



TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU
BİLİM İNSANI DESTEK PROGRAMLARI BAŞKANLIĞI

31. BİLİM OLİMPİYATLARI – 2023
İKİNCİ AŞAMA SINAVI

ASTRONOMİ ve ASTROFİZİK

Soru Kitapçığı Türü

A

18 Aralık 2023 Pazartesi, 09.30 – 13.30

ADAYIN ADI SOYADI :
T.C. KİMLİK NO :
OKULU / SINIFI :

SINAVLA İLGİLİ UYARILAR:

- Bu sınav açık uçlu 8 sorudan oluşmaktadır, süre 240 dakikadır.
- Sorular zorluk sırasında **değildir**. Dolayısıyla yanıtlamaya geçmeden önce bütün soruları gözden geçirmeniz önerilir.
- **Sınavda Yalnızca Mavi Tükenmez Kalem Kullanınız.**
- Okunmasını istemediğiniz kâğıtların üzerine, sayfayı kaplayacak şekilde çarpı (X) işareti çiziniz.
- Çözüm kâğıtlarımızda okunmasını istemediğiniz bölümleri kutu içerisine alıp üzerine çarpı (X) işareti çiziniz.
- Çözmediğiniz sorular için boş bir sayfaya sorunun numarasını yazıp **Soru Çözülmemiştir** notu düşününüz.
- Çözüm kâğıtlarının sadece ön yüzünü kullanınız ve üstteki bilgileri muhakkak doldurunuz.
Sayfa no kısmını doldururken;
“*çözmekte olduğunuz sorunun kaçınıcı sayfasında olduğunuz*” / “*o sorunun toplam sayfa sayısı*”
şeklinde doldurunuz. Örneğin 2. soruyu diyelim toplam 3 sayfada çözmüşseniz; her sayfada “Soru No: 2” yazıp her bir çözüm sayfası için “Sayfa No: 1/3”, “Sayfa No: 2/3” ve “Sayfa No: 3/3” yazarak doldurmalısınız.
- Sınav başladıktan sonraki ilk yarım saat içinde sınav salonundan ayrılmak yasaktır.
- Sınav süresince sınava giriş belgenizi ve geçerli bir kimlik belgesini masanızın üzerinde bulundurunuz.
- Sınav süresince görevlilerle konuşulması ve soru sorulması, öğrencilerin birbirlerinden kalem, silgi vb. şeyler istemeleri yasaktır.
- TÜBİTAK Bilim Olimpiyatı İkinci Aşama Sınavında sorulan soruların üçüncü kişiler tarafından kullanılması sonucunda doğacak olan hukuki sorunlardan TÜBİTAK ve Olimpiyat Komitesi sorumlu tutulamaz. Olimpiyat Komitesi, bu tip durumlarda sorular ile ilgili görüş bildirmek zorunda değildir.
- Sınav sırasında kopya çeken, çekmeye teşebbüs eden ve kopya verenlerin kimlikleri sınav tutanağına yazılacak ve bu kişilerin sınavları geçersiz sayılacaktır. Görevliler kopya çekmeye veya vermeye kalkışanları uyararak zorunda değildir. Bu konuda sorumluluk adaya aittir.
- Sınav salonundan ayrılmadan önce cevap kağıdınızı ve soru kitapçığını görevlilere teslim etmeyi unutmayınız.

Başarılar dileriz.

Sabitler

Işık hızı	$c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Işık yılı	$1 \text{ ly} = 9.46 \times 10^{12} \text{ km}$
Kütleçekim sabiti	$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
Stefan-Boltzmann sabiti	$\sigma = 5.6703992 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$
Güneş'in yüzey sıcaklığı	$T_{\text{güneş}} = 5800 \text{ }^\circ\text{K}$
Güneş'in ışıyım gücü	$L_{\text{güneş}} = 3.827 \times 10^{26} \text{ W}$
Güneş'in kütlesi	$M_{\text{güneş}} = 1.989 \times 10^{30} \text{ kg} = 333030 M_{\text{yer}}$
Güneş'in yarıçapı	$R_{\text{güneş}} = 696 \text{ 340 km}$
Güneş'in mutlak parlaklığı	$M_{\text{güneş}} = +4.83 \text{ kadir}$
Güneş'in görünür parlaklığı	$m_{\text{güneş}} = -26.72 \text{ kadir}$
Yer'in kütlesi	$M_{\text{yer}} = 5.972 \times 10^{24} \text{ kg}$
Yer'in yarıçapı	$R_{\text{yer}} = 6378 \text{ km}$
Hubble sabiti	$H_0 = 70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$

Bağıntılar

Parlaklık Bağıntısı	$m_1 - m_2 = -2.5 \log(L_1/L_2)$
Wien yasası	$\lambda_{\text{max}} T = 2.897771955 \times 10^{-3} \text{ m K}$
Kepler'in üçüncü yasası	$a^3 = \frac{G}{4\pi^2} (M_1 + M_2) P^2$
Elips Denklemi (Kutupsal Koord.)	$r = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos \theta}$
Odak Oramı	f/D
Büyütme Gücü	$f_{\text{tel}} / f_{\text{göz merceği}}$
FOV	$\frac{\text{FOV}_{\text{göz merceği}}}{\text{Teleskop Büyütme Gücü}}$
Piksel Ölçeği	$\frac{\text{piksel boyutu}}{f} \times 206265 \text{ (\"/piksel)}$
Ayırma Gücü	$1.22 \times (\lambda/D)$
Standart Sapma	$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x - x_{\text{ort}})^2}{n - 1}}$

Birimler

$1 \text{ \AA (Angström)} = 10^{-10} \text{ m} = 0.1 \text{ nm}$
$1 \text{ AB (Astronomik Birim)} \simeq 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$
$1 \text{ pc (parsek)} = 206265 \text{ AB} \simeq 3.09 \times 10^{16} \text{ m}$
$1 \text{ erg s}^{-1} = 10^{-7} \text{ J s}^{-1} = 10^{-7} \text{ W}$

Soru 1.**T03**

Bir Sefeid değişen yıldızının, en büzüldüğü haldeyken (R_1 yarıçapında) en parlak, en genişlemiş haldeyken (R_2 yarıçapında) en sönük olduğunu varsayalım. Bu döngü içinde yıldızın küresel şeklini koruduğunu ve mükemmel bir kara cisim gibi davrandığını varsayalım. Zonklama dönemi boyunca yıldızın görünür parlaklığı 3.46 ile 4.08 kadir arasında ve termal ışınımının tepe yaptığı pik dalgaboyu 531.0 nm ile 649.1 nm arasında değişmektedir.

