بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه بیرجند

دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک(نجوم)

عنوان:

اندازه‌گیری روشنایی آسمان در محل رصدخانه دکتر مجتهدی دانشگاه بیرجند با استفاده از CCD در فیلترهای V، B

استاد راهنما:

دکتر کاظم نفیسی

استاد مشاور:

حمیدرضا غلامحسین پور

نگارش:

طاهره رنگانی

شهریور ماه ۱۳۹۲

ماحصل آموخته هایم را تقدیم می‌کنم

به روح آسمانی پدرم که هر آن چه آموختم در مکتب عشق او آموختم و هرچه بکوشم قطره‌ای از دریای بی‌کران مهربانیش را سپاس نتوانم گفت.

و به مقدسترین واژه در لغت نامه دلم، مادر مهربانم دریای بی‌کران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر.

سپاس و تشکر

سپاس بیکران پروردگار یکتا را که ما را هستی بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان ساخت، به همنشینی رهروان معرفت متعهدمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت. اکنون در آستانه راهی نو به پاس نعمات بی حد پروردگار بر خود لازم می دانم سپاسگزار تمام عزیزانی باشم که در برابر سختی و ناملایمات روزگار یاریم نمودند.

قبل از هر چیز سپاسگزار خانواده ی عزیزم، مهربان فرشتگان و همسرانم که تجربه های یکتا و زیبای زندگیم، مدیون حضور سبز آنهاست، با هم آغاز کردیم، در کنار هم آموختیم و به امید هم به آینده چشم می دوزیم، هستم.

صمیمانه از استاد راهنمای عزیز و فرهیخته ام جناب آقای دکتر کاظم نفیسی که همواره راهنما و مشوق من در تمامی مراحل این پژوهش بودند تشکر و سپاسگزاری می نمایم.

از استاد مشاور جناب آقای مهندس حمید رضا غلامحسین پور که در تمامی مراحل پژوهش دانش و آموخته هایشان را از من دریغ نکردند، همچنین از اساتید ارجمندم جناب آقای دکتر عباس عابدی و جناب آقای دکتر رضا پژوهش و جناب آقای دکتر غلامرضا مکنبداران که افتخار شاگردی ایشان را داشته ام کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از تمامی کسانی که در انجام این پایان نامه به من لطف و محبت داشتند به ویژه خانم ها زینب رضاییان، معصومه تیموری،، مهناز محمدی و آقای سعید حجت پناه و هم اتاقی های مهربانم خانم ها آمنه شعبانی و سارا انصاری و کلیه ی همکلاسی ها و کسانی که دوران خوش این دو سال را مدیون حضور گرم و صمیمانه شان، هستم قدردانی و برای همه یشان آرزوی موفقیت دارم.

حق چاپ این اثر محفوظ است.

کلیه حقوق این اثر متعلق به دانشگاه بیرجند می‌باشد. این اثر نباید بدون اجازه دانشگاه بیرجند ذخیره، ترجمه یا به صورت جداگانه منتشر شود.

استفاده از این اثر با ذکر منبع بلامانع است.

چکیده

یکی از مهم‌ترین پارامترها برای مکان‌یابی رصدخانه روشنایی آسمان شب می‌باشد. این پارامتر خاص یکی از منابع اصلی ایجاد نوفه در مشاهدات نجومی و سایت‌های خوب رصدی می‌باشد. در این پروژه اندازه‌گیری روشنایی آسمان در مهر و آبان ۱۳۹۱ و اردیبهشت ۱۳۹۲ با استفاده از دو روش در رصدخانه دکتر مجتهدی انجام گرفته شد. به منظور تعیین دقیق روشنایی آسمان شب در این مکان داده‌های نورسنجی با استفاده از دوربین CCD SBIG ST-7 ME، تلسکوپ ۱۴ اینچ بازتابی اشمیت- کاسگرین و صافی‌های استاندارد B وV جمع‌آوری شد. ابزاری که برای پردازش تصاویر در این پروژه مورد استفاده قرار گرفته است نرم‌افزار Maxim DL Pro 5 می‌باشد.

