

دوره فشرده یکاها و تبدیل یکاها

درس چهارم: یکاهای نجومی و تبدیل آنها

حسین شناور

دانشگاه فرهنگیان



- این مجموعه درس به عنوان پروژه درس اقدام پژوهی (دانشگاه فرهنگیان - پردیس شهید بهشتی مشهد) آماده شده است. هدف از این مجموعه درس ارائه مدون مبحث یکاها و تبدیل یکاها در فیزیک، نجوم و شیمی است. برای رسیدن به این هدف، ما جزییات ریاضی این مبحث را نیز مرور کرده و تلاش می کنیم با مثال های زیاد موضوع را منتقل کنیم.
- خواهشمندم هرگونه اشتباه نوشتاری، مفهومی و یا محاسباتی را به آدرس ایمیل من ارسال کنید تا در ویرایش های بعدی تصحیحات لازم اعمال شوند:
h.shenavar@gmail.com
- از همفکری همکلاسی های گرامی، و استاد محترم درس سرکار خانم زنوزاده، سپاسگزارم.
- برای ضبط این درس ها از نرم افزار *Zoom* استفاده شده است.

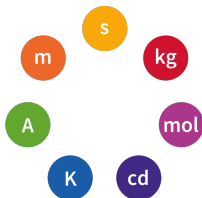
یكاهای نجومی و تبدیل آنها

- يكاهای نجومی مناسب منظومه شمسی
- يكاهای نجومی مناسب كهكشان و ابعاد بزرگتر



آنچه گذشت: یکاهای اصلی و فرعی

جدول ۱-۱ کمیت‌های اصلی و یکای آنها		
کمیت	نام یکا	نماد یکا
طول	متر	m
جرم	کیلوگرم	kg
زمان	ثانیه	s
دما	کلوین	K
مقدار ماده	مول	mol
جریان الکتریکی	آمپر	A
شدت روشنایی	کندلا (شمع)	cd



شکل‌ها از نت

ما برای همه کمیت‌های مهم یکا (واحد) تعریف خواهیم کرد؛ ولی تاکنون اثبات شده است که یکای همه کمیت‌های فیزیکی را می‌توان از هفت یکای اصلی طول، جرم، زمان، بار الکتریکی، دما، مقدار ماده و درخشندگی به دست آورد. بنابراین، ما در ابتدا این هفت کمیت اصلی را تعریف کرده و سپس کمیت‌های ثانویه را براساس آنها تعریف خواهیم کرد.

روش پیدا کردن واحد یک کمیت ثانویه: به جز کمیت‌هایی که یکای آنها با واحدهای اصلی نشان داده می‌شوند، کمیت‌های بسیار دیگری در علم وجود دارند که یکای آنها را می‌توان با ترکیبی (ضرب و تقسیم) از واحدهای اصلی ساخت. روش کلی چنین کاری بسیار آسان است:

- ۱ رابطه تعریف‌کننده کمیت فرعی را بنویسید.
- ۲ واحدهای به کار رفته در رابطه را بر حسب واحد‌های اصلی بنویسید.
- ۳ با ضرب و تقسیم واحدها، یکای کمیت فرعی را به دست آورید.

آنچه گذشت: ریاضیات تبدیل يكاه

1. $\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{ac}{bd}$	$\frac{2}{3} \cdot \frac{5}{7} = \frac{2 \cdot 5}{3 \cdot 7} = \frac{10}{21}$
2. $\frac{a}{b} \div \frac{c}{d} = \frac{a}{b} \cdot \frac{d}{c}$	$\frac{2}{3} \div \frac{5}{7} = \frac{2}{3} \cdot \frac{7}{5} = \frac{14}{15}$
3. $\frac{a}{c} + \frac{b}{c} = \frac{a+b}{c}$	$\frac{2}{5} + \frac{7}{5} = \frac{2+7}{5} = \frac{9}{5}$
4. $\frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{ad+bc}{bd}$	$\frac{2}{5} + \frac{3}{7} = \frac{2 \cdot 7 + 3 \cdot 5}{35} = \frac{29}{35}$
5. $\frac{ac}{bc} = \frac{a}{b}$	$\frac{2 \cdot 5}{3 \cdot 5} = \frac{2}{3}$
6. If $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$, then $ad = bc$	$\frac{2}{3} = \frac{6}{9}$, so $2 \cdot 9 = 3 \cdot 6$

