

خورشید گرفتگی و ماه گرفتگی

فخری هاشمی تهرانی

دبیر آموزش و پرورش منطقه ۸ تهران

۱ - مقدمه

برای بحث درباره خورشید گرفتگی و ماه گرفتگی، دانستن ابعاد ماه و زمین و فاصله آنها از یکدیگر، از خورشید و پارامترهای دیگر نیاز است.

کره زمین دارای شعاع استوائی $۶۳۷۸/۱۶۴$ کیلومتر و شعاع قطبی $۶۳۵۶/۱۷۹$ کیلومتر است، روی مدار بیضی حول خورشید می‌گردد. از این رو، فاصله آن از خورشید بین $۱۰^۶/۱۴۷$ و $۱۰^۶/۱۵۲$ کیلومتر، به ترتیب در نزدیک نقطه و دور نقطه گردشگاهش (حضیض و اوج) تغییر می‌کند.

کره ماه با شعاع ۱۷۳۸ کیلومتر روی مدار بیضی نزدیک به دایره، حول زمین می‌گردد. فاصله آن از زمین در دور نقطه ۴۰۶۷۰۰ و در نزدیک نقطه ۳۵۶۴۰۰ کیلومتر است (فاصله میانگین ۳۸۴۴۰۱ کیلومتر).

مانند اجسام کدر در اطراف خود نیمسایه نیز ایجاد می‌کنند. تاریکی نیمسایه کمتر از سایه است، زیرا بخشی از منبع نور به آنجا می‌رسد. نیمسایه به شکل مخروط ناقصی است که سایه را دربر می‌گیرد. ادامه سایه، منعکس شده به سوی زمین که در قسمت D شکل (۱) نشان داده شده است، سایه منفی نامیده می‌شود.

همانطور که اشاره شد، طول سایه به ابعاد جرم سماوی و فاصله آن از خورشید بستگی دارد، بدین ترتیب که هرچه فاصله جرم سماوی از خورشید بیشتر باشد، سایه طولی‌تر است.

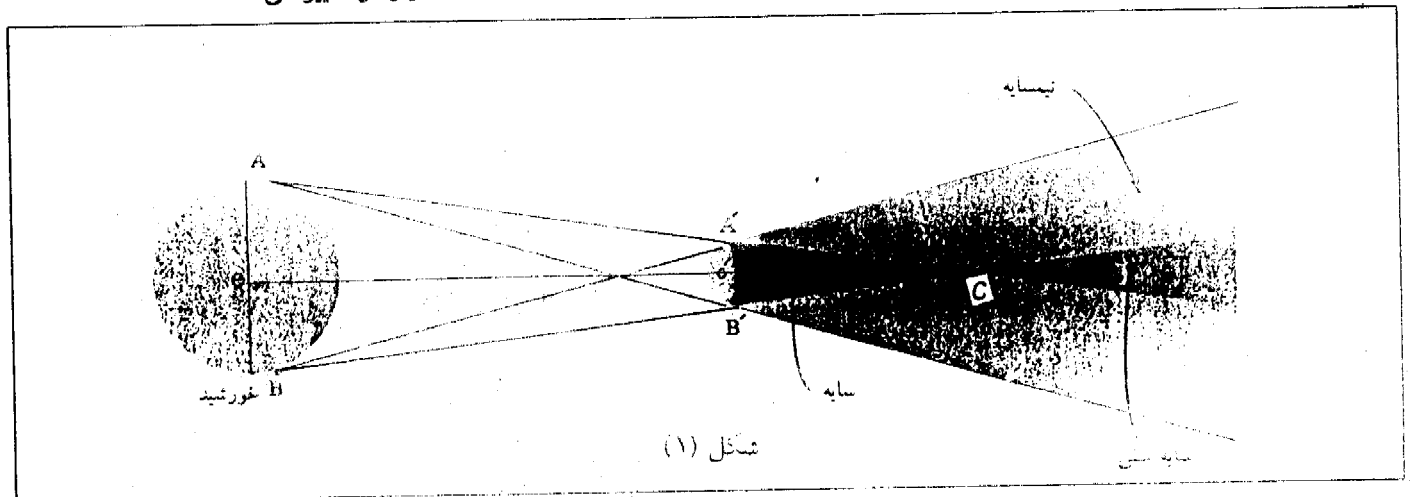
طول سایه را می‌توان از تشابه دو مثلث ABC و ABC بدست آورد:

$$\frac{OA}{OA'} = \frac{OC}{OC'} = \frac{OO' + OC'}{OC'}$$

که در آن AO شعاع خورشید، OA' شعاع ماه یا زمین OO' فاصله ماه یا زمین از خورشید و OC طول سایه است. طول سایه ماه، نظر به تغییر فاصله ماه از خورشید، از ۳۵۰۰۰۰ کیلومتر تا ۴۰۰۰۰۰ کیلومتر و طول سایه زمین از ۱۰۳۵۹۵۰۰ کیلومتر تا ۱۰۴۰۴۵۰۰ کیلومتر تغییر می‌کند. طول متوسط سایه ماه و زمین به ترتیب از حدود ۳۷۵۰۰۰ کیلومتر تا ۱۰۳۸۲۰۰۰۰ کیلومتر تغییر می‌کند.