مقادیر میانگین اندازه‌گیری شده‌ی روشنایی آسمان در صافی‌های B وV به ترتیب با استفاده از روش اول $^{-1}$ mag arcsec ۱۶/۳۴ و $^{-1}$ mag arcsec ۱۵/۸۰و با استفاده از روش دوم $^{-1}$ mag arcsec ۱۶/۲۰ و$^{-1}$ mag arcsec ۱۵/۵۳ می‌باشد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مفاهیم بنیادی ۱

۱ـ۱ مقدمه ۲

۱ـ۲ مفاهیم بنیادی (درخشندگی، شار، قدر)..... ۳

۱ـ۲ـ۱ درخشندگی و شار ۳

۱ـ۲ـ۲ سیستم قدر ۴

۱ـ۲ـ۲ـ۱ قدر ظاهری ۵

۱ـ۲ـ۲ـ۲ قدر بولومتریک ۷

۱ـ۲ـ۲ـ۳ قدر مطلق ۷

۱ـ۳ نورسنجی نجومی ۹

۱ـ۴ رنگ ستارگان ۱۰

۱ـ۵ سیستم‌های استاندارد نورسنجی..... ۱۱

۱ـ۵ـ۱ سیستم‌های استاندارد UBVRI ۱۲

۱ـ۶ شاخص رنگ..... ۱۵

۱ـ۷ کدری..... ۱۶

۱ـ۷ـ۱ رابطه کدری با فاصله ۱۶

۱ـ۷ـ۲ محیط میان ستاره‌ای ۱۸

۱ـ۷ـ۲ـ۱ قرمزشوندگی ناشی از محیط میان ستاره‌ای ۱۸

۱ـ۷ـ۳ جو زمین، ساختار و ترکیب آن ۱۹

۱ـ۷ـ۳ـ۱ تروپوسفر ۲۰

۱ـ۷ـ۳ـ۲ استراتوسفر ۲۰
۱ـ۷ـ۳ـ۳ مزوسفر ۲۰
۱ـ۷ـ۳ـ۴ تروموسفر ۲۰
۱ـ۷ـ۳ـ۵ اگزوسفر ۲۱
۱ـ۷ـ۴ کدری اتمسفری ۲۱
۱ـ۷ـ۴ـ۱ پراکندگی رایلی ۲۲
۱ـ۷ـ۴ـ۲ ایروسل‌ها (ذرات معلق در جو) ۲۲
۱ـ۷ـ۴ـ۳ جذب ۲۳
۱ـ۸ قانون بوگر ۲۳
۱ـ۹ جرم توده هوا ۲۶

فصل دوم: روشنایی آسمان شب و آلودگی نوری ۲۸
۲ـ۱ مقدمه ۲۹
۲ـ۲ روشنایی آسمان شب ۳۰
۲ـ۲ـ۱ عوامل طبیعی ۳۰
۲ـ۲ـ۲ عوامل مصنوعی ۳۰
۲ـ۳ تعاریف و مفاهیم آلودگی نوری ۳۱
۲ـ۴ انواع آلودگی نوری ۳۲
۲ـ۴ـ۱ آلودگی نوری مربوط به ستاره‌شناسی ۳۲
۲ـ۴ـ۲ آلودگی نوری مربوط به محیط زیست ۳۲
۲ـ۵ عوامل ایجاد آلودگی نوری ۳۳
۲ـ۵ـ۱ خیرگی ۳۳
۲ـ۵ـ۲ گنبد نوری ۳۴
۲ـ۵ـ۳ اضافه روشنایی ۳۵

۲ـ۵ـ۴ نور ناخواسته ۳۶
۲ـ۵ـ۵ ناهنجاری نوری ۳۶
۲ـ۶ آسمان تاب (برافروختگی آسمان) ۳۶
۲ـ۶ـ۱ تدابیر اصلاحی برای محدود کردن برافروختگی مصنوعی ۳۸
۲ـ۷ توصیه‌هایی برای روشنایی اطراف رصدخانه‌ها ۳۹
۲ـ۸ اندازه‌گیری روشنایی آسمان ۳۹
۲ـ۸ـ۱ روش آماتوری ۴۰
۲ـ۸ـ۱ـ۱ شمارش ستارگان ۴۰
۲ـ۸ـ۱ـ۲ مقیاس جان بورتل ۴۲
۲ـ۸ـ۲ مدل واکر ۴۴
۲ـ۸ـ۳ روش رصدی ۴۶
۲ـ۸ـ۳ـ۱ نورسنجی از ستارگان استاندارد با استفاده از فوتومتر ۴۷
۲ـ۸ـ۳ـ۲ نورسنجی از ستارگان استاندارد با استفاده از CCD ۴۹