A) (5 puan) Yıldız için R_1/R_2 oranını bulunuz.

B) (5 puan) Yıldızın en genişlemiş haldeyken enerji akısını (F_2) bulunuz ($R_2 = 4.95 \times 10^{10}$ m).

C) (5 puan) Yıldızın uzaklığını parsek cinsinden bulunuz.

Çözüm:

A) Stefan Kanunundan;

$$m_1 - m_2 = -2.5 \log \left(\frac{F_1}{F_2} \right) \rightarrow \left(\frac{F_1}{F_2} \right) = 10^{-0.4(m_1 - m_2)} = 10^{-0.4(3.46 - 4.08)} = 1.77 \quad (1)$$

$$L_i = 4\pi R_i^2 \sigma T_i^4 \quad , \quad F_i = \frac{L_i}{S_i} = \frac{L_i}{4\pi D^2} \quad (2)$$

$$F_1 = \frac{4\pi R_1^2 \sigma T_1^4}{4\pi D^2} \quad , \quad F_2 = \frac{4\pi R_2^2 \sigma T_2^4}{4\pi D^2} \rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{R_1^2 T_1^4}{R_2^2 T_2^4} \quad (3)$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{F_1}{F_2} \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^2} \quad (4)$$

Wien değişim yasasından;

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{F_1}{F_2}} \times \left(\frac{\lambda_1^4}{\lambda_2^4} \right)^2 = \sqrt{1.77} \times \left(\frac{531.0}{649.1} \right)^2 = 0.890 \quad (\pm 0.010) \quad (5)$$

B) Bu durumda Güneş'in gözlenen akısı ile karşılaştırılır:

$$m_2 - m_\odot = -2.5 \log \left(\frac{F_2}{F_\odot} \right) \rightarrow F_2 = F_\odot 10^{-0.4(m_2 - m_\odot)} = \frac{L_\odot}{4\pi a_\oplus^2} \times 10^{-0.4(4.08 + 26.72)} \quad (6)$$

$$F_2 = \frac{3.827 \times 10^{26}}{4\pi(1.5 \times 10^{11})^2} \times 4.79 \times 10^{-13} = (6.51 \pm 0.04) \times 10^{-10} \text{ W m}^{-2} \quad (7)$$

C) Wien Yasası'ndan $T_2 \lambda_2 = 2.898 \times 10^{-3} \text{ m K}$

$$D_{\text{yıldız}} = \sqrt{\frac{L_2}{4\pi F_2}} = \sqrt{\frac{R_2^2 \sigma T_2^4}{F_2}} = R_2 T_2^2 \sqrt{\frac{\sigma}{F_2}} \quad (8)$$

$$= 4.95 \times 10^{10} \times \left(\frac{2.898 \times 10^{-3}}{649.1 \times 10^{-9}} \right)^2 \sqrt{\frac{5.670 \times 10^{-8}}{6.51 \times 10^{-10}}} \quad (9)$$

$$= 9.208 \times 10^{18} \text{ m} = 298(\pm 2) \text{ pc} \quad (10)$$

Soru 2.**T09**

(20 puan) Tayfsal olarak gözlenen bir galaksi kümesinde 1 Mpc yarıçap içindeki üye galaksilerin hız dispersiyonu $\sigma = 750 \text{ km s}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Virial Kanunuyla bulunan kümenin kümenin toplam kütesini temsil ettiğini ve ortalama bir üye galaksinin $10^{11} M_{\odot}$ kütesinde olduğunu varsayarak bu galaksi kümesinde yaklaşık kaç üye galaksi bulunduğunu bulunuz.

Çözüm:

Virial Kanunu kullanılarak kümenin kütlesi bulunabilir

$$M = 3 \frac{\sigma^2 \times R}{G} \simeq \frac{\sigma^2 \times R}{G} \quad (3 \text{ puan}) \quad (1)$$

$$\sigma = 750 \text{ km s}^{-1} = 750 \times 10^3 \text{ m s}^{-1} \quad (2 \text{ puan}) \quad (2)$$

$$M = \frac{(750 \times 10^3)^2 \times 3.09 \times 10^{22}}{6.67 \times 10^{-11}} \frac{\text{m}^2 \text{ s}^{-2} \times \text{m}}{\text{m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}} \quad (3)$$

$$= 2.61 \times 10^{44} \text{ kg} \quad (4)$$

$$= 1.3 \times 10^{14} M_{\odot} \quad (5 \text{ puan}) \quad (5)$$

Galaksiler kümenin kütlece %4'ünü oluşturmaktadır. Dolayısıyla, üye galaksilerin toplam kütesi

$$M_{\text{gal,top}} = 0.04 \times 1.3 \times 10^{14} M_{\odot} \quad (6)$$

$$= 5.21 \times 10^{12} M_{\odot} \quad (5 \text{ puan}) \quad (7)$$

Bir üye galaksinin ortalama olarak $10^{11} M_{\odot}$ kütesinde olduğu göz önüne alınırsa

$$\text{NGAL} = \frac{M_{\text{gal,top}}}{10^{11} M_{\odot}} \simeq 52 \quad (8)$$

üye galaksi olduğu bulunur (5 puan).