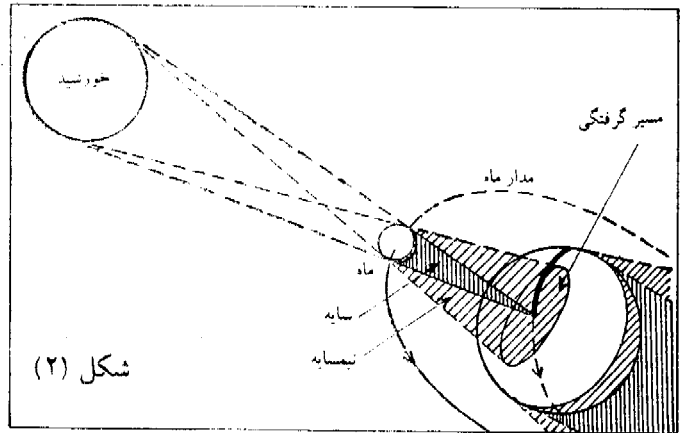
۲ - سایه ماه و زمین

سایه ماه و زمین به علت کروی بودن آنها و بزرگ بودن خورشید به شکل مخروطی است که قاعده آن سطح مقطع ماه و زمین و رأس آن در خلاف جهت خورشید واقع است (شکل ۱). ماه و زمین



۳ - خورشید گرفتگی و انقسام آن

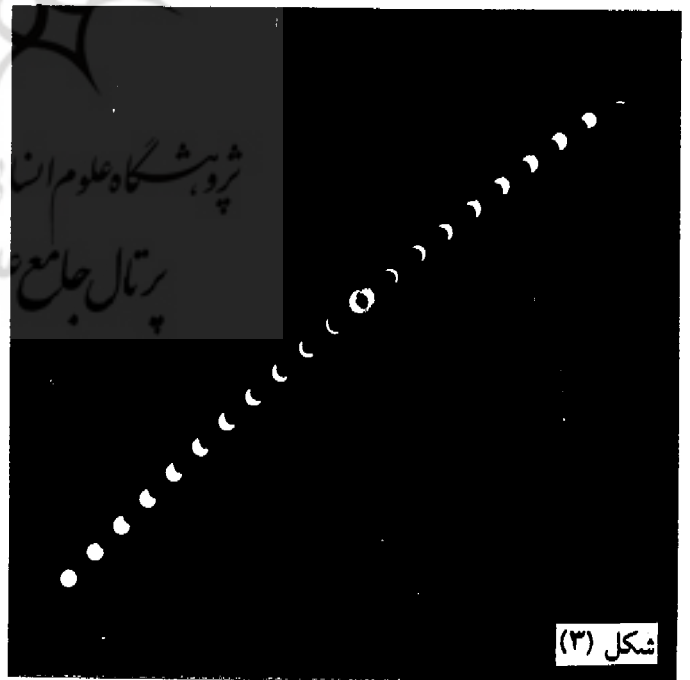
اگر ماه در محاق طوری بین زمین و خورشید قرار گیرد که سایه آن روی زمین بیفتد، ساکنان زمین خورشید یا قسمتی از آن را نمی‌بینند، این حالت را خورشید گرفتگی گویند (شکل ۲). چند نوع خورشید گرفتگی اتفاق می‌افتد که عبارتند:



شکل (۲)

خورشید گرفتگی کلی *

هنگامی است که قرص ماه به طور کامل قرص خورشید را بپوشاند. نظر باینکه قطر خورشید حدود ۴۰۰ برابر قطر ماه و فاصله خورشید تا زمین نیز ۴۰۰ برابر فاصله ماه تا زمین است، در شرایطی که ماه در نزدیک زمین قرار داشته باشد، ماه و خورشید تقریباً به یک اندازه دیده می‌شوند. در این حالت مخروط سایه ماه به زمین می‌رسد و ساکنان آن قسمت از زمین که در داخل این سایه قرار می‌گیرند خورشید را نمی‌بینند.



شکل (۳)

خورشید گرفتگی کلی باین ترتیب شروع می‌شود که ابتدا نوار تاریک کوچکی در کناره راست قرص خورشید ظاهر می‌شود، سپس تاریکی پیشرفت کرده، تمام قرص خورشید را می‌پوشاند، آنگاه قرص

ماه به تدریج کنار می‌رود و قرص خورشید مجدداً نمایان می‌شود. در شکل (۳) مراحل خورشید گرفتگی کلی نشان داده شده است.