فصل سوم: اندازه‌گیری روشنایی آسمان (ابزار و روش کار) ۵۰
۳ـ۱ مقدمه ۵۱
۳ـ۲ معرفی رصدخانه‌ی دکتر مجتهدی ۵۲
۳ـ۳ ابزارهای رصدی ۵۳
۳ـ۳ـ۱ تلسکوپ ۵۳
۳ـ۳ـ۱ـ۱ انواع تلسکوپ‌ها ۵۳
۳ـ۳ـ۱ـ۲ استقرار ۵۵
۳ـ۳ـ۲ دوربین CCD ۵۶
۳ـ۳ـ۲ـ۱ اساس کار ۵۷
۳ـ۳ـ۲ـ۲ معرفی خطاهای CCD ۵۹

۳ـ۳ـ۲ـ۳ کانونی کردن تصویر ۶۱
۳ـ۳ـ۲ـ۴ نسبت سیگنال به نویز (S/N) ۶۱
۳ـ۳ـ۲ـ۵ زمان نوردهی ۶۲
۳ـ۴ بررسی اجمالی از مراحل نورسنجی ۶۳
۳ـ۴ـ۱ انتخاب ستارگان استاندارد ۶۳
۳ـ۴ـ۲ برنامه‌ریزی نورسنجی ۶۵
۳ـ۴ـ۳ تصویربرداری از ستارگان استاندارد ۶۵
۳ـ۴ـ۳ـ۱ سیستم کنترل و راه‌اندازی ۶۵
۳ـ۴ـ۳ـ۲ تصویربرداری از ستارگان انتخاب شده ۶۷
۳ـ۴ـ۴ پردازش تصاویر با استفاده از نرم‌افزار Maxim DL ۷۲
۳ـ۴ـ۴ـ۱ بهنجار کردن تصاویر ۷۲
۳ـ۴ـ۴ـ۲ نورسنجی ستارگان انتخاب شده..... ۷۴

فصل چهارم: تحلیل داده‌ها و نتایج ۷۸
۴ـ۱ مقدمه ۷۹
۴ـ۲ تحلیل و بررسی داده‌های حاصل از نورسنجی ۸۰
۴ـ۲ـ۱ پردازش داده‌های نورسنجی ستارگان استاندارد و تعیین ضریب جذب جو و فاکتور مقیاس ابزار رصدی ۸۰
۴ـ۲ـ۲ بدست آوردن شار آسمان..... ۹۲
۴ـ۲ـ۳ محاسبه شاخص روشنایی آسمان ۹۳

فصل پنجم: نتیجه‌گیری ۹۶
۵ـ۱ بحث و نتیجه‌گیری ۹۷

پیوست الف: اسامی ستارگان استاندارد انتخاب شده ۹۹

منابع و مراجع ۱۰۷

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱ـ۱: قدر مطلق، چگالی شار ستاره در فاصله‌ی ۱۰ پارسکی از ستاره ۸

