فصل اول

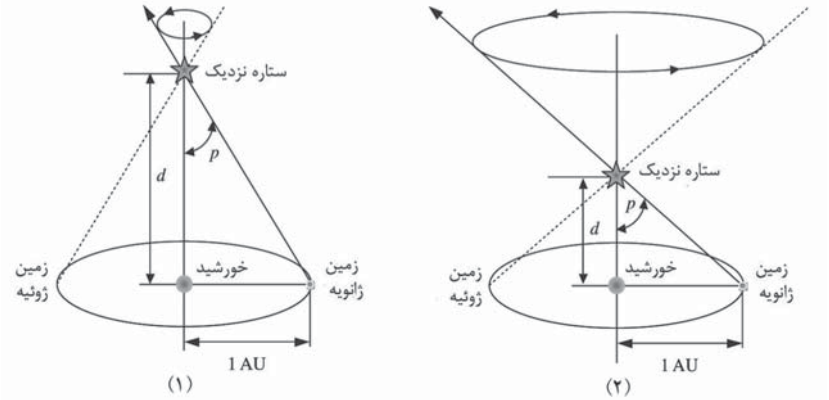
ابزار کار

۱-۱ فاصله

برای تعیین بسیاری از پارامترهای اصلی هر جسمی در آسمان، ابتدا لازم است میزان نزدیکی آن تا خود را به دست آوریم. بعداً خواهیم دید که این امر از اهمیتی حیاتی برخوردار است، زیرا ظاهر درخشان یک ستاره در آسمان شب، می‌تواند حاکی از نزدیکی آن به ما و یا دال بر درخشندگی ذاتی آن ستاره باشد. بالعکس بعضی ستارگان ممکن است به این جهت کم‌نور به نظر برسند که یا در فاصله بسیار دوری از ما قرار گرفته‌اند و یا به خودی خود ستاره کم‌نوری هستند. لازم است بدانیم که کدام یک از این توضیحات در مورد یک ستاره صدق می‌کند. تعیین فاصله در اخترشناسی، همیشه با مشکل و خطا همراه بوده و خواهد بود. هنوز توافقی بر این‌که بهترین روش، کدام است وجود ندارد، به‌خصوص در مورد فاصله تا کهکشان‌های دیگر و تا منتهی‌الیه کهکشان ما، یعنی راه شیری. قدیمی‌ترین روش، که امروزه همچنان مورد استفاده است، احتمالاً دقیق‌ترین روش محسوب می‌شود، به خصوص در تعیین فاصله تا ستارگان.

این تکنیک ساده، اختلاف‌منظر (پارالاکس) ستاره‌ای نامیده می‌شود و در واقع اندازه‌گیری زاویه‌ای است وقتی که ستاره از دو مکان مختلف در مدار زمین مشاهده می‌شود. این دو مکان عموما شش ماه از یکدیگر فاصله دارند و به همین دلیل به نظر می‌رسد که ستاره، نسبت به ستارگان دورتری که در پس‌زمینه قرار دارند، تغییر مکان داده است. اختلاف‌منظر (p) ستاره مشاهده شده با نصف زاویه‌ای که به نظر می‌رسد مکان ظاهری ستاره به آن مقدار تغییر نموده، برابر است. هرچه اختلاف‌منظر (p)، بزرگ‌تر باشد،

فاصله تا ستاره (d) کوچک‌تر خواهد بود. شکل ۱ـ۱ به تشریح این مفهوم پرداخته است. اگر اختلاف‌منظر اندازه‌گیری شده ستاره‌ای، ۱ ثانیه‌قوس ($\frac{۱}{۳۶۰۰}$ درجه) و خط مبنای آن ۱ واحد نجومی (AU) باشد، که فاصله متوسط زمین تا خورشید است، در این صورت فاصله ستاره ۱ پارسک (pc) خواهد بود - «فاصله جسمی که اختلاف‌منظر آن یک ثانیه قوس است». واژه پارسک از بخش‌های اول کلمات Parallax به معنی اختلاف‌منظر و Second به معنی ثانیه گرفته شده است و پارسک واحدی برای فاصله است که اغلب در اخترشناسی مورد استفاده قرار می‌گیرد[۱].



شکل ۱ـ۱. اختلاف‌منظر ستارگان. (۱) زمین به دور خورشید می‌گردد و مکان ستاره‌ای که در نزدیکی است، نسبت به ستارگان پس‌زمینه تغییر می‌کند. اختلاف‌منظر ستاره، اندازه‌گیری زاویه‌ای مدار زمین است زمانی که از ستاره رصد می‌شود. (۲) هر چه ستاره نزدیک‌تر باشد، زاویه اختلاف‌منظر (PA) بزرگ‌تر خواهد بود.

فاصله یک ستاره (d) بر حسب پارسک عکس اختلاف‌منظر است و معمولاً به این صورت نمایش داده می‌شود:

$$d(pc) = \frac{۱}{p''}$$

بنابراین، با استفاده از معادله فوق، ستاره‌ای با اختلاف‌منظر اندازه‌گیری شده ۰٫۱ ثانیه قوس در فاصله ۱۰ pc و دیگری با اختلاف‌منظر ۰٫۰۵ ثانیه قوس در فاصله ۲۰ pc قرار دارد.

نکته ۱. رابطه بین اختلاف‌منظر و فاصله: $d(pc) = \frac{۱}{p''}$

d فاصله تا ستاره که بر حسب پارسک اندازه‌گیری می‌شود.

p زاویه اختلاف‌منظر ستاره بر حسب ثانیه قوس است.

این رابطه‌ی ساده، مهم‌ترین دلیل بیان فواصل نجومی بر حسب پارسک، به جای سال نوری ($l.y$) است. درخشان‌ترین ستاره در آسمان شب شعرای یمانی (آلفا -سگ کوچک) است، که اختلاف‌منظر

آن ۰/۳۷۹ ثانیه‌ی قوس است. پس فاصله‌ی آن از زمین برابر خواهد بود با:

$$d = \frac{۱}{p} = \frac{۱}{۰/۳۷۹} = ۲/۶۳\ pc$$

توجه داشته باشید که pc ۱ برابر است با ۳/۲۶ سال نوری. این فاصله را می‌توان به این صورت نیز بیان نمود:

$$d = ۲/۶۳ \times \frac{۳/۲۶ l.y}{۱\ pc} = ۸/۶ l.y.$$

جای شگفتی است که تمامی ستارگان شناخته شده، زاویه‌ی اختلاف‌منظرشان کوچک‌تر از ۱ ثانیه قوس است. اندازه‌گیری فاصله آن دسته از ستارگان که زاویه‌شان کوچک‌تر از ۰/۰۱ ثانیه قوس است از روی زمین، به دلیل تأثیر اتمسفر بسیار مشکل است؛ این مسئله اندازه‌گیری فاصله را به حدود $۱۰۰ pc$ $(\frac{۱}{۰/۰۱})$ محدود می‌کند. ولی ماهواره هیپارکوس که در سال ۱۹۸۹ به فضا پرتاب شده، قادر به اندازه‌گیری زاویه اختلاف‌منظر با دقت ۰/۰۰۱ ثانیه‌قوس است و این تعیین فاصله تا حدود $۱۰۰۰ pc$ را میسر می‌سازد[۲].

اما این پیشرفت بزرگ در تعیین فاصله، تنها برای ستارگانی مفید است که در فواصل نسبتا نزدیکی قرار دارند. اکثر ستارگان کهکشان، دورتر از آن هستند که بتوان اختلاف منظر آن‌ها را اندازه‌گیری نمود. پس در مورد آن‌ها باید به روش دیگری متوسل شد.

در واقع ستارگان فراوانی هستند که روشنایی آن‌ها تغییر می‌کند (به این‌ها ستارگان متغیر گفته می‌شود.) پاره‌ای از این ستارگان در تعیین فاصله نقش عمده‌ای ایفا می‌کنند. اگرچه در مورد جزئیات ویژگی‌های آن‌ها بعدا بحث خواهیم کرد اما اشاره‌ی کوچکی به این ستارگان در این جا خالی از لطف نیست.

دو گونه از ستارگان متغیر در تعیین فاصله مورد استفاده قرار می‌گیرند. ستارگان متغیر قیفاووسی و ستارگان متغیر آر آر شلیاق [۳].