تبدیل يكاه را با استفاده از روش تبدیل زنجیره ای می توان انجام داد. در این روش، داده ها به صورت پی در پی در ضریب های تبدیلی برابر با یک ضرب می شوند و يكاه، مانند کمیت های جبری، به گونه ای دست کاری می شوند که فقط يكاهای مطلوب باقی بمانند.

$$\frac{x}{y} = \frac{x}{a} \frac{a}{b} \frac{b}{c} \dots \frac{q}{y}$$

برای اینکه محاسبات مربوط به تبدیل يكاه را به درستی انجام دهیم باید،

۱ واحدها را به درستی بشناسیم.

۲ محاسبات کسری را به خوبی انجام دهیم.

۳ محاسبات توانی را به خوبی انجام دهیم.

۴ محاسبات مربوط به نمادگذاری علمی را به خوبی انجام دهیم.

$$x = a \times 10^n \quad \text{If: } 1 \leq a < 10 \quad \text{and} \quad n \in \mathbb{Z}$$

Law	Example
1. $a^m a^n = a^{m+n}$	$3^2 \cdot 3^5 = 3^{2+5} = 3^7$
2. $\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$	$\frac{3^5}{3^2} = 3^{5-2} = 3^3$
3. $(a^m)^n = a^{mn}$	$(3^2)^5 = 3^{2 \cdot 5} = 3^{10}$
4. $(ab)^n = a^n b^n$	$(3 \cdot 4)^2 = 3^2 \cdot 4^2$
5. $\left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n}$	$\left(\frac{3}{4}\right)^2 = \frac{3^2}{4^2}$
6. $\left(\frac{a}{b}\right)^{-n} = \left(\frac{b}{a}\right)^n$	$\left(\frac{3}{4}\right)^{-2} = \left(\frac{4}{3}\right)^2$
7. $\frac{a^{-n}}{b^{-m}} = \frac{b^m}{a^n}$	$\frac{3^{-2}}{4^{-5}} = \frac{4^5}{3^2}$

آنچه گذشت: پیشوندها

یكاهای بین المللی به صورتی انتخاب شده اند كه اندازه گیری های مربوط به زندگی روزمره را تسهیل كنند. ولی مقادیر اندازه گیری های علمی و صنعتی معمولاً بسیار بزرگتر (و یا بسیار كوچكتر) از كمیت های روزمره هستند. یكی از راه های غلبه بر این مشكل استفاده از پیشوندهاست. به جدول زیر دقت كنید.

راه دیگر روبرو شدن با این مشكل، تعریف يكاهای جدید است به صورتی كه این يكاهای مناسب فیزیک مساله باشند. چنین رویكردی به بهترین نحو در نجوم اجرا شده است كه در این جلسه به آن می پردازیم.

پیشوندهای مربوط به يكاهای SI

ضریب	پیشوند*	نماد	ضریب	پیشوند*	نماد
۱۰-۱	دسی	d	۱۰ ^{۲۴}	یوتا	Y
۱۰-۲	سانتی	c	۱۰ ^{۲۱}	زتا	Z
۱۰-۳	میلی	m	۱۰ ^{۱۸}	اِكزا	E
۱۰-۶	میکرو	μ	۱۰ ^{۱۵}	پتا	P
۱۰-۹	نانو	n	۱۰ ^{۱۲}	ترا	T
۱۰-۱۲	پیکو	p	۱۰ ^۹	گیگا	G
۱۰-۱۵	فمتو	f	۱۰ ^۶	مگا	M
۱۰-۱۸	آتو	a	۱۰ ^۳	کیلو	k
۱۰-۲۱	زپتو	z	۱۰ ^۲	هکتو	h
۱۰-۲۴	یوكتو	y	۱۰ ^۱	دكا	da

* پیشوندهای با کاربرد متداولتر با حروف سیاه نشان داده شده‌اند.

