



# پژوهش در آموزش علوم تجربی



شاپا الکترونیکی: ۳۱۱۵-۸۸۸۹

Home Page: <https://basicscience.cfu.ac.ir>

## بررسی علمی اهلهی ماه و تاثیرات آن بر سیاره زمین با تکیه بر طراحی واحد آموزشی با رویکرد STSE

مهدی منافی زینجناب<sup>۱\*</sup>، محمد قاسم نژند<sup>۲</sup>

۱. دانشجوی علوم تربیتی دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

۲. دانشیار گروه علوم پایه، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

\* نویسنده مسئول: (mhdymnafy@gmail.com)

### چکیده

### اطلاعات مقاله

ماه به‌عنوان نزدیک‌ترین همسایه زمین و مهم‌ترین جرم آسمانی قابل مشاهده برای انسان، نقشی بنیادی در شکل‌دهی نظام‌های تقویمی، فرهنگی، علمی و زیست‌محیطی بشر داشته است. چرخه فازی ماه که از تعامل هندسی سامانه سه‌جسمی ماه-زمین-خورشید حاصل می‌شود، اساس گاه‌شماری قمری را در تمدن‌های کهن و ساختارهای فرهنگی و مذهبی جوامع مختلف تشکیل داده است. این مقاله با رویکردی نجومی-تحلیلی و آموزشی، به بررسی دقیق فازهای ماه، مفاهیم زاویه فازی، الونگیشن، تربیع، تثلیث، مقارنه و مقابله می‌پردازد و نقش آنها را در تعیین ماه‌های قمری، رؤیت‌پذیری هلال و محاسبات رصدی تبیین می‌کند. افزون بر این، به پیدایش و تکامل تقویم‌های قمری در تمدن‌های بین‌النهرین، مصر، چین، ایران و شکل‌گیری تقویم هجری قمری پرداخته می‌شود. در بخش دیگر مقاله، انواع گاه‌شماری قمری، قمری-خورشیدی و حسابی معرفی شده و چالش‌های اجرایی آنها بررسی می‌شود. مفاهیمی چون حرکت انتقالی ماه، قفل گرانشی، حضیض، اوج، ابرماه و میکروماه نیز با تکیه بر داده‌های نجومی تحلیل شده‌اند. از منظر آموزشی، مقاله نشان می‌دهد که پدیده‌های مربوط به ماه، به‌ویژه چرخه اهله، فرصت ارزشمندی برای طراحی واحدهای یاددهی-یادگیری مبتنی بر رویکرد STSE فراهم می‌کنند؛ رویکردی که در آن ارتباط میان علم، تاریخ، فناوری، فرهنگ و محیط‌زیست به‌صورت هم‌زمان مورد توجه قرار می‌گیرد. یافته‌ها بیانگر آن است که استفاده از پدیده‌های طبیعی ماه با طراحی این واحد آموزشی در آموزش علوم می‌تواند به افزایش درک مفهومی، ارتقای سواد نجومی، تقویت تفکر انتقادی و پیوند تجربه‌های شخصی یادگیرندگان با مفاهیم علمی بینجامد.

### نوع مقاله:

مقاله پژوهشی،

### تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۲۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۳/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۰۴

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۳/۲۵

### کلیدواژه‌ها:

ابرمه،

تربیع،


تقویم قمری

فازهای ماه،

گره مداری.

**استاد:** منافی زینجناب، مهدی؛ قاسم نژند، محمد، (۱۴۰۵). بررسی علمی اهلهی ماه و تاثیرات آن بر سیاره زمین با تکیه بر طراحی واحد آموزشی با رویکرد STSE.

پژوهش در آموزش علوم تجربی، ۱۲ (۴۲)، ۴۴-۵۹.

 <http://doi.org/10.48310/basic.2026.22970.1597>



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه فرهنگیان.

\*<sup>1</sup> Mhdymnafy40@gmail.com



## ۱. مقدمه

رویکرد STSE یکی از دیدگاه‌های نوین آموزش علوم است که بر مطالعه‌ی علم<sup>۱</sup> در تعامل با فناوری<sup>۲</sup>، جامعه<sup>۳</sup> و محیط زیست<sup>۴</sup> تأکید دارد و علم را نه مجموعه‌ای از فرمول‌ها، بلکه بخشی از زندگی واقعی انسان معرفی می‌کند. هدف این رویکرد آن است که یادگیری علوم معنادار، کاربردی و مرتبط با تجربه‌ی واقعی فراگیران باشد (آیکنهد، ۱۹۹۴).<sup>۵</sup> از این منظر، پدیده‌هایی مانند چرخه اهله ماه، که هم ماهیت علمی دارند، هم در شکل‌گیری فناوری‌های زمان‌سنجی و تقویم‌نگاری نقش داشته‌اند و هم از گذشته‌های دور در فرهنگ جوامع بشری اهمیت یافته‌اند، از مناسب‌ترین موضوعات برای آموزش علوم برای فراگیران بر پایه این رویکرد محسوب می‌شوند. ماه نخستین جرم آسمانی است که بشر از آغاز تاریخ به صورت مستقیم توانسته آن را مشاهده کند، و همین مشاهده‌پذیری پیوسته موجب شده است که مفهوم زمان از دل تغییرات ظاهری قرص ماه استخراج شود. تغییرات منظم فاز ماه ناشی از هندسه سامانه سه‌جسمی ماه-زمین-خورشید است، و همین هندسه بر مقدار روشنایی قابل مشاهده از سطح ماه اثر می‌گذارد؛ این رابطه به طور دقیق در منابع نجومی کلاسیک مانند «شرح‌نامه تقویم نجومی» مورد اشاره قرار گرفته است (سایدلمن، ۲۰۰۶).<sup>۶</sup>

دوره‌ی سینودیک ماه که متوسط آن برابر با ۲۹.۵۳۰۵۸۸ روز است، مبنای شکل‌گیری گاه‌شماری قمری در تمدن‌های مختلف شد. ثبت دقیق این دوره و محاسبات آن در منابع تحلیلی مدرن مانند «الگوریتم‌های نجومی» به صورت ریاضی مدل‌سازی شده است. همین یکنواختی نسبی دوره فازی باعث شد که تمدن‌های اولیه مانند چین، بین‌النهرین و سیستم‌های تقویم بعدی در جهان اسلام بتوانند تعیین زمان را بر اساس رؤیت یا محاسبه‌ی فاز ماه بنا کنند؛ محاسباتی که بعدها برای استخراج لحظه‌ی تریس، مقابله و مقارنه نیز به کار گرفته شد (میوس، ۱۹۹۸).<sup>۷</sup> اختلاف میان سال قمری و خورشیدی نیز موجب ابداع روش‌های گوناگون اصلاح تقویم و کیسه‌گیری شد. پرداختن به این پیشینه در کلاس درس باعث می‌شود دانش‌آموزان نقش مشاهده، محاسبه و مدل‌سازی را در حل مسائل واقعی جوامع بشری درک کنند. پدیده‌هایی مانند مقارنه، مقابله، حضیض و اوج، از نگاه رصدی و دینامیکی برای درک چرخه‌های قمری ضروری هستند؛ چرا که تغییر فاصله‌ی ماه تا زمین علاوه بر روشنایی، در اندازه‌ی ظاهری ماه، امکان وقوع ابرماه یا میکروماه و شرایط رصدی خسوف و کسوف نیز اثر مستقیم دارد (سایدلمن، ۲۰۰۶). فهم دقیق این رویدادها نه تنها در نجوم نظری ضروری است بلکه برای توضیح اثرات ماه بر جزر و مد اقیانوس‌ها، پایداری میل محور زمین و حتی شکل‌گیری الگوهای زمان‌سنجی در تاریخ تمدن بشری اهمیت بنیادی دارد. (میوس، ۱۹۹۸).

چرخه‌ی فازی ماه چرخه‌ی فازی ماه یا اهله‌ی ماه حاصل هندسه سه‌جسمی ماه-زمین-خورشید است که در آن موقعیت ظاهری ماه نسبت به خورشید و زمین تغییر می‌کند و به تبع آن مقدار روشنایی نیم‌کره ماه که از دید ناظر زمینی دیده می‌شود، متفاوت می‌گردد. دوره میانگین سینودیک ماه برابر است با ۲۹/۵۳۰۶ روز ( $\approx 29/5306$  روز) که در منابع نجومی معتبر ذکر شده است (میوس، ۱۹۹۸؛ سایدلمن، ۲۰۰۶).<sup>۸</sup> تفاوت آن با دوره‌ی سیدری ( $\approx 27/3217$  روز) ناشی از حرکت زمین به دور خورشید است. برای تقسیم‌بندی و تحلیل رصدی، این دوره غالباً به هشت فاز اصلی تقسیم می‌شود. گنجاندن فعالیت‌هایی مانند رصد دوره‌ای ماه، رسم نمودار تغییرات فاز، تحلیل نقش ماه در فرهنگ‌های مختلف و بررسی کاربردهای فناوری‌های فضایی، نمونه‌هایی از عناصر یک طراحی آموزشی STSE هستند که یادگیری را عمیق‌تر و معنادارتر می‌کنند.

