



TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU
BİLİM İNSANI DESTEK PROGRAMLARI BAŞKANLIĞI

30. BİLİM OLİMPİYATLARI – 2022
İKİNCİ AŞAMA SINAVI

ASTRONOMİ ve ASTROFİZİK

Soru Kitapçığı Türü

A

19 Aralık 2022 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	$c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
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 ışınım gücü	$L_{\text{güneş}} = 3.827 \times 10^{26} \text{ W}$
Güneş'in kütlesi	$M_{\text{güneş}} = 1.989 \times 10^{30} \text{ kg} = 333030 M_{\text{yer}}$
Yer'in kütlesi	$M_{\text{yer}} = 5.972 \times 10^{24} \text{ kg}$

Bağıntılar

Işınım Gücü	$L = 4\pi R^2 \sigma T^4$
Wien yasası	$\lambda_{\text{max}} T = 2.897771955 \times 10^{-3} \text{ m K}$
Kepler'in üçüncü yasası	$a^3 = \frac{G}{4\pi^2} (M_1 + M_2) P^2$
a (AB), P (yıl), M (Güneş kütlesi)	$a^3 = (M_1 + M_2) P^2$
Standart Sapma	$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x - x_{\text{ort}})^2}{n - 1}}$

Birimler

$$1 \text{ \AA (Angström)} = 10^{-10} \text{ m} = 0.1 \text{ nm}$$

$$1 \text{ pc (parsek)} = 3.09 \times 10^{16} \text{ m} \simeq 206265 \text{ AB}$$

$$1 \text{ AB (Astronomik Birim)} \simeq 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$$

Soru 1.

Samanyolu diskindeki ince ve kalın disk yıldız popülasyonlarının yoğunluklarının dikey doğrultuda Gökada düzleminden itibaren uzaklaştıkça nasıl azaldığını aşağıdaki yoğunluk modeliyle ifade edebiliriz:

$$\rho_i(z) = n_i \exp\left(-\frac{|z|}{H_i}\right)$$

Burada $i = 1$ ince diski, $i = 2$ kalın diski, z yıldızların Samanyolu düzlemine olan dik uzaklığını, $\rho_i(z)$ ince ya da kalın disk popülasyonlarının dik uzaklığa bağlı yoğunluğunu, n_i ince ya da kalın disk popülasyonunun Güneş civarındaki yoğunluğunu H_i ince ya da kalın disk popülasyonunun Samanyolu düzleminden dik doğrultuda exponansiyel azalmayı ifade eden yükseklik ölçeğini ifade eder.

İnce diskin yükseklik ölçeğinin 275 pc, kalın disk yükseklik ölçeğinin 850 pc ve kalın diskin Güneş civarındaki yoğunluğunun ince diskin Güneş civarındaki yoğunluğuna oranının 0.08 olduğunu varsayalım.

A) (4 puan) İnce ve kalın disk yıldızlarının eş yoğunlukta olduğu dik uzaklık kaç parsektir?

B) (3 puan) A'da bulunan dik uzaklık değeri için ince disk popülasyonunun yoğunluğu nedir?

C) (3 puan) Güneş'in Samanyolu merkezine uzaklığı yaklaşık 8.5 kpc ve Samanyolu merkezi etrafındaki dönme hızı 220 km/s'dir. Samanyolu kütlelerinin önemli bölümünün 8.5 kpc'lik yarıçap içinde olduğunu varsayarak Samanyolu'nun kütlelerini hesaplayınız.