ماه با سرعت مداری حدود ۳۴۰۰ کیلومتر در ساعت حرکت می‌کند که همان سرعت سایه ماه در فضا است. از سوی دیگر، زمین هم جهت با حرکت مداری ماه با سرعت حدود ۱۶۷۰ کیلومتر در ساعت حول محورش می‌چرخد. بنابراین سرعت حرکت سایه ماه روی زمین کمتر از سرعت مداری ماه و حدود نصف آن (۱۷۳۰ کیلومتر = ۱۶۷۰ - ۳۴۰۰) است.

پهنای سایه در سطح زمین که «مسیر خورشید گرفتگی» نام دارد، در طول مدت گرفتگی کلی مؤثر است. به علاوه، موقعیت جغرافیایی محل سایه در این امر دخالت دارد. باین ترتیب که اگر خورشید گرفتگی در استوا اتفاق افتد، به علت سرعت بیشتر زمین در استوا، سرعت نسبی سایه کوچکتر است. در نتیجه، این زمان طولانی‌تر، یعنی حداکثر حدود ۷ دقیقه و ۳۰ ثانیه خواهد بود. هر چه عرض جغرافیایی محل ناظر بیشتر باشد، سایه سریع‌تر حرکت می‌کند. از اینرو، خورشید گرفتگی کوتاهتر است. در هنگام خورشید گرفتگی کلی، نور خورشید از میان ناهمواریهای ماه عبور می‌کند و به صورت دانه‌های نورانی از زمین قابل رؤیت است. باین دانه‌ها «دانه بیلی» یا (Baily's beads) می‌گویند شکل (۴).



شکل (۴)

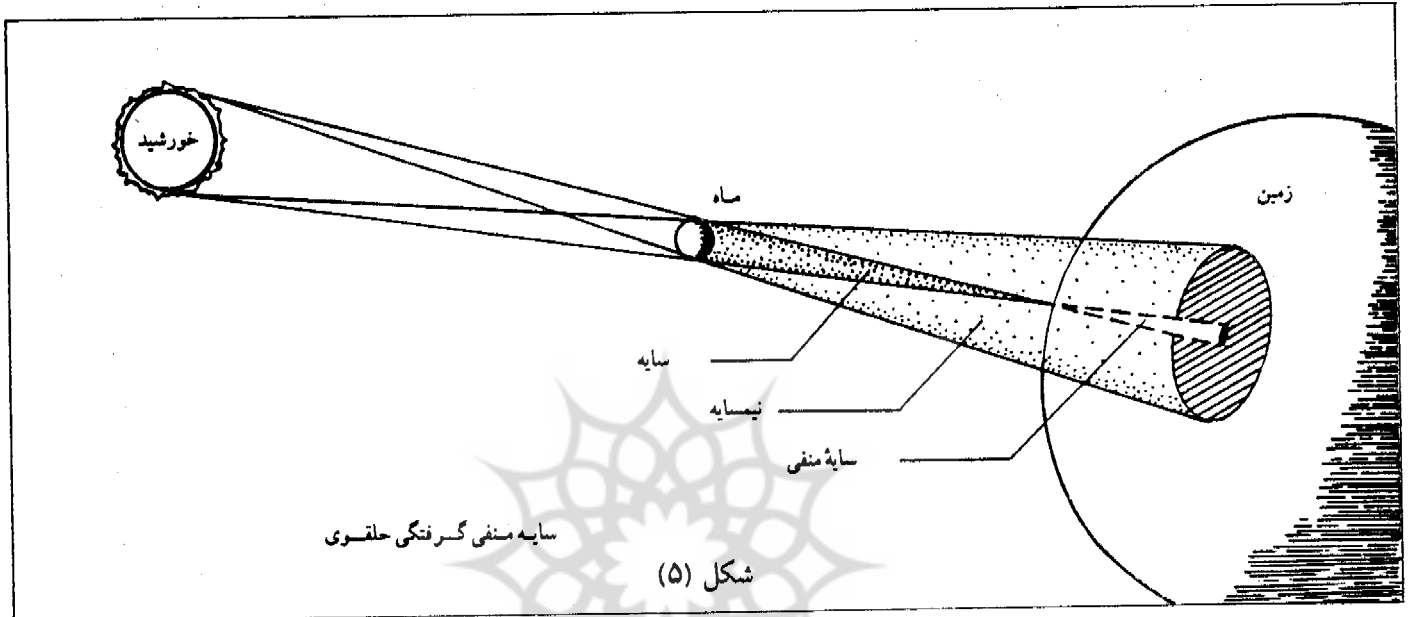
خورشید گرفتگی جزئی *

خورشید گرفتگی جزئی هنگامی رخ می‌دهد که تنها نیمسایه ماه با زمین تماس پیدا کند و سایه از بالای قطب شمال یا از زیر قطب جنوب عبور نماید. در طول یک خورشید گرفتگی کلی، برای ناظران زمینی که در فاصله حدود ۳۰۰۰ کیلومتری طرفین مسیر گرفتگی، یا به عبارت دیگر کسانی که در نیمسایه ماه قرار دارند، خورشید گرفتگی جزئی، بوجود می‌آید. این افراد قسمتی از خورشید را تاریک خواهند دید (شکل ۲). طول زمان خورشید گرفتگی جزئی مانند خورشید گرفتگی کلی، تابع موقعیت جغرافیایی ناظر است.