<sup>1</sup> Science

<sup>2</sup> Technology

<sup>3</sup> Society

<sup>4</sup> Environment

<sup>5</sup> Aikenhead, 1994

<sup>6</sup> Siedlemaann, 2006

<sup>7</sup> Meeus, 1998

<sup>8</sup> Meeus, 1998; Seidelmann, 2006

## ۲. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر با بهره‌گیری از روش تحقیق کتابخانه‌ای و تحلیل اسنادی انجام شده است. در این روش، داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز درباره‌ی پدیده‌های نجومی مرتبط با اهله‌ی ماه، ساختار هندسی سامانه ماه-زمین-خورشید، تاریخچه و تحول تقویم‌های قمری، و همچنین نقش فرهنگی و زیست‌محیطی ماه، از طریق منابع معتبر گردآوری و تحلیل شده‌اند. در گام نخست، منابع کلاسیک و معتبر نجوم شامل کتاب‌ها و مقالات تخصصی مانند آثار میوس، سایدلمن و منابع IAU<sup>۱</sup> بررسی شدند تا تعاریف علمی، دوره‌های زمانی، پارامترهای مداری و روابط هندسی مرتبط با پدیده‌هایی مانند زاویه فازی، الونگیشن، مقارنه، مقابله، تربیع، حضيض و اوج، باتوجه به محور آموزش استخراج گردد.

در گام دوم، برای تحلیل تأثیرات ماه بر زمین، از منابع میان‌رشته‌ای در حوزه علوم زمین، فیزیک سیاره‌ای، جزر و مد، و پایداری محور چرخش زمین استفاده شد. سپس اطلاعات در قالب چارچوب تحلیلی STSE (علم-فناوری-جامعه-محیط‌زیست) دسته‌بندی و بازتفسیر شد تا ارتباط میان پدیده‌های علمی و ابعاد اجتماعی-فرهنگی آن روشن‌تر گردد. در گام سوم، منابع تاریخی و فرهنگی شامل پژوهش‌های معتبر تاریخ تقویم، متون تقویم‌های باستانی بین‌النهرین، مصر، چین و ایران، و نیز منابع دوره اسلامی مورد مطالعه قرار گرفت تا روند شکل‌گیری، تحول و کارکردهای تقویم قمری و قمری-خورشیدی بازسازی شود.

در نهایت، داده‌های گردآوری‌شده با روش تحلیل محتوای کیفی و تفسیر تطبیقی بررسی شدند. یافته‌های نجومی و آموزشی گردآوری‌شده در قالب یک «طراحی واحد آموزشی» ساختاردهی شدند. اطلاعات نجومی با شواهد تاریخی و فرهنگی تطبیق یافته و پدیده‌های رصدی ماه در بستر اجتماعی، آموزشی و زیست‌محیطی تبیین گردیدند. این رویکرد امکان داد تا پژوهش از یک سو بر پایه داده‌های علمی دقیق استوار باشد و از سوی دیگر با رویکرد STSE به ارتباط آن با زندگی واقعی، فناوری‌های رصدی، نیازهای تقویمی و پیامدهای محیط‌زیستی پرداخته شود.

## ۳. نتایج و بحث

بررسی تاریخی و نجومی ماه نشان می‌دهد که این جرم آسمانی نه یک موضوع صرفاً رصدی، بلکه یک عامل زیربنایی در شکل‌دهی به ساختار تقویم، تمدن و دانش بشر بوده است. چرخه سینودیک ماه، با میانگین ۲۹/۵۳ روز، اساس تقویم قمری است و اختلاف آن با سال خورشیدی موجب شد که تمدن‌ها به تدریج راهکارهایی چون کیسه‌گذاری، تقویم‌های ترکیبی و گاه‌شماری حسابی را طراحی کنند. محاسبات فنی از لحاظ بخش علمی رویکرد همچون الونگیشن و زاویه فازی امکان تعیین درصد روشنایی ماه را فراهم می‌کند و فازهایی مانند تربیع و بدر نقاط طلایی برای مطالعه سطح ماه محسوب می‌شوند. پدیده قفل گرانشی و رفتار بیضوی مدار ماه تأثیر مستقیم بر شکل‌گیری پدیده‌هایی مانند ابرماه، میکروماه و تغییرات جزر و مد دارد و نشان‌دهنده پیوند فیزیکی عمیق میان زمین و ماه است. همچنین چرایی عدم وقوع خسوف و کسوف در هر ماه، ناشی از انحراف مدار ماه و وابستگی آن به گره‌های مداری است که با چرخه‌های بلندمدت توضیح‌پذیر می‌شود. ماه علاوه بر جنبه‌های علمی، بُعد فرهنگی و تمدنی پررنگی دارد و همچنان در آیین‌های مذهبی، زیست‌ساعت جانوری و زیست‌شناسی طبیعی نقش فعال ایفا می‌کند. در مجموع، این پژوهش نشان می‌دهد که ترکیب تحلیل‌های دقیق نجومی با طراحی آموزشی مبتنی بر رویکرد STSE می‌تواند به درک عمیق‌تر و معنادارتر موضوع اهله ماه کمک کند. افزون بر آن، کاربرد این رویکرد به آموزش دهندگان امکان را می‌دهد تا از پدیده‌های طبیعی مانند ماه، بستری برای توسعه تفکر انتقادی، مهارت مشاهده، تحلیل داده و فهم ارتباط علم با فناوری و جامعه فراهم کنند. این تلفیق علمی-آموزشی نه تنها موجب غنای واحد آموزشی «اهله ماه» می‌شود، بلکه الگویی مناسب برای آموزش دیگر موضوعات نجومی در نظام آموزشی به شمار می‌آید.

<sup>1</sup> International Astronomical Union

مفاهیم پایه‌ای:

الونگیشن<sup>۱</sup>: اختلاف طول دایره‌ای بین ماه و خورشید، همان‌طور که از زمین دیده می‌شود، معیار اصلی تعیین فاز ماه است (کارتونن و همکاران، ۲۰۱۷).<sup>۲</sup> (شکل ۱). زاویه فازی<sup>۳</sup> زاویه بین خط ماه → خورشید و ماه → زمین است. کسری از سطح روشن ماه (k) را می‌توان تقریباً از رابطه‌ی (۱) زیر محاسبه کرد:

بدین‌گونه اگر  $i = 0^\circ$  (ماه کامل)  $k = 1$  (۱۰۰٪ روشنایی) و اگر  $i = 180^\circ$  (ماه نو)  $k = 0$  (هیچ روشنایی) خواهد بود (مبوس، ۱۹۹۸).<sup>۴</sup>

$$k = \frac{1 + \cos i}{2} \quad (1)$$



شکل ۱. فازهای هشت‌گانه ماه.

جدول ۱. مقایسه فازهای هشت‌گانه ماه از نظر ویژگی رصدی، سن میانگین، درصد روشنایی تقریبی و زاویه.

فاز ماه	زاویه‌ی (درجه)	درصد روشنایی تقریبی	سن میانگین (روز)	ویژگی رصدی
ماه نو	۱۸۰	٪۰	۰	غیرقابل رؤیت؛ آغاز ماه قمری پس از رؤیت هلال
هلال افزایشی	۱۵۰-۹۰	٪۱-۴۹	۱-۷.۴	دیده‌شدن پس از غروب خورشید
تربیع اول	۹۰	٪۵۰	≈۷.۴	نیم‌قرص روشن سمت راست
برجیده افزایشی	۹۰-۰	٪۵۱-۹۹	۷.۴-۱۴.۸	بیشتر قرص روشن
ماه بدر	۰	٪۱۰۰	≈۱۴.۸	ماه کامل، طلوع در غروب خورشید
برجیده کاهشی	۰-۲۷.۵	٪۹۹-۵۱	۱۴.۸-۲۲.۱	کاهش روشنایی
تربیع دوم	۲۷.۵	٪۵۰	≈۲۲.۱	نیم‌قرص سمت چپ روشن
هلال کاهشی	۲۷۰-۳۶۰	٪۴۹-۱	۲۲.۱-۲۹.۵	رؤیت پیش از طلوع خورشید