D) (5 puan) Tully-Fisher İlişkisi (TFR) sarmal galaksilerin mutlak parlaklıkları ile maksimum dönme hızları arasında doğrusal bir bağıntı olduğunu söyler. NGC 3627 galaksisinde (tür: SBb) zonklama periyodu 41 gün olan bir Cepheid değişeni $m = 22$ kadir olarak gözleniyor. Galaksinin toplam görünen parlaklığının $m_{\text{gal}} = 8.92$ olduğu bilindiğine göre, sönmülemeyi ihmal ederek NGC 3627'nin maksimum dönme hızını (V_{max}) hesaplayınız.

$$\text{Periyot-Parlaklık Bağıntısı (PLR): } M = -2.43 \times \log_{10}(P) - 4.05$$

$$\text{Tully-Fisher İlişkisi (TFR): } M_{\text{gal}} = -10.2 \times \log_{10} V_{\text{max}} + 2.71$$

E) (5 puan) Samanyolu Galaksisinin merkezinde, Sgr A* adı verilen ve Schwarzschild yarıçapı $R_S = 0.08$ AB olduğu bilinen süper-kütleli bir karadelik bulunmaktadır. Galaksi merkezinde, Sgr A*'a en yakın yörüngede S2 adlı yıldız dolanmaktadır. S2 yörüngesinin yarı-büyük eksen uzunluğu a olarak alındığında, S2'nin yaklaşık 16 yıllık yörünge periyoduna sahip olabilmesi için a/R_S oranı ne olmalıdır?

Soru 2.

Uzak bir gezegenin etrafında 100 000 km yarıçaplı dairesel bir yörüngede dolanan bir uzay aracını Yer'den gözlediğinizi ve uzay aracının yörünge düzlemiyle aynı doğrultudan baktığınızı varsayın. Uzay aracından gönderilen radyo sinyalinin dalgaboyunun periyodik olarak 2.99964 m ile 3.00036 m arasında değiştiğini gözlediniz.

- A) (2 puan)** Uzay aracının radyo vericisinin normal çalıştığını varsayarak bu yayının sabit dalgaboyunu bulunuz.
- B) (5 puan)** Uzay aracının size göre yörünge süratini bulunuz.
- C) (3 puan)** Uzay aracının yörünge periyodunu bulunuz.
- D) (5 puan)** Bu uzak gezegenin kütesini bulunuz.
- E) (2 puan)** Bu gezegenin yıldızı enerjisini en şiddetli 579.6 nm dalgaboyunda yayıyor ise yıldızın yüzey sıcaklığını bulunuz.
- F) (3 puan)** $R_{\star}/R_{\text{güneş}} = 0.7$ ise yıldızın toplam ışınım gücünü $L_{\text{güneş}}$ cinsinden hesaplayınız.

Soru 3.

Takımyıldızlar, insanların yıllar önce gece gökyüzünde gördükleri parlak yıldızları gruplayarak oluşturduğu ve çoğunlukla mitolojik hikayelerden esinlenerek isimlendirdiği yıldız gruplarıdır. Gözlemcinin konumuna ve gözlem zamanına göre gökyüzünde görülebilen takımyıldızlar farklılık gösterirler.

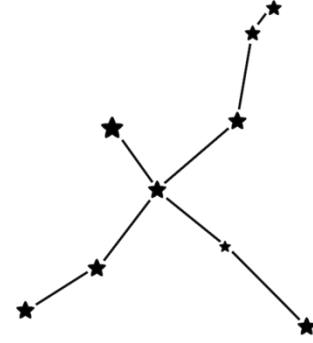
- A) (6 puan) Aşağıda verilen yıldız sembollerinin oluşturduğu takımyıldızların adlarını altlarında verilen kısaltmayla birlikte yazınız.



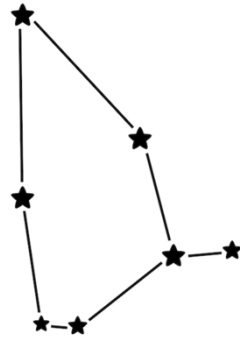
TY-1



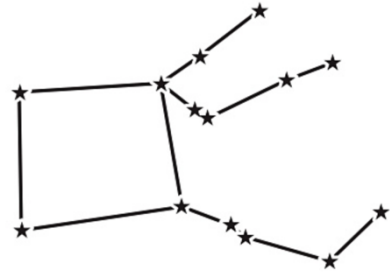
TY-2



TY-3



TY-4



TY-5



TY-6

- B) (4 puan) Yaz Üçgeni Asterizmini oluşturan takımyıldızların isimlerini yazınız.

