

ثوابت فیزیکی و نجومی

مقدار	کمیت	
$6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2} \text{ kg}^{-1}$	ثابت جهانی گرانش	G
$6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$	ثابت پلانک	h
$3.00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$	سرعت نور	c
$5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$	ثابت استفان-بولتزمن	σ
$1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$	جرم پروتون	m_p
$9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$	جرم الکترون	m_e
$1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$	الکترون ولت	eV
$9.46 \times 10^{15} \text{ m}$	سال نوری	ly
$3.09 \times 10^{16} \text{ m}$	پارسک	pc
$1.50 \times 10^{11} \text{ m}$	واحد نجومی	AU
$1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$	جرم خورشید	M_{\odot}
$6.96 \times 10^8 \text{ m}$	شعاع خورشید	R_{\odot}
$3.85 \times 10^{26} \text{ W}$	درخشندگی خورشید	L_{\odot}
5777 K	دمای موثر سطح خورشید	T_{\odot}
4.83	قدر مطلق خورشید	
-26.8	قدر ظاهری خورشید	
0.39 AU	نیم قطر بزرگ مدار عطارد	
0.72 AU	نیم قطر بزرگ مدار زهره	
71492 km	شعاع مشتری	
$1.9 \times 10^{27} \text{ kg}$	جرم مشتری	
$5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$	جرم زمین	M_{\oplus}
6380 km	شعاع زمین	R_{\oplus}
69 $\text{kms}^{-1} \text{Mpc}^{-1}$	ثابت هابل	H_0
$1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$	ثابت ریذبرگ	R_{∞}
9.81 ms^{-2}	شتاب جاذبه در سطح زمین	g

حداکثر قطر مردمک چشم انسان = 8 میلیمتر
حد قدر قابل مشاهده برای چشم غیر مسلح = +6.5

1- خروج از مرکز مدار یک سیاره به دور خورشید دقیقاً یک است؛ بنابراین :

- (1) مدار سهمی است
(2) مدار پاره خطی است که از مرکز خورشید می‌گذرد
(3) مدار هذلولی است
(4) هر کدام از گزینه‌های 1 و 2 می‌توانند درست باشند

2- اگر منبع انرژی ستاره‌ها انرژی پتانسیل گرانشی می‌بود، کدام گزینه به حدود طول عمر ستاره‌ای به جرم خورشید نزدیک‌تر بود؟

- (1) 10 هزار سال (2) 30 میلیون سال (3) 10 میلیارد سال (4) 100 میلیارد سال

3- چگالی میانگین کوتوله‌ای سفید به جرم خورشید در حدود چند کیلوگرم بر متر مکعب است؟

- (1) 10^9 (2) 10^3 (3) 10^5 (4) 10^{14}

4- اگر دو ستاره هم فاصله باشند :

- (1) روشنایی ظاهری آنها یکسان است
(2) قدر مطلق یکسان دارند
(3) قدر ظاهری آنها یکسان است
(4) اختلاف قدر ظاهری و قدر مطلق آنها یکسان است

5- کدامیک حتماً داغ‌تر از خورشید است؟

- (1) ستاره‌ای که شعاع آن کوچکتر از خورشید است
(2) ستاره‌ای با جرم نصف جرم خورشید
(3) غول قرمزی به جرم خورشید
(4) ستاره‌ای که به تازگی به کوتوله سفید تبدیل شده

6- تعداد ستاره‌های کهکشان راه شیری در چه حدودی است؟

- (1) 10^3 (2) 10^5 (3) 10^{11} (4) 10^{15}

7- در حال حاضر انرژی تاریک حدوداً چند درصد از محتویات عالم را به خود اختصاص داده است؟

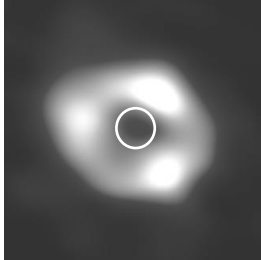
- (1) 50 (2) 25 (3) 5 (4) 70

8- در یک عالم تابش غالب ضریب مقیاس به شکل $a(t) \propto t^\beta$ با زمان متناسب است، مقدار β برابر است با؟

- (1) $\frac{2}{3}$ (2) $\frac{3}{2}$ (3) $\frac{1}{2}$ (4) 2

9- شدت نور دو ستاره که هر دو جسم سیاه کامل هستند در یک طول موج خاص برابر است؛ در اینصورت :

- (1) دمای دو ستاره یکسان است.
 (2) اندازه دو ستاره یکسان است.
 (3) روشنایی دریافتی از دو ستاره یکسان است.
 (4) همه گزینه‌های بیان شده درست هستند.



