

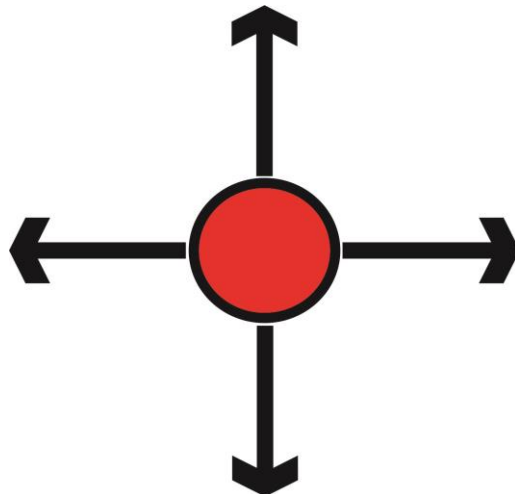
## □ هندسه و معماری

### ▪ اعداد

- انسان به گونه ای بسیار طبیعی به اعداد پی برد. به عنوان مثال؛ عدد یک را بر اساس وجود خودش شناخت. مصداق عدد یک را در طبیعت بر حسب پدیده هایی که می دید، مانند؛ خورشید، ماه و ... پیدا کرد.
- عدد دو را بر حسب اعضاء بدنش پیدا کرد. مصادیق آن؛ جفت بودن اعضاء بدنش؛ دست ها، پاها، گوش ها و ...
- پدیده های متضاد در طبیعت از جمله مصادیق بارز عدد دو هستند، مانند؛

گَرما ————— سرما  
روز ————— شب  
بلند ————— کوتاه  
نرم ————— زبر

- عدد سه را با تولد فرزند شناخت.
- عدد چهار را با اشاره به چهار جهت پی برد.
- عدد پنج بر حسب مرکزیت در چهار جهت به وجود آمد.



- انسان اولیه برای حساب کردن و شمردن از انگشتان دست استفاده می کرد. بر همین اساس اقوام بدوی، از عدد پنج فراتر نمی رفتند و برای بیان اعداد بالاتر از آن از عبارت "بیشتر" استفاده می کردند.
- شمردن و حساب کردن به دوران های پیش از تاریخ بر می گردد، اما در آن زمان علائم ریاضی هنوز اختراع نشده بودند، بنابراین اعداد تنها دلالت بر شیء داشتند، یعنی بدون اشیاء و به طور مستقل به کار نمی رفتند. به عنوان مثال؛ برای مبادله کالاهایشان از آن استفاده می کردند.

## پنج = سه تا قوسفند + دو تا بز

- اعداد به صورت مطلق مانند آنچه که امروز در محاسبات و معادلات ریاضی به کار می رود، در آن زمان ناشناخته بودند.
- بنابراین علوم ریاضی و اعداد خودشان را در زندگی نشان دادند.
- در بین اقوام مختلف، اعداد برای شمارش دارای مرز بودند، مثلاً؛ در روسیه عدد ۷ مترادف با کلمه "بسیار" بود. ضرب المثل روسی: هفت نفر منتظر یک نفر نمی ماند. یعنی تعداد زیادی آدم منتظر یک نفر نمی ماند.
- در داستان ها وقتی از پادشاهی صحبت می شود که در قصری زندگی می کرده که هفت برج و بارو داشته، یعنی؛ دارایی ها و قدرت بسیاری داشته است. هفت دریا، هفت آسمان و نظایر آن، عدد هفت به معنای "بسیار زیاد" به کار می رفته است.
- عدد دوازده را دوجین می گفتند و چون بعد از آن برایشان ناشناخته بود، عدد سیزده نماد نحسی بود که نشان دهنده تاریکی و ابهام بود.