<sup>1</sup> Elongation

<sup>2</sup> Karttunen et al., 2017

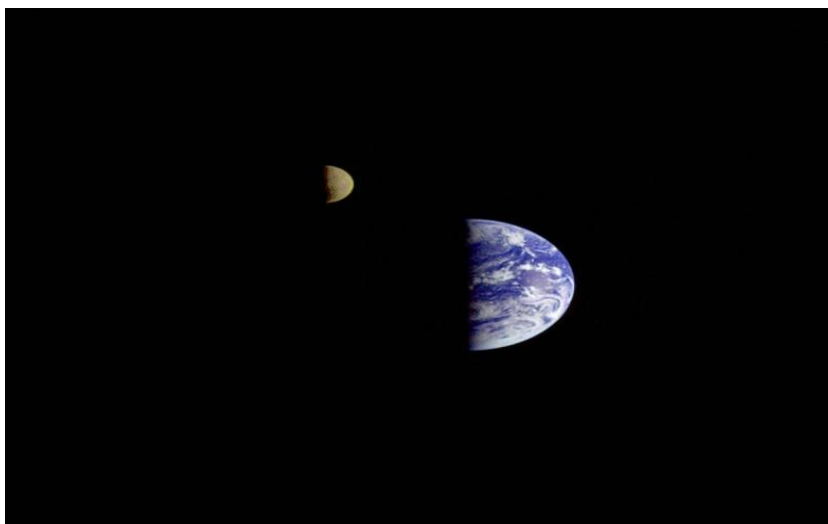
<sup>3</sup> Phase angle

<sup>4</sup> Meeus, 1998

تربیع<sup>۱</sup>: تربیع به وضعیتی گفته می‌شود که زاویه‌ی دایره‌ای بین ماه (یا به‌طور کلی جرم آسمانی) و خورشید  $\approx 90^\circ$  (یا  $\approx 270^\circ$ ) باشد؛ یعنی ماه در یکی از اضلاع قائمه قرار می‌گیرد. در فازهای ماه، تربیع اول ( $\approx 90^\circ$ ) و تربیع دوم ( $\approx 270^\circ$ ) رخ می‌دهند. این موقعیت هندسی موجب می‌شود نیمه‌ی قرص ماه دقیقاً نیمی روشن دیده شود و سایه‌ها در لبه‌ی ترمیناتور برجسته‌تر باشند؛ بنابراین استفاده از شکل و طرح دایره‌ای متناوب با زوایای مطرح شده برای آموزش و تفهیم این مورد برای یادگیرندگان مناسب است (لانگ، ۲۰۱۳).<sup>۲</sup>

تثلیث<sup>۳</sup>: از نظر تعریف آموزشی تثلیث واژه‌ای است تاریخی که در نجوم کلاسیک به فاصله‌ی زاویه‌ای  $\approx 120^\circ$  بین دو جرم آسمانی گفته می‌شد. در بسیاری از آثار نجومی اسلامی و سنتی، تثلیث نماد هماهنگی بوده است — به‌ویژه هنگامی که سیارات در سه برج هم‌عنصر قرار می‌گرفتند (مثلاً برج‌های آتشی: حمل، اسد، قوس) (طوسی، ۱۳۷۴). در نجوم فیزیکی مدرن، تثلیث معمولاً به اختلاف زاویه‌ی  $120^\circ$  بین اجرام اطلاق می‌شود و در تحلیل‌های مداری نیز با تکیه بر بخش فناوری رویکرد آموزشی، کاربرد دارد.

تربیع بیانگر زاویه‌ی قائمه ( $90^\circ$  یا  $270^\circ$ ) است که در فازهای ماه مفهوم دارد، در حالی که تثلیث بیشتر به پیکربندی اجرام در زاویه‌ی  $120^\circ$  اشاره دارد تا فاز دقیق ماه. بنابراین، اگرچه هر دو اصطلاح درباره‌ی زاویه‌اند، ولی از لحاظ جنبه آموزشی در حیطه دانش باید به تفاوت میان آنها قائل شد.



شکل ۲. مقارنه ماه و زمین با توجه به بخش فناورانه واحد آموزشی.

مقارنه<sup>۴</sup> (شکل ۲): عبارت است از قرارگیری ماه یا سیاره نزدیک به جهت خورشید از دید زمین؛ در حالت دقیق‌تر، اختلاف طول دایره‌ای بین دو جرم  $\approx 0^\circ$  است. (سایدلمن، ۲۰۰۶) اگر هم‌چنین ماه در آن لحظه در مسیر مستقیم میان زمین و خورشید باشد، کسوف ممکن است رخ دهد. در نتیجه مقارنه از نظر جامعه‌شناختی، علمی و محیطی در این طراحی آموزشی نقش ایفا می‌کند.

<sup>1</sup> Quadrature

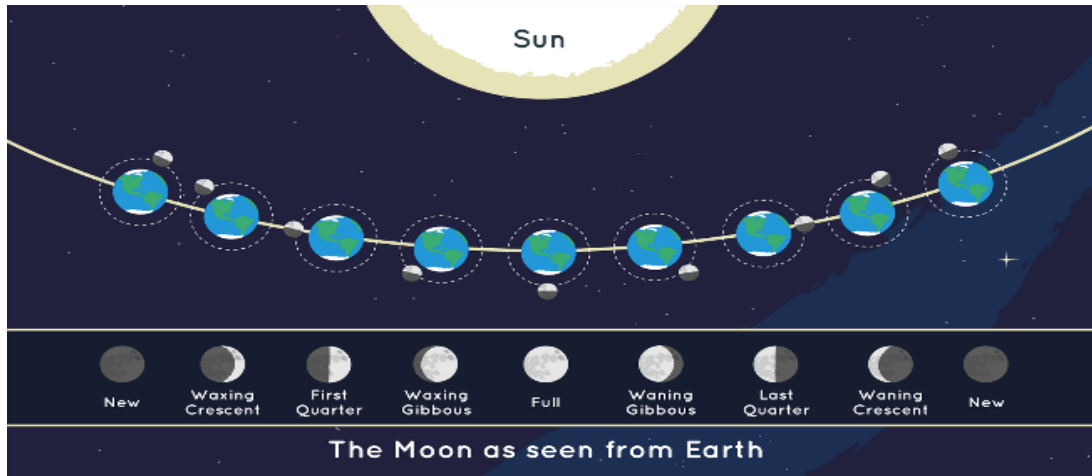
<sup>2</sup> Lange, 2013

<sup>3</sup> Trine

<sup>4</sup> Conjunction

مقابله<sup>۱</sup>: زمانی اتفاق می افتد که زمین بین جرم آسمانی (ماه یا سیاره) و خورشید قرار گیرد؛ بنابراین اختلاف طول  $\approx 180^\circ$  می گردد. برای ماه، این همان فاز «ماه کامل» است و بهترین فرصت برای رصد سیارات بیرونی است (چون فاز آنها به تقریب کامل است) (کارتونن و همکاران، ۲۰۱۷).<sup>۲</sup>

مقارنه برای سیارات درون مداری (مانند زهره یا عطارد) بسیار مهم است، چون این زمان ممکن است عبور سیاره‌ی مذکور از مقابل خورشید را به دنبال داشته باشد. (شکل ۳)



شکل ۳. مقابله ماه و زمین و خورشید و نمود بخش علمی و فناورانه رویکرد آموزشی.

مقابله نقطه‌ی اوج روشنایی برای سیارات بیرونی است، زیرا آنها در مقابل خورشید قرار دارند، نور بیشتری منعکس می کنند و در تمام شب قابل مشاهده اند (میوس، ۱۹۹۸). در آموزش این مفاهیم علاوه بر در نظر گرفتن علم، جامعه و محیط، کاربرد فناوری های پیشرفته در رویت و شناخت بسیار اهمیت دارد. موارد زیر در طراحی واحد آموزشی چهار بخشی مقاله یعنی علم، فناوری، جامعه و محیط نمود یافته اند:

۱- تاریخچه‌ی گاه‌شماری قمری در تمدن‌های باستان و پیدایش تقویم هجری قمری با روش آموزشی جامعه شناختی و علمی تاریخ گاه‌شماری قمری به اعماق تمدن‌های باستانی بازمی گردد، زمانی که انسان نخستین برای تنظیم فعالیت‌های کشاورزی، شکار و آیین‌های مذهبی، به پدیده‌های منظم طبیعی مانند طلوع و غروب خورشید و تغییر شکل‌های ماه توجه کرد. بررسی‌های تاریخی نشان می دهد که نخستین تقویم‌های شناخته شده در میان رودان (بین‌النهرین) بر اساس چرخه‌ی فازی ماه تنظیم شده اند؛ الواح سومری و بابلی با قدمتی بیش از ۵۰۰۰ سال به تقسیم سال بر پایه‌ی دوازده ماه قمری اشاره دارند (ریچارد، ۱۹۹۸).<sup>۳</sup> در این نظام‌ها، هر ماه با رویت اولین هلال ماه آغاز می شد، و این سنت بعدها به تمدن‌های دیگر منتقل شد. در مصر باستان، تقویم خورشیدی غالب بود، اما برای محاسبه‌ی زمان آیین‌های مذهبی از چرخه‌ی ماهی نیز استفاده می شد. در تمدن‌های چین و هند، نظام‌های ترکیبی خورشیدی-قمری شکل گرفتند تا اختلاف میان سال قمری و سال خورشیدی جبران شود (ریچارد و درشوویتز، ۲۰۱۸).<sup>۴</sup> در ایران پیش از اسلام نیز، علاوه بر گاه‌شمار خورشیدی اوستایی، نوعی گاه‌شمار قمری مذهبی برای تعیین روزهای نیایش ماهانه کاربرد داشت (منصوری، ۱۳۹۸).