شکل ۱ـ۲: ناحیه‌ی مرئی طیف امواج الکترومغناطیس. ۱۰

شکل ۱ـ۳: حساسیت چشم انسان نسبت به رنگ‌های مختلف نور ۱۱

شکل ۱ـ۴: نمونه‌ای از صافی‌های نجومی ۱۲

شکل ۱ـ۵: منحنی انتقال سیستم باند پهن UBVRI جانسون ـ کازین. ۱۳

شکل ۱ـ۶: FWHM پهنای کامل در نیمه ماکزیمم مقدار تابع ۱۴

شکل ۱ـ۷: کاهش درخشندگی ستاره در اثر فرآیند کدری ۱۶

شکل ۱ـ۸: نمودار چگونگی تغییرات دمای لایه‌های جو با افزایش ارتفاع. ۲۱

شکل ۱ـ۹: مسیر پرتو تابشی ستاره در لایه جو در زاویه‌ی سمت الرأسی Z ۲۳

شکل ۱ـ۱۰: قانون بوگر، نمودار قدر بر حسب جرم توده هوا ۲۵

شکل ۱ـ۱۱: (a) لایه‌های موازی جو و (b) انحنای جو در نزدیکی افق ۲۶

شکل ۲ـ۱: آلودگی نوری ستاره شناسی ۳۲

شکل ۲ـ۲: آلودگی نوری زیست محیطی ۳۳

شکل ۲ـ۳: نمونه‌ای از تابش خیره کننده ۳۴

شکل ۲ـ۴: گنبد نوری فضای یک شهر ناشی از آلودگی نوری ۳۴

شکل ۲ـ۵: تشعشع محل ناشی از انعکاس نور از سطح دریاچه در مجاورت شهر ۳۵

شکل ۲-۶: نمونه‌ای از نور ناخواسته ۳۶

شکل ۲ـ۷: صورت فلکی دجاجه، منطقه‌ی ۱۴ ..... ۴۱

شکل ۳-۱: رصدخانه‌ی دکتر مجتهدی دانشگاه بیرجند ۵۲

شکل ۳-۲: نمونه‌ای از تلسکوپ شکستی ۵۴

شکل ۳-۳: نمونه‌ای از تلسکوپ بازتابی ۵۴
شکل ۳-۴: نمونه‌ای از تلسکوپ ترکیبی(اشمیت-کاسگرین) ۵۵
شکل ۳-۵: نمونه‌ای از استقرار سمت-ارتفاعی ۵۵
شکل ۳-۶: نمونه‌ای از استقرار استوایی ۵۶
شکل ۳-۷: سنسور CCD متشکل از تعداد بسیار زیادی عنصرهای حساس به نور (پیکسل). ۵۷
شکل ۳-۸: چگونگی برخورد فوتون به نیمه هادی ۵۸
شکل ۳-۹: نمونه‌ای از تصاویر بایاس (۱)، تاریک (۲) و تخت (۳) ۶۰
شکل ۳-۱۰: نمونه‌ای از وضوح تصویر ۶۱
شکل ۳-۱۱: دستگاه کنترل جهت راه‌اندازی تلسکوپ ۶۶
شکل ۳-۱۲: پنجره‌ی نرم‌افزار Maxim DL جهت فعال‌سازی سیستم خنک کننده‌ی CCD ۶۸
شکل ۳-۱۳: پنجره‌ی نرم‌افزار Maxim DL جهت تصویربرداری از ستاره مورد نظر ۶۹
شکل ۳-۱۴: پنجره‌ی Camera Control جهت تعیین صافی‌ها و زمان نوردهی ۷۰
شکل ۳-۱۵: پنجره‌ی مربوط به ذخیره‌سازی تصاویر ۷۱
شکل ۳-۱۶: پنجره‌ی نرم‌افزار Maxim DL جهت انتخاب گزینه Set Calibration ۷۳
شکل ۳-۱۷: پنجره‌ی مربوط به بهنجار کردن تصاویر ۷۳
شکل ۳-۱۸: پنجره‌ی مربوط به انتخاب تصاویر Flat، Bias و Dark جهت کالیبراسیون ۷۴
شکل ۳-۱۹: پنجره‌ی Information در نرمافزار Maxim DL ۷۵
شکل ۳-۲۰: پنجره‌ی نرم‌افزار Maxim DL در هنگام بررسی شدت ستاره مورد نظر ۷۵
شکل ۳-۲۱: حلقه‌های متحدالمرکز در نرم‌افزار Maxim DL جهت اندازه‌گیری شار (شدت) ستاره ۷۶
شکل ۳-۲۲: پنجره‌ی نرم‌افزار Maxim DL جهت تعیین اندازه دیافراگم ۷۷
شکل ۴-۱: نمودار قدر بر حسب جرم توده هوا برای ستاره‌ی HIP 51658 در صافی V ۸۲
شکل ۴-۲: نمودار قدر بر حسب جرم توده هوا برای ستاره‌ی HIP 51658 در صافی B ۸۲
شکل ۴-۳: نمودار قدر بر حسب جرم توده هوا برای ستاره‌ی HIP 110487 در صافی V ۸۳