### ■ چگونه انسان ها به حساب نیاز پیدا کردند:

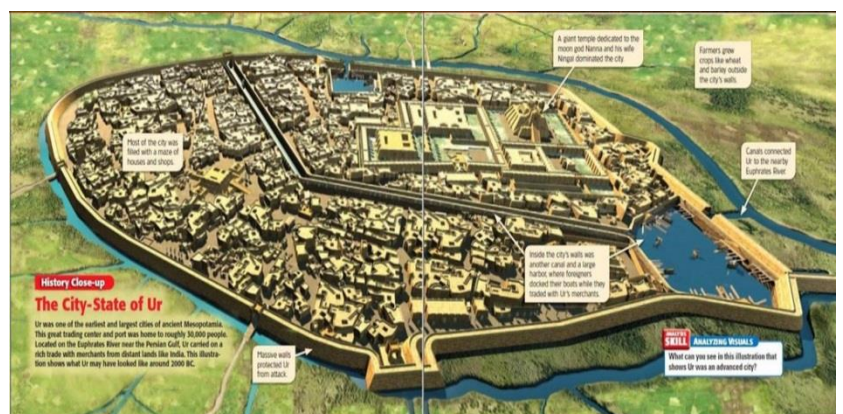
- شروع یکجا نشینی مقارن بود با تغییرات اساسی در زندگی انسان، یعنی شروع فعالیت های معماری، اختراع چرخ و گاو آهن، پیشرفت در زمینه آبیاری محصولات، دامداری و کشاورزی، صنعتگری، نساجی و بافندگی و... با شروع و پیشرفت بشر در فعالیت های مذکور، تولیدات کشاورزی و دامپروری و نظایر آن، منجر به تولید مازاد کالاها شد که از نیاز اولیه انسان بیشتر بود و قادر شد آن ها را با مردمان دیگر سرزمین ها مبادله نماید. با دست یافتن به تولید مازاد؛ اقتصاد و

روابط اقتصادی به عنوان نیازی جدید مطرح می گردد. به عبارتی دیگر؛ تولید با مبادله کالا رابطه مستقیم داشت که اساس تعاملات اقتصادی را در جوامع و شهرهای اولیه پی ریزی نمود. تعاملات اقتصادی نیازمند شمارش و محاسبه بود. بنابراین اختراع اعداد نمود پیدا می کند.

- قدیمی ترین حساب ها، متعلق به سومریان است که به سه هزار تا سه هزار و پانصد سال پیش برمی گردد. قوم سومر، در شهرسازی و معماری پیشرفت بسیاری داشتند. برای ساخت شهرهایشان، ابتدا معبد را می ساختند و در مرحله بعد ساختن خانه ها و سایر فضاها را انجام می دادند. این شیوه شهرسازی از جهان بینی و اعتقاداتشان نشأت می گرفت. زیرا هر شهر برای خودش خدای محلی داشت که به صورت سمبلیک در معبد قرار داشت. به دلیل اینکه نحوه اداره کردن شهر و جامعه بر اساس سیستم "خداسالاری" بود، اعتقاد داشتند که هیچ کس مالک محصولات خود نیست و مردم موظف بودند تمامی تولیداتشان را به معبد تقدیم کنند. بنابراین معبد هم مکانی مذهبی بود و هم عملکردی اقتصادی داشت. خدای معبد مالک تمامی کالاها و محصولات بود و اجازه داشت آن ها را بین مردم و به صورت مساوی تقسیم کند. برای انجام آن، میزان محصولات و حساب و کتاب مربوط به آن را روی لوحه های گلی می نوشتند و در واقع با این کار، محاسباتشان را ثبت می کردند.



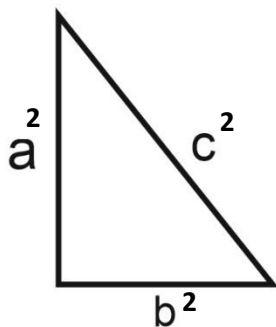
لوحه گلی با خط میخی- تمدن سومر



نقشه سه صدی بازسازی شده شهر اور-تمدن سومر

هندسه که واژه لاتین آن **Geometry** است از دو بخش؛ **Geo** به معنای زمین و **Metry** به معنای اندازه گیری تشکیل شده است.