<sup>1</sup> Opposition

<sup>2</sup> Karttunen & et al

<sup>3</sup> Richards, 1998

<sup>4</sup> Reingold & Dershowitz, 2018

پیدایش گاه‌شماری هجری قمری به دوره‌ی خلافت خلیفه دوم، عمر بن خطاب، بازمی‌گردد. بنابر گزارش‌های تاریخی، در سال ۱۷ هجری قمری، پس از مشورت با امام علی (ع)، مبدأ تقویم بر اساس هجرت پیامبر اسلام (ص) از مکه به مدینه در سال ۶۲۲ میلادی تعیین شد (احمدی، ۱۳۸۴). از آن پس، سال قمری هجری بر مبنای رؤیت هلال ماه تنظیم گردید و هر ماه با رؤیت هلال جدید آغاز می‌شود. سال قمری که شامل ۱۲ ماه است، دارای طول میانگین رابطه (۲):

$$T_{year} = 12 \times 29.530588 = 354.367056 \text{ روز} \quad (2)$$

است؛ که حدود ۱۰ تا ۱۱ روز کوتاه‌تر از سال خورشیدی است. این اختلاف موجب می‌شود که ماه‌های قمری در طول سال‌های متوالی در فصول مختلف جابه‌جا شوند. به همین دلیل، در گاه‌شمار هجری قمری، ماه رمضان، ذی‌الحجه و دیگر ماه‌ها در گردش دائمی میان فصول سال قرار دارند (رینگولد و درشوویتز، ۲۰۱۸).<sup>۱</sup>

در دوران اسلامی، برای تعیین دقیق آغاز ماه‌ها، علاوه بر رؤیت چشمی هلال، روش‌های ریاضی و نجومی نیز توسعه یافتند. منجمان مسلمان چون خوارزمی و بیرونی جداولی برای محاسبه‌ی زمان تولد ماه (مقارنه) و لحظه‌ی رؤیت‌پذیری هلال فراهم کردند (طوسی، ۱۳۷۴).

۲- نقش ماه و حالت‌های مختلف آن در تعیین روزهای ماه قمری: اساس گاه‌شماری قمری بر تغییرات ظاهری قرص ماه است که به سبب موقعیت نسبی خورشید، زمین و ماه پدید می‌آیند. از دید ناظر زمینی، ماه در یک چرخه‌ی تقریباً ۲۹/۵ روزه (دوره‌ی سینودیک) از حالت ماه نو تا ماه کامل و سپس بازگشت به ماه نو تغییر می‌کند. این تغییرات را «اهله‌ی ماه» می‌نامند. آغاز هر ماه قمری، لحظه‌ای است که هلال ماه پس از غروب خورشید، برای نخستین بار در افق غربی رؤیت شود. در نجوم اسلامی، این پدیده «رؤیت هلال شرعی» نام دارد و اساس تعیین روز اول ماه است (احمدی، ۱۳۸۴).

۳- کیبسه و شمار ماه‌ها در تقویم هجری قمری با در نظر گرفتن رویکر چهارگانه آموزشی: در تقویم هجری قمری، هر سال شامل دوازده ماه است: محرم، صفر، ربیع‌الاول، ربیع‌الثانی، جمادى‌الاول، جمادى‌الثانی، رجب، شعبان، رمضان، شوال، ذی‌قعدة و ذی‌حجه. از آنجا که طول ماه‌های قمری متناوباً ۲۹ یا ۳۰ روز است، میانگین سال قمری برابر با (۳۵۴.۳۶۷) روز است. برای هماهنگی با ماه‌های واقعی، هر سه سال یک‌بار سال کیبسه در نظر گرفته می‌شود و یک روز به آخرین ماه سال افزوده می‌شود (سایدلمن، ۲۰۰۶). فرمول تعیین سال کیبسه در تقویم قمری بر اساس «چرخه‌ی ۳۰ ساله» است که در آن ۱۱ سال کیبسه وجود دارد. در نتیجه، میانگین طول سال قمری در این چرخه برابر است با: (رابطه ۳) (ریچارد و درشوویتز، ۲۰۱۸).

$$T = \frac{19 \times 354 + 11 \times 355}{30} = 354.3667 \quad (3)$$

سال‌های کیبسه = ۲، ۵، ۷، ۱۰، ۱۳، ۱۶، ۱۸، ۲۱، ۲۴، ۲۶، ۲۹

که با مقدار نجومی واقعی بسیار نزدیک است. پس می‌توان گفت تقویم قمری با تکلونوزی، علم، جوامع و محیط انسان‌ها عجین است و چهار بخش رویکرد آموزشی (STSE) را دربردارد.

۴- حرکت انتقالی ماه به‌دور زمین: ماه در مدار بیضوی‌اش پیرامون زمین می‌چرخد. فاصله‌ی متوسط مرکز ماه تا زمین حدود (۳۸۴،۴۰۰) کیلومتر است، و مدار آن دارای خروج از مرکز (e = ۰/۰۵۴۹) می‌باشد (سایدلمن، ۲۰۰۶). دوره‌ی سیدری ماه (زمانی که ماه یک دور کامل نسبت به ستارگان می‌زند) برابر با: ۲۷.۳۲۱۶۶۱ روز است (شاپرون توزه و شتپرون، ۱۹۸۸).<sup>۲</sup> اما چون زمین

<sup>1</sup> Reingold & Dershowitz, 2018

<sup>2</sup> Chapront-Touzé & Chapront, 1988

نیز در این مدت به دور خورشید حرکت می‌کند، ماه باید اندکی بیشتر از یک دور بچرخد تا دوباره در همان وضعیت نسبی نسبت به خورشید قرار گیرد؛ از این رو دوره‌ی سینودیک یا دوره‌ی فازها طولانی‌تر است که ۲۹.۵۳۰۵۸۸ روز می‌باشد.

حرکت انتقالی ماه موجب دو پدیده‌ی کلیدی می‌شود:

۱- تغییر ظاهری فازها — که مبنای گاه‌شماری قمری است. ۲- اختلاف در زمان‌های طلوع و غروب ماه — که هر روز حدود ۵۰ دقیقه تغییر می‌کند (نصر، ۱۳۵۵). توجه به تاریخ جوامع و محیط انسان‌ها در این رویکرد مهم است:

۵- زمان نجومی و زمان هلالی: در نجوم اسلامی، دو نوع زمان قمری تعریف می‌شود: زمان نجومی<sup>۱</sup> و زمان هلالی<sup>۲</sup>

۱-۵- زمان نجومی: زمان نجومی بر مبنای لحظه‌ی مقارنه تعیین می‌شود، یعنی زمانی که طول دایره‌ای ماه و خورشید برابرند. این زمان، آغاز واقعی ماه نجومی است (سایدلمن، ۲۰۰۶). اما چون در مقارنه ماه و خورشید تقریباً هم‌راست هستند، هلال قابل رؤیت نیست. بنابراین، در تقویم‌های فقهی، آغاز ماه شرعی معمولاً ۱۵ تا ۴۰ ساعت پس از مقارنه است، زمانی که زاویه‌ی جدایی ماه از خورشید (الونگیشن) به بیش از ۷ تا ۱۰ درجه برسد (احمدی، ۱۳۸۴).

۲-۵- زمان هلالی: زمان هلالی بر اساس رؤیت‌پذیری واقعی ماه است. این مفهوم در فقه اسلامی نقش کلیدی دارد، زیرا آغاز ماه قمری تنها پس از مشاهده‌ی هلال در افق غروب خورشید معتبر است. رؤیت‌پذیری تابع سه عامل است:

۱- اختلاف طول دایره‌ای (الونگیشن) ۲- ارتفاع هلال بر فراز افق ۳- ضخامت نوار روشن ماه

به‌طور میانگین، فاصله زمانی بین مقارنه و رؤیت هلال ۲۰ تا ۳۵ ساعت است. این اختلاف منشأ تفاوت در آغاز ماه قمری

میان کشورهای اسلامی است. طبق رویکرد جامعه‌شناختی، علمی و فناورانه، گاه‌شماری‌هایی که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر پایه حرکت ماه سازماندهی شده‌اند، را می‌توان در سه گروه اصلی جای داد:

۱- تقویم قمری صرف: تقویم قمری صرفاً بر چرخه‌ی سینودیک ماه مبتنی است و هر ماه از ۲۹ یا ۳۰ روز تشکیل می‌شود؛ آغاز هر ماه غالباً بر اساس رؤیت هلال اعلام می‌شود. در این سیستم، ماه‌ها به‌صورت چرخشی از میان فصل‌ها عبور می‌کنند (رینگلود و درشویتز، ۲۰۱۸) نمونه برجسته: تقویم هجری قمری اسلامی که در بسیاری از کشورها و نهادهای مذهبی معیار مناسب و تعطیلات است. شکل رایج تعیین آغاز ماه بر پایه «رؤیت هلال است؛ یعنی مشاهده‌ی هلال باریک پس از غروب خورشید که، چنان‌که پژوهشگرانی چون اسپچایفر و یالوپ نشان داده‌اند، تابعی از عمر ماه، الونگیشن، ارتفاع هلال و شرایط جوی است (یالوپ، ۱۹۹۷، اسپچایفر، ۱۹۹۳).<sup>۳</sup> مزیت اصلی این نوع تقویم، همسویی فرهنگی و شرعی با سنت رؤیت هلال است؛ معایب آن شامل عدم هماهنگی آسان بین‌المللی و وابستگی به شرایط جوی و اختلاف محلی در اعلام آغاز ماه است.