Soru 3.**T05**

Kuyruklu yıldız yörüngeleri genellikle çok basıktır, çoğu zaman dışmerkezlikleri 1'e yakın değerler alır, hatta 1'i aşar (hiperbolik yörüngeler). En son 1986 yılında Yer'e yaklaşan Halley kuyruklu yıldızının yörünge dönemi $P = 76$ yıl, dışmerkezliliği $e = 0.9673$ 'tür.

- A) (3 puan) Halley'in yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu nedir?
- B) (5 puan) Halley'in sadece Güneş'le kütleçekimsel etkileşme içinde olduğunu varsayarak Güneş'in kütlesini tahmin ediniz.
- C) (6 puan) Halley'in yörüngesinin günberi ve günöte noktalarında Güneş'e olan uzaklıklarını bulunuz.
- D) (6 puan) Venüs'ün kavuşum periyodu $S = 584$ gündür. Bu bilgiden hareketle Halley'in yörüngesinin enberi noktasında Güneş'e olan uzaklığını Venüs'ünkiyle karşılaştırınız; hangisi daha yakındır? Venüs'ün yörüngesini çember kabul ediniz ($e = 0.007 \sim 0$).

Çözüm:

A) Kepler'in üçüncü yasası Güneş Sistemi nesnelere için tüm cisimlerin Güneş'ten çok küçük kütleyle sahip olacağı varsayımı ve yörünge döneminin (P) yıl, yörünge yarı-büyük eksen uzunluğunun (a) Astronomi Birimi (AB) alınması halinde $a^3 = P^2$ şeklinde ifade edilebilir. Bu durumda:

$$a^3 = P^2 \quad \rightarrow \quad a = P^{2/3} \quad \rightarrow \quad a = 76^{2/3} = 17.94 \text{ AB} \quad (1)$$

B) Kepler'in 3. yasası bu kez Newton formunda yazılacak ve Halley kuyruklu yıldızının kütlesi, Güneş'inkine göre çok küçük varsayılacak olursa ($M_{\text{Halley}} \ll M_{\odot}$):

$$a^3 = G \frac{M_{\odot} + M_{\text{Halley}}}{4\pi^2} P^2 \quad (2)$$

$$M_{\odot} = \frac{4\pi^2 a^3}{GP^2} = \frac{4\pi^2 (17.94 \times 1.496 \times 10^{11} \text{ m})^3}{6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2} \times (76 \times 365.25 \times 86400 \text{ s})^2} = 1.99 \times 10^{30} \text{ kg} \quad (3)$$

C) Halley'in günberi (perihel) ve günötede (aphel) Güneş'e olan uzaklıkları elipsin kutupsal koordinat düzeneğinde verilen denklemde enberi noktasının argümanının sırasıyla $\theta = 0^\circ$ ve $\theta = 180^\circ$ alınmasıyla bulunabilir:

$$r = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos(\theta)} \quad (4)$$

$$r_{\text{per}} = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos(0^\circ)} = a(1 - e) = 0.94 \times (1 - 0.9673) = 0.587 \text{ AB} \quad (5)$$

$$r_{\text{ap}} = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos(180^\circ)} = a(1 + e) = 0.94 \times (1 + 0.9673) = 35.298 \text{ AB} \quad (6)$$

D) Bir iç gezegen için yörünge dönemi (P) ile kavuşum dönemi (S) arasındaki ilişki, E , Yer'in yörünge dönemini göstermek üzere:

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{E} + \frac{1}{S} \quad (7)$$

Venüs için kavuşum dönemi $S = 584$ gün, Yer'in yörünge dönemi $E = 365.25$ gün alırsa Venüs'ün yörünge dönemi

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{365.25} + \frac{1}{584} \rightarrow P = 224.7 \quad (8)$$

Kepler'in 3. yasası Venüs yörüngesine uygulanacak olursa Venüs'ün yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu:

$$a^3 = P^2 \rightarrow a = P^{2/3} = \frac{224.7^{2/3}}{365.25} = 0.72 \text{ AB} \quad (9)$$

Venüs'ün yörüngesi çember kabul edilecek olursa Halley kuyruklu yıldızının enberi ($r_{\text{per}} = 0.587 < 0.72 \text{ AB}$) Güneş'e Venüs'ten daha yakın olduğu görülür.

Soru 4.**T10**

(30 puan) Evren yaklaşık 380 000 yıl yaşındayken yayınlanan CMB fotonları günümüzde 2.7 K'lik sıcaklıkta ideal bir karacisim ışınımı olarak tespit edilmektedir. CMB fotonlarının, yakın kırmızıöte bölgede K filtresinde (merkezi dalgaboyu: 22 000 Å) gözlenebildiği durumda evrenin büyüklüğü bugünkünün kaçta kaçtır?

Çözüm:

Wien yasası kullanılarak

$$\lambda_{max}T = 0.2898 \text{ cm K} \quad (1)$$

yakın kırmızıöte bölgedeki K filtresinin merkezi dalgaboyuna karşılık gelecek karacisim sıcaklığı hesaplanabilir:

$$T = 1317 \text{ K} \quad (5 \text{ puan}) \quad (2)$$

Kırmızıya kaymanın ifadesinin

$$\frac{\lambda_o}{\lambda_e} = (1 + z) \quad (3)$$

olduğu hatırlanır ve Wien Kanunu ile birleştirilirse,

$$T_e = T_o \times (1 + z) \quad (4)$$

elde edilebilir (10 puan).

$T_e = 1317 \text{ K}$ ve $T_o = 2.7 \text{ K}$ değerleri denklemde yerine konursa CMB fotonlarının K filtresinin merkezi dalgaboyunda gözlenebilmesi için kırmızıya kaymanın $z \simeq 486$ olacağı bulunur (5 puan).