- اولین بار، مبنای هندسه و اصول آن را مصریان باستان کشف کردند. از آن جایی که مصریان در کشاورزی پیشرفت قابل توجهی داشتند، جریان آب رود نیل و طغیان آن برای آنان امری حیاتی محسوب می شد. هر ساله مقدار زیادی از محصولات کشاورزشان در اثر طغیان رود نیل از بین می رفت. این موضوع باعث از بین رفتن مرزبندی های زمین های آنان می شد، بنابراین لازم می شد که هر کس زمین خود را مجدد اندازه گیری و مرزبندی کند. به همین دلیل مصریان اولین کسانی بودند که بر حسب نیازشان و به صورت تجربی، روش علامت گذاری با تیرک و طناب را ابداع کردند. آن ها تیرکی را در نقطه ای مناسب در زمین فرو می کردند و تیرک دیگر در جای دیگری نصب می شد. ۲ تیرک با طنابی که مرز را مشخص می ساخت به یکدیگر متصل می شدند. با ۲ تیرک دیگر زمین محصور شده و محلی برای کشت یا ساختمان سازی مشخص می شد.
- یونانیان اولین کسانی بودند که به صورت آکادمیک با هندسه برخورد کردند و اطلاعات ریاضی تبدیل به علم ریاضی شد. آن ها توانستند احکام ریاضی را به جای تجربه بر استدلال منطقی استوار سازند. در این زمینه فیثاغورث در ۵۰۰ قبل از میلاد توانست این موضوع را اثبات کند که در یک مثلث راست گوشه (قائم الزاویه)، مجموع توان های دوم دو ضلع برابر است با توان دوم وتر.

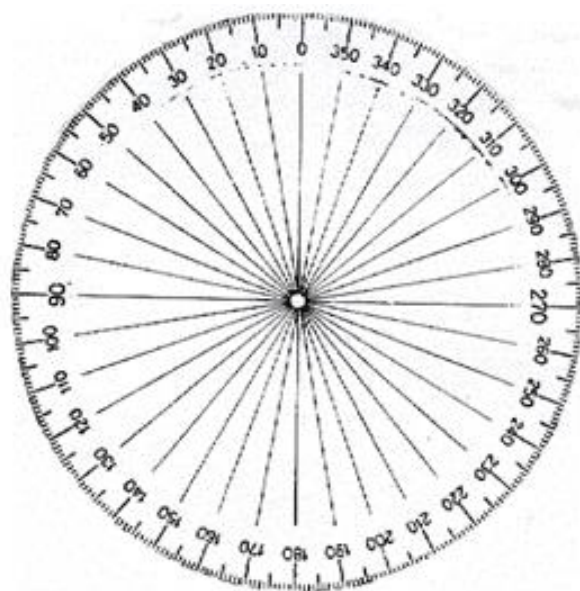


$$a^2 + b^2 = c^2$$

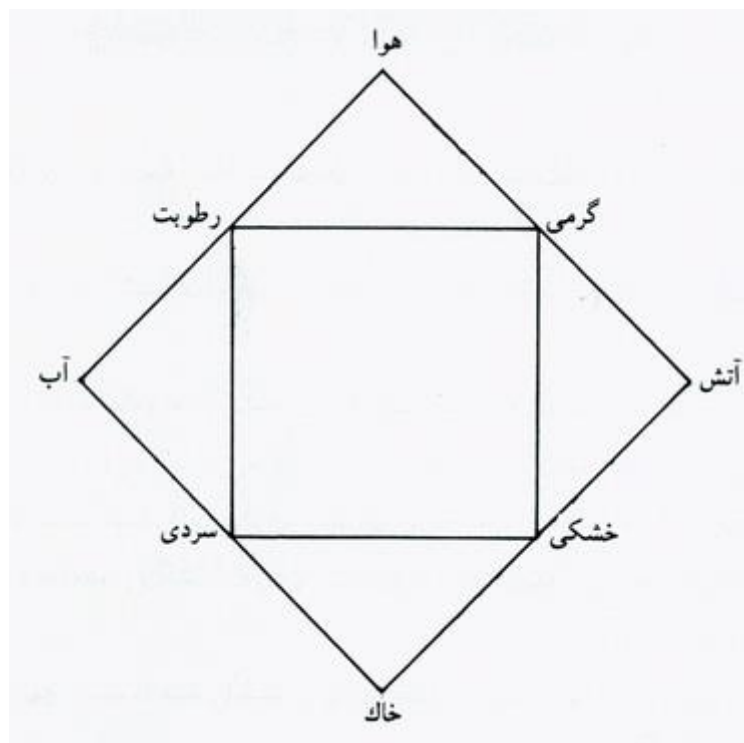
- به عنوان مثال؛ طالس، معلم هندسه بود که ۶۰۰ سال قبل از میلاد اصول هندسه را از لحاظ علمی ثابت کرد. اقلیدس نیز که دانشمندی یونانی بود، حدود ۳۰۰ سال قبل از میلاد هندسه را به صورت