10- در تصویر سیاهچاله مرکزی راه شیری که سرانجام در سال 2022 میلادی منتشر شد، دایره مرکزی به قطر 24 میلیون کیلومتر نمایانگر افق رویداد آن است. اگر اندازه ظاهری آن از دید ما تنها 2×10^{-5} ثانیه قوسی باشد، جرم این سیاهچاله و فاصله ما از آن چقدر است؟

- (1) 1.6×10^{40} کیلوگرم - 13 هزار سال نوری
 (2) 1.6×10^{37} کیلوگرم - 13 هزار سال نوری
 (3) 8×10^{39} کیلوگرم - 26 هزار سال نوری
 (4) 8×10^{36} کیلوگرم - 26 هزار سال نوری

11- در کهکشان راه شیری بطور متوسط نسبت جذب در پرتوهای مرئی به فزون‌های رنگی E_{U-B} و E_{B-V} طبق روابط زیر رصد شده‌اند. نسبت جذب در پرتوهای فرابنفش به جذب در پرتوهای مرئی یا $\frac{A_U}{A_V}$ چقدر است؟

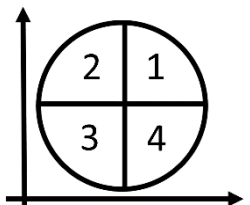
$$\frac{A_V}{E_{B-V}} = 3.2, \quad \frac{A_V}{E_{U-B}} = 4.5, \quad (E_{X-Y} = A_X - A_Y)$$

- (1) 0.5 (2) 1.5 (3) 3.5 (4) 5

12- عبارت "مشتی‌های داغ" واژه‌ای برای سیاره‌های بزرگ در نزدیکی ستاره‌های مادر است که دوره تناوبشان حداکثر 10 روز است. اگر حداکثر دقت زاویه سنجی‌های نجومی 10^{-6} ثانیه قوسی باشد، با استفاده از روش نوسان ستاره مرکزی حداکثر تا چه فاصله‌ای می‌توان اطراف ستارگان خورشیدگون چنین سیاراتی پیدا کرد؟

- (1) 60 سال نوری (2) 600 سال نوری (3) 6000 سال نوری (4) 60000 سال نوری

13- مطابق شکل یک دایره مثلثاتی روی نمودار هرتسپرونگ-راسل منطبق می‌کنیم، به نحوی که مبدأ آن روی مرکز نمودار قرار گیرد. در اینصورت در ربع‌های 1 تا 4 دایره مثلثاتی به ترتیب کدام ستارگان قرار می‌گیرند؟



- (1) غول‌های آبی - غول‌های قرمز - کوتوله‌های سفید - کوتوله‌های قرمز
 (2) غول‌های آبی - غول‌های قرمز - کوتوله‌های قرمز - کوتوله‌های سفید
 (3) غول‌های قرمز - غول‌های آبی - کوتوله‌های سفید - کوتوله‌های قرمز
 (4) غول‌های قرمز - غول‌های آبی - کوتوله‌های قرمز - کوتوله‌های سفید

14- اگر ستاره‌های پرجرم در مرحله درخش هلیومی یا *Helium Flash*، هسته‌ای با جرم خورشید را از طریق واکنش‌های همجوشی سه-آلفا بسوزانند (انرژی تولید شده در هر واکنش 7.3 MeV است)، مدت زمان این درخش با درخشندگی متوسط $1000 L_{\odot}$ چه مدت طول می‌کشد؟

- (1) حدود 10 میلیون سال
 (2) حدود 10 هزار سال
 (3) حدود 10 سال
 (4) حدود 1 میلیارد سال

15- شهاب‌ها خُرده اجرامی جدا شده از هسته دنباله‌دارها هستند که در نزدیکی مدار زمین با جو برخورد کرده و می‌سوزند؛ اگر حداکثر سرعت آنها به سبب مقید بودن به جاذبه خورشید هنگام ورود به جو 42 کیلومتر بر ثانیه باشد، حداقل و حداکثر اندازه سرعت آنها نسبت به ناظر زمینی چقدر است؟