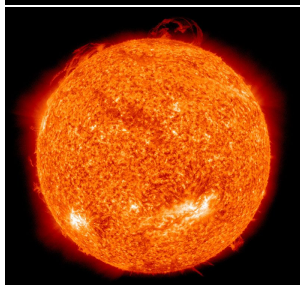
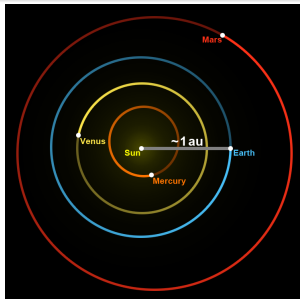
چرا برخی اوقات ترجیح می دهیم از یکاهای مناسب مساله استفاده کنیم؟

- فرض کنید می خواهیم نیروی گرانش بین زمین و خورشید را محاسبه کنیم. در این صورت، با توجه به اینکه جرم زمین $M_{\oplus} = 598 \times 10^{24} \text{ kg}$ ، جرم خورشید $M_{\odot} = 199 \times 10^{30} \text{ kg}$ و فاصله تقریبی زمین تا خورشید برابر $1.5 \times 10^{11} \text{ m}$ AU می باشد، از قانون گرانش جهانی نیوتن داریم:

$$F = G \frac{M_{\odot} M_{\oplus}}{AU^2} = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2 \frac{199 \times 10^{30} \text{ kg} \times 598 \times 10^{24} \text{ kg}}{(1.5 \times 10^{11} \text{ m})^2}$$

- که در آن مقدار ثابت گرانش نیوتن $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ را قرار داده ایم.
- واضح است که چنین محاسبه ای پیچیده است چون همه اعداد یا بسیار بزرگ و یا بسیار کوچک هستند. بنابراین، اندک اشتباهی در ضرب اعداد و یا محاسبه توان ها می تواند دردسرساز شود.
- در چنین حالتی، اگر بتوانیم یکاهای مناسب با مساله را تعریف کنیم، اعداد به یک بسیار نزدیکتر شده و محاسبات عددی راحت تر اجرا می شوند.
- مثلا می توانیم فاصله زمین تا خورشید را به عنوان استاندارد طول، جرم خورشید (و یا زمین را) به عنوان استاندارد جرم و زمان چرخش زمین به دور خورشید را به عنوان استاندارد زمان تعریف کنیم. در این صورت محاسبات ساده تر می شوند. جزییات را در ادامه ملاحظه کنید.

واحدهای نجومی مناسب برای منظومه شمسی



واحدهای نجومی مناسب برای محاسبات منظومه شمسی می توانند به صورت زیر انتخاب شوند:

سال به عنوان واحد زمان: $yr = 31556925 s$

۱ واحد نجومی ($AU = \text{Astronomical Unit}$)
به عنوان واحد طول که برابر فاصله میانگین زمین تا خورشید است:

$$AU = 149597870700 \text{ m}$$

۲ جرم خورشید ($M_{\odot}$) به عنوان واحد جرم:

$$M_{\odot} = (198847 \pm 0.00007) \times 10^30 \text{ kg}$$

البته این انتخاب در صورتی است که ما با برهمکنش خورشید و سیارات سر و کار داشته باشیم. ولی اگر بخواهیم برهمکنش زمین و ماه را بررسی کنیم، آنگاه بهتر است از فاصله میانگین زمین تا ماه به عنوان استاندارد طول، زمان یک ماه به عنوان استاندارد زمان و جرم زمین به عنوان استاندارد جرم استفاده کنیم.

ثابت گرانش جهانی نیوتن در دستگاه یکاهای منظومه شمسی

● ثابت گرانش جهانی نیوتن ($G = 6.67 \times 10^{-11} Nm^2/kg^2$) را در دستگاه یکاهای منظومه شمسی به دست آورید.