یک علم مطرح نمود و تمام اصول هندسه را در سه مجلد مدون ساخت. این اصول تا ۲۰۰۰ سال، در سراسر دنیا به عنوان متون مرجع برای علم هندسه به کار می رفت

- در قرن دو قبل از میلاد، ریاضیدانی به نام هیپارک، علم مثلثات را اختراع کرد. وی نخستین کسی بود که تقسیم بندی بابلی را برای پیرامون دایره به صورت علمی اثبات کرد. بدین معنی که دایره را به ۳۶۰ درجه، درجه را به ۶۰ دقیقه و دقیقه را به ۶۰ ثانیه برابر تقسیم کرد و یک جدول بر اساس شعاع دایره به دست آورد که وترهای قوس ها را به دست می آورد. این قدیمی ترین جدول مثلثاتی است که شناخته شده است. همچنین ستاره شناسان یونانی تکنیکهای ستاره شناسی ای که قبلا توسط بابلی هایی که در بین النهرین سکونت داشتند را به کار گرفتند. بابلی ها به کمک سیستم شصت شصتی که از سومری ها به ارث برده بودند محاسبات ستاره شناسی انجام می دادند. آن ها به جای تکنیک ده دهی که مبنای شمارش آن انگشتان دست بود، در محاسباتشان از عدد ۶۰ استفاده می کردند. اگر چه معلوم نیست چرا عدد ۶۰ انتخاب شده است، اما بطور بخصوصی برای نشان دادن کسرها مناسب است، زیرا ۶۰ کوچکترین عددی است که بر ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۱۰، ۱۲، ۱۵، ۲۰، ۳۰ و همچنین بر ۱۰ بخش پذیر است و می توانست به راحتی در معاملات بازرگانی مبنای محاسباتشان باشد. بعد ها همین تقسیمات ۶۰ قسمتی، مبنای اندازه گیری در صفحه ساعت شد.

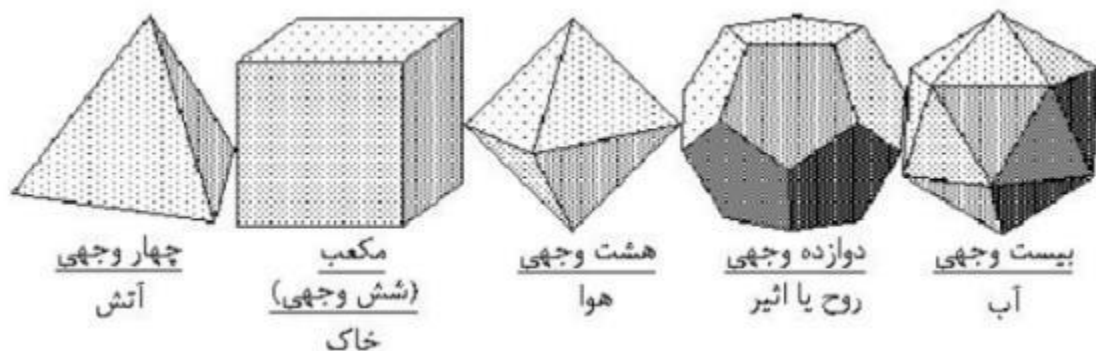


- افلاطون که به هندسی بودن جهان باور داشت، بر سر در آکادمی (آموزشگاه) خود نوشته بود: «هر کس که هندسه نمی داند، وارد نشود». از نظر او عالم **کروی** شکل است چون کره زیباترین و کاملترین شکل ممکن است. بنا به عقیده افلاطون، خداوند یک مهندس جاویدان است.
- در یونان قدیم، گروهی بیشتر وقتشان را صرف مطالعه اعداد و اشکال می کردند و با قوه تخیل و تفکر خود جهان و طبیعت را مورد تجزیه و تحلیل قرار می دادند. این مسأله منجر به پیدایش مباحثی نظیر این شد که اساس هستی از چهار عنصر؛ **آب، هوا، خاک، آتش** تشکیل شده است و آن را عناصر چهارگانه (اربعه) نامیدند. علاوه بر این، ۴ حالت نیز برای جهان متصور می شدند. از جمله؛ گرمی در مقابل سردی و رطوبت در مقابل خشکی.