شکل ۴-۴: نمودار قدر بر حسب جرم توده هوا برای ستاره‌ی HIP 110487 در صافی B ۸۳
شکل ۴-۵: نمودار قدر بر حسب جرم توده هوا برای ستاره‌ی HIP 2101 در صافی V ۸۴
شکل ۴-۶: نمودار قدر بر حسب جرم توده هوا برای ستاره‌ی HIP 2101 در صافیB ۸۴
شکل ۴-۷: نمودار قدر بر حسب جرم توده هوا برای ستاره‌ی HIP 3761 در صافیV ۸۵
شکل ۴-۸: نمودار قدر بر حسب جرم توده هوا برای ستاره‌ی HIP 3761 در صافیB ۸۵
شکل ۴-۹: نمودار قدر بر حسب جرم توده هوا برای ستاره‌ی HIP 10378 در صافیV ۸۶
شکل ۴-۱۰: نمودار قدر بر حسب جرم توده هوا برای ستاره‌ی HIP 10378 در صافیB..... ۸۶
شکل ۴-۱۱: نمودار قدر بر حسب جرم توده هوا برای ستاره‌ی HIP 10064 در صافیV ۸۷
شکل ۴-۱۲: نمودار قدر بر حسب جرم توده هوا برای ستاره‌ی HIP 10064 در صافیB..... ۸۷
شکل ۴-۱۳: نمودار قدر بر حسب جرم توده هوا برای ستاره‌ی HIP 24340 در صافیV ۸۸
شکل ۴-۱۴: نمودار قدر بر حسب جرم توده هوا برای ستاره‌ی HIP 24340 در صافیB..... ۸۸
شکل ۴-۱۵: نمودار قدر بر حسب جرم توده هوا برای ستاره‌ی HIP 43813 در صافیV ۸۹
شکل ۴-۱۶: نمودار قدر بر حسب جرم توده هوا برای ستاره‌ی HIP 43813 در صافیB..... ۸۹
شکل ۴-۱۷: نمودار قدر بر حسب جرم توده هوا برای ۱۱ ستاره در صافیV..... ۹۱
شکل ۴-۱۸: نمودار قدر بر حسب جرم توده هوا برای ۱۱ ستاره در صافیB..... ۹۱
شکل ۴-۱۹: پنجره‌ی نرم‌افزار Maxim DL جهت اندازه‌گیری شار آسمان ۹۲

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱ـ۱: طول موج مؤثر و FWHM مربوط به صافی باند پهن UBVRI..... ۱۳

جدول ۲ـ۱: مقادیر حد قدر در مقابل تعداد ستارگان شمارش شده ۴۱

جدول۲ـ۲: مقادیر محاسبه شده آلودگی نوری آسمان رصدخانه دکتر مجتهدی تحت تأثیر شهرهای مود و بیرجند و روستای چنشت..... ۴۶

جدول ۲ـ۳: مقادیر میانگین قدر، ضرایب جذب و فاکتور مقیاس ۴۹

جدول ۳ـ۱: مختصات و قدر ستاره‌های استاندارد رصد شده در روش اول ۶۴

جدول ۳ـ۲: مختصات و قدر ستاره‌های استاندارد رصد شده در روش دوم..... ۶۴

جدول ۴ـ۱: مقادیر ضریب جذب (K_m) و فاکتور مقیاس (Z_m) در دو صافی VوB از روش اول ... ۹۰

جدول ۴ـ۲: مقادیر ضریب جذب (K_m) و فاکتور مقیاس (Z_m) در دو صافی VوB از روش دوم ... ۹۲

جدول ۴ـ۳: مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی قدر آسمان در جهت‌های مختلف در دو صافی B و V با استفاده از روش اول ۹۴

جدول ۴ـ۴: مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی قدر آسمان در جهت‌های مختلف در دو صافی B وV با استفاده از روش دوم ۹۵

جدول ۴ـ۵: مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی روشنایی آسمان در دو صافی B و V با استفاده از روش دوم ۹۵

جدول ۵ـ۱: مقادیر میانگین قدر آسمان و ضریب جذب در دو روش انجام شده ۹۷

فصل اول

مفاهیم بنیادی

۱ـ۱ مقدمه

جهت آشنایی با موضوع روشنایی آسمان قبل از هر چیز لازم است اطلاعات کافی و لازم در این زمینه داشته باشیم. برای این منظور در این فصل سعی شده است به بیان مفاهیم بنیادی در این مقوله پرداخته شود.