- (1) 30 تا 42 کیلومتر بر ثانیه
 (2) 30 تا 72 کیلومتر بر ثانیه
 (3) 42 تا 72 کیلومتر بر ثانیه
 (4) 12 تا 72 کیلومتر بر ثانیه

16- صفحه مداری ماه نسبت به دایرة البروج 5.2° انحراف دارد. اگر در شهر تهران با عرض جغرافیایی 35.7° بخواهیم در شب کمترین طول سایه برج میلاد با ارتفاع 435 متر ناشی از تابش مهتاب را شاهد باشیم، طول این سایه روی شهر چند متر خواهد شد؟

- (1) حدود 10 متر
 (2) حدود 50 متر
 (3) حدود 200 متر
 (4) حدود 400 متر

17- میدان دید ثبت شده روی تصاویر رصدخانه ملی ایران (*INO340*) 20 دقیقه قوسی است. اگر روی صفحه کانونی هر میلیمتر معادل 5.3 ثانیه قوسی باشد، آشکارساز *CCD* سفارش داده شده برای آن چه ابعادی خواهد داشت؟

- (1) 3 سانتیمتر
 (2) 10 سانتیمتر
 (3) 15 سانتیمتر
 (4) 23 سانتیمتر

18- کدامیک از گزینه‌های زیر در خصوص آغاز و پایان پدیده‌های نجومی قابل مشاهده از زمین درست است؟

- (1) در یک خورشیدگرفتگی، قرص خورشید از سمت شرق ناظر پوشیده می‌شود.
 (2) در یک ماه گرفتگی، ماه از سمت شرق ناظر به نیمسایه و سایه زمین وارد می‌شود.
 (3) در پدیده گذر سیارات داخلی از مقابل خورشید، عطارد و زهره از سمت غرب ناظر روی قرص خورشید می‌آیند.
 (4) در حرکت بازگشتی سیارات خارجی، آنها برای مدتی در زمینه آسمان از غرب به شرق حرکت می‌کنند.

19- در کدامیک از گزینه‌های زیر، هر سه صورت فلکی نامبرده همگی با یکدیگر همسایه نیستند؟

- (1) کلب اکبر و خرگوش و تکشاخ
 (2) اسد و گیسو و سنبله
 (3) هرکول و اژدها و عقاب
 (4) قُرس اعظم و آندرومدا و حوت

20- اقمار گالیله‌ای سیاره مشتری با انحراف مداری کمی نسبت به دایرة البروج بدور آن می‌گردند. به همین علت سایه همگی آنها ممکن است در زمان‌هایی خاص روی سطح گازی سیاره دیده شود. دیدن سایه کدامیک از این اقمار روی سیاره مشتری در یک بازه زمانی یکسان، محتمل‌تر است؟

- (1) آیو (2) اروپا (3) گانیمد (4) کالیستو

21- دوربینی در اختیار داریم که با آن می‌توانیم یک عرقچین به شعاع α را در آسمان ببینیم. اگر لنز دوربین را عوض کنیم به گونه‌ای که شعاع عرقچینی که می‌بینیم دوبرابر شود، تعداد ستارگانی که در این صورت خواهیم دید چند برابر حالت قبلی است؟ (توزیع ستارگان در آسمان را یکنواخت در نظر بگیرید.)

- (1) $\cos^2 \alpha$ (2) $4 \cos^2 \frac{\alpha}{2}$ (3) $1 - \cos \alpha$ (4) $1 - \sin \alpha$

22- کمترین عرض دایرة البروجی بین تمام ستارگان دور قطبی در تهران ($\phi = 35.7^\circ N$) چند درجه است؟

- (1) 0.3 (2) 66.5 (3) 54.3 (4) 30.8

23- می‌دانیم یک فوتون در داخل خورشید حرکت تصادفی دارد. اگر طول پویش آزاد فوتون‌ها در مرکز خورشید 1 cm باشد، مدت زمانی که طول می‌کشد تا یک فوتون از مرکز خورشید به سطح آن برسد چقدر است؟

- (1) 500 هزار سال (2) 5000 سال (3) 500 روز (4) 500 ثانیه

24- دمای تابش زمینه کیهانی در انتقال به سرخ $z = 9$ چند برابر دمای آن در زمان حال است؟