خورشید گرفتگی حلقوی *

قرص ماه، زمانی که ماه در دور نقطه مدارش واقع می‌شود، به اندازه‌ای نیست که تمام قرص خورشید را بپوشاند. در این حالت، ساکنان آن قسمت زمین که در منطقه سایه منفی قرار دارند، نور خورشید را به صورت حلقه باریکی (حلقه الماس)، در اطراف قرص تاریک ماه خواهند دید (شکل ۵). از این رو این نوع خورشید گرفتگی را حلقوی نامیده‌اند. در خورشید گرفتگی حلقوی نوک مخروط سایه به زمین نمی‌رسد.

در خورشید گرفتگی کلی، خرمن خورشیدی (لایه خارجی جو خورشید)، مشاهده می‌شود، حال آنکه در خورشید گرفتگی حلقوی به علت وجود نور خورشید، خرمن مشاهده نمی‌شود. نوع ویژه‌ای از خورشید گرفتگی، خورشید گرفتگی کلی-حلقوی است که در طول مسیر گرفتگی برای مدتی گرفتگی، به صورت حلقوی و بقیه مدت به صورت کلی ظاهر می‌شود. در این نوع گرفتگی ممکن است نوک مخروط سایه با زمین تماس مختصری پیدا کند.



۴- آثار خورشید گرفتگی و موارد استفاده آن در ستاره‌شناسی خورشید گرفتگی، تاریکی آسمان و از آنجا نمایان شدن ستارگان در ساعات روز و اثرات دیگر بر محیط را سبب می‌شود و فرصت مناسبی را برای انجام مطالعات گوناگون بدست می‌دهد. با شروع خورشید گرفتگی کلی موجودات زنده رفتارهای شبانه از خود بروز می‌دهند. بدین ترتیب که پرندگان به لانه می‌روند، جانوران شب‌کور ظاهر می‌شوند، بعضی از گلها باز یا بسته می‌گردند (گل تعدادی از گیاهان مانند آفتابگردان و شنگ در مجاورت نور باز و در تاریکی بسته می‌شوند، حال آنکه گل لاله غنایی و نیلوفر آبی به عکس، به

در شکل (۶) مراحل خورشید گرفتگی حلقوی نشان داده شده است. این مراحل در خورشید گرفتگی کلی نیز وجود دارد. اولین تماس به زمانی گفته می‌شود که قرص ماه و خورشید، در لبه شرقی خورشید، تماس خارجی اند. تماس دوم هنگامی است که قرص خورشید، کاملاً بوسیله قرص ماه پوشیده می‌شود، به عبارت دیگر قرص ماه و خورشید، در لبه شرقی تماس داخلی باشند. سومین تماس زمانی است که قرص تاریک ماه با لبه غربی خورشید تماس داخلی است و سرانجام، چهارمین تماس هنگامی است که قرص تاریک ماه با لبه غربی قرص خورشید تماس خارجی اند (شکل ۶).

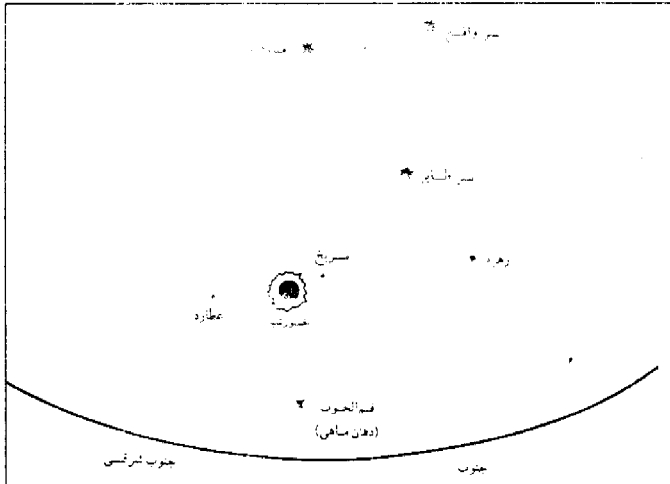
محض غروب آفتاب بازار باطله خورشید شروع به بسته شدن می‌کنند.

هنگام خورشید گرفتگی کلی که قرص خورشید توسط قرص ماه پوشیده می‌شود، زمان مناسبی برای مطالعه خرمین خورشید می‌باشد (شکل ۳). از سوی دیگر، تاریکی آسمان باعث می‌شود تا اجرام سماوی در ساعات روز قابل رؤیت شوند (شکل ۷). این وضعیت اجازه می‌دهد تا دنباله‌دارهای نزدیک خورشید کشف و ستاره‌ها نیز رصد شوند. از نتایج مهم این رصد، تأیید یکی از پیش‌بینی‌های نظریه نسبیت عام اینشتین مبنی بر انحراف نور ستاره‌ها، به مقدار $1/75$ ثانیه قوسی، هنگام عبور از مجاورت خورشید است (شکل ۸).