هر دو نوع از این گونه ستارگان در زمره‌ی متغیرهای تپنده، طبقه‌بندی می‌شوند و ستارگانی هستند که قطر آن‌ها به مرور زمان دستخوش تغییر می‌شود. اهمیت این ستارگان در این است که روشنی یا درخشندگی[۴] متوسط و تناوب تغییرپذیری آن‌ها به یکدیگر مرتبط است. هرچه مدت زمان تغییر روشنایی ستاره طولانی‌تر باشد (تناوب)، درخشندگی آن بیشتر خواهد بود. به همین دلیل است که نسبت مشهور تناوب به درخشندگی‌قابل توجیه می‌شود[۵].

اندازه‌گیری تناوب یک ستاره، کاری نسبتا آسان است و ستاره‌شناسان آماتور نیز قادر به انجام آن هستند. با اندازه‌گیری تناوب، می‌توان درخشندگی ستاره را به دست آورد. با مقایسه درخشندگی، که میزان روشنی ذاتی ستاره است، نسبت به روشنی ظاهری آن در آسمان، می‌توان فاصله‌ی ستاره را به دست آورد[۶].

با استفاده از متغیرهای قیفاووسی به عنوان مرجع تاکنون فواصلی تا حدود ۶۰ میلیون سال نوری به دست آمده‌اند.

در روش مشابه دیگری، از ستارگان آر آر شلیاق استفاده می‌شود که درخشندگی آن‌ها از قیفاووسی‌ها کمتر و تناوب آن‌ها نیز کمتر از یک روز است. از روی این ستارگان می‌توان به فواصلی تا ۲ میلیون سال نوری دست یافت.

راه دیگر تعیین فاصله، استفاده از اختلاف‌منظر طیفی است، در این روش با یافتن طبقه‌بندی طیفی ستاره، می‌توان درخشندگی ذاتی آن را به دست آورده، و سپس با مقایسه‌ی آن و روشنایی ظاهری، فاصله را تعیین نمود.

روش‌های دیگری نیز وجود دارند که از آن‌ها برای تعیین فاصله‌ی اجسام بسیار دور از ما، یعنی کهکشان‌ها، استفاده می‌شود. در این روش‌ها، متد تالی فیشر[1] و قانون معروف هابل[2] مورد استفاده قرار می‌گیرند. به جزئیات بیشتر این روش‌ها، یعنی متغیر قیفاووسی، تالی فیشر و قانون هابل، بعدا خواهیم پرداخت.

در نهایت، نکته‌ای در مورد تعیین فاصله وجود دارد که شایان توجه است. گمان نکنید که با این روش‌ها، مقادیر کاملا دقیقی به دست می‌آید. این‌طور نیست. همیشه خطای کوچکی وجود دارد. این خطا معمولاً حدود ۱۰ تا ۲۵٪ است و حتی گاهی تا ۵۰٪ خطا نیز وجود داشته است. به خاطر داشته باشید وقتی ۲۵٪ خطا در ستاره‌ای که فاصله آن ۴۰۰۰ سال نوری تخمین زده شده است، وجود داشته باشد، بدین معنی است که این ستاره در فاصله‌ای بین ۵۰۰۰ سال نوری قرار دارد. در جدول ۱ـ۱ فهرستی از ۲۰ ستاره که در نزدیک‌ترین فاصله به ما واقع شده‌اند، آمده است.

حال بیایید از نقطه نظر مشاهده‌ای، به بحث در مورد پاره‌ای از نزدیک‌ترین ستارگان در آسمان شب بپردازیم. فهرست ذیل (جدول ۱ـ۱) به هیچ عنوان کامل نیست ولی شامل ستارگانی می‌شود که به‌آسانی دیده می‌شوند. بسیاری از ستارگانی که نزدیک ما هستند، کم‌نورند و به همین علت مشاهده آن‌ها با اشکال همراه است، به همین دلیل این ستارگان در این فهرست گنجانده نشده‌اند. در تمام طول کتاب، برای نامگذاری ستارگان از روش ذیل استفاده شده است: بخش اول نام رایج ستاره است که پس از آن نام علمی آن آمده است. بخش بعد موقعیت آن به بُعد و میل را نشان می‌دهد و بخش بعد به ماه‌هایی اشاره می‌کند که ستاره برای رصد در بهترین مکان قرار می‌گیرد.

خط بعد داده‌ها و اطلاعات استاندارد ستاره‌ی مورد بحث را نمایش می‌دهد: از جمله، قدر ظاهری و پس از آن قدر مطلق، داده‌های خاص مربوط به ستاره و در نهایت صورت فلکی که ستاره در آن قرار دارد.

1) Tully Fisher 2) Hubble

جدول ۱-۱ ۲۰ ستاره از نزدیک‌ترین ستارگان در آسمان

ردیف	ستاره	فاصله (سال نوری)	صورت فلکی
۱	خورشید	.....	.....
۲	پروکسیما قنطورس	۴٫۲۲	قنطورس
۳	آلفا قنطورس A (۷)	۴٫۳۹	قنطورس
۴	ستاره بارنرد (۷)	۵٫۹۴	حوّا (مار افسای)
۵	وَلف ۳۵۹	۷٫۸	اسد
۶	لالاند ۲۱۱۵۸	۸٫۳۱	دب اکبر
۷	شعرای یمانی A (۷)	۸٫۶۰	کلب اکبر
۸	یو - وی قیطس A (۷)	۸٫۷	قیطُس (نهنگ)
۹	راس ۱۵۴	۹٫۶۹	قوس
۱۰	راس ۲۴۸	۱۰٫۳	امراةالمسلسله
۱۱	اپسیلون نهر	۱۰٫۴۹	نهر
۱۲	اِچ دی ۲۱۷۹۸۷	۱۰٫۷۳	حوت جنوبی
۱۳	راس ۱۲۸	۱۰٫۸۹	سنبله
۱۴	اِل $A^{۷}$ ۶ – ۷۸۹	۱۱٫۲	دلو
۱۵	۶۱ دجاجه A	۱۱٫۳۵	دجاجه
۱۶	شعرای شامی A (۷)	۱۱٫۴۲	کلب اصغر
۱۷	۶۱ دجاجه B	۱۱٫۴۳	دجاجه
۱۸	اچ دی ۱۷۳۷۴۰	۱۱٫۴۷	اژدها
۱۹	اچ دی ۱۷۳۷۳۹	۱۱٫۶۴	اژدها
۲۰	جی‌ایکس امراةالمسلسله (۷)	۱۱٫۶۴	امراةالمسلسله

۱-۱-۱ نزدیک‌ترین ستارگان به ما

مارس -آوریل -می	$-۶۲^{\circ}۴۱'$	$۱۴^{h}۲۹٫۷^{m}$	$(V\ ۶۴۵\ Cen)$	پروکسیما قنطورس
قنطورس	$۰٫۷۷۲''$	$۴/۲۲l.y$	$۱۵/۴۵M$	$۱۱٫۰۱_{V}m$ (۸)

این دومین ستاره نزدیک به زمین و نزدیک‌ترین ستاره به منظومه شمسی است و اگرچه کم‌نور است ولی در این فهرست گنجانده شده است. این ستاره یک کوتوله سرخ و یک ستاره شراری به شمار می‌رود

که به‌طور مداوم انفجاراتی در آن شکل می‌گیرد و بیشینه دامنه‌ی آن حدود یک قدر است. داده‌های اخیر حاکی از این است که بر خلاف تصورات پیشین، این ستاره، آلفا قنطورس را همراهی نمی‌کند، بلکه در حقیقت در مداری هذلولی به دور آن می‌گردد و تنها از میان منظومه، عبور می‌کند.

دسامبر -ژانویه -فوریه	$-16°43'$	$06^h45{,}1^m$	(α (کلب اکبر	شعرای یمان A
کلب اکبر	$0{,}379''$	$8/6l.y.$	$1{,}45M$	$-1{,}44m$

شعرای یمانی که به آن ستاره‌ی سگ نیز می‌گویند، بسیار زیباست. این ستاره ششمین ستاره‌ی نزدیک و درخشان‌ترین ستاره در آسمان است. در میان منجمان آماتور این ستاره به دلیل رنگ‌های زیبایی که در نتیجه اثر اتمسفری از خود نمایش می‌دهد، مشهور است. یک ستاره کوتوله همراه این ستاره است، که نخستین نمونه‌ی کشف شده است و جلوه‌ای خیره‌کننده در هر دستگاه بصری از خود به نمایش می‌گذارد.