Ölçek çarpanı ile kırmızıya kayma ilişkisi uyarınca

$$a(t) = \frac{a(t_0)}{(1 + z)} \quad (5 \text{ puan}) \quad (5)$$

CMB fotonlarının K filtresinin merkezinde gözlenebileceği durumda evren bugünkü büyüklüğünün

$$\frac{1}{1 + z} \quad (6)$$

kadarıdır. Dolayısıyla,

$$\frac{1}{1 + z} = \frac{1}{1 + 486} \simeq 0.002 \quad (7)$$

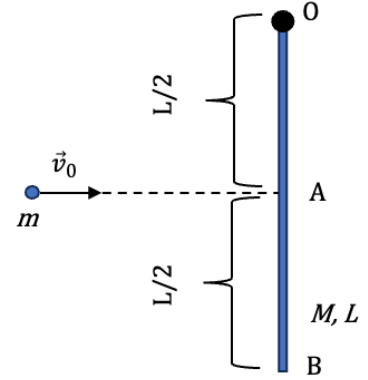
Yani, evren bugünkü büyüklüğünün binde 2'si kadarken CMB fotonları yakın kırmızıöte bölgede K filtresinde gözlenebilirler (5 puan).

Soru 5.

T02

(20 puan) $M = 36m$ kütleli, L uzunluğunda, homojen ve ince bir çubuk alalım. Bu çubuğun 'O' ucu, çubuk bu ucun etrafında serbestçe dönebilecek şekilde asılmıştır. Çubuk başlangıçta durgun haldedir.

Hacmi ihmal edilebilir, m kütleli bir cisim şekilde gösterilen doğrultuda $v_0 = \sqrt{37gL}$ süratiyle ilerleyerek çubuğun kütle merkezine (A noktası) yapışır. Çubuk ve cisim birlikte 'O' noktası etrafında dönerek yükselmeye başlar.



Çubuğun 'O' noktasından geçen dik eksene göre eylemsizlik momenti $I = \frac{1}{3}ML^2$ ise çubuğun diğer ucunun (B noktası) ilk durumuna göre en fazla ne kadar yükselebileceğini hesaplayınız.

Yapışma öncesi ve yapışmadan hemen sonrası için:

$$L_i = L_{ys} \quad (1)$$

$$mv_0 \frac{L}{2} = \left[m \left(\frac{L}{2} \right)^2 + \frac{1}{3}(36m)L^2 \right] \omega_{ys} \quad (2)$$

$$\frac{v_0}{2} = \frac{49}{4} L \omega_{ys} \quad (3)$$

$$\omega_{ys} = \frac{2}{49} \frac{v_0}{L} \quad (4)$$

Yapışma sonrasında sistemin kütle merkezinin (A noktası) ne kadar yükseldiğini hesaplamak için:

$$E_{ys} = E_s \quad (5)$$

$$\frac{1}{2} \left[m \left(\frac{L}{2} \right)^2 + \frac{1}{3}(36m)L^2 \right] \left(\frac{2}{49} \frac{v_0}{L} \right)^2 = (m + 36m)gh_{km} \quad (6)$$

$$\frac{1}{2} \left(\frac{49}{4} mL^2 \right) \left(\frac{4}{49^2} \frac{37gL}{L^2} \right) = 37mgh_{km} \quad (7)$$

buradan A noktasının yükselme miktarı

$$h_{km} = \frac{1}{98} L \quad (8)$$

olarak bulunur.

Çubuk ve kütle sistemi O noktası etrafında döndüğüne göre bu sistemin her noktası O etrafında dairesel hareket yapmaktadır. Bu durumda yükselme miktarı O noktasına uzaklıkla doğru orantılı olacaktır:

$$h = \frac{L}{L/2} h_{km} = \frac{2}{98} L \quad (9)$$

Soru 6.**T11**

Kütlesi $1.34 M_{\odot}$ olan bir beyaz cüce ikili yıldız sisteminde bulunmakta ve bileşen yıldızdan yüzeyine yılda $4 \times 10^{-7} M_{\odot}$ madde aktarımı gerçekleşmektedir.

- A) (8 puan)** Madde aktarımının sabit oranda devam edeceği düşünülürse beyaz cücenin kütlesi kaç yılda Chandrasekhar eşik kütlesine ulaşır?
- B) (12 puan)** Beyaz cüce kütlesi eşik kütleyle ulaşırsa neden Tip I süpernova (karbon infilakı) gerçekleşir?
- C) (10 puan)** Meydana gelen süpernova patlamasının toplam enerjisinin %90'ı ilk 25 günde dengeli bir şekilde ve izotropik olarak (her yöne eşit miktarda) yayılmaktadır. Patlamanın bu ilk parlak evresinin Yer'den gözlenen akısı $5 \times 10^{-11} \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ olarak ölçüldüğüne göre patlayan beyaz cücenin Yer'e uzaklığını ışık yılı biriminde hesaplayınız.

Çözüm:

A) Chandrasekhar eşik kütlesi $1.4 M_{\odot}$ olduğu düşünüldüğünde beyaz cücenin $0.06 M_{\odot}$ ($=1.4 - 1.34$) madde aktarımı daha yapması gerekmektedir (4 puan).

Madde aktarım miktarı yılda $4 \times 10^{-7} M_{\odot}$ olduğundan beyaz cüce eşik kütleyle

$$\frac{0.06 M_{\odot}}{4 \times 10^{-7} M_{\odot}} = 150000 \quad (1)$$

yılda ulaşır (4 puan).