۲- تقویم قمری-خورشیدی: در این نظام‌ها، تقویم بر پایه‌ی ماه تنظیم می‌شود اما برای نگه‌داشتن ماه‌ها در نزدیکی فصل‌های مشخص، در فواصل معینی ماه اضافی افزوده می‌شود یا الگوریتم‌های محاسباتی مشابه. این سازوکار امکان می‌دهد که تعطیلات فصلی و آیینی در همان فصل باقی بمانند (ریچارد، ۱۹۹۸).

نمونه‌ها: گاه‌شمار عبری با چرخه متونیک (۱۹ ساله) و تقویم چینی از نمونه‌های کلاسیک هستند؛ در این تقویم‌ها، سال‌های کبیسه حاوی ماه اضافی‌اند که در نقاط مختلف چرخه وارد جدول می‌شوند تا اختلاف میان سال قمری و سال خورشیدی جبران گردد. جوامعی با کشاورزی مبتنی بر فصل اهمیت دارد؛ اما پیچیدگی تعیین سال کبیسه و تطبیق قانونمند آن می‌تواند موجب اختلاف در تفسیرها و تقویم‌های محلی گردد.

۳- تقویم قراردادی یا حسابی: برخی دولت‌ها و نهادها برای اهداف اداری و پیش‌بینی‌پذیری، تقویم حسابی بر پایه قواعد از پیش تعیین‌شده را اتخاذ کرده‌اند. این سیستم‌ها زمان آغاز ماه را با محاسبات نجومی (مقارنه، موقعیت هندسی) یا قواعد عددی (الگوی ۳۰ ساله) تعیین می‌کنند، بدون تکیه مستقیم بر رؤیت چشمی مثال مهم تقویم قراردادی عربستان سعودی، تقویمی است

<sup>1</sup> Astronomical Lunar Time

<sup>2</sup> Hilal Time

<sup>3</sup> Schaefer, 1993; Yallop, 1997

رسمی که برای مقاصد اداری و تقویمی در عربستان سعودی استفاده می‌شود و به صورت عمدتاً حسابی/منطبق بر محاسبات نجومی تنظیم می‌گردد؛ مبنای آن پیش‌بینی رؤیت هلال و محاسبات محلی است تا تاریخ‌های رسمی (مانند ماه رمضان و حج) قابل برنامه‌ریزی شوند (رینگلود و درشویتز، ۲۰۱۸). از مزایای آن می‌توان به ثبات اداری، پیش‌بینی‌پذیری و امکان تدوین برنامه‌های ملی و بین‌المللی و از معایب آن می‌توان به گاه‌گاه اختلاف با روال رؤیتی سنتی و اختلاف یک‌روزه در اعلام آغاز برخی ماه‌ها اشاره کرد.

قفل گرانشی<sup>۱</sup> میان زمین و ماه: نکته علمی و فناوری حائز اهمیت در رویکرد آموزشی قفل گرانشی این است که یک جسم چرخش حول محور خود را طوری تنظیم کرده است که دوره‌ی چرخش آن برابر با دوره‌ی انتقالی آن به دور جسم مرکزی گردد؛ در نتیجه، یک نیمکره‌ی آن جسم همواره به سمت جسم مرکزی قرار می‌گیرد. ماه نمونه‌ی کلاسیک این پدیده است: دوره‌ی چرخش ماه  $\approx ۲۷.۳۲۱۶۶$  روز است، که برابر دوره‌ی سیدری حرکت آن است، بنابراین از زمین همواره یک نیمکره‌ی ماه دیده می‌شود. آموزش مفاهیم زیر در انتقال هرچه بهتر رویکردهای چهارگانه آموزشی (علم، فناوری، جامعه و محیط) برای یادگیرندگان این حوزه از نجوم بسیار موثر است:

۱- نیروهای کشندی: نیروی گرانشی زمین بر قسمت‌های نزدیک و دور ماه متفاوت است که باعث برآمدگی‌های کشندی بر روی جرم ماه می‌شود. این برآمدگی‌ها نیروی گشتاور ایجاد می‌کنند که در زمان ناچرخش متقارن، سرعت چرخش را تغییر می‌دهد. از دید انرژی، گشتاور کشندی تمایل دارد تا نسبت هم‌زمانی میان چرخش و انتقال برقرار شود تا انرژی آشفته درونی به گرما تبدیل شود و چرخش کند گردد (موری و درموت، ۱۹۹۹).<sup>۲</sup>

۲- اصطکاک داخلی و اتلاف انرژی: برآمدگی‌های کشندی در اجسامی که نه کاملاً جامدند و نه کاملاً مایع، به واسطه‌ی اصطکاک داخلی انرژی جنبشی را به گرما تبدیل می‌کنند؛ این اتلاف انرژی عامل کند شدن چرخش اولیه‌ی ماه است تا به تدریج به قفل برسد.

۳- پایداری و تناوب‌های دیگر: برخی سامانه‌ها قفل‌های متفاوتی (مثل عطارد نسبت به خورشید) را تجربه می‌کنند؛ این بستگی دارد به ترکیب مداری، شکل و تاریخ پویایی درونی جسم (موری و درموت، ۱۹۹۹).

لیبراسیون:<sup>۳</sup> به علت بیضوی بودن مدار ماه و اندکی نوسان محور، ما از زمین می‌توانیم تا حدودی بیشتر از ۵۰٪ سطح ماه را در طول زمان ببینیم؛ این حرکات نوسانی را لیبراسیون در طول و عرض و نوسان مدار می‌نامند و مجموعاً اجازه می‌دهد در بازه زمانی بلندمدت حدود ۵۹٪ سطح ماه برای ناظر زمینی قابل رؤیت گردد (شاپرون توزه و شتپرون، ۱۹۸۸). بنابراین از نظر علمی، فناوریانه و زیست محیطی رویکرد آموزشی تاثیرات زیر مورد انتظار است:

الف) جزر و مد: کشیدگی‌های کشندی ناشی از ماه (و خورشید) باعث جزر و مد اقیانوس‌ها می‌شود؛ این نیروها نه تنها سطح آب را بالا و پایین می‌کنند، بلکه بر روی صخره‌ها و پوسته زمین نیز تنش ایجاد می‌کنند. ب) افزایش فاصله میان زمین و ماه: تبادل تکانه زاویه‌ای میان چرخش زمین و مدار ماه باعث می‌شود که زمین با گذشت زمان کندتر بچرخد (طول روز افزایش یابد) و ماه به تدریج از زمین دور شود. اندازه‌گیری‌های لیزری قمری<sup>۴</sup> نشان داده‌اند که نرخ افزایش فاصله تقریباً  $\frac{۳}{۸}$  سانتی‌متر در سال است (ویلیامز، توریشف و باگز، ۲۰۱۶).<sup>۵</sup>

حضيض قمری<sup>۶</sup>: به نزدیک‌ترین نقطه مدار ماه نسبت به زمین گفته می‌شود؛ یعنی جایی که فاصله‌ی مرکز ماه تا مرکز زمین در مدار بیضوی ماه به کمترین مقدار خود می‌رسد. در این نقطه، نیروی گرانشی بین دو جسم بیشینه است و سرعت مداری ماه نیز طبق قانون دوم کپلر به بیشترین مقدار خود می‌رسد. میانگین فاصله‌ی ماه در حضيض حدود  $۳۵۶'۵۰۰$  کیلومتر از مرکز زمین است،

<sup>1</sup> Gravity lock

<sup>2</sup> Murray & Dermott, 1999

<sup>3</sup> Libration

<sup>4</sup> Lunar Laser Ranging

<sup>5</sup> Williams, Turyshev & Boggs, 2016

<sup>6</sup> Perigee

ولی این مقدار اندکی در هر چرخه تغییر می‌کند، زیرا مدار ماه به‌طور کامل دایره‌ای نیست و بر اثر نیروهای خورشیدی و برهم‌کنش‌های کشندی کمی تغییر می‌یابد (میوس، ۱۹۸۸).

ابر ماه<sup>۱</sup>: از دید ناظر زمینی، هنگامی که ماه در حضيض باشد، اندازه‌ی زاویه‌ای یا قطر ظاهری آن در آسمان بزرگ‌تر از میانگین دیده می‌شود؛ حدود ۳۳/۵ دقیقه‌ی قوسی، در حالی که میانگین حدود ۳۱ دقیقه است. به همین دلیل، اگر ماه بدر با زمان حضيض تقریباً همزمان شود، ابرماه پدید می‌آید (سایدلمن، ۲۰۰۶).

از نظر دینامیکی، موقعیت حضيض نسبت به زمین در هر چرخه‌ی قمری تغییر می‌کند، زیرا خط اوج-حضيض ماه خود در جهت تقدیمی حرکت می‌کند و در حدود هر ۸/۸۵ سال یک بار یک دور کامل به دور زمین می‌زند (موری و دمورت، ۱۹۹۹). توجه آموزش دهندگان به تمایز این مفاهیم علمی برای فراگیران و جلوگیری از کج فهمی مهم است.