دسامبر -فوریه -ژانویه	$+56°13'$	$07^h39{,}3^m$	(α کلب اصغر)	شعرای شامی
کلب اصغر	$0{,}283''$	$11{,}41\ l.y.$	$2{,}68M$	$0{,}40m$

شعرای شامی از نظر نزدیکی، پانزدهمین و از نظر درخشش، هشتمین ستاره است. این ستاره نیز مانند همسایه‌اش، شعرای یمانی، یک کوتوله‌ی سفید همراه خود دارد اما با تلسکوپ‌های آماتوری رویت‌پذیر نیست.

آوریل -می -ژوئن	$+4°38'$	$17^h57{,}8^m$	$(HD21185)$	ستاره بارنرد
حوّا	$5{,}94l.y.\ \ 0{,}549''$	$13{,}24M$	$9{,}54m$	

سومین ستاره نزدیک، یک کوتوله سرخ است. آن‌چه این ستاره را معروف کرده، این است که بزرگ‌ترین حرکت خاص را در میان ستارگان دارد(۱۰) یعنی ۰٫۴ ثانیه قوس در سال. سرعت ستاره بارنرد[1] که ستاره گریزپای بارنرد نیز خوانده می‌شود، ۱۴۰ km در ثانیه است. با این سرعت تنها ۱۵۰ سال طول خواهد کشید تا این ستاره مسافتی برابر با قطر ماه را در پهنه آسمان بپیماید. پیش‌تر گمان می‌شد که این ستاره متعلق به کهکشان «جمعیت هاله» است.

جولای -آگوست -سپتامبر	$+38°45'$	$21^h06{,}9^m$	$V1803cyg$	A دجاجه ۶۱
دجاجه	$0{,}287''$	$11{,}35l.y.$	$7{,}49M$	$5{,}20_V m$

این ستاره نمونه‌ی خوبی از یک ستاره‌ی دوتایی، با جدایی ۳۰٫۳ ثانیه‌ی قوس و زاویه مکان ۱۵۰° است (به بخش ۳ـ۷ مراجعه نمایید). هر دو ستاره کوتوله هستند و رنگ نارنجی زیبایی دارند. در واقع این

1) Barnard

اولین ستاره‌ای است که اندازه‌گیری فاصله‌ی آن در سال ۱۸۳۸ توسط اف، دبلیو. بِسِل[1] و با استفاده از اختلاف‌منظر ستارگانی، با موفقیت انجام شد.

اگوست ـ سپتامبر ـ اکتبر	$..^h ۱۸/۲^m$	$+۴۴^\circ ۰۱'$	Grb34	امراةالمسلسله
امراةالمسلسله	$۰/۲۸۰''$	$۱۱/۶۵ l.y$	$۱۰/۳۳M$	$۸/۰۹_V m$

این ستاره یکی از کوتوله‌های سرخ اشاره شده از منظومه‌ای دوتایی است و ستاره‌ی اولیه، خود یک ستاره‌ی دوتایی طیفی محسوب می‌شود. GX امراةالمسلسله که نام دیگر آن گرومبریج ۳۴ A است، حدوداً در $^\circ ۰/۲۵$ شمالی امراةالمسلسله ۲۶ قرار گرفته است.

اگوست ـ سپتامبر ـ اکتبر	$-۳۵^\circ ۵۲'$	$۲۳^h ۵/۵^m$	$HD۲۱۷۹۸۷^{(۱۱)}$	Lacille
حوت جنوبی	$۰/۳۰۴''$	$۱۰/۷۳ l.y.$	$۹/۷۶M$	$۷/۳۵m$

این ستاره یک کوتوله سرخ است که از لحاظ سرعت حرکت خاص، چهارمین مقام را در میان ستارگان شناخته شده داراست، این ستاره در یک سال مسافتی حدود ۷ ثانیه‌ی قوس را می‌پیماید، بنابراین حدود ۱۰۰۰ سال طول خواهد کشید که از فاصله‌ی زاویه‌ای ماه کامل که $^\circ ۰/۵$ است عبور نماید. Lacille در منتهی‌الیه جنوب شرقی صورت فلکی خویش، در $^\circ ۱$ جنوب‌شرقی از π حوت جنوبی واقع شده است.

سپتامبر ـ اکتبر ـ نوامبر	$-۱۷^\circ ۵۷'$	$۱^h ۳۸/۸^m$	$(L۷۲۶-۸A)$	UV قیطس
قیطس	$۰/۳۸۱''$	$۸/۵۶ l.y.$	$۱۵/۴۲M$	$۱۲/۵۶_V m$

هفتمین ستاره‌ی نزدیک، منظومه‌ای از کوتوله‌های سرخ است که رصد آن‌ها اگرچه بسیار مشکل است، ناممکن نیست. پیش‌وند UV حاکی از این است که دو عضو آن، ستارگان شراری هستند. در کتاب‌های قدیمی‌تر، ستاره‌ی کم‌نورتر ستاره‌ی شراری لوتین نامیده شده است که از نام کاشف آن دبلیو. جی. لوتین[2] گرفته شده است که اولین بار آن را در سال ۱۹۴۹ رصد نمود.

اکتبر ـ نوامبر ـ دسامبر	$-۰۹^\circ ۷۷'$	$۰۳^h ۳۲/۹^m$	$(HD۲۲۰۴۹)$	اپسیلون نهر
نهر	$۰/۳۱۱''$	$۱۰/۴۹ l.y.$	$۶/۱۸M$	$۳/۷۲m$

دهمین ستاره نزدیک را می‌توان با چشم غیر مسلح مشاهده نمود. مشاهدات اخیر حاکی از این است که ممکن است ستاره‌ای با جرم بسیار کوچک، تقریباً $۰/۰۴۸$ جرم خورشید، این ستاره را همراهی نماید که دیده نمی‌شود.

1) F.W.Bessel 2) W.J.Luyten

۲-۱ روشنایی و درخشندگی

در آسمان، ستارگان و کهکشان‌های فراوانی وجود دارند که بیشتر انرژی خود را از همان فرآیندی به دست می‌آورند که سوخت خورشید را تأمین می‌نماید. این مسئله بدان معنا نیست که همه‌ی آن‌ها شبیه هستند. ستارگان از جنبه‌های بسیاری همچون جرم، اندازه و غیره با یکدیگر متفاوتند. یکی از مهم‌ترین خصیصه‌های آن‌ها، درخشندگی (L) است. درخشندگی اغلب بر حسب وات (W)، یا ضریبی از درخشندگی خورشید[۱۲]، $L_\odot$، اندازه‌گیری می‌شود و مقدار انرژی است که ستاره در هر ثانیه از خود گسیل می‌کند. با این حال ما نمی‌توانیم مستقیماً به اندازه‌گیری درخشندگی یک ستاره بپردازیم زیرا روشنایی آن، آن‌گونه که از زمین مشاهده می‌شود، به فاصله‌اش و همین‌طور درخشندگی واقعی آن بستگی دارد. برای مثال درخشندگی آلفا قنطورس A به‌صورت نقطه‌ای کدر از نور دیده می‌شود، زیرا فاصله‌ی آن از زمین حدود ۲۸۰۰۰۰ برابر بیشتر از فاصله‌ی خورشید تا زمین است.

برای به‌دست آوردن درخشندگی واقعی یک ستاره دانستن روشنایی ظاهری آن ضروری است. روشنایی ظاهری مقدار نوری است که در واحد سطح به زمین می‌رسد[۱۳]. هنگامی که نور از ستاره حرکت می‌کند، به تدریج در نواحی بزرگ‌تری از فضا پخش می‌شود و در واقع از آن‌چه قانون عکس مجذور نامیده می‌شود، تبعیت می‌نماید. اگر فاصله‌ی خورشید از زمین دو برابر فاصله‌ی کنونی آن بود، در این صورت با ضریب $۴ = ۲^۲$ کم‌نورتر به نظر می‌رسید. اگر ما از فاصله‌ای ۱۰ برابر فاصله‌ی آن با زمین به خورشید بنگریم، این ستاره $۱۰^۲$ بار کم‌نورتر به نظر می‌رسد. اگر از مکانی که آلفا قنطورس A در آن قرار دارد به خورشید بنگریم، نور آن به میزان $۲۷۰۰۰۰^۲$ مرتبه کم‌نورتر می‌شود، یعنی ۷۰ میلیارد بار.