۱ـ۲ مفاهیم بنیادی (درخشندگی، شار، قدر)

در یک شب صاف و زیر یک آسمان تاریک می‌توان تعداد بی‌شماری ستاره دید. بعضی از این ستاره‌ها بسیار پرنور و درخشانند در حالی که بعضی دیگر به قدری کم‌نور و کم‌فروغ‌اند که بدون دوربین یا تلسکوپ به زحمت می‌توان آن‌ها را تشخیص داد. پرنور یا کم‌نور بودن ستارگان را با کمیتی به نام **روشنایی** یا **درخشندگی ظاهری** مشخص می‌کنند. پیش از این که بیشتر درباره‌ی روشنایی صحبت کنیم باید با مفهومی به نام شار[1] آشنا شویم.

۱ـ۲ـ۱ درخشندگی[2] و شار

اساسی‌ترین اطلاعات در مورد اجرام آسمانی، از طریق اندازه‌گیری مقدار انرژی دریافتی از آن شیء حاصل می‌شود. این مقدار انرژی دریافتی از جسم آسمانی شار نامیده می‌شود. منظور از شار، مقدار یا تعداد هر چیزی است که در واحد زمان از سطح می‌گذرد. وقتی از روشنایی یک ستاره F، صحبت می‌کنیم در واقع منظورمان شار انرژی تابشی ستاره در مکان ناظر است و یکای آن وات بر متر مربع ($[F]=W\ m^{-2}$) است. روشنایی ستارگان به فاصله‌ی آن‌ها از ناظر و درخشندگی مطلق ستاره (مقدار انرژی نورانی ساطع شده از ستاره) بستگی دارد.

بنابراین روشنایی ظاهری یک ستاره F، از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$F = \frac{L}{4\pi r^2} \qquad (۱ـ۱)$$

در رابطه‌ی (۱ـ۱)، L درخشندگی مطلق و r فاصله از ناظر می‌باشد [۱].

---

[1] Flux
[2] Luminosity

۱ـ۲ـ۲ سیستم قدر

میزان درخشندگی اجرام آسمانی با یکدیگر متفاوت است و همین امر اندیشمندان و محققان نجوم را بر آن داشت تا برای شناسایی و بررسی بهتر، به نحوی آن‌ها را دسته‌بندی کنند. از این جهت، آن‌ها معیاری نسبی به نام «قدر» تعریف کردند. به عبارت دیگر میزان درخشندگی و نورانیت همه‌ی اجرام آسمانی بر حسب گام‌هایی اندازه‌گیری می‌شود که «قدر» نام دارد.

برای درک و مقایسه‌ی بهتر شدت نوری که از ستاره‌ها می‌بینیم باید بتوانیم به آن‌ها «عدد» نسبت بدهیم، به همین علت است که از معیار قدر که طبق تعریفش کمیتی عددی است، استفاده می‌کنیم. ستاره‌شناس معروف یونان باستان ابرخس یا هیپارخوس[1] استانداردهای قراردادی این معیار که حدوداً به ۱۵۰سال پیش از میلاد باز می‌گردد را تعریف و ارائه کرده است. این استانداردها تا امروز تقریباً هم چنان بدون تغییر باقی‌مانده است.

ابرخس، ستارگان رؤیت‌پذیر با چشم انسان را بر حسب روشنایی ظاهری‌شان به ۶ دسته تقسیم کرد، و این دسته‌ها را قدر نامید. دسته‌بندی او این گونه بود که پرنورترین ۲۰ ستاره‌ای را که می‌شناخت به طور دلخواه ستارگان قدر ۱ نامید، سپس ۵۰ ستاره‌ی بعدی را به ترتیب روشنایی ظاهری‌شان، ستارگان قدر ۲ نامید و همین طور الی آخر... . پس پرنورترین ستاره‌ها در دسته‌ی قدر ۱ و کم‌نورترین ستاره‌هایی که با چشم دیده می‌شوند در دسته‌ی قدر ۶ جای گرفتند. هر چه ستاره‌ای پرنورتر بود، قدر کم‌تری داشت. او با این روش، طبقه‌بندی کاملاً اختیاری را بر اساس روشنی ستارگان به دست آورد.