اوج قمری<sup>۲</sup>: برعکس حضيض، دورترین نقطه‌ی مدار ماه از زمین است؛ یعنی جایی که فاصله مرکز تا مرکز بیشترین مقدار را دارد و نیروی گرانشی متقابل در کمترین مقدار است. فاصله متوسط ماه از زمین در اوج حدود ۴۰۶'۷۰۰ کیلومتر است، هر چند این عدد نیز اندکی تغییر می‌کند.

میکرو ماه<sup>۳</sup>: در اوج، سرعت مداری ماه کمینه است و مدت زمان طی مدار کمی طولانی‌تر می‌شود (میوس، ۱۹۸۸). در این حالت، اندازه‌ی زاویه‌ای ماه از دید ناظر زمینی کوچک‌تر است، حدود ۲۹/۴ دقیقه قوسی؛ بنابراین اگر بدر ماه تقریباً همزمان با اوج رخ دهد، ماه کوچک‌تر و کم‌نورتر از حالت میانگین دیده می‌شود — این حالت را میکروماه می‌نامند (سایدلمن، ۲۰۱۶). از دید دینامیکی، موقعیت اوج همانند حضيض در اثر اختلالات گرانشی خورشید و برهم‌کنش‌های کشندی به تدریج تغییر مکان می‌دهد، به گونه‌ای که جهت خط اوج-حضيض در حدود هر ۳۲۳۲/۶ روز (تقریباً ۸/۸۵ سال) پیش‌روی کامل دارد. (موری و دمورت، ۱۹۹۹) اگر فاصله مرکز تا مرکز ماه و زمین در لحظه بدر کمتر از ۳۶۰'۰۰۰ کیلومتر باشد، ماه در آسمان بزرگ‌تر و درخشان‌تر از میانگین دیده می‌شود. از آنجا که مدار ماه بیضوی است، فاصله‌ی آن از زمین میان حدود (۳۵۶'۵۰۰ km) حضيض تا (۴۰۶'۷۰۰ km) اوج تغییر می‌کند. قطر ظاهری ماه در حضيض حدود ۱۴٪ بزرگ‌تر از حالت اوج است، و درخشش کلی آن (به دلیل قانون عکس مربع فاصله) حدود ۳۰٪ بیشتر دیده می‌شود (سایدلمن، ۲۰۰۶). فرمول ساده‌ی نسبت قطر ظاهری به فاصله برای تفهیم رویکرد علمی آموزش برای یادگیرندگان به شکل زیر است: رابطه (۴)

$$\theta = 2 \arctan\left(\frac{R_{\text{moon}}}{d}\right) \quad (4)$$

که در آن ( $\theta$ ) قطر زاویه‌ای ماه است  $R$  شعاع میانگین ماه، (کیلومتر  $1737 \approx$ ) و ( $d$ ) فاصله‌ی زمین تا ماه بر پایه‌ی این رابطه، اگر (کیلومتر  $d = 356,500$ ) باشد، ( $\theta \approx 33.5'$ ) و در فاصله‌ی میانگین،  $31^\circ$  (کیلومتر  $384,400$ ) این اختلاف زاویه‌ای کوچک اما قابل مشاهده باعث می‌شود ماه هنگام ابرماه، بزرگ‌تر و پرنورتر از معمول دیده شود — به‌ویژه وقتی ماه نزدیک به افق طلوع یا غروب می‌کند و اثرات خطای دید نیز این بزرگ‌نمایی را تشدید می‌کنند (موری و دمورت، ۱۹۹۹). آموزش جنبه‌ی تاثیر اهله بر زمین و در نظر گرفتن بخش زیست‌شناختی و جامعه‌شناختی:

اثرات زمین‌فیزیکی: در زمان ابرماه، به دلیل افزایش اندک نیروی کشندی، دامنه‌ی جزر و مد در اقیانوس‌ها اندکی بیشتر از حالت میانگین است؛ این تفاوت حدود ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر است و اثر محسوسی بر زمین‌لرزه‌ها یا فعالیت‌های زمین‌ساختی ندارد (میوس، ۱۹۹۸).

<sup>1</sup> Supermoon

<sup>2</sup> Apogee

<sup>3</sup> Micromoon

جنبه‌های فرهنگی و تقویمی: در تقویم‌های قمری سنتی، ابرماها معمولاً با مناسبت‌های مذهبی یا جشن‌های مرتبط با ماه کامل هم‌زمان می‌شوند، و از این رو از دیرباز در فرهنگ‌های مختلف (به‌ویژه در چین، ایران و تمدن‌های میان‌رودان) جایگاه نمادین داشته‌اند. در متون اسلامی، هرچند واژه‌ی «ابرمه» وجود ندارد، اما تأکید بر رؤیت ماه بدر در زمان‌های خاص (مانند نیمه‌ی ماه) دیده می‌شود (صدیقی، ۱۳۸۸).

برعکس ابرماه، پدیده‌ی میکروماه هنگامی رخ می‌دهد که ماه بدر یا ماه نو هم‌زمان با قرار گرفتن در اوج مدار خود باشد — یعنی دورترین فاصله از زمین، حدود  $406,700$  km در این حالت، ماه از دید ناظر زمینی کمی کوچک‌تر و کم‌نورتر دیده می‌شود (سایدلمن، ۲۰۰۶). (شکل ۴) جنبه دیداری و فناوری‌های مورد استفاده برای آموزش دهندگان نکته عطف مهمی محسوب می‌شود در این رویکرد آموزشی به حساب می‌آید. در اوج، قطر زاویه‌ای ماه حدود  $29/4$  دقیقه‌ی قوسی است، که نسبت به حالت حضیض حدود  $14\%$  کوچکتر است. درخشندگی آن نیز به دلیل قانون عکس مربع فاصله حدود  $25\%$ — $30\%$  کمتر از حالت ابرماه است (میوس، ۱۹۹۸). نسبت درخشندگی ظاهری دو حالت حضیض و اوج به صورت ساده چنین است: رابطه (۵)

$$\frac{L_{perigee}}{L_{apogee}} \approx \left(\frac{406,700}{356,500}\right)^2 \approx 1.30 \quad (5)$$

اگر مقادیرهای میانگین  $406,700$  و  $356,500$  کیلومتر را جای‌گذاری کنیم: رابطه (۶)

$$\frac{L_{perigee}}{L_{apogee}} = \left(\frac{d_{apogee}}{d_{perigee}}\right)^2 \quad (6)$$

یعنی ماه در حضیض حدود  $30\%$  درخشان‌تر از ماه در اوج دیده می‌شود (شکل ۴). پدیده ابرماه و میکروماه نتیجه‌ی مستقیم بیضوی بودن مدار ماه است. این مدار نه تنها بیضوی است بلکه به علت نیروهای کشندی خورشید، موقعیت خط اوج—حضیض در گذر زمان تغییر می‌کند (پریسیون خط حضیض). در نتیجه، ابرماه و میکروماه در تقویم‌های میلادی و قمری در تاریخ‌های ثابتی رخ نمی‌دهند (موری و دمورت، ۱۹۹۹). در طراحی واحد آموزشی حاضر در برخی موارد بر بخش جامعه‌شناختی و زیست محیطی، در برخی موارد بر بخش علمی و فناورانه و در اکثر موارد مانند قسمت فوق بخش‌های چهارگانه رویکرد آموزشی برای فراگیران قابل فهم و دریافت می‌باشد.



شکل ۴. تصویر سمت راست میکروماه و تصویر سمت چپ ابرماه می‌باشد که توجه به شباهت‌ها و تفاوت‌ها در این رویکرد آموزشی بسیار ضروری است.

جدول ۲. مقایسه ویژگی‌های اختصاصی ابرماه و میکروماه.

ویژگی	ابرمه (Supermoon)	میکروماه (Micromoon)
موقعیت مداری	نزدیکی به حضيض	نزدیکی به اوج
فاصله از زمین	$\approx 356'500 \text{ km}$	$\approx 406'700 \text{ km}$
اندازه‌ی ظاهری	حدود ۱۴٪ بزرگ‌تر از میانگین	حدود ۱۴٪ کوچک‌تر از میانگین
درخشندگی ظاهری	حدود ۳۰٪ بیشتر از میانگین	حدود ۳۰٪ کمتر از میانگین
اثر بر جزر و مد	اندکی افزایش دامنه	اندکی کاهش دامنه
دوره‌ی وقوع	چند بار در سال ( $\approx 3-4$ بار)	چند بار در سال
اصطلاح فرهنگی	ماه بزرگ، ماه کامل نزدیک	ماه کوچک یا ماه دور

روشنایی نسبی (تقریباً): اگر صرفاً اثر فاصله را مد نظر قرار دهیم و فروپاشی سطحی و زاویه بازتاب را نادیده بگیریم، روشنایی منعکس شده نسبت عکس مجذوری با فاصله دارد: رابطه (۷)

$$F \propto \frac{1}{d^2} \quad (7)$$

پس نسبت روشنایی در حضيض به اوج تقریباً: رابطه (۸)

$$\frac{F_{perigee}}{F_{apogee}} \approx \left( \frac{d_{apogee}}{d_{perigee}} \right)^2 \quad (8)$$

با مقادیر نمونه (کیلومتر،  $d_{perigee} \approx 356500$ ) و ( $d_{apogee} \approx 406700$ ) این نسبت تقریباً (۱.۳۰)  $\approx$  +۳۰٪ می‌شود؛ یعنی بدر در حضيض حدود ۳۰٪ روشن‌تر از بدر در اوج به نظر می‌آید — این تقریب مطابق آنچه در منابع آمده، با در نظر گرفتن اثرات فازی و بازتابی ممکن است کمی تغییر کند (سایدلمن ۲۰۰۶).