B) Beyaz cüce olarak adlandırılan kalıntı yapının dengede kalmasını sağlayan, yani kendi kütleçekimi etkisiyle çökmesine karşı koyan kuvvet, elektron dejenerasyon (yozlaşma) basıncı ile oluşmaktadır (**3 puan**). Pauli dışarlama ilkesi ile açıklanabilen bu basınç, elektronların (fermiyonların) aynı kuantum durumunda bulunamamasının sonucudur (**3 puan**). Beyaz cüce kütlesi merkeze doğru çökmeye çalışırken, elektronlar Pauli dışarlama ilkesi nedeniyle çökmeye karşı kuvvet oluşturur. Ancak belirli bir kütlede elektronlar ultra-relativistik olurlar yani ışık hızına çok yakın hızlara sahiptirler. Daha fazla kütle eklenmesi durumunda daha büyük basınç oluşturmaları gerekir ancak ışıktan daha hızlı gidemeyecekleri için bunu yapamazlar. Dolayısıyla elektron yozlaşma basıncının karşı koyabileceği bir eşik kütle mevcuttur (**4 puan**). Eğer beyaz cücenin kütlesi $1.4 M_{\odot}$ eşiğini aşarsa madde basıncına karşı koyamaz ve beyaz cüce maddesi kendi üzerine doğru çöker. Ani çökme sonucu karbonca zengin beyaz cüce infilak eder (**2 puan**).

C) Beyaz cüce infilak edince tüm kütlede enerjiye dönüştüğü varsayılır. Buna göre toplam enerji $E = mc^2 = 1.4 \times 2 \times 10^{30} \times (3 \times 10^8)^2 = 2.52 \times 10^{47} \text{ J}$ bulunur (3 puan). Bunun %90'ı ilk 25 günde yayıldığına göre bu süre zarfında ortalama özparlaklık (birim zamanda yayılan enerji),

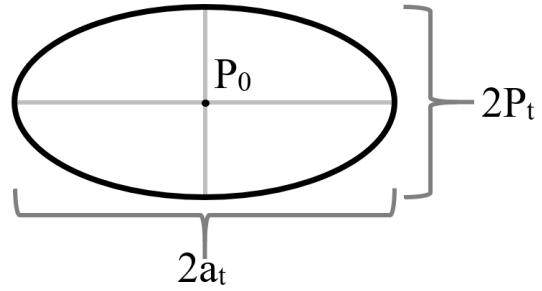
$$L = (0.9 \times 2.52 \times 10^{47}) / (25 \times 86400) = 1.05 \times 10^{41} \text{ J s}^{-1} \quad (2)$$

bulunur (3 puan). Yayılım izotropik gerçekleşmektedir. Buna göre d mesafede gözlenen akıdan uzaklık bulunabilir (4 puan):

$$f = \frac{L}{4\pi d^2} \rightarrow d^2 = \frac{L}{4\pi f} \rightarrow d = 1.29 \times 10^{25} \text{ m} = 1.36 \times 10^9 \text{ ışık yılı} \quad (3)$$

Soru 7.	D1
----------------	-----------

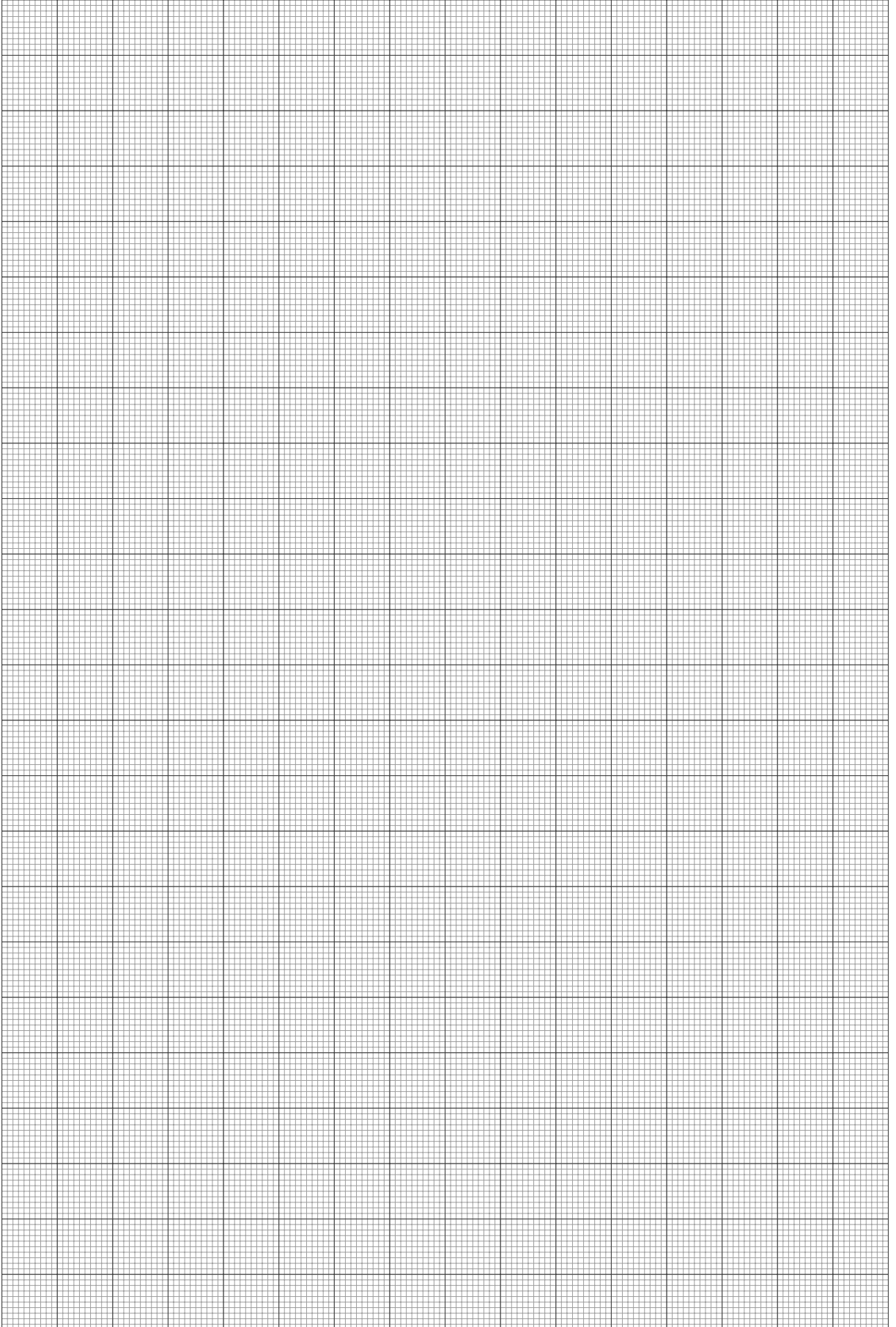
No	P (μs)	a ($m s^{-2}$)
1	7587.8889	-0.92 ± 0.08
2	7588.4100	-1.68 ± 0.04
3	7588.5810	-1.67 ± 0.06
4	7587.8836	$+0.72 \pm 0.06$
5	7589.1029	$+0.52 \pm 0.08$
6	7589.1350	$+0.00 \pm 0.04$
7	7588.9800	-1.04 ± 0.02