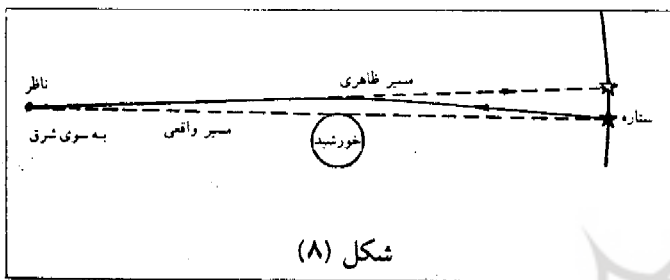
لازم به تذکر است که در گذشته برای تحقیق و عکسبرداری از خورشید گرفتگی، از فرصت چند دقیقه‌ای طول مدت خورشید گرفتگی استفاده می‌شد و اخترشناسان به جاهای مناسب‌تر می‌رفتند تا در کارشان موفق‌تر شوند. امروزه محققین با هواپیما در مسیر خورشید گرفتگی حرکت کرده ساعتها به تحقیق و مطالعه می‌پردازند.

۵ - ماه گرفتگی و اقسام آن

اگر ماه (بدر) زمین و خورشید در امتداد هم و زمین بین آن دو قرار گیرد، سایه زمین، ماه یا قسمتی از آن را از دید نگاه کنندگان زمین دور خواهد ماند. این حالت را ماه گرفتگی گویند (شکل ۹). این پدیده از روزگاران پیشین شناخته شده بود، چنانکه ارسطو، توسط سایه دایره‌ای زمین به روی ماه کریت زمین را اثبات کرد (در آزمان تصور

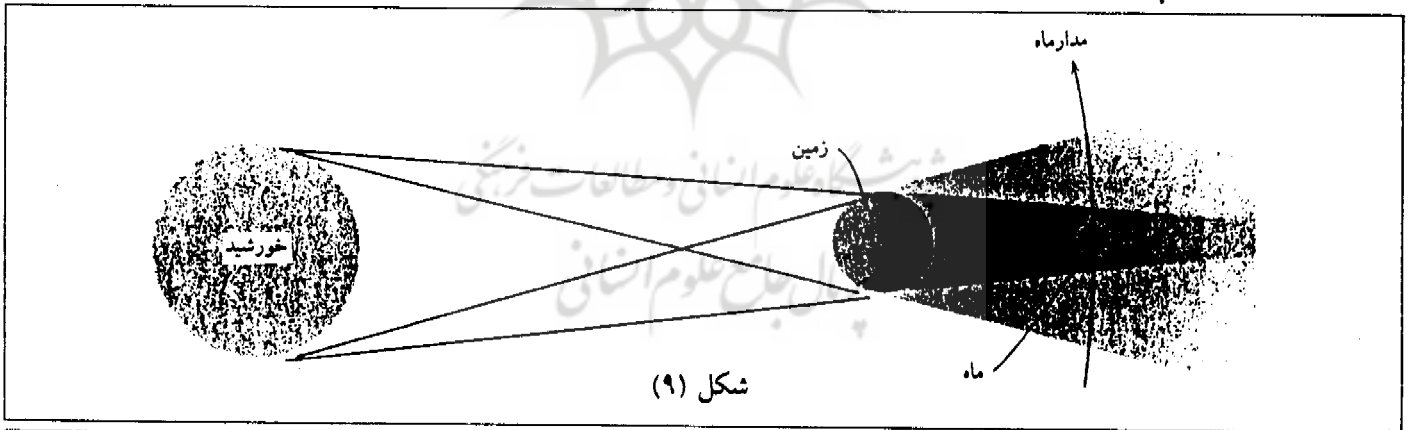


شکل (۷) ستارگان و سیارات قابل رؤیت در خورشید گرفتگی ۲۶ فوریه ۱۹۷۹



شکل (۸)

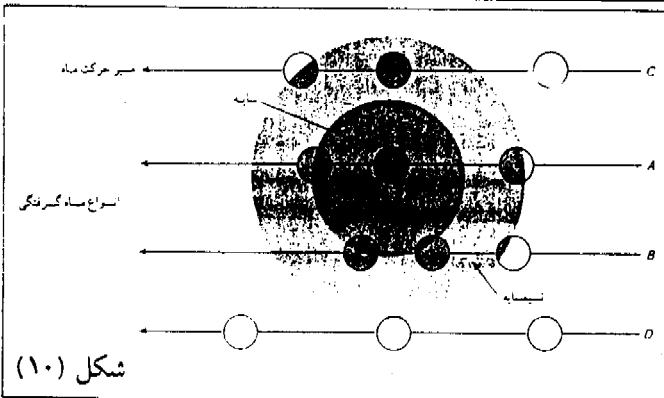
مسطح بودن زمین وجود داشت). طول مدت ماه گرفتگی، به موقعیت ماه هنگام عبور از سایه بستگی دارد، بدین ترتیب که اگر ماه از مرکز سایه زمین بگذرد، ماه گرفتگی طولانی‌تر است. در (شکل ۹) قطر سایه زمین $2/5$ برابر قطر ماه است.