- (1) 1 (2) 10 (3) 15 (4) 25

25- در روز امتحان مریخ به کدام یک از ستارگان زیر نزدیک‌تر است؟

- (1) رجل الجبار (2) قلب الاسد (3) الدبران (4) پولوکس

26- پرتابه‌ای با زاویه اولیه پرتاب $\theta_0 = 30^\circ$ و با سرعت اولیه $V_0 = 5 \text{ ms}^{-1}$ پرتاب شده و با هر بار برخورد به زمین سرعت آن $\beta = 0.6$ برابر شده و زاویه پرتاب آن تغییر نمی‌کند. بُرد نهایی این پرتابه چند متر است؟

- (1) 4.4 (2) 2.2 (3) 3.7 (4) 3.4

27- در یک تلسکوپ بازتابی نیوتونی با قطر دهانه $D = 40 \text{ cm}$ و نسبت کانونی $f/4.5$ ، به منظور جانمایی مناسب چشمی تلسکوپ حداکثر فاصله آینه ثانویه از آینه اصلی چقدر می‌تواند باشد؟

- (1) 160 cm (2) 140 cm (3) 120 cm (4) 180 cm

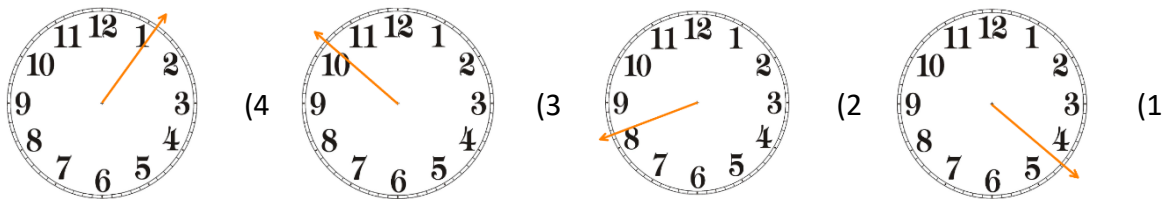
28- در یک اتم هیدروژن، الکترونی از تراز 5 به تراز 3 انرژی منتقل می‌شود. انرژی فوتون آزاد شده ناشی از این تغییر تراز، چند برابر انرژی فوتونی است که طول موجی برابر با طول موج بیشینه تابش خورشید دارد؟

- (1) 2.0 (2) 1.5 (3) 0.4 (4) 2.4

29- اگر تغییرات نسبی شعاع ستاره‌ای برابر $\frac{3}{14}$ و تغییرات نسبی فشار مرکز آن برابر $\frac{2}{7}$ باشد، تغییرات نسبی جرم آن به چه اندازه بوده است؟

- (1) $\frac{4}{7}$ (2) $\frac{1}{2}$ (3) $\frac{5}{14}$ (4) $\frac{5}{7}$

30- در یک روز آفتابی ناظری به دنبال پیدا کردن جهت شمال با کمک ساعت عقربه‌ای خود است. برای این کار او ساعت را افقی روی دست خود گرفته و عقربه ساعت‌شمار را در جهت سمت خورشید نگه داشته است. اگر ساعت زمان $2:35'$ را نشان دهد، کدام گزینه جهت جنوب را درست نشان می‌دهد؟



31- می‌خواهیم مدلی با رعایت مقیاس از کهکشان بسازیم. اگر ابعاد یک ستاره را در این مدل به اندازه یک گردو در نظر بگیریم، فاصله بین ستاره‌ها در کهکشان در چه حدودی خواهد بود؟

- (1) 1 متر (2) 1 کیلومتر (3) 1000 کیلومتر (4) 100 هزار کیلومتر

32- اگر با چشم غیرمسلح قادر به مشاهده 6000 ستاره در آسمان باشیم، به وسیله یک تلسکوپ با قطر دهانه 4 سانتیمتر چند ستاره در آسمان خواهیم دید؟

- (1) 10 هزار (2) 800 هزار (3) 50 میلیون (4) 400 میلیون

33- دو ابرگازی به شعاع‌های $R_1 = R$ و $R_2 = 3R$ و جرم‌های $M_1 = M$ و $M_2 = 3M$ ، بدون هیچ مقاومتی و فقط در اثر گرانش شروع به زُنبش می‌کنند. اگر زمان رمبش کامل این ابرها به ترتیب T_1 و T_2 باشد، نسبت $\frac{T_2}{T_1}$ چقدر است؟