● پاسخ: برای یافتن ثابت گرانش جهانی نیوتن در دستگاه یکاهای منظومه شمسی باید یکاهای kg ، m و s را به ترتیب به $M_\odot$ ، AU و yr تبدیل کنیم. هرچند، در ابتدا باید واحد نیوتن را به واحدهای اصلی SI بازگردانیم:

$$G = 6.67 \times 10^{-11} Nm^2/kg^2 = 6.67 \times 10^{-11} \frac{kg}{s^2} \frac{m}{kg} \frac{m^2}{kg} = 6.67 \times 10^{-11} \frac{m^3}{kg s^2}$$

حال یکاهای SI را به یکاهای نجومی تبدیل می کنیم:

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{m^3}{kg s^2} \times \left(\frac{AU}{149597870700 m} \right)^3 \times$$

$$\frac{1.98847 \times 10^{30} kg}{M_\odot} \times \left(\frac{31556926 s}{yr} \right)^2 = 3.948 \frac{AU^3}{M_\odot yr^2}$$

● تمرین ۱: الف) محاسبات را انجام داده و مقدار نهایی را به دست آورید. ب) مقدار عددی به دست آمده بسیار نزدیک به مقدار $4\pi^2$ می باشد. آیا می توانید دلیل این موضوع را توضیح دهید؟

دو تمرین و یک مثال

تمرین ۲: دستگاه یکایی را برحسب شعاع زمین $R_{\oplus} = 6370 \text{ km}$ ، جرم زمین $M_{\oplus}$ $598 \times 10^{24} \text{ kg}$ و طول شبانه روز $d = 86400 \text{ s}$ ساخته و مقدار ثابت گرانش جهانی نیوتن را در آن به دست آورید.

تمرین ۳: دستگاه یکایی را برحسب فاصله زمین تا ماه $LD = 382 \times 10^8 \text{ m}$ ، جرم زمین $M_{\oplus} = 598 \times 10^{24} \text{ kg}$ و طول ماه قمری $month = 29.53 \text{ days}$ ساخته و مقدار ثابت گرانش جهانی نیوتن را در آن به دست آورید.

مثال: با استفاده از مقدار به دست آمده برای G در اسلاید قبل، نیروی گرانش بین زمین و خورشید را بیابید.

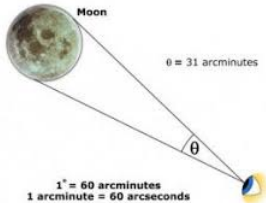
پاسخ: در دستگاه یکاهای منظومه شمسی جرم زمین برابر است با $M_{\oplus} = M_{\odot} / 333000$. بنابراین:

$$F = G \frac{M_{\odot} M_{\oplus}}{AU^2} = 39.48 \frac{AU^3}{M_{\odot} \text{ yr}^2} \times \frac{M_{\odot} \frac{M_{\odot}}{333000}}{AU^2}$$

$$F = \frac{39.48}{333000} \frac{M_{\odot} AU}{\text{yr}^2} = 1.18 \times 10^{-4} \frac{M_{\odot} AU}{\text{yr}^2}$$

ملاحظه می کنید که محاسبات بسیار ساده تر شده اند. این شیوه، مخصوصا وقتی که ماشین حساب در اختیار نداریم و یا در حال نوشتن کد هستیم، به کار می آید.

زوایای بسیار كوچك



• اجرام در آسمان می توانند به یکدیگر بسیار نزدیک باشند (از لحاظ زاویه ای).

• برای زوایای بسیار كوچك، مخصوصا در نجوم و كیهان شناسی، از دقیقه قوسی و ثانیه قوسی استفاده می شود.

• ۱ یک درجه برابر با ۶۰ دقیقه قوسی است:

$$1^\circ = 60'$$

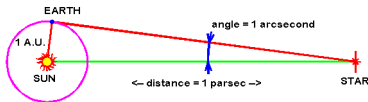
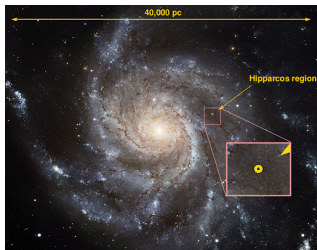
• ۲ یک دقیقه قوسی برابر با ۶۰ ثانیه قوسی است:

$$1' = 60''$$

از این تعریف می توان برای ساختن یک يكای طول نجومی دیگر استفاده كرد.