قانون عکس مجذور، مقدار انرژی وارده به چشم شما یا یک آشکارساز را شرح می‌دهد. کره‌ای عظیم را با شعاع d تصور کنید که ستاره‌ای در مرکز آن قرار گرفته است. مقدار نوری که از هر متر مربع از سطح کره‌ی فرضی می‌گذرد درخشندگی کل (L) بخش بر مساحت کل کره خواهد بود. حال با توجه به این‌که مساحت کل کره با فرمول $۴\pi d^۲$ به دست می‌آید، درخواهید یافت که هرچه کره بزرگ‌تر شود، d افزایش یافته و در نتیجه مقدار روشنایی نیز کاهش می‌یابد. حال فهمیده‌اید که چرا مقدار درخشندگی که از ستاره به زمین می‌رسد از روی فاصله‌ی ستاره به دست می‌آید.

این کمیت، یعنی مقدار انرژی‌ای که به چشم ما می‌رسد، روشنایی ظاهری است که قبلاً به آن اشاره کرده‌ایم (که گاهی فقط روشنایی ستاره نامیده می‌شود) و بر حسب وات بر متر مربع $(\mathrm{W/m^۲})$ محاسبه می‌شود.

نکته ۲. فرمول درخشندگی و فاصله

رابطه‌ی میان فاصله، روشنایی و درخشندگی به‌صورت $b = \dfrac{L}{۴\pi d^۲}$ است، که در این‌جا b روشنایی ستاره بر حسب $\mathrm{W/m^۲}$ و L درخشندگی ستاره بر حسب W و d فاصله تا ستاره بر حسب m است.

مثال ۱ این فرمول را در مورد شعرای یمانی که در فاصله‌ی $۸/۶ l.y.$ قرار دارد به کار می‌بریم.

$۱ l.y. = ۹/۴۶ \times ۱۰^{۱۵}\mathrm{m}$ است؛ بنابراین $۸/۶ l.y.$ برابر است با

$$۸/۶ \times ۹/۴۶ \times ۱۰^{۱۵} = ۸/۱۴ \times ۱۰^{۱۶}\mathrm{m}$$

$$b = \frac{۳/۸۶ \times ۱۰^{۲۶}\mathrm{W}}{۴\pi(۸/۱۴ \times ۱۰^{۱۶}\mathrm{m})^{۲}}$$

$$b = ۱ \times ۱۰^{-۷}\mathrm{W/m^{۲}}$$

این یعنی آشکارسازی با مساحت $۱\mathrm{m}^{۲}$ (که می‌تواند یک تلسکوپ بازتابی باشد) تقریباً یک ـ ده میلیونیوم وات انرژی دریافت خواهد کرد!

اخترشناسان با استفاده از آشکارسازهای حساس به نور، روشنایی یک ستاره را اندازه‌گیری می‌نمایند، این روش نورسنجی نامیده می‌شود.

نکته ۳. درخشندگی، فاصله و روشنایی

برای به دست آوردن درخشندگی یک ستاره، دانستن فاصله و روشنایی ظاهری آن الزامی است. اگر از خورشید به عنوان یک مرجع استفاده کنیم، انجام این کار بسیار ساده است. ابتدا، فرمول را به گونه‌ای دیگر مرتب می‌کنیم پس:

$$L = ۴\pi d^{۲} b$$

حال این فرمول را در مورد خورشید به کار می‌بریم که درخشندگی آن $L_{\odot}$، فاصله‌ی آن $d_{\odot}$، برابر با $۱AU$، است. در این صورت روشنایی ظاهری خورشید $(b_{\odot})$ به این صورت خواهد بود:

$$L_{\odot} = ۴\pi d_{\odot}^{۲} b_{\odot}$$

حال نسبت دو فرمول فوق را به این صورت می‌نویسم:

$$\frac{L = ۴\pi d^{۲} b}{L_{\odot} = ۴\pi d_{\odot}^{۲} b_{\odot}}$$

که خواهیم داشت:

$$\frac{L}{L_{\odot}} = (\frac{d}{d_{\odot}})^{۲} \frac{b}{b_{\odot}}$$

بنابراین برای به دست آوردن فاصله‌ی یک ستاره کافی است بدانیم در مقایسه با فاصله زمین و خورشید، که به صورت $d/d_{\odot}$ نمایش داده شده است، چقدر دورتر قرار گرفته و در مقایسه با خورشید که به صورت $b/b_{\odot}$ نمایش داده شده است، از چه مقدار روشنایی برخوردار است.

مثال ۲ تصور کنید فاصله‌ی ستاره ۱ ، نصف فاصله ستاره ۲ است، ولی دو برابر درخشان‌تر به نظر می‌رسد. درخشندگی این دو ستاره را با یکدیگر مقایسه کنید. ابتدا، $d_1/d_2 = 1/2$؛ به همین ترتیب، $b_1/b_2 = 2$. در این صورت:

$$\frac{L_1}{L_2} = (\frac{1}{2})^2 \times 2 = 0/5$$

این یعنی درخشندگی ستاره ۱ ، نصف درخشندگی ستاره ۲ است، اما روشن‌تر به نظر می‌رسد زیرا به ما نزدیک‌تر است.

۱ـ۳ قدر

احتمالاً به هنگام نگاه کردن به آسمان شب، اولین چیزی که نظر هر کسی را جلب می‌کند، تفاوت درخشش ستارگان است. تعدادی از آن‌ها درخشان هستند، بعضی نسبتا درخشانند و بیشتر آن‌ها کم‌نورند. این خصوصیت یعنی درخشش یک ستاره قدر آن نامیده می‌شود (این اصطلاح در مورد هر جسم نجومی که با چشم غیر مسلح دیده می‌شود نیز به کار می‌رود). قدر یکی از قدیمی‌ترین طبقه‌بندی‌های علمی است که امروزه نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد و توسط منجم یونانی، هیپارکوس، ابداع شده است. وی درخشان‌ترین ستاره‌ها را تحت عنوان ستارگان قدر اول طبقه‌بندی نمود؛ و آن دسته که درخشش آن‌ها نصف دسته‌ی اول بود را ستارگان قدر دوم نامید و الی آخر؛ ستارگان قدر ششم کم‌نورترین ستارگانی بودند که وی توانست آن‌ها را مشاهده نماید(۱۴). امروزه ما قادریم ستارگان کم‌نورتری را نیز ببینیم و به همین جهت رده‌بندی قدرها، تا قدر سی‌ام افزایش یافته است. از آن‌جا که این مقیاس بستگی به مقدار روشنایی ستاره در نظر مشاهده‌کننده‌ی زمینی دارد، این اصطلاح را به‌طور صحیح‌تر، قدر ظاهری می‌نامند و آن را با m نمایش می‌دهند.

حتماً تاکنون متوجه شده‌اید که این مقیاس‌بندی کمی گیج‌کننده است زیرا اجسام روشن‌تر مقدار قدر کوچک‌تری دارند؛ برای مثال ستاره‌ای با قدر ظاهری ۴+ (قدر چهارم) از ستاره‌ای با قدر ظاهری ۳+ (قدر سوم) کم‌نورتر است. بر خلاف سردرگمی که در کاربرد آن پیش می‌آید، قدر ظاهری در سرتاسر جهان مورد استفاده است و ما درگیر آن شده‌ایم. نکته‌ی دیگری که باید مورد توجه قرار گیرد این است که از زمان هیپارکوس به بعد، طبقه‌بندی ستارگان دستخوش تغییراتی شده و تلاش‌ها بر این بوده است که این مقیاس بر مبنای علمی پایه‌گذاری شود. در قرن نوزدهم، اخترشناسان توانستند به اندازه‌گیری دقیق نور ستارگان بپردازند و دریافتند که به هنگام مشاهده‌ی ستارگان از زمین، ستاره‌ای با قدر اول حدود ۱۰۰ بار روشن‌تر از ستاره‌ای با قدر ششم به نظر می‌رسد. به عبارت دیگر روشنایی ۱۰۰ ستاره با قدر ششم معادل روشنایی یک ستاره با قدر اول است. پس از آن، تعریف مقیاس قدر به این صورت ارائه شد: اختلافِ ۵ قدری دقیقاً با ضریب ۱۰۰ در روشنایی مطابقت می‌کند (به جدول ۱ـ۲ مراجعه نمایید) و اختلاف قدر ۱ با ضریب

۲٫۵۱۲ در روشنایی برابر است. این مسئله در محاسبه‌ی ذیل نشان داده شده است:

$$۲٫۵۱۲ \times ۲٫۵۱۲ \times ۲٫۵۱۲ \times ۲٫۵۱۲ \times ۲٫۵۱۲ = (۲٫۵۱۲)^{۵} \simeq ۱۰۰$$

با استفاده از این مقیاس جدید، برخی اجرام دارای قدر منفی شده‌اند. قدر شعرای یمانی، درخشان‌ترین ستاره در آسمان، $-۱٫۴۴\text{m}$ است؛ زهره (در درخشان‌ترین حالت) دارای قدر $-۴٫۴\text{m}$ است و قدر ماه کامل $-۱۲٫۶\text{m}$ قدر خورشید $-۲۶٫۷\text{m}$ است.