عناصر چهار گانه

■ افلاطون اعتقاد داشت که جهان ساختاری است پر از اجسام صلب و سه بعدی (مانند آنچه که امروز دانشمندان اتم می نامند). هر یک از عناصر چهارگانه در آن با اجسام منظم تناظر و توافق دارد. یعنی مکعب با خاک، بیست وجهی با آب، چهار وجهی با آتش و هشت وجهی با را با هوا هم ارز می داند. به این ترتیب تمام جهان مجموعه ای است منظم.



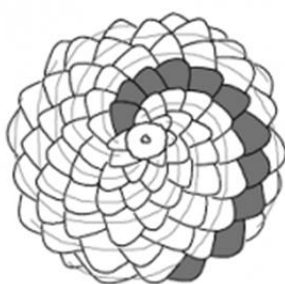
امیاج افلاطونی و عناصر چهارگانه جهان

### ■ هندسه طبیعت

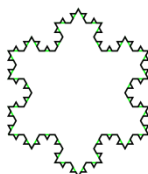
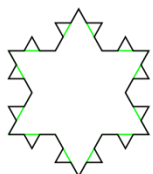
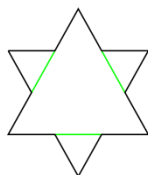
- پدیده های موجود در طبیعت دارای نظم و شکل هندسی می باشند. نظم برخی از آن ها مشخص و ساده بوده و دارای احجام هندسی اقلیدسی میباشند. مانند؛ ماه، خورشید که هندسه دایره ای شکل دارند... برخی دیگر مانند؛ شاخ و برگ های گیاهان، ابرها، موج دریا، موجودات دریایی، حلزون ها، دانه برف، میده درخت کاج و ... درارای نظم پیچیده و پنهان می باشند. کهکشانشان ها دارای شکل مارپیچی بوده و نظم منحنی وار دارند که ظاهرا دارای نظم خاصی نیستند، اما در واقع داراری نظم پیچیده هستند.
- به نظم پنهان و پیچیده موجود در طبیعت، هندسه فراکتال گفته می شود. فراکتال (Fractal) ساختاری هندسی است متشکل از اجزایی که با بزرگ کردن هر جزء به نسبت معین، همان ساختار اولیه به دست آید. به عبارت دیگر هندسه فراکتالی بیانگر یک الگوی تکرارشونده در اشیا و تصاویر می باشد، یعنی اگر هر تصویر یا شکل دارای این خاصیت به قسمت های کوچکتر تقسیم شود هر کدام از این قسمتهای کوچکتر خود یک کپی کوچک شده از شکل اولیه می باشد. جسم

فراکتال از دور و نزدیک یکسان دیده می شود. به تعبیر دیگر خودمتشابه است. جسم فراکتال دارای جزئیات مشابه در ساختار خود در مقیاس های متفاوت می باشد. ساده ترین مثال برای شیء فراکتال در طبیعت، گل کلم است که هر قطعه کوچک از آن متشابه قطعه بزرگی از آن است.

- واژه فراکتال مشتق از واژه لاتینی فراکتوس (به معنی سنگی که شکسته و خرد شده است) می باشد که در سال ۱۹۷۵ برای اولین بار توسط مندلبروت (Mandelbrot) مطرح شد.