Yukarıdaki tabloyu dikkate alarak;

- A) (5 puan)** Milimetrik kağıt üzerinde P - a grafiği oluşturun; a değerleri için hata barlarını yerleştirin; kullandığınız ölçekleri grafik kağıdı üzerinde belirtin.
- B) (5 puan)** P - a grafiğinin noktalarını en iyi temsil eden elipsi hataları da dikkate alarak grafik kağıdı üzerinde çiziniz.
- C) (5 puan)** Yukarıdaki şekilde verilen değerleri, oluşturduğunuz elipsten cetvel yardımı ile ölçerek elde ediniz. Elde edilecek değerlerin hataları şu şekilde verilmiştir: $\Delta P_0 = 0.02$, $\Delta a_t = 0.06$, $\Delta P_t = 0.02$.
- D) (5 puan)** $P_B = P_t/P_0 \times 2\pi c/a_t$ denklemini kullanarak P_B 'yi ve hatasını gün hesaplayınız. Hata hesabı için hatanın yayılımı kurallarını göz önünde bulundurunuz.

Sınav sonunda bu sayfayı yanıt kağıtlarına ekleyiniz.



Çözüm:

(A,B) Çözümlerin sonundaki resim.

(C) Değerler grafikten ölçüldüğünde:

$$P_0 = 7588.48.34 \pm 0.02 \mu\text{s} \quad (1)$$

$$2P_t = 1.34 \pm 0.04 \mu\text{s} \rightarrow P_t = 0.67 \pm 0.02 \mu\text{s} \quad (2)$$

$$2a_t = 3.42 \pm 0.12 \text{ m s}^{-2} \rightarrow a_t = 1.71 \pm 0.06 \text{ m s}^{-2} \quad (3)$$

(D) Yukarıdaki değerleri denkleme koyduğumuzda P_B 'yi gün cinsinden hesaplayabiliriz:

$$P_B = \frac{P_t}{P_0} \frac{2\pi c}{a_t} = \frac{0.67}{7588.48} \frac{2\pi \times 2.998 \times 10^8}{1.71} \text{ s} \quad (4)$$

$$= 96260 \text{ s} = 1.12570 \text{ gün} \quad (5)$$

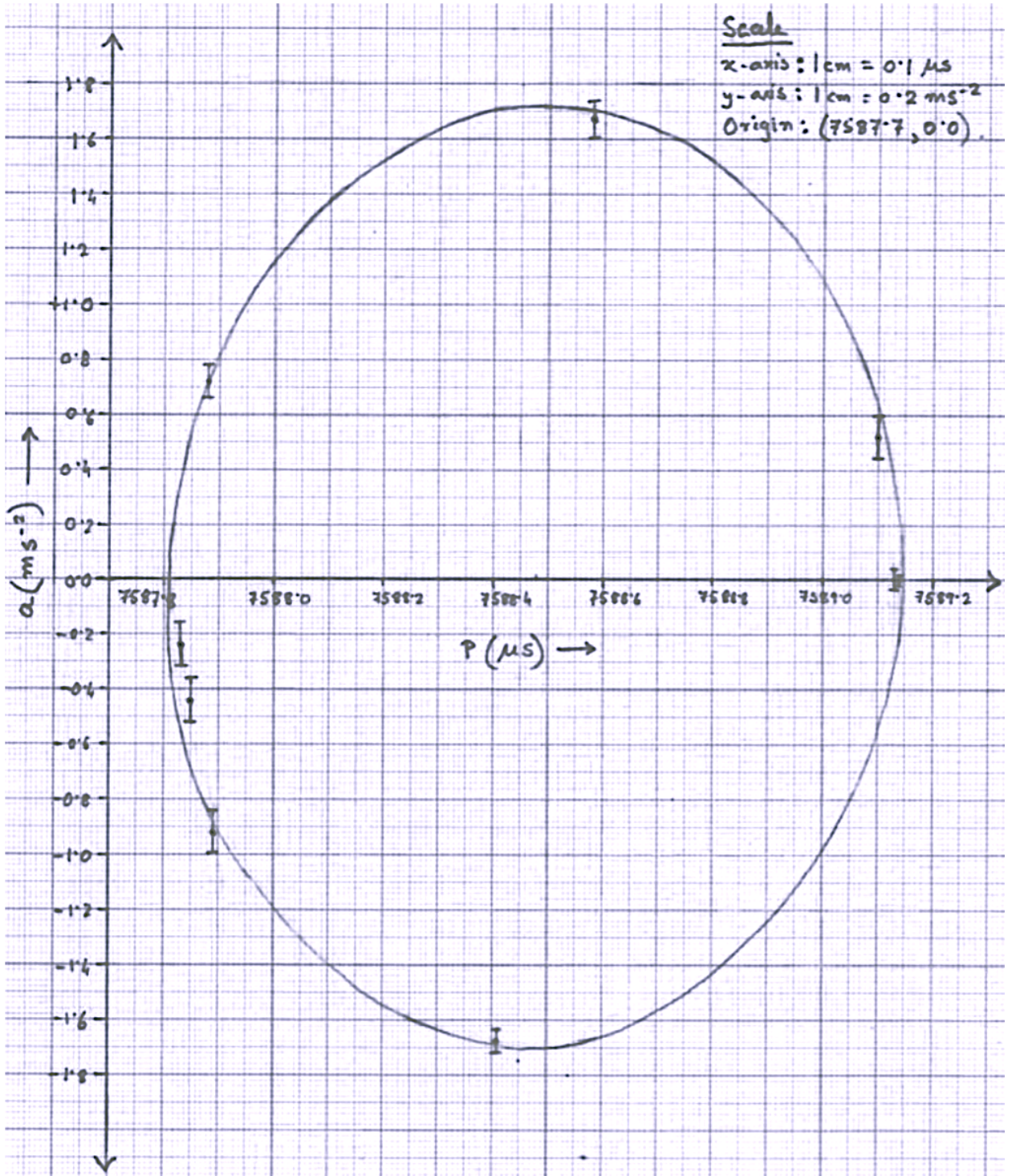
Hatanın Yayılımı:

$$\Delta P_B = P_B \sqrt{(\Delta P_t/P_t)^2 + (\Delta P_0/P_0)^2 + (\Delta a_t/a_t)^2} \quad (6)$$

$$= P_B \sqrt{(0.02/0.67)^2 + (0.02/7588.48)^2 + (0.06/1.71)^2} \text{ gün} \quad (7)$$

$$= 1.12570 \times 0.0461 \simeq 0.05 \text{ gün} \quad (8)$$

$$P_B = 1.13 \pm 0.05 \text{ gün} \quad (9)$$



Soru 8.**G1**

Epsilon Lyrae (ϵ Lyr), Çalgı (Lir) Takımyıldızında, Yer'den 162 ışık yılı uzaklıkta, çift-çift (ing. double-double) olduğu bilinen bir çoklu yıldız sistemidir. İlk olarak iki bileşenli bir çift yıldız olarak tanımlanmış ve bileşenleri ϵ^1 ve ϵ^2 olarak adlandırılmıştır. Ayırma gücü daha yüksek bir teleskopla gözlemlendiğinde ise kendi içlerinde ϵ^1 bileşeninin A ve B, ϵ^2 bileşeninin ise C ve D olarak adlandırılan ikişer bileşene sahip olduğu anlaşılmıştır. Bu 4 yıldızın parlaklıkları sırasıyla A: 5.15, B: 6.10, C: 5.25 ve D: 5.38 kadirdir. Tabloda bu bileşenlerin birbirlerine göre mesafeleri verilmektedir.

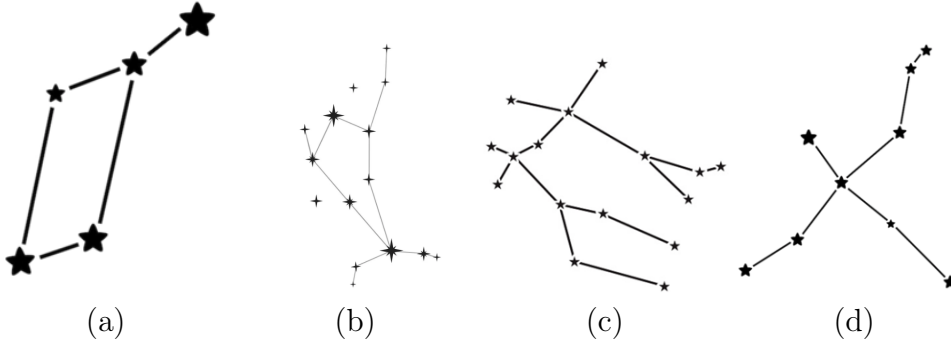
Bileşenler	Mesafe (")	Mesafe (AB)	Not
AB-CD	208.2	10500	$\epsilon^1 - \epsilon^2$
AB	2.3	116	ϵ^1
CD	2.4	121	ϵ^2

Eylül 2023'de Yaz Kampı eğitimlerinde kullandığımız teleskobu düşünelim: f : 2000 mm, Odak Oranı: $f/10$, $f_{\text{göz}}$ merceği: 25 mm, $\text{FOV}_{\text{oküler}}$: 60° . Bu bilgiler ışığında aşağıdaki (A) ve (B) sorularını yanıtlayınız:

A) (12 puan) Tablodaki bilgiler doğrultusunda verilen teleskop ile ϵ Lyr çoklu yıldız sistemini 550 nm dalgaboyunda gözlesek, sistemi oluşturan 4 bileşenin hangilerinin görüleceğini hangilerinin görülemeyeceğini hesaplayarak gösteriniz.

B) (8 puan) Tüm özellikler ve gözlem koşullarını aynı bırakalım. Dört bileşeni de ayırık olarak gösterecek bir teleskopun optik açıklığı en küçük kaç cm olmalı?