نکته ٤. نسبت قدر ظاهری و روشنایی

قدر ظاهری (m) و قدر (M) هر دو مورد استفاده‌ی اخترشناسان هستند و چند رابطه بین آن‌ها وجود دارد. دو ستاره‌ی $S_۱$ و $S_۲$ را در نظر بگیرید که قدر ظاهری آن‌ها به ترتیب $m_۱$ و $m_۲$ و روشنایی آن‌ها $b_۱$ و $b_۲$ است. رابطه‌ی میان آن‌ها را می‌توان چنین نوشت:

$$m_۱ - m_۲ = -۲٫۵ \log(\frac{b_۱}{b_۲})$$

این یعنی، نسبت روشنایی ظاهری آن‌ها$(b_۱/b_۲)$ با اختلاف قدر ظاهری آن‌ها $(m_۱ - m_۲)$ مطابقت دارد.

مثال ۳ قدر شعرای یمانی A[1]، $-۱٫۴۴$ است، در حالی که قدر خورشید $-۲۶٫۸$ است. بنابراین نسبت روشنایی آن‌ها به این صورت خواهد بود:

$$\begin{aligned} m_۱ - m_۲ &= -۲٫۵ \log(\frac{b_۱}{b_۲}) - ۱٫۴۴ - (-۲۶٫۸) \\ &= -۲٫۵ \log(\frac{b_{\text{sirius}}}{b_{\text{sun}}}) - ۱۰٫۲۱ = \log(\frac{b_{\text{sirius}}}{b_{\text{sun}}}) \\ (\frac{b_{\text{sirius}}}{b_{\text{sun}}}) &\sim ۱۰^{-۱۰٫۱} = ۷٫۹ \times ۱۰^{-۱۱} = \frac{۱}{۱٫۳۲ \times ۱۰^{۱۰}} \end{aligned}$$

بنابراین، شعرای یمانی A، ۱۳٫۲ میلیارد بار کم‌نورتر از خورشید است، اگرچه درخشندگی واقعی آن بیشتر است و در فاصله‌ی دورتری نیز قرار دارد.

مقیاس قدر ظاهری به ما نمی‌گوید که ستاره‌ای درخشان است چون نزدیک به ما قرار دارد، و یا کم‌نور است چون در فاصله‌ی دوری قرار دارد (یا کوچک است)؛ تمام آن‌چه این طبقه‌بندی به ما می‌گوید روشنایی ظاهری ستاره است ـ یعنی روشنایی ستاره آن‌گونه که با چشم غیر مسلح یا از طریق تلسکوپ مشاهده می‌شود. تعریف قدر مطلق ستاره (M) دقیق‌تر است؛ قدر مطلق یک ستاره میزان روشنایی آن

1) Sirius

در فاصله‌ی $10\,pc$ است. این فاصله قراردادی است و با استفاده از اختلاف‌منظر ستاره‌ای، تکنیکی که قبلاً به آن اشاره شد، استخراج شده است؛ با این اوصاف قدر مطلق میزان روشنایی ستارگان را به‌طور دقیق‌تری مشخص می‌کند[۱۵]. برای مثال قدر مطلق ستاره‌ی زیبای ذنب‌الدّجاجه که در آسمان تابستان و در صورت فلکی دجاجه دیده می‌شود، ۸٫۷۳− است که این قدر آن را در زمره‌ی یکی از درخشان‌ترین ستاره‌ها قرار می‌دهد، در حالی که قدر ستاره‌ی فون بیزبروک ۱۸٫۶+ است که آن را جزو ستارگان ذاتاً کم‌نور قرار می‌دهد.

جدول ۱ـ۳، ۲۰ ستاره از درخشان‌ترین ستاره‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۲ ستاره از درخشان‌ترین ستاره‌ها در آسمان

	ستاره	قدر[۱۶] ظاهری m	صورت فلکی
۱	شعرای یمانی	$-1{,}44^{(16)}_{V}$	کلب اکبر
۲	سهیل	$-0{,}62_V$	شاه تخته
۳	آلفا قنطورس	$-0{,}28$	قنطورس
۴	سماک رامح	$-0{,}05_V$	گاوران
۵	نسر واقع	$-0{,}03_V$	شلیاق
۶	عیّوق	$+0{,}08_V$	ارابه ران
۷	رجل الجبار	$+0{,}18_V$	جبّار
۸	شعرای شامی	$+0{,}40_V$	کلب اکبر
۹	آخر النّهر	$+0{,}45_V$	نهر
۱۰	ابط الجوزا	$+0{,}45_V$	جبّار
۱۱	حضار	$+0{,}61_V$	قنطورس
۱۲	نسر طایر	$+0{,}76_V$	عقاب
۱۳	نیّر نعیم	$+0{,}77_V$	چلیپا
۱۴	دَبَران	$+0{,}87_V$	ثور
۱۵	سماک اعزال	$+0{,}98_V$	سنبله
۱۶	قلب العقرب	$+1{,}05_V$	عقرب
۱۷	رأس التوأم الموخّر	$+1{,}16_V$	جوزا
۱۸	فَم الحوت	$+1{,}16_V$	حوت جنوبی
۱۹	مُمحِظه	$+1{,}25_V$	چلیپا
۲۰	ذنب الدّجاجه	$+1{,}25_V$	دجاجه

نکته ۵. رابطه‌ی میان قدر ظاهری و قدر مطلق

می‌توان برای یافتن فاصله‌ی یک ستاره، از قدرظاهری آن استفاده نمود، فرمول آن به این صورت است:

$$m - M = ۵ \log d - ۵$$

که در این‌جا m قدر ظاهری ستاره M قدر مطلق ستاره

d فاصله تا ستاره (بر حسب pc) است. و به $m - M$ مدول فاصله گفته می‌شود.

مثال ۴ شعرای یمانی در فاصله‌ی ۲/۶۳pc قرار دارد و قدر ظاهری آن ۱٫۴۴− است. بنابراین می‌توان قدر مطلق آن را به این صورت محاسبه نمود:

$$m - M = ۵ \log d - ۵$$
$$M = m - ۵ \log d + ۵$$
$$- ۱٫۴۴ - ۵ \log(۲٫۶۳) + ۵$$
$$M \sim ۱٫۴۶$$

۱-۳-۱ درخشان‌ترین ستاره‌ها

در ذیل فهرستی از درخشان‌ترین ستاره‌ها در آسمان آورده شده است. به بعضی از درخشان‌ترین ستاره‌ها در بخش نزدیک‌ترین ستاره‌ها اشاره شده است. برای نظم و ترتیب بیشتر، به آن‌ها اشاره نخواهد شد.

دسامبر ـ ژانویه ـ فوریه	$+۲۸^\circ ۰۲'$	$۰۷^h ۴۵٫۳^m$		(بتا جوزا) پولوکس
جوزا	$۳۳٫۷۲ l.y.$	$۱٫۰۹M$		$۱٫۱۶m$

این ستاره یکی از دو ستاره‌ی معروف در صورت فلکی جوزا است و از ستاره‌ی دیگر که کاستور (رأس‌التوأم‌المقدم) نامیده می‌شود درخشان‌تر است.

مارس ـ آوریل ـ می	$-۵۹^\circ ۴۱'$	$۱۲^h ۴۷٫۷^m$		(بتا چلیپا) ممحظه
چلیپا	$۳۵۲٫۱ l.y.$	$-۳٫۹۲M$		$۱٫۲۵_V m$

این ستاره در همان میدانی قرار دارد که خوشه‌ی ستاره‌ای درخشان جعبه‌ی جواهر واقع شده است. این ستاره، از ستارگان متغیر تپنده است که در درخشش آن تغییرات اندکی رخ می‌دهد.