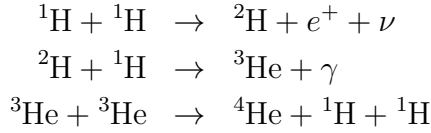
Takımyıldızlar için İngilizce ya da Latince, biliyorsanız Türkçesini kullanabilirsiniz. Takımyıldız adları yerine uluslararası kısaltmalarını verebilirsiniz.

Bir teleskobun odak oranı, teleskop aynasının odak uzunluğunun teleskobun ayna çapına oranı olarak verilir ve “f/odak-oranı” biçiminde gösterilir. Teleskobun büyütme gücü ise teleskobun odak uzunluğunun teleskopta kullanılan göz merceğinin odak uzunluğuna oranı olarak tanımlanır.

- C) (5 puan) f/10 odak oranlı bir teleskopta 25 mm’lik göz merceği kullanılarak 960 kat büyütme elde ediliyorsa bu teleskobun ayna çapını hesaplayınız.
- D) (5 puan) Bu teleskop 550 nm dalgaboyunda gözlem yapacak biçimde, 559 km yükseklikte bir Yer yörüngesine yerleştirilirse Yer yüzeyindeki iki cisim ayrı ayrı görebilmesi için bu cisimlerin arası en az kaç santimetre olmalıdır?

Soru 4.

Güneş, merkezindeki nükleer tepkimelerle enerjisini üretmektedir. Bu tepkimeler aşağıdaki denklemlerle kısaca tanımlanabilir:



Burada üst simgeler çekirdekdeki toplam proton ve nötron sayısını, e^+ pozitronu, ν nötrinoyu ve γ yayılan gama ışınlarını göstermektedir. Denklemden de görüleceği gibi üçüncü adım başlaması için iki ${}^3\text{He}$ çekirdeği gerekmektedir. Bunun için ilk iki adım iki kez olmalıdır. ${}^1\text{H}$ ve ${}^4\text{He}$ çekirdeklerinin kütleleri sırasıyla şöyle verilmiştir: 1.6726×10^{-27} kg ve 6.6447×10^{-27} kg.

- A) (5 puan) Tepkime başına enerjiye dönüşen kütle miktarını hesaplayınız.
- B) (5 puan) Güneşin ışınım gücü bilindiğine göre bu enerjiyi üretebilmesi için saniyede kaç tepkime dizisi gerektiğini açıklayarak hesaplayınız.
- C) (5 puan) Güneş merkezindeki nükleer tepkimelerle üretilen enerjinin Güneş yüzeyine iletimi nasıl gerçekleşmektedir?
- D) (5 puan) Güneş atmosferindeki tabakaları, sıcaklık değişimlerini de belirterek açıklayınız.

Soru 5.

Delta Scuti türü bir değişen yıldız olan α Lyr (Vega)'nın veri tabanlarında paralaksı 130 mas (mili yaysaniye) ve öz hareketi 240 mas olarak verilmektedir. Buna göre,

- A) (5 puan) Vega'nın teğetsel hızını hesaplayınız.
- B) (5 puan) Vega'nın hesaplanan ortalama dikine hızı -20.6 km s^{-1} olduğuna göre yıldızın uzay hızını hesaplayınız.
- C) (5 puan) Hidrojen-alpha (Balmer) soğurma çizgisinin laboratuvar dalgaboyu 6563 \AA ise Vega'nın tayfında bu çizgi Angström biriminde hangi dalgaboyunda gözlenir?
- D) (5 puan) Yıldızın parlaklık değişim türünden dolayı ölçülen dikine hızlarında nasıl bir değişim beklendiğini model çizerek açıklayınız.

Soru 6.