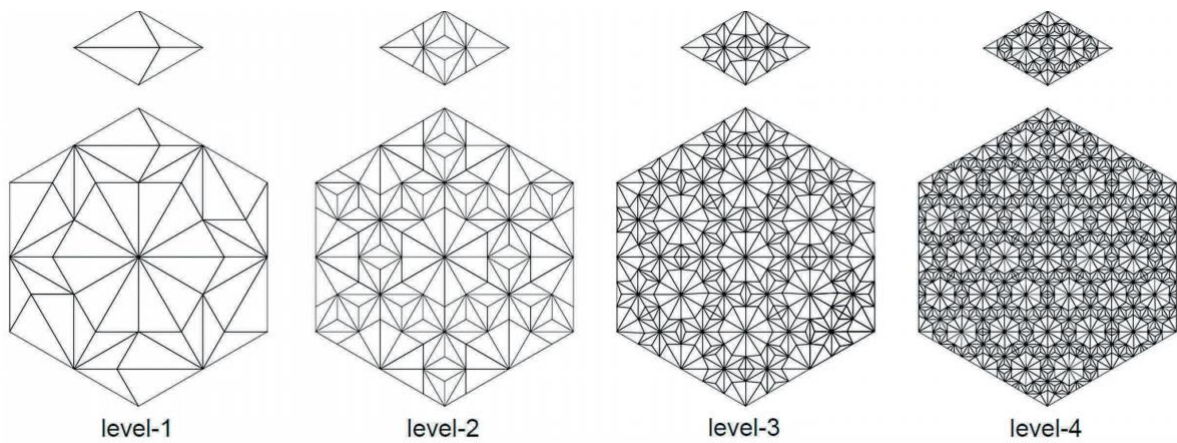


الگوی تکرار شونده فراکتال در سافتار هندسی میوه درخت کاج



هندسه فراکتال در سافتار دانه های برف- الگوی تشابه و تقارن





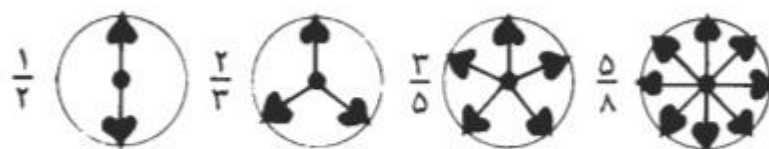
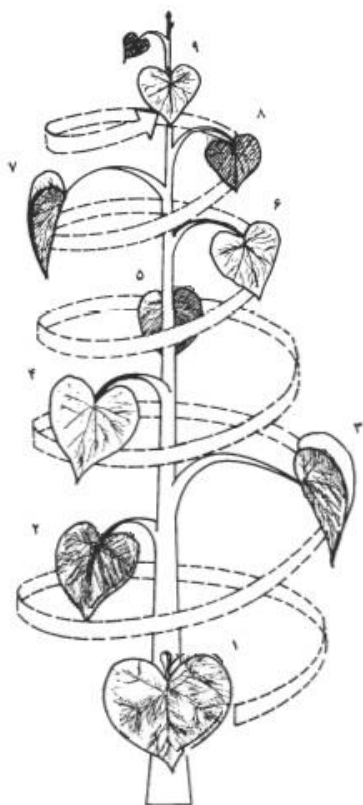
6 Four levels of hexagon-based fractal designs.

### هندسه فراکتال بر پایه شش ضلعی - گره چینی با کاشی

- انسان بدوی با دیدن و تجربه کردن اشکال موجود در طبیعت و زیستگاهش به نظم موجود در آن برده بود و در ساختن اشیاء و ابزارهای مورد نیازش از این الگوها استفاده می کرد. به عنوان مثال، شکل دایره را با دیدن خورشید درک کرده بود و در ساختن ظروف و سایر وسایل نگهداری غذا آن را به کار می برد. وی ارتباط بین اشکال هندسی موجود در سطح زمین و در آسمان را دریافته بود. مثلاً؛ با پرت کردن سنگریزه و یا افتادن قطره های باران به داخل آب ، موج های دایره ای شکل ناشی از آن را در سطح آب می دید یعنی شکل هایی مشابه آنچه که در سطح آسمان با آن روبرو می شد؛ خورشید و ستارگان.