تاثیرات فیزیکی و اجتماعی ابرماه/میکروماه: افزایش روشنایی و افزایش کمی در نیروی کشندی در حضور ابرماه وجود دارد، اما اثر آن بر جزر و مد در مقایسه با نوسانات معمولی جزر و مد کمتر از چند درصد است و با پدیده‌های محلی مانند توپوگرافی سواحل و توزیع آب در اقیانوس‌ها قابل مقایسه نیست. (ویلیامز، توریشف و باگز، ۲۰۱۶) اهمیت فرهنگی و رصدی: ابرماه برای رصدگران آماتور و عموم جذاب است و به‌عنوان فرصت عکاسی نجومی و آموزش عمومی مطرح می‌شود؛ میکروماه نیز می‌تواند برای مقایسه‌های آماری در مطالعات رصدی و کالیبراسیون ابزارها مفید باشد (میوس، ۱۹۹۸).

علت رخ ندادن دائمی خسوف و کسوف در رویکرد آموزش علمی بدین شرح است که مدار ماه به دور زمین بیضوی است و نسبت به صفحه‌ی دایره‌البروج (صفحه‌ی حرکت ظاهری خورشید در آسمان) با زاویه‌ای حدود پنج درجه و نه دهم ( $5/9^\circ$ ) انحراف دارد (میوس، ۱۹۹۸). به همین دلیل، در هنگام ماه نو یا ماه بدر، سه جرم — خورشید، زمین و ماه — در بیشتر مواقع در یک خط کاملاً مستقیم قرار نمی‌گیرند و ماه کمی بالاتر یا پایین‌تر از صفحه‌ی دایره‌البروج دیده می‌شود (سایدلمن، ۲۰۰۶). در نتیجه، تنها وقتی خسوف یا کسوف رخ می‌دهد که ماه دقیقاً در نزدیکی یکی از دو نقطه‌ای باشد که مدارش صفحه‌ی دایره‌البروج را قطع می‌کند؛ این نقاط را «گره‌های مداری» می‌نامند (موری و درموت، ۱۹۹۹).

از نظر علل تشخیصی و آموزشی در این رویکرد، اگر ماه در وضعیت ماه نو و در نزدیکی یکی از گره‌ها باشد، سایه‌ی ماه روی زمین می‌افتد و خورشیدگرفتگی (کسوف) رخ می‌دهد (میوس، ۱۹۹۸). اما اگر ماه بدر باشد و زمین بین خورشید و ماه قرار گیرد، سایه‌ی زمین بر ماه می‌افتد و ماه‌گرفتگی (خسوف) روی می‌دهد (سایدلمن، ۲۰۰۶).

چون عبور ماه از هر گره فقط دوبار در هر ماه قمری انجام می‌شود و در همین زمان، موقعیت خورشید در آسمان در حال تغییر است، هم‌راستایی کامل این سه جرم تنها چند بار در سال رخ می‌دهد (میوس، ۱۹۹۸). به فاصله‌ی زمانی میان دو عبور متوالی خورشید از یک گره، «سال گرفتگی» گفته می‌شود که حدود ۳۴۶/۶۲ روز است، یعنی تقریباً ۱۹ روز کوتاه‌تر از سال خورشیدی معمولی (سایدلمن، ۲۰۰۶). به همین دلیل، گرفتگی‌ها تنها در دو بازه‌ی زمانی مشخص از سال که به آن‌ها «فصل‌های گرفتگی» گفته می‌شود رخ می‌دهند، و هر فصل حدود ۳۴ تا ۳۷ روز دوام دارد (موری و درموت، ۱۹۹۹). برای پیوند مطالب با رویکرد علمی، تعریف و تبیین گره مداری بدین صورت است:

مفهوم گره مداری<sup>۱</sup>: نقطه‌ای که در آن ماه از جنوب دایره‌البروج به شمال آن حرکت می‌کند، «گره‌ی صعودی» نام دارد (سایدلمن، ۲۰۰۶). و نقطه‌ای که در آن ماه از شمال دایره‌البروج به جنوب آن برمی‌گردد، «گره‌ی نزولی» نامیده می‌شود (موری و درموت، ۱۹۹۹). اگر مدار ماه دقیقاً بر صفحه‌ی مدار زمین منطبق بود، در هر ماه نو و ماه بدر گرفتگی اتفاق می‌افتاد؛ اما چون مدار ماه حدود پنج درجه مایل است، تنها زمانی که ماه در نزدیکی یکی از این گره‌ها باشد، سه جرم تقریباً در یک خط قرار می‌گیرند (میوس، ۱۹۹۸). حرکت تقدیمی گره‌ها گره‌های مداری موقعیت ثابتی ندارند؛ تحت تأثیر گرانش خورشید، این دو نقطه به آرامی در خلاف جهت حرکت ماه (از شرق به غرب) جابه‌جا می‌شوند (میوس، ۱۹۹۸). دوره‌ی کامل این جابه‌جایی یا «حرکت تقدیمی» حدود ۱۸/۶ سال است که به آن چرخه‌ی نودال<sup>۲</sup> گفته می‌شود (سایدلمن، ۲۰۰۶). این حرکت تقدیمی باعث می‌شود فصل‌های گرفتگی در طول سال‌ها به تدریج در زمان‌های متفاوتی از سال تکرار شوند، و همین پدیده اساس چرخه‌ی معروف ساروس را تشکیل می‌دهد که دوره‌ای برابر با حدود ۱۸ سال و ۱۱ روز دارد (موری و درموت، ۱۹۹۹).

نیروی گرانش ماه، علت اصلی تغییرات منظم سطح دریاها یا همان پدیده‌ی جزر و مد است (میوس، ۱۹۹۸). اختلاف گرانش در دو سوی زمین (سمت نزدیک به ماه و سمت دور از ماه) باعث بالا و پایین رفتن آب اقیانوس‌ها می‌شود (سایدلمن، ۲۰۰۶). جزر و مد نه تنها در شکل‌گیری سواحل و اکوسیستم‌های دریایی تأثیر دارد، بلکه در تاریخ انسان نیز عامل مهمی در برنامه‌ریزی زمان ماهیگیری، کشاورزی و حتی سفرهای دریایی بوده است (میوس، ۱۹۹۸).

پایداری محور زمین ماه با نیروی گرانش خود، محور چرخش زمین را پایدار نگه می‌دارد و از نوسانات شدید زاویه‌ی انحراف جلوگیری می‌کند (موری و درموت، ۱۹۹۹). در غیاب ماه، محور زمین می‌توانست تا ۶۰ درجه نوسان کند که موجب تغییرات اقلیمی بسیار بزرگ و غیرقابل پیش‌بینی در طول تاریخ زمین می‌شد (سایدلمن، ۲۰۰۶). در پایان رویکرد آموزشی حاضر به نقش‌های زیست محیطی به عنوان آخرین بخش رویکرد STSE پرداخت می‌شود:

نقش در زیست‌ساعت‌ها و فرهنگ انسانی چرخه‌های نوری ماه، مبنای بسیاری از گاه‌شماری‌های قمری و فرهنگی بوده‌اند، از جمله در جهان اسلام و شرق آسیا (میوس، ۱۹۹۸). در بسیاری از گونه‌های جانوری، رفتارهای تولیدمثل و تغذیه با چرخه‌های ماه هماهنگ‌اند؛ مثلاً برخی مرجان‌ها و ماهی‌ها تنها در شب‌های ماه کامل تخم‌ریزی می‌کنند (موری و درموت، ۱۹۹۹).

نقش در علم و فناوری: ماه نخستین جرم آسمانی است که انسان به آن سفر کرد و نمونه‌های سنگی آن را به زمین آورد. بررسی‌های انجام‌شده در مأموریت‌های آپولو<sup>۳</sup> ترکیب خاک ماه را آشکار کرد و نشان داد که ماه حدود ۴/۵ میلیارد سال پیش از موادی تشکیل شده که از زمین جدا شده‌اند (سایدلمن، ۲۰۰۶).