شکل (۹)

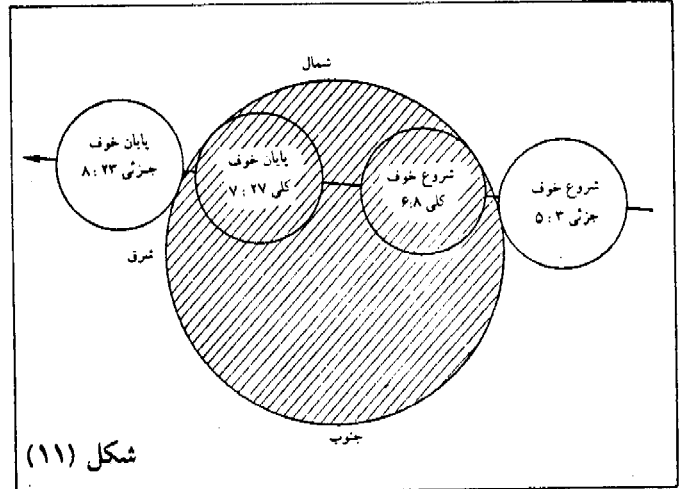
ماه گرفتگی اقسام مختلفی مانند کلی، جزئی و نیمسایه‌ای دارد:

ماه گرفتگی کلی * در این نوع ماه گرفتگی، قرص ماه به طور کامل داخل سایه زمین می‌شود (شکل ۱۰ وضعیت A)، چون قطر سایه زمین در فاصله متوسط ماه از زمین، حدود ۹۲۰۰ کیلومتر و سرعت ماه حدود ۳۴۰۰ کیلومتر در ساعت است، ماه گرفتگی به صورت کلی و جزئی حدود ۳ ساعت و ۴۰ دقیقه طول می‌کشد. زمان و وضعیت ماه در ماه گرفتگی ۱۸ نوامبر ۱۹۵۶ در (شکل ۱۱) به عنوان نمونه آمده است.



شکل (۱۰)

ماه به هنگام ماه گرفتگی کلی، به علت شکست نور در جو زمین به رنگ قرمز مسی دیده می‌شود.



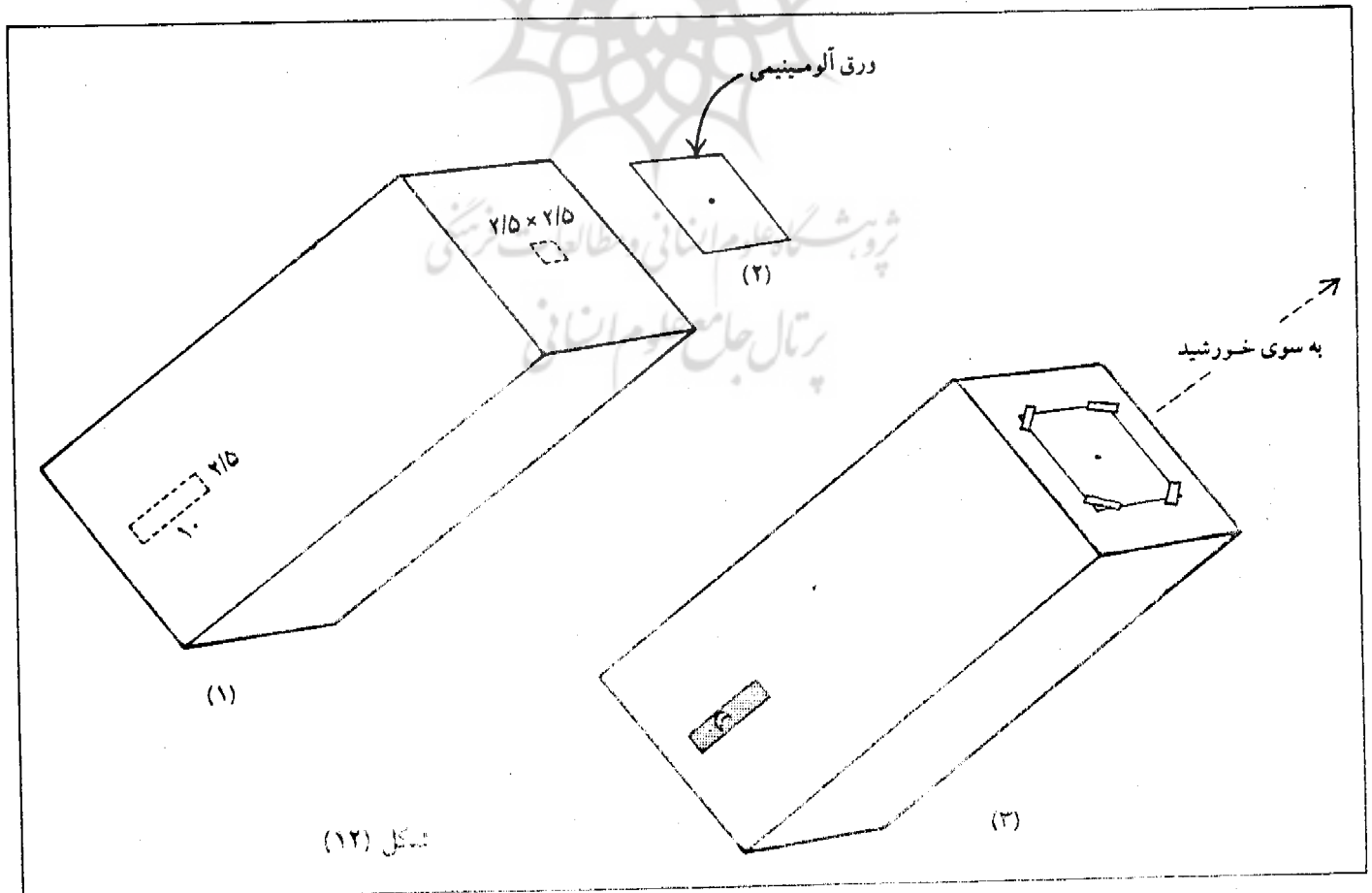
شکل (۱۱)