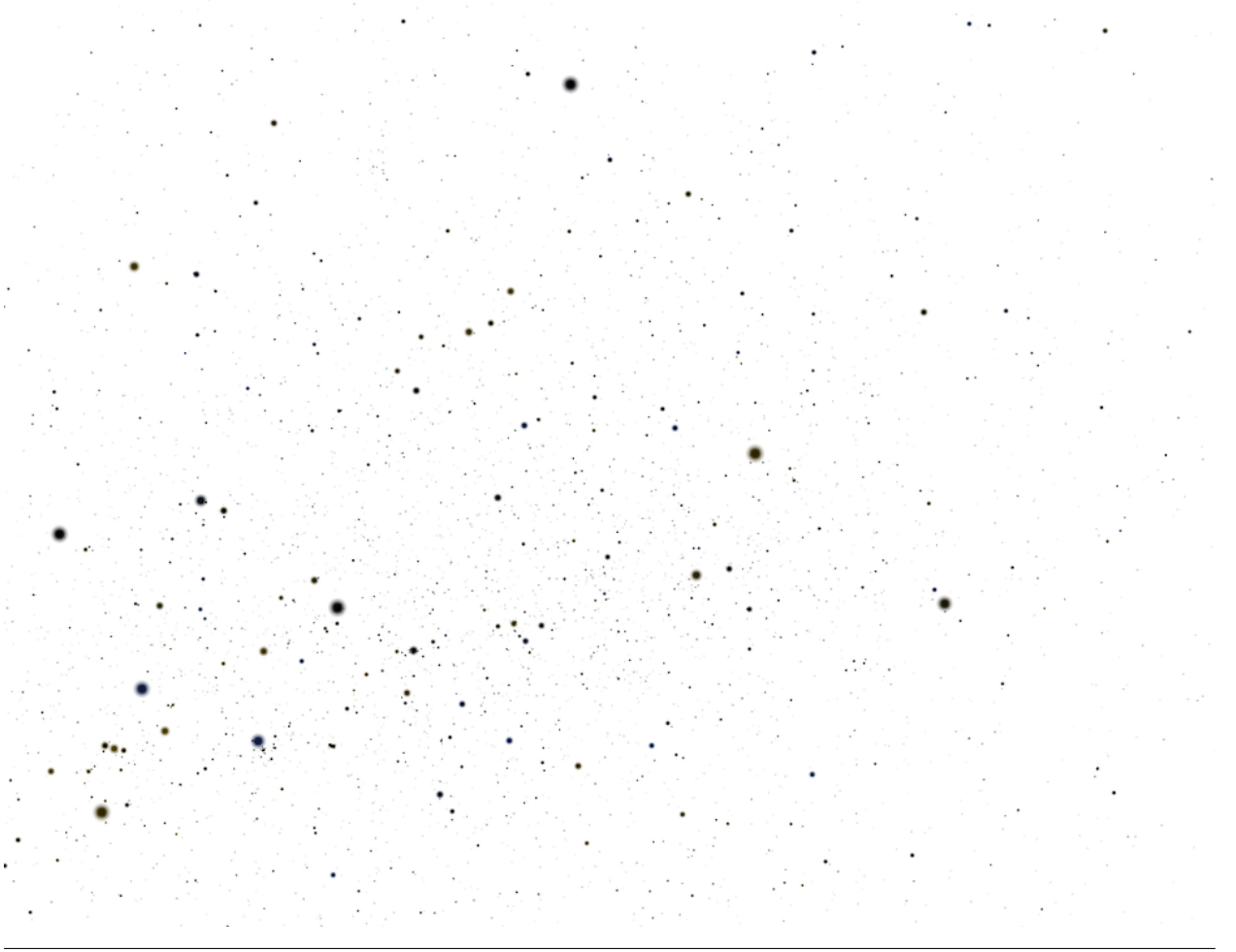
C) (8 puan) Aşağıdaki görselde verilen yıldız sembollerinin oluşturduğu takımyıldızların adlarını yazınız. Takımyıldızların İngilizce, Latince veya Türkçe adlarını kullanabilir ya da uluslararası kısaltmalarını verebilirsiniz. **Yanıtlarınızı soru kağıdına yazmayın.**



D) (12 puan) Aşağıda verilenleri bir sonraki sayfadaki gökyüzü haritasında kendi belirleyeceğiniz harflerle işaretleyiniz. Kullandığımız harflerin hangi cisim ya da takımyıldıza ait olduğunu **haritanın** altına yazınız.

Arcturus (α Boötis)	Kutup Yıldızı (Polaris)	Yüzük Bulutsusu (M57)
Avcı (Ori)	Kartal (Aql)	Kraliçe (Cas)

Sınav sonunda bu sayfayı yanıt kağıtlarına ekleyiniz.



A) Teleskobun optik açıklığı (4 puan):

$$\text{Odak Oranı} = f/D \Rightarrow 10 = 2000/D \Rightarrow D = 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm} \quad (1)$$

Teleskobun ayırma gücü (8 puan):

$$\text{Ayırma Gücü} = 1.22 \times (\lambda/D) = 1.22 \times (550 \times 10^{-7})/20 \quad (2)$$

$$= 0.000003355 \text{ rad} = 0.000003355 \times 206265'' = 0.69'' \quad (3)$$

Bahsi geçen sistemdeki en yakın A ve B bileşeni arasındaki mesafe $2.3''$ olduğuna göre özellikleri verilen teleskop ile 4 bileşeni de ayırık olarak görmek mümkündür.

B) Bu dört bileşeni ayırık olarak görebilecek teleskobun sahip olması gereken en küçük optik açıklığı hesaplamak için yine dört bileşen içinde en yakın iki bileşen olan A ve B bileşenleri arasındaki mesafeyi dikkate alıyoruz (8 puan):

$$\text{Ayırma Gücü} = 1.22 \times (\lambda/D) \times 206265 \quad (4)$$

$$2.3 = 1.22 \times (550 \times 10^{-7}/D) \times 206265 \Rightarrow D = 6 \text{ cm} \quad (5)$$

C) Görselde verilen takımyıldızlar sırasıyla (2şer puan):

a) Çalgı (Lir, Lyra, Lyr); b) Çoban (Boötes, Boö); c) İkizler (Gemini, Gem); d) Kuğu (Cygnus, Cyg).

D) Belirlenen harflendirmelerin karşılığı olan cisimler ve takımyıldızları şöyledir (2şer puan):

a) Arcturus (α Boötis); b) Kuzey Kutup Yıldızı; c) Yüzük Bulutsusu (M57); d) Avcı (Ori) Takımyıldızı; e) Kartal (Aql) Takımyıldızı; f) Kraliçe (Cas) Takımyıldızı;