- (1) $\frac{1}{3}$ (2) $\frac{1}{9}$ (3) 3 (4) 9

34- شار تابشی خورشید در بالای جو زمین برابر 1370 وات بر متر مربع است که به ثابت خورشیدی موسوم است. ولی وقتی تابش خورشید از جو زمین عبور می‌کند، تقریباً 800 وات بر متر مربع از آن به سطح زمین می‌رسد. بالای یک چراغ راهنمایی یک سلول خورشیدی مربعی به ضلع 25 سانتیمتر با بازده 10% نصب می‌کنیم. در این چراغ به طور همزمان حدود 50 عدد LED (سبز، زرد یا قرمز) روشن است. در طول یک روز آفتابی تابش دریافتی از نور خورشید معادل 5 ساعت تابش عمودی (متوسط سالانه) است. هر LED با ولتاژ 5 ولت و جریان 10 میلی‌آمپر روشن می‌شود. انرژی دریافتی از تابش خورشید برای چند ساعت کار کردن این چراغ راهنمایی در طول روز کافی است؟

- (1) 5 (2) 10 (3) 15 (4) 24

35- شعاع شوارزشیلد در یک سیاهچاله شعاعی است که اگر ابعاد جسم کوچک‌تر یا مساوی آن شود، حتی نور هم نمی‌تواند از آن فرار کند. برای محاسبه شعاع شوارزشیلد کافیست در رابطه سرعت فرار، سرعت فرار را برابر سرعت نور قرار دهیم. کهکشان‌های فعال کهکشان‌هایی هستند که یک سیاهچاله مرکزی در مرکز آنها وجود دارد که به «هسته کهکشانی فعال» یا *Active Galactic Nucleus (AGN)* موسوم است. تقریباً از هر 100 کهکشان، یکی دارای هسته فعال است. این هسته فعال یک سیاهچاله پرجرم مرکزی است که جرمی در حدود 10^8 تا 10^9 جرم خورشید دارد. چگالی یک AGN به جرم 10^9 برابر جرم خورشید، چند برابر چگالی آب است؟ (منظور از چگالی AGN چگالی منطقه‌ای است که با شعاع شوارزشیلد احاطه شده است.)

- (1) 0.02 (2) 2 (3) 2×10^5 (4) 2×10^{15}

مسئله‌های کوتاه

پیش از شروع به حل مسئله‌های کوتاه، توضیحات زیر را با دقت بخوانید. در این مسئله‌ها باید پاسخ را برحسب واحدهای مورد نظر (متر، کیلوپارسک، ثانیه‌ی قوسی و غیره) که در صورت مسئله خواسته شده، بدست آورید. پاسخ معمولاً یک عدد یک رقمی یا دو رقمی صحیح است. سپس خانه‌های مربوط به رقم‌های این عدد را در پاسخنامه سیاه کنید. توجه داشته باشید که رقم یکان عدد در ستون یکان و رقم دهگان در ستون دهگان علامت زده شود. اگر پاسخ شما عدد صحیح نشد جواب را به نزدیک‌ترین عدد صحیح گرد کنید و در پاسخنامه علامت بزنید. اگر پاسخ عدد یک رقمی شد، فقط در رقم یکان علامت بزنید و رقم دهگان را صفر بزنید.

دهگان	یکان
0	0
●	●
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9

مثال: فرض کنید سرعت یک دنباله‌دار برحسب کیلومتر بر ثانیه خواسته شده است و شما مقدار آن را 11.2 kms^{-1} محاسبه کرده‌اید. ابتدا باید این عدد را به نزدیک‌ترین عدد صحیح گرد کنید تا 11 بدست آید. سپس مطابق شکل مقابل، آن را در پاسخنامه وارد کنید. ثوابت فیزیکی و نجومی در ابتدای برگه‌ی سؤالات داده شده‌اند. در حل مسئله‌ها فقط از این ثوابت استفاده کنید. اعداد باید تنها یک بار و آن هم در انتهای حل هر مسئله گرد شوند. اگر مرتبه‌ی بزرگی جواب از شما خواسته شده بود، پس از محاسبه‌ی پاسخ، ابتدا آن را به شکل نماد علمی یعنی $a \times 10^b$ درآورید و b را در پاسخنامه وارد کنید. دقت کنید که در این حالت $1 \leq a < 10$ و b مرتبه‌ی بزرگی است. مثلاً یک واحد نجومی یعنی $1.5 \times 10^{11} m$ را در نظر بگیرید. مرتبه‌ی بزرگی این عدد 11 است.