مارس ـ آوریل ـ می	$-11^\circ 10'$	$13^h 25/2^m$	(آلفا سنبله) سماک اعزل
سنبله	$262 l.y.$	$-3/55M$	$0/98_V m$

این ستاره، پانزدهمین ستاره‌ی درخشان و یک دوتایی طیفی بزرگ است و ستاره‌ی همراهش بسیار نزدیک به آن قرار گرفته است به‌طوری که اندکی باعث گرفتگی آن می‌شود. سماک اعزال نیز از ستارگان متغیر تپنده است، اگرچه تغییر و تپندگی آن با تجهیزات آماتوری رویت‌پذیر نیست.

مارس ـ آوریل ـ می	$-60^\circ 22'$	$14^h 03/8^m$	(بتاقنطورس) حضار
قنطورس	$525 l.y.$	$-5/45M$	$0/58_V m$

این ستاره، یازدهمین ستاره‌ی درخشان در آسمان است و به علت عرض جغرافیایی پایین (که در فاصله‌ی $4/5^\circ$ از آلفا قنطورس قرار گرفته است) برای ساکنان شمالی رویت‌پذیر نیست. درخشندگی حیرت‌انگیز آن ۱۰۰۰۰ برابر خورشید است. ستاره‌ای سفید که درخشندگی همراه آن ۴/۱ است و از آن‌جا که تنها ۱/۲۸ ثانیه‌ی قوس از ستاره‌ی اولیه فاصله دارد، تمیز دادن آن بسیار مشکل است.

مارس ـ آوریل ـ می	$+19^\circ 11'$	$14^h 15/6^m$	(آلفا گاوران) سماک رامح
گاوران	$36/7 l.y.$	$-0/10M$	$-0/16_V m$

سماک رامح که چهارمین ستاره‌ی درخشان در آسمان است، در شمال خط استوا درخشان‌ترین ستاره به شمار می‌رود. این ستاره رنگ نارنجی زیبایی دارد و به علت حرکت خاصش در فضا جلب توجه می‌نماید. بر خلاف اکثر ستارگان، سماک رامح در صفحه راه شیری حرکت نمی‌کند، بلکه در مداری بسیار شیب‌دار به دور مرکز کهکشان در حال گردش است. محاسبات انجام شده پیش‌بینی نموده‌اند که این ستاره ظرف چند هزار سال از کنار منظومه‌ی شمسی عبور کرده و به سوی صورت فلکی سنبله خواهد رفت. بعضی اخترشناسان بر این باورند که در زمانی کمتر از نیم میلیون سال، سماک‌رامح دیگر با چشم غیر مسلح رویت‌پذیر نخواهد بود. در حال حاضر این ستاره ۱۰۰ برابر درخشنده‌تر از خورشید است.

آوریل ـ می ـ ژوئن	$-60^\circ 5'$	$14^h 39/6^m$	(آلفا قنطورس)	رجل قنطورس
قنطورس	$4/39 l.y.$		$4/07M$	$-0/20_V m$

رجل قنطورس، سومین ستاره‌ی درخشان در آسمان است. در واقع بخشی از یک منظومه‌ی سه‌تایی است که قسمت اعظم نور آن را دو عضو دیگر این منظومه تأمین می‌نمایند. نزدیک‌ترین ستاره به خورشید یعنی پروکسیما قنطورس در این منظومه قرار دارد. این گروه از ستارگان از حرکت خاص بسیار بزرگی برخوردارند (حرکت ظاهری آن نسبت به پس‌زمینه).

آوریل ـ می ـ ژوئن	$-۲۶^\circ ۲۶'$	$۱۶^h ۲۹٫۴^m$	(آلفا عقرب)	قلب‌العقرب
عقرب	$۶۰۴ l.y.$		$-۵٫۲۸ M$	$۱٫۰۶_V m$

این ستاره یک غول سرخ است که درخشندگی آن ۶۰۰۰ برابر خورشید و قطر آن صدها برابر بیشتر از خورشید است. آن‌چه که باعث می‌شود این ستاره ارزش نگاه کردن داشته باشد، کنتراست رنگ واضحی است که بین آن و ستاره‌ی همدمش مشاهده می‌شود. رنگ ستاره‌ی همراه، سبز روشن است در حالی که قلب‌العقرب به رنگ سرخ دیده می‌شود. ستاره‌ی همراه از درخشندگی ۵٫۴، زاویه مکان ۲۷۳ درجه دارد و ۲٫۶ ثانیه قوس دورتر قرار گرفته است.

ژوئن ـ جولای ـ آگوست	$+۳۸^\circ ۴۷'$	$۱۸^h ۳۶٫۹^m$		(آلفاشلیاق) نسر واقع
شلیاق	$۲۵٫۳ l.y.$		$۰٫۵۸ M$	$۰٫۰۳_V m$

این ستاره که پنجمین ستاره‌ی درخشان است، برای ساکنان شمالی آشناست و در فصل تابستان در اوج آسمان قرار می‌گیرد. اگرچه از لحاظ ترکیب و اندازه، در واقع شبیه شعرای یمانی است ولی سه برابر دورتر از آن است و به همین دلیل کم‌نورتر به نظر می‌رسد. این ستاره غالباً به رنگ آبی فولادی توصیف می‌شود و از جمله‌ی اولین ستارگانی است که قرصی از غبار در اطراف آن مشاهده شده است ـ که احتمالاً می‌توان آن را حالت اولیه‌ی یک منظومه‌ی شمسی در حال شکل‌گیری تصور کرد. نسر واقع در ۱۲۰۰۰ سال پیش ستاره قطبی به شمار می‌رفت و پس از ۱۲۰۰۰ سال دیگر، مجدداً ستاره قطبی خواهد شد.

ژوئن ـ جولای ـ آگوست	$+۸^\circ ۵۲'$	$۱۹^h ۵۰٫۸^m$		(آلفا عقاب) نسر طایر
عقاب	$۱۶٫۷۷ l.y.$		$۲٫۲۰ M$	$۰٫۷۶_V m$

نسر طایر که دوازدهمین ستاره‌ی درخشان است، افتخار این را دارد که در میان ستارگان درخشان، سریع‌ترین ستاره در چرخش به دور خود باشد، این ستاره تقریباً هر $۶\frac{۱}{۲}$ ساعت یک دوره‌ی گردش را کامل می‌کند. این سرعت بالا شکل ستاره را به آن‌چه بیضی پهن نامیده می‌شود تغییر داده است و در نتیجه‌ی این ویژگی شگفت‌انگیز، تصور می‌رود که قطر استوایی آن دو برابر قطر قطبی آن باشد. رنگ این ستاره کاملاً سفید گزارش شده، اگرچه بعضی زردی کمی در آن مشاهده نموده‌اند.

آگوست ـ سپتامبر ـ اکتبر	$-۲۹^\circ ۳۷'$	$۲۲^h ۵۷٫۶^m$		(آلفا عقاب) نسر طایر
عقاب	$۲۵٫۰۷ l.y.$		$۱٫۷۴ M$	$۱٫۱۷_V m$

این ستاره‌ی سفید رنگ، هجدهمین ستاره‌ی درخشان است که به علت تأثیرات اتمسفری در نظر مشاهده‌کنندگان شمالی متمایل به قرمز به نظر می‌رسد. این ستاره در منطقه‌ای خلوت از آسمان قرار گرفته

و جالب است که ستاره‌ای در نزدیکی آن، که هیچ پیوند جاذبه‌ای با آن ندارد، در همان فاصله از زمین قرار گرفته است و به حالتی شبیه فم‌الحوت و در همان مسیر در فضا در حال حرکت است. بعضی فرضیات بر این باورند که این ستاره‌ها از بازماندگان یک خوشه یا اجتماع ستاره‌ای هستند که مدت‌ها پیش پراکنده شده‌اند. این ستاره‌ی نارنجی که قدر آن ۶٫۵ است در °۲ جنوبی فم‌الحوت قرارگرفته است.

سپتامبر ـ اکتبر ـ نوامبر	$-57^\circ 14'$	$01^h 37{,}7^m$		(آلفا نهر) آخرالنهر
عقاب	$144 l.y.$		$-2{,}77M$	$0{,}45_V m$

این ستاره که نهمین ستاره‌ی درخشان در آسمان است در منتهی‌الیه جنوبی صورت فلکی عقاب قرار گرفته و برای ناظران شمالی بسیار دور است. در میان ستارگان درخشان، این ستاره از معدود ستارگانی است که در طبقه‌بندی ستارگانی، در کلاس «P» قرارگرفته و این کلاس نشان می‌دهد که ستاره‌ای عجیب است.