واحدهای نجومی برای كهكشان و ابعاد بزرگتر



در ابعاد كهكشانی، حتی واحدهای نجومی بالا هم چندان مفید نیستند. بنابراین معمولا از واحدهای دیگری استفاده می شود.

واحد زمان: یکی از واحدهای زمانی استفاده شده، طول عمر کیهان است که برابر ۱۳,۷ میلیارد سال برآورد شده است. همچنین، از عکس ثابت هابل $\frac{1}{H_0}$ به عنوان یک واحد زمانی استفاده می شود (به مساله مربوطه در انتهای درس رجوع کنید).

پارسک (pc) به عنوان واحد طول: زاویه یک ثانیه قوسی ۱'' روبه رو به قطاعی به طول یک واحد نجومی AU را در نظر بگیرید. شعاع چنین دایره ای برابر یک پارسک است:

$$pc = 3,085677581 \times 10^{16} m$$

معمولا از ($10^1 M_{\odot}$) به عنوان واحد جرم استفاده می شود.

شناخت دقیق تر پارسك

الف) يك ثانیه قوسی را برحسب رادیان بیايد.

پاسخ الف:

$$\begin{aligned} 1'' &= \frac{1'}{60} = \frac{1}{60} \times \frac{1^\circ}{60} \\ &= \frac{1}{3600}^\circ = \frac{1}{3600} \times \frac{\pi}{180} \text{ rad} = 4.85 \times 10^{-6} \text{ rad} \end{aligned}$$

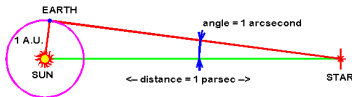
ب) در شكل مقابل، زاویه يك ثانیه قوسی $1''$ روبه رو به قطاعی به طول يك واحد نجومی AU را در نظر بگیرید. شعاع چنین دایره ای برابر يك پارسك است. با استفاده از رابطه $s = r\theta$

نشان دهید كه

$$pc = 3.085677581 \times 10^{16} \text{ m}$$

پاسخ ب:

$$r = \frac{s}{\theta} = \frac{1 AU}{1''} = \frac{1.49 \times 10^{11} \text{ m}}{4.85 \times 10^{-6} \text{ rad}} = 3.08 \times 10^{16} \text{ m}$$



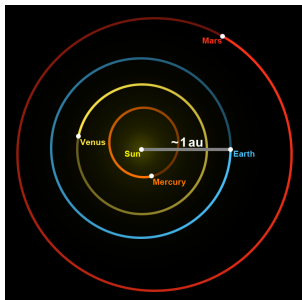
پ) يك پارسك چند سال نوری است؟

پاسخ پ:

$$pc = 3.085677581 \times 10^{16} \text{ m}$$

$$= 3.085677581 \times 10^{16} \text{ m} \times \frac{ly}{9.461 \times 10^{15} \text{ m}} = 3.26 \text{ ly}$$

تبدیل واحدها



از قاعده تبدیل زنجیره ای برای تبدیل واحدها استفاده می کنیم.

مثال: سرعت حرکت زمین به دور خورشید، بنا به تعریف، برابر $2\pi \frac{AU}{year}$ می باشد. این سرعت را بر حسب km/s به دست آورید.

پاسخ:

$$v = 2\pi \frac{AU}{year} = 2\pi \frac{AU}{\frac{year}{year}} \frac{149597870700 \text{ m}}{AU} \times \frac{1}{365.25 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ s}} = 29785/25 \text{ m/s}$$

بنابراین: $v \approx 30 \text{ km/s}$

تمرین: سرعت حرکت خورشید به دور مرکز كهكشان تقریباً برابر 200 km/s می باشد. این سرعت را بر حسب $k \text{ pc/year}$ به دست آورید.

چند نکته تکراری!

- نکته: دقت کنید که عبارت اولیه فقط در عبارت هایی معادل با یک ضرب شده است؛

$$\frac{149597870700 \text{ m}}{AU} = 1, \quad \frac{\text{year}}{365/25 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ s}} = 1$$

بنابراین مقدار عبارت اولیه بدون تغییر باقی می ماند.