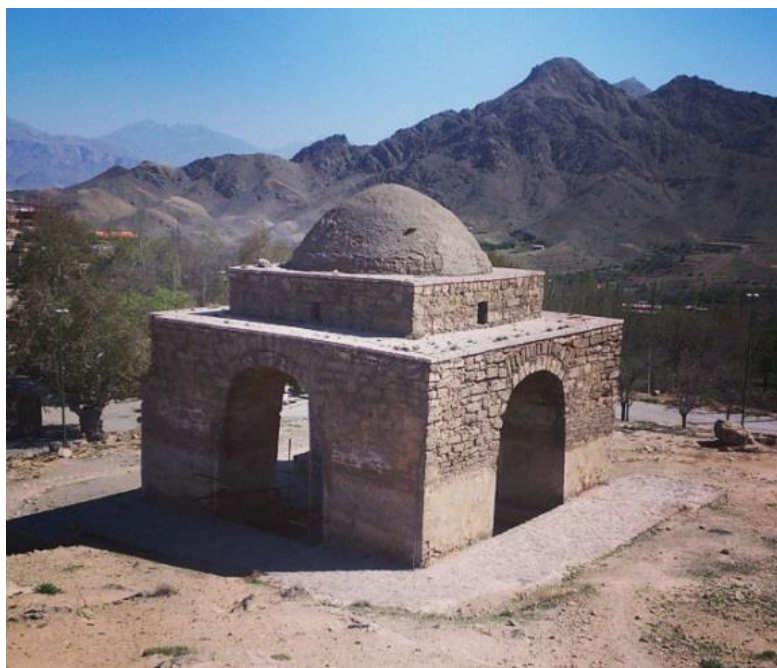
- با دقت شدن بر روی نظم گیاهان، می توان به الگوی رشد آن پی برد. جوانه زدن برگ های جدید بر روی تنه گیاهان دارای ریتمی است که شکلی مارپیچی دارد. علت آن، رسیدن نور خورشید به تمامی بخش های گیاه است که رویش برگ های جدید به گونه ای باشد که بر قسمت های پایینی سایه نیندازد و مانع از رسیدن نور به برگ های زیرین نشود.



طرح رشد گیاهی



- انسان اولیه با مقایسه اشکال مستقیم و خمیده موجود در طبیعت دریافته بود که اگر فاصله بین دو نقطه را به صورت مستقیم طی کند، کوتاهترین راه را انتخاب کرده و سریع تر به مقصد خود می رسد.
- با دیدن کوه ها و تپه های مخروطی شکل، از اشکال آن ها الهام و ایده می گرفت و در ساخت آلونک ها و سرپناه های خود از آن استفاده می کرد.
- تقارن و تعادل الگوهای موجود در طبیعت همواره الهام بخش انسان در ساخت بناهای خود بوده است. تقارن موجود در ساختار برگ گیاهان، گلبرگ های گل، جفت بودن اعضای بدن موجودات و انسان منشاء شکل گیری معماری از دوران پیش از تاریخ تا امروز بوده است.
- از مصادیق بارز الگوبرداری انسان از نظم و هندسه موجود در طبیعت در معماری می توان به بناهای چارتاقی اشاره نمود. چارتاقی یا آتشکده که بنایی مذهبی بوده دارای هندسه مربع شکل است.



**آتشکده نیاسر- کاشان**

**قدمت بنا: مدود ۲۰۰۰ سال**

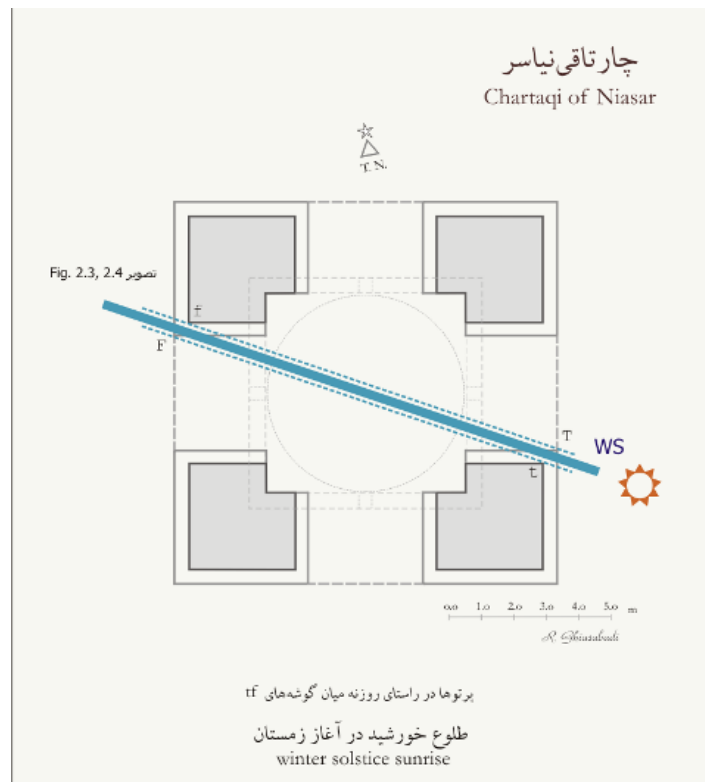
**هندسه: متقارن چهار وجهی با قاعده مربع**