اکتبر ـ نوامبر ـ دسامبر	$+16^\circ 31'$	$04^h 35{,}9^m$		(آلفا ثور) دَبَران
ثور	$65{,}11 l.y.$		$-0{,}63M$	$0{,}87m$

این ستاره که چهاردهمین ستاره‌ی درخشان است به نظر می‌رسد که در خوشه‌ی ستاره‌ای قلایص واقع شده باشد؛ ولی از لحاظ فیزیکی در این خوشه قرار ندارد و فاصله‌ی آن نصف فاصله‌ی اعضای دیگر خوشه است. این ستاره که به رنگ نارنجی کم‌رنگ است، تقریباً ۱۲۰ برابر درخشنده‌تر از خورشید می‌باشد. این ستاره از ستاره‌های دوگانه نیز به شمار می‌رود ولی از آن‌جا که ستاره‌ی همراه آن بی‌نهایت کم‌نور است، تفکیک این دو از هم کاری بسیار مشکل است. قدر ستاره‌ی همراه که یک کوتوله‌ی سرخ است، ۱۳٫۴ بوده و با زاویه مکان 34°PA، در فاصله $121/7''$ قرار دارد.

نوامبر ـ دسامبر ـ ژانویه	$-08^\circ 12'$	$05^h 14{,}5^m$		(بتا جبّار) رجل‌الجبّار
جبّار	$773 l.y.$		$-6{,}69M$	$-0{,}18_V m$

رجل‌الجبار که هفتمین ستاره‌ی درخشان در آسمان است، درخششی بیشتر از آلفا جبّار دارد. این ستاره‌ی اَبَرغول یکی از درخشان‌ترین ستارگان در آن بخش از کهکشان است که ما نیز در آن قرار داریم، درخشندگی آن ۵۶۰۰۰۰ برابر خورشید است ولی نسبت به دیگر ستارگان درخشان، در فاصله‌ی دورتری قرار دارد. رنگ این ستاره اغلب آبی توصیف می‌شود و از جرم بسیار زیادی برخوردار است ـ جرم آن حدود ۵۰ برابر خورشید و قطر آن نیز ۵۰ برابر خورشید است. این ستاره همراه آبی‌رنگی دارد که زاویه مکان آن 202°PA، قدر ظاهری آن ۶٫۸ و فاصله‌ی آن ۹ ثانیه‌ی قوس است. به همین علت با یک

تلسکوپ ۱۵ سانتی‌متری یا حتی تلسکوپ کوچک‌تری که در شرایط ایده‌آل برای رصد، مورد استفاده قرار گرفته است، رویت‌پذیر است.

نوامبر ـ دسامبر ـ ژانویه	$+46°00'$	$05^h16/7^m$		(آلفا ارابه‌ران) عیّوق
ارابه ران	$42l.y.$		$-0/48M$	$-0/08_Vm$

این ستاره که ششمین ستاره‌ی درخشان در آسمان است، در حقیقت یک دوگانه‌ی طیف‌نماست، اگرچه با تلسکوپ نمی‌توان آن دو را از یکدیگر تمیز داد؛ با این حال ستاره‌ی کم‌نورتری با قدر دهم، حدود ۱۲ ثانیه‌ی قوس به سمت جنوب شرق و در $137°PA$، آن‌ها را همراهی می‌کند. این ستاره یک کوتوله‌ی سرخ است که خود یک ستاره‌ی دوگانه محسوب می‌شود (تنها با تلسکوپ‌های بزرگ رؤیت می‌شود). بنابراین عیّوق در یک منظومه‌ی چهار عضوی قرار گرفته است.

نوامبر ـ دسامبر ـ ژانویه	$+7°24'$	$05^h55/2^m$		(آلفا جبّار) ابط‌الجوزا
جبّار	$427l.y.$		$-5/14M$	$+0/45_Vm$

این ستاره که دهمین ستاره‌ی درخشان در آسمان است، بسیار مورد علاقه‌ی رصد کنندگان است. این ستاره‌ی نارنجی ـ قرمز یک غول متغیر است که از تناوب نامنظمی برخوردار است. مشاهدات اخیری که توسط تلسکوپ فضایی هابل به انجام رسیده است، نشان می‌دهد که این ستاره بر سطح خود، ویژگی‌هایی شبیه به لکه‌های خورشیدی ولی بسیار بزرگ‌تر از آن از خود نشان می‌دهد، به‌طوری که این لکه‌ها شاید یک دهم سطح این ستاره را پوشانده باشند. این ستاره همراهی نیز دارد که می‌تواند مسئول شکل غیرکروی آن باشد. اگرچه این ستاره از ستارگان غول به شمار می‌رود از چگالی بسیار پایینی برخوردار است و جرم آن ۲۰ برابر جرم خورشید است. این یعنی چگالی آن در واقع ۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۵ برابر چگالی خورشید است.

۱ـ٤ رنگ

شب‌ها وقتی به آسمان نگاه می‌کنیم، ستارگان بی‌شماری را می‌بینیم که اکثر آن‌ها به رنگ سفید هستند. البته تعداد معدودی از آن‌ها به رنگ‌های متمایزی دیده می‌شوند. ابط‌الجوزا (آلفا جبار) مانند قلب‌العقرب (آلفا عقرب) قرمز است؛ عیّوق (آلفا ارابه ران) زرد رنگ؛ و نسر واقع (آلفا شلیاق) به رنگ آبی براق است. با این حال به نظر می‌رسد رنگ اکثر ستارگان تفاوت زیادی با هم نداشته باشد ولی اگر از میان یک دوربین یا تلکسوپ به آن‌ها بنگریم، وضعیت بسیار تغییر می‌کند[۱۷] و تفاوت‌ها در شکل و رنگ، بیشتر خودنمایی می‌کنند[۱۸]!

رنگ یک ستاره را دمای سطح آن تعیین می‌کند دمای یک ستاره‌ی سرخ، پایین‌تر است از دمای یک ستاره‌ی زرد و یک ستاره‌ی زرد به نوبه‌ی خود دمایی پایین‌تر از یک ستاره‌ی آبی دارد. این نمونه‌ای است از آن‌چه قانون وین[1] نامیده می‌شود (به نکته‌ی ۱ـ۶ مراجعه نمایید).

مطابق این قانون، ستارگان با دمای پایین، بیشتر انرژی خود را در بخش قرمز تا فروسرخ طیف گسیل می‌کنند در حالی که ستارگان گرم‌تر، انرژی خود را در بخش‌های آبی تا فرابنفش طیف گسیل می‌نمایند. پاره‌ای از ستارگان بسیار گرم، قسمت اعظم انرژی خود را در فرابنفش گسیل می‌کنند و به همین دلیل ما تنها کسری از نور آن‌ها را مشاهده می‌نماییم. به‌علاوه بسیاری از ستارگان، تقریباً تمامی نور خود را در فروسرخ گسیل می‌کنند و در نتیجه ما هرگز قادر به دیدن آن‌ها نیستیم. جای شگفتی است که این ستارگان کم‌جرم (بعداً در مورد آن‌ها بحث خواهد شد) و کم‌حرارت، ٪۷۰ ستارگان کهکشان ما را تشکیل می‌دهند و شما حتی در شبی که هوا صاف است نخواهید توانست آن‌ها را در آسمان ببینید.