- نکته: دقت کنید که ضرایب به صورتی انتخاب شده اند که واحد های دلخواه باقی بمانند و واحدهای دیگر حذف شوند. مثلاً ما عبارت اولیه را در $1 = \frac{149597870700 \text{ m}}{AU}$ ضرب کرده ایم و نه $1 = \frac{AU}{149597870700 \text{ m}}$ زیرا می خواهیم واحد AU را حذف کنیم:

$$v = 2\pi \frac{AU}{\text{year}} = 2\pi \frac{\cancel{AU}}{\cancel{\text{year}}} \frac{149597870700 \text{ m}}{\cancel{AU}} \times \frac{\text{year}}{365/25 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ s}}$$

$$v = 29785/25 \text{ m/s}$$

تا واحد دلخواه m/s باقی بماند (واحد سال را نیز به همین ترتیب حذف کرده ایم).

- نکته: توجه کنید که m/s را به صورت $\frac{m}{s}$ هم می نویسیم. همچنین AU/year به صورت $\frac{AU}{\text{year}}$ نوشته می شود و ...

نکات مهم این درس

انتظار این است که در انتهای این درس شما بتوانید نکات اساسی یکاهای نجومی و تبدیل آنها را بیان کنید. برای اینکار لازم است بتوانید به سوال های زیر پاسخ دهید:

- ۱ چرا برای حل مسائل نجومی به یکاهای نجومی نیاز داریم؟
- ۲ واحدهای نجومی مناسب برای توصیف منظومه شمسی را نام ببرید.
- ۳ واحد انرژی در دستگاهی که بر اساس AU ، $M_{\odot}$ و yr تعریف شده است چیست؟
- ۴ واحدهای نجومی مناسب برای توصیف سیستم ماه-زمین را نام ببرید.
- ۵ واحدهای نجومی مناسب برای توصیف کهکشان و ابعاد بزرگتر را نام ببرید.
- ۶ منظور از دقیقه قوسی و ثانیه قوسی چیست؟
- ۷ تعریف پارسک چیست؟

اگر درباره هرکدام از مفاهیم یاد شده بالا مشکلی احساس می کنید، لطفا درس را یک بار دیگر مرور کنید.

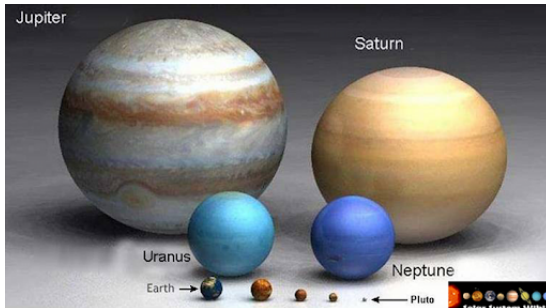
فراموش نکنیم که بهترین راه برای درک و ”درونی سازی“ مفاهیم ریاضی و فیزیک، حل مساله است. به همین دلیل سعی کنید دانسته های خود را با حل سوالات زیر محک زده و تقویت کنید.



تمرین

یكاه:

جرم سیاره مشتری ۹۵/۱ برابر جرم زمین و شعاع آن 120000 کیلومتر است. اگر جرم زمین $6 \times 10^{24} \text{ kg}$ باشد چگالی مشتری را بیابید.

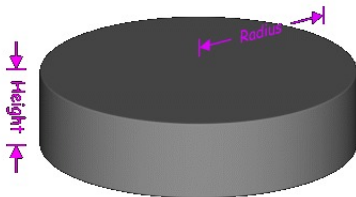


thetimenow.com

تمرین

يكاهای:

جرم كهكشان راه شیری، كه يك كهكشان دیسکی (قرصی) است، تقریباً 10^{11} برابر جرم خورشید، شعاع آن تقریباً 10^3 کیلوپارسک، و ضخامت آن تقریباً یک کیلوپارسک است. جرم خورشید برابر $M_{\odot} = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$ و هر کیلوپارسک برابر $1 \text{ kpc} = 3.1 \times 10^{19} \text{ m}$ می باشد. چگالی قرص كهكشان را بر حسب kg/m^3 بیایید.