قاعده گرد کردن بدین گونه است که اگر نتیجه بدست آمده از حل مسئله در مبنای ده به شکل $A = XX.XXXXX$ باشد، ابتدا اختلاف A با همان عدد وقتی که رقم‌های بعد از اعشار آن صفر شده یعنی $\Delta = XX.XXXXX - XX.00000$ حساب می‌شود. اگر Δ کوچکتر یا مساوی 0.5 باشد $A = XX$ و اگر Δ بزرگتر از 0.5 باشد $A = XX + 1$ در نظر گرفته خواهد شد.

1- وقتی یک تکه زغال به شکل تقریباً مکعب و به ضلع 3 سانتیمتر را گرم می‌کنیم، به رنگ سرخ تیره در می‌آید. تابش دریافتی از آن با دقت خوبی همان تابش جسم سیاه است که طول موج بیشینه آن در حدود 2400 نانومتر است. وقتی به این زغال می‌دمیم رنگ آن روشن‌تر و قرمزتر می‌شود و دمای آن نیز افزایش می‌یابد و طول موج بیشینه آن به 1600 نانومتر می‌رسد. در حالت دمیدن، شار گرمایی تولید شده از این زغال چند برابر حالتی است که بدون دمیدن روشن بود؟

2- گروه محلی از سه کهکشان متوسط با جرمی در حدود جرم راه شیری و تعدادی در حدود 50 کهکشان کوتوله با جرم-هایی در محدوده 0.05 تا 0.0001 جرم کهکشان راه شیری تشکیل شده است. کهکشان‌های این گروه در منطقه‌ای به ابعاد یک مگاپارسک به صورت تصادفی توزیع شده‌اند. مرتبه بزرگی انرژی پتانسیل ذخیره شده در گروه محلی برحسب ژول را حساب کنید.

3- فرض کنید به طور ناگهانی زمین در حالیکه در مدار خود در حال گردش است دو تکه می‌شود. تکه اول که جرمی برابر 0.1 جرم زمین را داراست در فضا می‌ایستد و به سمت خورشید سقوط آزاد می‌کند. محاسبه کنید وقتی این تکه به مرکز خورشید می‌رسد تکه دوم در چه آنومالی حقیقی‌ای (θ) قرار دارد. توجه کنید فرآیند دو تکه شدن زمین در مدت زمان بسیار کم رخ می‌دهد و اتلاف جرم هم نداریم.

4- فرض کنید کشور استرالیا یک عرقچین با شعاع 15 درجه است که مرکز آن در مختصات $\left\{ \begin{array}{l} \phi = 25^\circ S \\ l = 130^\circ E \end{array} \right.$ قرار دارد. اگر یک هواپیما از تهران بخواهد در یک جهت کاملاً تصادفی دور زمین بچرخد، چند درصد احتمال دارد که از روی استرالیا عبور کند؟ مختصات تهران $\left\{ \begin{array}{l} \phi = 35^\circ N \\ l = 52^\circ E \end{array} \right.$ است.

5- در روز 12 اردیبهشت، زهره با فاز 90% در شرق خورشید دیده می‌شود. در این لحظه میل زهره چند درجه است؟

6- می‌خواهیم توسط یک تلسکوپ آماتوری خوب، قدر ظاهری سیاره زهره را مانند ماه بدر در آسمان نورانی ببینیم. اگر قدر این دو به ترتیب 4.5- و 12.7- باشد، قطر دهانه این ابزار برحسب اینچ چقدر خواهد بود؟ (یک اینچ 2.5 سانتیمتر است.)

7- علاوه بر خطوط هیدروژن، خطوط جذبی یا نشری عنصر هلیوم نیز در اکثر اجرام نجومی دیده می‌شود. اگر پُرانرژی-ترین خط طیف هیدروژن (به ازای انرژی یونش 13.6 الکترون ولت) در 91.2 نانومتر باشد، پُرانرژی‌ترین خط طیف هلیوم یکبار یونیزه ($HeII$) در چه طول موجی است؟

8- مرتبه بزرگی نسبت انرژی الکتروشمیایی به انرژی گرانشی ذخیره شده در بدن یک انسان چقدر است؟

