro mínimo que um telescópio precisa ter para poder separar as componentes A e B como fontes individuais. Considere-as como fontes monocromáticas emitindo em $\lambda = 550$ nm. Despreze os efeitos da atmosférica;
- Calcule a temperatura efetiva de α Cen C;
- Estima-se que α Cen C demore cerca de 550.000 anos para completar uma revolução ao redor do sistema α Cen AB. Calcule a distância média, em anos-luz, de α Cen C ao centro de massa do sistema α Cen AB;
- Considere +6,00 como a magnitude limite do olho humano plenamente adaptado à observação noturna. Estime quanto tempo demoraria para que α Cen C pudesse ser vista a olho nu, considerando, em primeira aproximação, que as velocidades em relação ao Sol se mantivessem constantes durante o período. Dê sua resposta em anos e despreze os efeitos da atmosfera terrestre.

S-2,10m
3-2

TREINAMENTO 1 - PROVA TEÓRICA

Seletiva para as Olimpíadas Internacionais de 2018

Vinhedo/SP, 06/05 a 11/05/2018 - Página 10