تمرین

يكاهای:

كهكشان كروی مقابل، جرمی تقریباً برابر با 10^{10} برابر جرم خورشید دارد و شعاع آن تقریباً ۵ كيلوپارسك است. جرم خورشید برابر $M_{\odot} = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$ و هر كيلو پارسك برابر $1 \text{ kpc} = 3.1 \times 10^{19} \text{ m}$ می باشد. چگالی این كهكشان را بر حسب kg/m^3 بیابید.



ویکی

تمرین

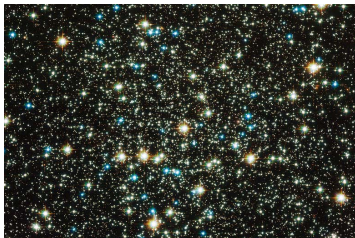
يكاه:

الف) فرض كنید كه 10^{23} ستاره هم جرم خورشید در كیهان وجود دارد. جرم كل كیهان را بر حسب كیلوگرم بیابید.

ب) همچنین فرض كنید كه كیهان كره ای به شعاع $3000 M pc$ (مگا پارسك) می باشد. حجم كل كیهان را بر حسب m^3 بیابید.

پ) چگالی این كره (کیهان) را بر حسب kg/m^3 بیابید.

راهنمایی: جرم خورشید برابر $10^{30} kg$ و هر پارسك برابر $pc = 3.08 \times 10^{16} m$ می باشد.



new scientist

تمرین

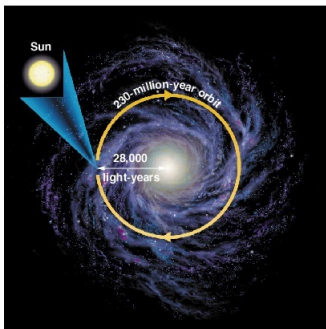
يكاه:

سال نوری "فاصله" ای است كه نور در مدت يك سال می پیماید.
هر سال نوری چند متر است؟ راهنمایی: سرعت نور برابر است
با $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$.

ب) فاصله خورشید تا مركز كهكشان ۲۸۰۰۰ سال نوری است.
این فاصله چند متر است؟

پ) اگر ۲۳۰ میلیون سال طول بكشد تا خورشید يكبار به دور
كهكشان بچرخد سرعت حرکت خورشید به دور مركز كهكشان چند
متر بر ثانیه است؟ راهنمایی: $v = 2\pi r/T$.

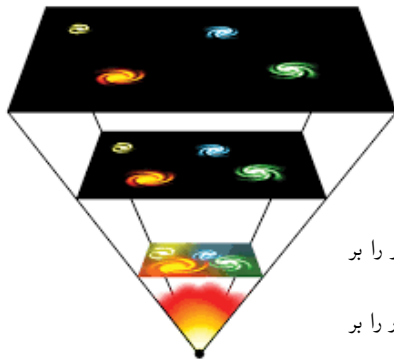
ت) شتاب حرکت خورشید به دور مركز كهكشان را با استفاده از
فرمول $a = v^2/r$ و بر حسب m/s^2 به دست آورید.



Copyright © Addison Wesley

نت

تمرین



مقدار ثابت هابل تقریباً برابر

$$H_0 \simeq 70 \frac{km/s}{M pc}$$

برآورد شده است. در اینجا داریم $M pc = 10^6 pc$.

الف) مقدار این ثابت را بر حسب $1/s$ بیابید.

ب) مقدار $\frac{1}{H_0}$ تخمینی از عمر کیهان است. این مقدار را بر حسب سال بیابید.

پ) مقدار $\frac{c}{H_0}$ تخمینی از اندازه کیهان است. این مقدار را بر حسب متر بیابید.

توجه: $c = 299792458 m/s$ سرعت نور است.

مبحث بعدی: تبدیل يكاهای در شیمی

در جلسه بعد با برخی يكاهای مهم مورد استفاده در شیمی و شیوه تبدیل آنها به يكديگر آشنا خواهیم شد.



با سپاس از توجه شما،
لطفا ما را در شبکه های
اجتماعی دنبال كنید.