۶ - شرایط رویت گرفتگی‌ها

رویت ماه گرفتگی، به علت روشنایی کم ماه به چشم آسیب نمی‌رساند. از اینرو، مراحل مختلف ماه گرفتگی را در شرایطی که هوا صاف و ماه بالای افق باشد، می‌توان با چشم غیر مسلح مشاهده کرد. حال آنکه در مورد خورشید گرفتگی به علت نور شدید خورشید چنین نیست زیرا، نه تنها نگاه کردن به آن ممکن نیست، بلکه زیان آور نیز هست. برای نمونه ۱۴۵ مورد آسیب دیدگی چشم در گرفتگی ۷ مارس ۱۹۷۰ در ایالات متحده آمریکا گزارش شده است. بکار بردن فیلم عکاسی نور دیده یا شیشه رنگی، که اغلب مورد استفاده قرار می‌گیرد، نیز صحیح نیست. برای رویت بهتر و بدون خطر خورشید گرفتگی می‌توان از وسیله ساده‌ای استفاده کرد که روش ساختن آن به شرح زیر است: جعبه‌ای به شکل مکعب مستطیل مطابق شکل (۱۲) انتخاب کرده، در یک سطح آن مربعی به ابعاد $2/5$ سانتی‌متر و سوراخ مستطیل شکل به ابعاد $2/5$ و 10 سانتی‌متر در سطح دیگر جعبه ایجاد می‌کنیم. آنگاه تکه کاغذ آلومینیمی را سوراخ کرده، روی سوراخ مربعی شکل جعبه می‌چسبانیم. اگر این سطح جعبه را متوجه خورشید و از سوراخ دیگر نگاه کنیم، با تشکیل تصویری از خورشید در سطح مقابل سوراخ مربع شکل، رویت غیر مستقیم خورشید ممکن شده، خطری برای چشم پیش نمی‌آید. لازم به تذکر است که در هنگام مخفی شدن قرص کامل خورشید، پشت قرص ماه، رویت مستقیم خورشید بدون اشکال است.

ماه گرفتگی نیمسایه‌ای * هنگامی رخ می‌دهد، که ماه تنها از میان نیمسایه زمین عبور کند. ماه گرفتگی نیمسایه‌ای تقریباً غیر قابل تشخیص است. ماه در موقعیت C و D (شکل ۱۰) ماه گرفتگی نیمسایه‌ای ایجاد می‌کند.

ماه گرفتگی جزئی * این نوع ماه گرفتگی بهنگام عبور قسمتی از ماه از سایه زمین رخ می‌دهد. در موقعیت B (شکل ۱۰) ماه گرفتگی جزئی دیده می‌شود.