<sup>۱</sup>- Lunar Nodes

<sup>۲</sup>-Nodal cycle

<sup>۳</sup> Apollo

#### ۴. پیشنهادات

- ۱- مطالعات دینامیکی پیشرفته درباره نقش قفل گرانشی و پایداری زمین: با توجه به تأثیر گرانشی ماه در تثبیت میل محوری زمین، پیشنهاد می‌شود شبیه‌سازی‌های کامپیوتری با استفاده از داده‌های جدید برای بررسی نقش بلندمدت ماه در پایداری اقلیم زمین گسترش یابد.
- ۲- توسعه مدل‌های دقیق‌تر برای پیش‌بینی رؤیت هلال ماه: با وجود پیشرفت‌های کنونی، هنوز پیش‌بینی دقیق رؤیت‌پذیری هلال نیازمند ترکیب مدل‌های فوتومتریک، شرایط جوی، پراکندگی نور و داده‌های رصدی گسترده‌تر است.

#### ۵. یافته‌های پژوهشی

بررسی علمی ماه و در نظر گرفتن تاثیرات آن بر زمین یکی از مفاهیم کلیدی در علم نجوم است که البته به تناسب نیاز امور مختلف این مورد می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد و به عنوان جنبه علمی در این رویکرد هم مفهومی برای برنامه ریزی در زندگی و هم مفهومی برای آموزش به اهل علم است. افزون بر آن، کاربرد این رویکرد به آموزش دهندگان امکان را می‌دهد تا از پدیده‌های طبیعی مانند ماه، بستری برای توسعه تفکر انتقادی، مهارت مشاهده، تحلیل داده و فهم ارتباط علم با فناوری و جامعه فراهم کنند.

فناوری و تکنولوژی در عصر امروز حرف اول در پیشرفت هر کشوری محسوب می‌شود. در زمینه شناخت اجرام آسمانی و تاثیرات متقابل آنها بر یکدیگر می‌توان به علمی دست یافت که پیامد آن در عرصه اختراعات نجومی و فناوری‌های مرتبط در این عرصه باشد که زمینه ارتقا و رشد را در جوامع مختلف می‌تواند رقم بزند و بتدریج می‌توان از ظرفیت افراد انسانی که در این زمینه فعالیت می‌کنند در پیشرفت هر چه بیشتر این فناوری‌ها بهره جست.

فرهنگ‌ها و جوامع مختلف همواره براساس قوانینی که بر اجرام و رابطه آنها برقرار است به زندگی خود برنامه می‌دهند. این تاثیر پذیری می‌تواند در حالت‌های مختلف شبانه روز، تاریخ و ساعات روزمره، وقوع پدیده‌های آسمانی، گرانش و... باشد. به عنوان نمونه، تاریخ هجری - قمری مثال بارز الگوگیری از حرکت ماه به دور زمین می‌باشد که براساس آن تاریخ برخی کشورها و وقایع مرتبط با آن ثبت و ضبط می‌شود.

محیط زیست و افراد انسانی و موجودات گوناگون که در آن هستند به طور متقابل بر هم تاثیر دارند. عملکردهای مخرب در محیط زیست به طور متقابل همان نتیجه را برای زمین نیز دارد. در نتیجه خروج از قوانین مرتبط با طبیعت منجر به پیامدهای ناگواری می‌گردد. در رابطه با اجرام آسمانی نیز همین موارد مذکور صدق می‌کند. تاثیرات مختلف ماه بر زمین مثل جزر و مد و تعادل و رابطه گرانشی آنها مصادیق مهم در ارتباط با محیط زیست می‌باشد و طراحی آموزشی در این مساله می‌تواند راه گشا باشد. در مجموع، این پژوهش نشان می‌دهد که ترکیب تحلیل‌های دقیق نجومی با طراحی آموزشی مبتنی بر رویکرد STSE می‌تواند به درک عمیق‌تر و معنادارتر موضوع اهله ماه کمک کند. این تلفیق علمی - آموزشی نه تنها موجب غنای واحد آموزشی «اهله ماه» می‌شود، بلکه الگویی مناسب برای آموزش دیگر موضوعات نجومی در نظام آموزشی به شمار می‌آید.

#### ۶. منابع

- احمدی، ح. (۱۳۸۴). *گاه‌شماری و تقویم در اسلام*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- صدیقی، م. (۱۳۸۸). *آشنایی با نجوم و تقویم قمری*. تهران: انتشارات سمت.
- طوسی، خواجه نصیرالدین. (۱۳۷۴). *تذکره فی علم الهیئه* (مقدمه و تصحیح: عبدالحسین نوایی). تهران: مرکز نشر دانشگاهی.
- طوسی، ن. (۱۳۷۴). *زیج ایلخانی* (تصحیح و مقدمه محمدباقر نجفی). تهران: بنیاد پژوهش‌های اسلامی.
- منصوری، رضا و ثبوتی، یوسف. (۱۳۹۸). *نجوم و اختراعات یک مقدماتی* (جلد ۱: منظومه شمسی). تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی شریف.
- منصوری، ف. (۱۳۹۸). *تحول گاه‌شماری در ایران باستان تا دوره اسلامی*. تهران: پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی.

نصر، سید حسین. (۱۳۵۵). علم در اسلام: یک مطالعه مصور. لندن: انتشارات جشنواره جهان اسلام.

- Aikenhead, G. (1994). *What is STS Science Teaching?* Science Education, 78(5), 522–527.
- Chapront-Touzé, M., & Chapront, J. (1988). *ELP 2000-85: A semi-analytical lunar ephemeris*. Astronomy and Astrophysics, 190, 342–352.
- Karttunen, H., Kröger, P., Oja, H., Poutanen, M., & Donner, K. J. (2017). *Fundamental Astronomy* (6th ed.). Springer.
- Lang, K. R. (2013). *Essential Astrophysics*. Springer.
- Meeus, J. (1998). *Astronomical Algorithms* (2nd ed.). Willmann-Bell.
- Murray, C. D., & Dermott, S. F. (1999). *Solar System Dynamics*. Cambridge University Press.
- NASA. (2025). *Moon phase and Earth–Sun alignment images*. Retrieved November 25, 2025, from <https://svs.gsfc.nasa.gov/Gallery/Moon.html>
- Reingold, E. M., & Dershowitz, N. (2018). *Calendrical Calculations: The Ultimate Edition* (4th ed.). Cambridge University Press.
- Richards, E. G. (1998). *Mapping Time: The Calendar and Its History*. Oxford University Press.
- Seidelmann, P. K. (Ed.). (2006). *Explanatory Supplement to the Astronomical Almanac* (3rd ed.). University Science Books.
- Williams, J. G., Turyshev, S. G., & Boggs, D. H. (2016). *Lunar laser ranging tests of the equivalence principle*. Classical and Quantum Gravity, 29(18), 184004.





## Scientific study of the moon's habitability and its effects on planet Earth based on the STSE approach

Mehdi Manafi Zainjanab <sup>1\*</sup>, Mohammad Ghasem Najned <sup>2</sup>

1. Department of Educational Sciences, Farhangian University, P.O. Box 889-14665 Tehran, Iran.

2. Department of Physics Education, Farhangian University, P.O. Box 889-14665 Tehran, Iran.

\* Corresponding author: (✉) [Mhdymnafy40@gmail.com](mailto:Mhdymnafy40@gmail.com)

### Article Info

### ABSTRACT

**Article type:**  
Research Article

**Article history:**

**Received:**

2026/05/17

**Received in revised form:**

2026/05/17

**Accepted:**

2026/05/25

**Available online:**

2026/06/15

**Keywords:**

Moon phases,  
Lunar calendar,  
Quadrature,  
Conjunction,  
Supermoon,  
Orbital nodes.

The Moon, as the Earth's closest neighbor and the most important celestial body visible to humans, has played a fundamental role in shaping human calendar, cultural, scientific, and environmental systems. The phase cycle of the Moon, which results from the geometric interaction of the three-body system of the Moon-Earth-Sun, has formed the basis of lunar chronology in ancient civilizations and the cultural and religious structures of various societies. This article, with an astronomical-analytical and educational approach, examines in detail the phases of the Moon, the concepts of phase angle, elongation, squaring, trine, conjunction, and opposition, and explains their role in determining lunar months, crescent visibility, and observational calculations. In addition, the emergence and evolution of lunar calendars in Mesopotamian, Egyptian, Chinese, and Iranian civilizations and the formation of the Hijri lunar calendar are discussed. In another part of the article, types of lunar, lunisolar, and arithmetic chronology are introduced and their implementation challenges are examined. Concepts such as the transitory motion of the moon, gravitational lock, perigee, apogee, supermoon, and micromoon are also analyzed based on astronomical data. From an educational perspective, the article shows that lunar phenomena, especially the lunar cycle, provide a valuable opportunity for designing teaching-learning units based on the STSE approach; an approach in which the relationship between science, history, technology, culture, and the environment is simultaneously considered. The findings indicate that using the natural phenomena of the moon by designing this educational unit in science education can increase conceptual understanding, promote astronomical literacy, strengthen critical thinking, and link learners' personal experiences with scientific concepts.

**Cite this article:** Manafi Zainjanab, Mehdi., Ghasem Najned, Mohammad. (2026). Scientific study of the moon's habitability and its effects on planet Earth based on the STSE approach. *Research in Empirical Science Education*, 12 (42), 44-59.

**DOI:** <http://doi.org/10.48310/basic.2026.22970.1597>



© Author(s) retain the copyright and full publishing rights.

**Publisher:** Farhangian University.