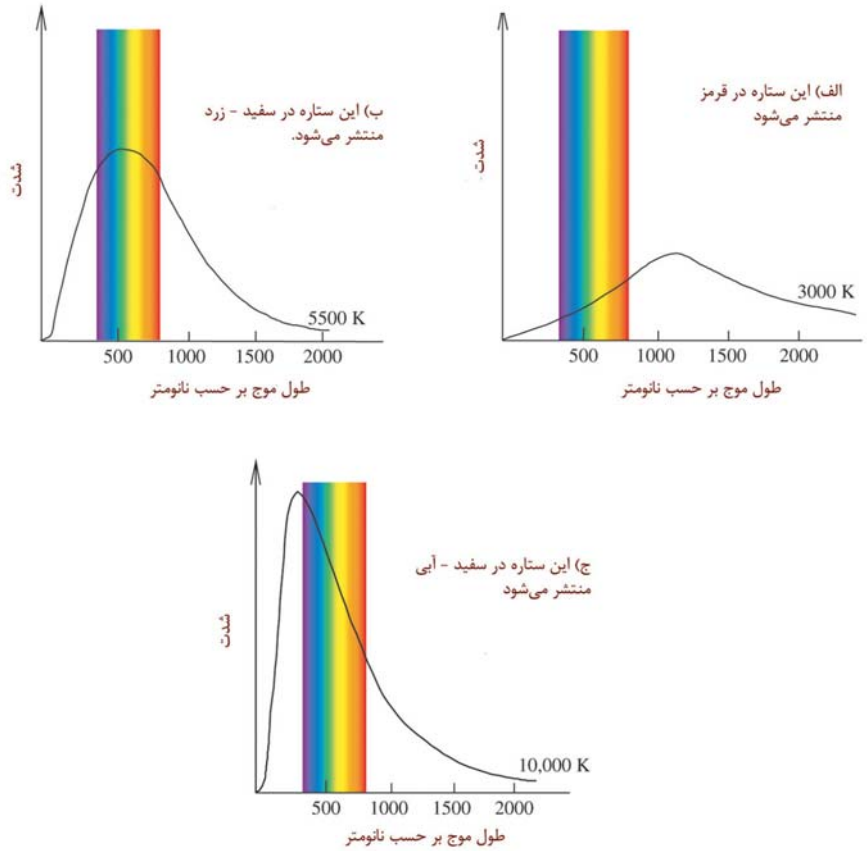
نکته مهمی که باید در این‌جا مدنظر قرار گیرد، این است که اجسام گرم‌تر به این دلیل که انرژی متوسط فوتون‌ها در آن‌ها بالاتر است انرژی بیشتری را در تمامی طول موج‌ها گسیل می‌نمایند.

این مسئله در شکل ۱ـ۲ نمایش داده شده است. نمودارها، نحوه‌ی توزیع نور سه ستاره‌ی مختلف را بسته به دمایی که دارند، نشان می‌دهد. ستون رنگی نمایانگر بخش مرئی طیف است. نمودار اول، نور اندازه‌گیری شده از ستاره‌ای رنگی با دمای $۳۰۰۰\,K$ را نشان می‌دهد. توجه کنید که خط منحنی در حدود $۱۱۰۰\,nm$ به نقطه‌ی بیشینه می‌رسد و این باعث می‌شود که ستاره سرخ دیده شود. نمودار دوم، ستاره‌ای با دمای $۵۵۰۰\,K$ را نشان می‌دهد (شبیه به دمای خورشید)، که در میانه‌ی طیف مرئی به نقطه‌ی بیشینه می‌رسد و در نتیجه زرد رنگ دیده می‌شود. نمودار آخر، ستاره‌ای بسیار گرم با دمای $۲۵۰۰۰\,K$ را نشان می‌دهد؛ نقطه بیشینه آن در حدود $۴۰۰\,nm$ است و در نتیجه آبی‌رنگ به نظر می‌رسد. بنابراین، از نقطه نظر اخترشناختی رنگ یک ستاره بستگی به محل قرارگرفتن نقطه بیشینه منحنی دارد؛ طول موج کوتاه (سمت چپ نمودار) نمایانگر یک ستاره‌ی داغ سفید و متمایل به آبی است، در حالی که طول موج بلندتر (سمت راست نمودار) نشان دهنده‌ی یک ستاره سرد نارنجی و متمایل به سرخ است.

خورشید در بخش سبز رنگ طیف به نقطه بیشنه می‌رسد؛ از آن‌جا که مخلوطی از نور از تمامی بخش‌های طیف مرئی وجود دارد ـ یعنی نورهای آبی، قرمز و زرد ـ ما خورشید را به رنگ سفید متمایل به زرد می‌بینیم.

نکته‌ی جالب توجه این است که تعدادی از ستارگان به قدری گرم هستند، شاید میلیون‌ها درجه، که در طول موج‌های بسیار کوتاه انرژی گسیل می‌کنند. در واقع این ستارگان از خود اشعه‌ی ایکس می‌تابانند. این‌ها ستارگان نوترونی هستند!

1) The Wien law



شکل ۱-۲. رابطه‌ی بین رنگ و دما

توجه داشته باشید، زمانی که از دمای یک ستاره صحبت می‌کنیم، منظور دمای سطح آن است. دمای درونی را نمی‌توان مستقیماً مورد اندازه‌گیری قرار دارد و اغلب آن را به صورت نظری تعیین می‌کنند. بنابراین وقتی می‌خوانید که دمای ستاره‌ای $25000\,\mathrm{K}$ است، منظور دمای سطح آن است[۱۹].

نکته ۶. قانون وین

قانون وین را می توان این‌گونه بیان کرد:

$$\lambda_{\max} = \frac{2900000}{T(\mathrm{Kelvin})}\mathrm{nm}$$

مثال ۵ دمای دو ستاره‌ی آلفا کلب اصغر و اُمیکرون سبع‌النهر به ترتیب ۹۲۰۰K و ۱۹۰۰K است. طول موج بیشینه آن‌ها چقدر است؟

$$\lambda_{max} = \frac{۲۹۰۰۰۰۰}{۹۲۰۰}\text{nm} = ۳۱۵\text{nm} \quad \text{(یعنی فرابنفش[۲۰])}$$

و

$$\lambda_{max} = \frac{۲۹۰۰۰۰۰}{۱۹۰۰}\text{nm} = ۱۵۲۶\text{nm} \quad \text{(یعنی در فروسرخ[۲۱])}$$

شعرای یمانی نور زیادی را در فرابنفش گسیل می‌کند، اگرچه به رنگ سفید تابناکی می‌درخشد.

دمای ستاره به ما کمک می‌کند تا از ویژگی‌های دیگر آن مطلع شویم. توصیف علمی رنگ یک ستاره بر اساس طبقه‌بندی ستارگانی قرار دارد که به نوبه‌ی خود به ترکیب شیمیایی و دمای ستاره وابسته است. «شاخص رنگ[۱]» اصطلاحی است که اغلب توسط اخترشناسان مورد استفاده قرار می‌گیرد. این شاخص از طریق مشاهده‌ی ستاره با دو صافی B و V، که به ترتیب با طول موج‌های ۴۴۰nm و ۵۵۰nm مطابقت دارند، و اندازه‌گیری روشنایی آن به دست می‌آید. با تفریق دو رقم به دست آمده از صافی‌های B و V شاخص رنگ حاصل می‌شود که به آن ضریب‌رنگ هم گفته می‌شود. ستارگان آبی رنگ معمولاً شاخص رنگ منفی دارند (مثلاً ۰٫۳-)؛ این رقم برای ستارگان نارنجی ـ قرمز بیشتر از صفر است و تا حدود مثبت ۳ می‌رسد، و برای ستارگان بسیار قرمز ($M۶$ و بزرگ‌تر) بیشتر نیز می‌شود (به بخش ۱ـ۸ مراجعه کنید). حال که در مورد رنگ ستارگان بحث کرده‌ایم نگاهی به چند نمونه می‌اندازیم. مجموعه‌ای از ستارگان درخشان را انتخاب کرده‌ایم. البته هزاران ستاره رنگی و رویت‌پذیر وجود دارند. در بخش ستارگان درخشان نمونه‌هایی از ستارگانی معرفی شده‌اند که رنگ‌های متمایزی از خود به نمایش می‌گذارند. به‌علاوه ستارگان دوگانه‌ی بسیاری هستند (که در این‌جا به آن‌ها اشاره نشده است) که رنگ‌ها و سایه‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند. فهرستی که در این‌جا مورد استفاده قرار گرفته مانند فهرست پیشین است، به جز این که در آن دما و رنگ ستاره نیز افزوده شده است.

۱-٤-۱ ستارگان رنگی

ژانویه ـ دسامبر ـ نوامبر	$+۰^\circ۶^\circ۲۱'$	$۰^h۲۶٫۲^m$	(گاما جبّار) مرزم
جبار	آبی	$۲۱۴۵۰K$	$-۲٫۷۲M$ $۱٫۶۴m$

ستاره‌ی مرزم که ستاره‌ی آمازون نیز نامیده می‌شود به رنگ آبی براق به نظر می‌رسد. بعضی از رصدگران، ابرناکی جزئی را در آن گزارش داده‌اند اما ممکن است این حالت، بخشی از ابرناکی عمومی باشد که بخش اعظم صورت فلکی جبّار را در برگرفته است.

1) Color Index:CI