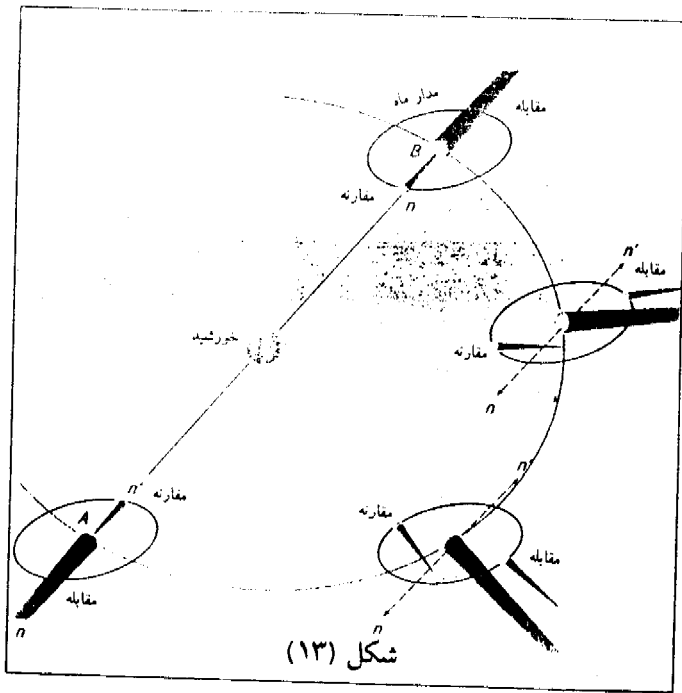


شکل (۱۲)

۷ - شرایط و نوع گرفتگی

شرط اصلی ایجاد گرفتگی آنست که ماه، زمین و خورشید در یک امتداد قرار داشته باشند. به عبارت دیگر، ماه در مقارنه یا مقابله باشد، که به ترتیب با فاز محاق و بدر ماه مطابقت دارد. بنابراین، خورشید گرفتگی در آخر ماه قمری و ماه گرفتگی در شب چهارده ماه قمری اتفاق می افتد. از طرف دیگر، صفحه مدار ماه نسبت به دایرة البروج (مدار حرکت سالانه خورشید بر روی کره سماوی)، حدود ۵ درجه انحراف دارد. بنابراین، امکان دارد سایه ماه یا سایه زمین در محاق یا بدر، به روی زمین یا ماه نیفتد (شکل ۱۳).

بدیهی است در چنین وضعیتی ماه گرفتگی یا خورشید گرفتگی اتفاق نمی افتد. ولی مدار ماه و دایرة البروج یکدیگر را در دو نقطه موسوم به «گره» قطع می کنند. از این رو، خورشید گرفتگی هنگامی اتفاق می افتد که ماه در موقع محاق در نزدیکی یکی از گره ها باشد. خطی که گره ها را یکدیگر وصل می کند (M)، «خط گره ها» نام دارد.



پس از گذشت یک دوره ساروس در محل واقع $120^\circ = 15^\circ \times 8$ درجه ای غرب محل رؤیت گرفتگی قبلی اتفاق افتد. بنابراین، فاصله زمانی رؤیت دو گرفتگی مشابه در یک مکان برابر ۳ دوره ساروس است.

۸ - پیش بینی گرفتگی ها

چنانکه ذکر شد، گرفتگی هنگامی اتفاق می افتد که ماه در گره یا نزدیک آن قرار گیرد. در مکانیک سماوی با انجام محاسبات می توانند وقوع گرفتگی ها را پیش بینی کنند. در جدولهای (۱) و (۲) به ترتیب مشخصات گرفتگی ماه و خورشید چند سال آینده داده شده است.

جدول (۱)

محل رؤیت	خورشید گرفتگی	تاریخ
آسیا بجز شمال شرقی و جنوب غربی - جنوب شرقی اروپا - جنوب غربی آسیا شرق آسیا - شمال غربی استرالیا - گینه نو - شمال غربی آمریکای شمالی - جزایر هاوایی	حلقوی کلی	۲۳ سپتامبر ۱۹۸۷ ۱۷ - ۱۸ مارس ۱۹۸۸
شرق آفریقا - جنوب آسیا - استرالیا بجز شمال شرقی - جنوب شرقی زلاتندو جزائر هاوایی - شمال غربی آمریکای شمالی - گرولند - شمال شرقی آسیا جنوب شرقی آفریقا - ماداگاسکار	حلقوی جزئی جزئی	۱۱ سپتامبر ۱۹۸۸ ۷ مارس ۱۹۸۹ ۳۱ اوت ۱۹۸۹
جنوب زلاتندو - آمریکای جنوبی بجز شمال غربی آن شمال شرقی اروپا - شمال گرولند - شمال آسیا - شمال غربی آمریکای شمالی - جزائر هاوایی	حلقوی کلی	۲۶ ژانویه ۱۹۹۰ ۲۲ ژوئیه ۱۹۹۰

نظر باینکه خورشید گرفتگی ۲۳ سپتامبر (مطابق اول مهر ۶۶)، در لحظه طلوع خورشید در قسمت شرقی ایران قابل رؤیت است، به عبارت دیگر، در این روز برای ساکنان مناطق پادشاه ایران خورشید با گرفتگی طلوع می کند، لازم است یادآوری شود که این گرفتگی در ساعت ۴:۴۵ شروع و در ساعت ۳۸:۹ دقیقه پایان می یابد.

بقیه در صفحه ۶۵