بعدها در جدولی که ابرخس تهیه کرده بود تغییرات و اصلاحاتی ایجاد شد اما ساختار کلی آن بدون تغییر باقی ماند. نخستین تغییر در سیستم شش‌گانه‌ی جدول قدر ابرخس در قرن ۱۶ میلادی ایجاد شد، پس از اختراع تلسکوپ، گالیله ستارگان جدید و کم‌نورتری را مشاهده کرد که در جدول ابرخس جایی نداشتند. او پیشنهاد افزودن بخشی دیگر به جدول را برای جای دادن ستارگان کم‌نورتر با قدر ۷ را داد.

تعریفی که تا این جا از معیار «قدر ستاره‌ها» داده شد، مقدار درخشندگی‌ای از ستاره است که در آسمان ناظر دیده می‌شود و به همین جهت آن را «قدر ظاهری» می‌نامیم و با نماد «m»

[1] - Hipparchus

نمایش می‌دهیم. پس در جدولی که ابرخس تهیه کرد مقیاس قدر بر پایه‌ی درخشندگی ظاهری ستاره‌ها در آسمان است.

اما نکته‌ی جالب توجه این است که واکنش چشم ما نسبت به شدت نوری که به چشم می‌رسد، خطی نیست! یعنی اگر شدت نور جسمی دو برابر دیگری باشد، تفاوت درخشندگی این دو جسم در چشم ما کم‌تر از ۲ به نظر می‌رسد و از نظر چشم انسان، ستاره‌های قدر اول ۵ بار پرنورتر از ستاره‌های قدر ششم‌اند [۲].

۱ـ۲ـ۲ـ۱ قدر ظاهری[1]

در سال ۱۸۵۶ ستاره‌شناس انگلیسی «نرمن رابرت پوگسون[2]» طبق مشاهدات و محاسبات ریاضی به این نتیجه رسید که در واقع ستاره‌های قدر اول، ۱۰۰ بار پرنورتر از ستاره‌های قدر ششم‌اند. این نسبت تغییر در روشنایی در واقع معلول خاصیت ذاتی چشم انسان است که در درک تغییر نسبت درخشندگی ستارگان و پاسخ به محرک‌ها، لگاریتمی رفتار می‌کند. از این رو طبیعت قدر ظاهری هم لگاریتمی است. همچنین او توصیفی ریاضی برای این سیستم ارائه داد و متوجه شد که تفاوت روشنایی ستاره قدر یک تا دو و ستاره قدر دو تا سه مثل هم هستند و همچنین برای بقیه. سپس در جست‌وجوی عامل ضربی برای افزایش در هر یک از ۵ مرحله میانی، عدد ۲/۵ در نظر گرفته شد. از آن جا که $100^{\frac{1}{5}}$ با عدد ۲/۵۱۱۸۸۶۴۳۱۵... برابر است، پس هر قدر با قدر دیگر حدود ۲/۵۱۱۸۸۶ مرتبه روشنایی تفاوت دارد.

با قرار گرفتن حد قدر ظاهری ستارگان در مقیاس دقیق ریاضی، در تناسب جدول قدر ابرخس ناهماهنگی بسیاری دیده شد. بعدها با پیشرفت علم نجوم، ابزارهای اپتیکی-رصدی و آشکارسازهای قدرتمندتری ساخته شد و توانایی دیدن ستاره‌ها و اجرام آسمانی کم‌فروغ‌تری فراهم گشت که تا قبل از آن دیده نمی‌شدند. اخترشناسان چاره‌ای جز افزایش محدوده‌ی عددی قدر جدول ابرخس در جهت معکوس نداشتند و به این ترتیب بود که مقادیر صفر و منفی نیز برای ستارگان درخشان‌تر تعریف شد [۳].

[1] - Apparent Magnitudes
[2] - Norman Robert Pogson