“Yer – İç Gezegen – Güneş” dizilimine **iç kavuşum**, “Dış Gezegen – Yer – Güneş” dizilimine **karşı konum**, “Yer – Güneş – Gezegen” dizilimine ise **dış kavuşum** adı verilir. **Kavuşum dönemi** (sinodik dönem), bu üç konfigürasyondan herhangi birinin ardarda iki kez gerçekleştiği zaman aralığına denir. **Yörünge dönemi** ise sabit bir arka plan yıldızına göre bir gezegenin yörüngesi üzerinde bir tam turunu atarak yörüngenin aynı noktasına ardışık iki gelişi arasındaki süreye verilen isimdir.

- A) (5 puan) Bu üç yörünge konfigürasyonunu, Güneş merkezli ve çembersel olarak kabul edeceğiniz bir iç, bir dış gezegen ve Yer yörüngelerini tek bir şekil üzerine çizerek gösteriniz.
- B) (4 puan) Bir iç gezegen için ardarda iki **iç kavuşum** arasındaki süreyi S , iç gezegenin yörünge dönemini P , Yer’in yörünge dönemini (1 yıl) E ile göstererek bu üç parametre arasındaki ilişkiyi türetiniz.
- C) (4 puan) Bir dış gezegen için ardarda iki **karşı konum** arasındaki süreyi S , dış gezegenin yörünge dönemini P , Yer’in yörünge dönemini (1 yıl) E ile göstererek bu üç parametre arasındaki ilişkiyi türetiniz.
- D) (2 puan) Bir dış gezegeni gözlemek için en uygun zaman ise karşı konumdur. Nedenini açıklayınız.
- E) (5 puan) Tycho Brahe’nin ardışık konum gözlemlerini kullanan Johannes Kepler, Mars’ın kavuşum dönemini $S = 780$ gün olarak belirlemiştir. C’de bir dış gezegen için türettiğiniz ifadeyi kullanarak Mars’ın bir yörünge dönemini (1 Mars yılı) hesaplayınız.

Soru 7.

(20 puan) Yakın evrendeki bir galaksi kümesine ait 15 üye galaksinin kırmızıya kaymaları ölçülmüştür (bkz. Tablo). Bu ölçümlerden yararlanarak kümenin hız dispersiyonunu (σ_V) ve kümenin kütleini (M_{GK}) bulunuz.

İpucu: Kümeyi 1.5 Mpc'lik yarıçap içinde dinamik dengede varsayabilirsiniz. Kümenin hız dispersiyonu için galaksilerin hızlarının bir standart sapmalık değeri kullanılırsa kümenin kütlei Virial teoreminin uygulanmasıyla bulunabilir.

$$M_{GK} = \frac{3R_{GK}\sigma_V^2}{G}$$

Galaksi No	Kırmızıya Kayma	Dikine Hız (km/s)
1	0.07667	
2	0.07833	
3	0.08292	
4	0.08458	
5	0.07875	
6	0.08417	
7	0.07958	
8	0.08375	
9	0.07792	
10	0.08125	
11	0.07750	
12	0.07625	
13	0.07542	
14	0.08208	
15	0.08083	

Soru 8.

Mars'ın uydusu Phobos'un, Mars yüzeyinden 5985 km yükseklikte dairesel bir yörüngesinde dolandığını kabul edersek:

- A) (5 puan) Phobos-Mars sisteminin kütleçekim potansiyel enerjisini hesaplayınız.
- B) (5 puan) Phobos'un yörüngedeki çizgisel hızının büyüklüğünü hesaplayınız.
- C) (5 puan) Phobos'un Mars çevresindeki yörünge periyodunu hesaplayınız.
- D) (5 puan) Phobos-Mars sistemi için Virial teoreminin geçerli olduğunu gösteriniz.

$$M_{\text{Phobos}} = 1.07 \times 10^{19} \text{ g}$$

$$M_{\text{Mars}} = 6.39 \times 10^{26} \text{ g}$$

$$R_{\text{Mars}} = 3390 \text{ km}$$