**چهار (وزن به سوی چهار جبهه**

**چهار سوی بنا چشم انداز باز بدون هیچگونه دیوار، در یا پنجره**

- تمامی اضلاع آن با هم برابر بوده و از همه طرف دارای تقارن چهارتایی می باشد. تقارن موجود در این گونه بناها نمایانگر تعادل ایستا می باشد که نمادی است از برابری و یکسان بودن انسان ها در برابر خدا و معبود.

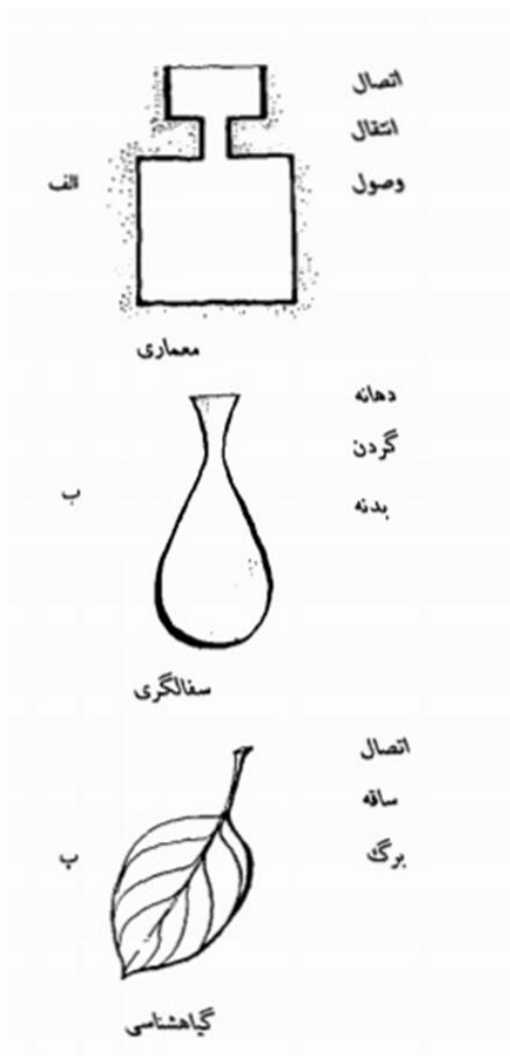
- چارتاقی ؛ نمادی است از چهار عنصر اصلی حیات (آب، باد، خاک، آتش) و چهار جهات جغرافیایی (شمال، جنوب، شرق و غرب) که انسان آن زمان به خوبی بدان پی برده بود. سقف گنبدی آن نیز که شکلی کروی دارد، از هندسه خورشید الگو برداری شده است. نمایانگر جهان هستی، آسمان، ارتباط با عالم بالا و معبود می باشد که از تمامی جهات دارای تقارن بوده و مرکزیت دارد. مرکزیت گنبد و شکل مدور آن بیانگر مرکز عالم و خدا می باشد که در معماری به صورت عینی و تجسد یافته بروز پیدا نموده است. اتصال زمین به آسمان و رسیدن انسان از مرتبه



- "نیستی و فنا" به مرحله "هستی و جاودانگی و کمال" از مصادیق محتوایی بناهای چارتاقی معماری ایران است. از کاربردهای مهم دیگر این بنا، تقویم خورشیدی است و به گونه ای ساخته شده که طلوع و غروب خورشید در آغاز و میانه هر یک از فصل های سال با زوایه خاصی، از یکی از روزنه های آن دیده می شود.

- **سلسله مراتب فضاها** به عنوان یک اصل در معماری بسیاری از نقاط جهان به کار می رفته است. از جمله در شهرها و بناهای خاورمیانه. در معماری ایرانی نیز این اصل به صورت سه مرحله، یعنی؛ اتصال، انتقال و و وصل در ساختار فضایی بناها عینیت پیدا می کرده است. به عنوان مثال فضای مساجد و یا خانه های ایران که دارای هشتی (ورودی)، دالان (راهرو) و حیاط مرکزی بوده است نمایانگر این نظم می باشد که با جهان بینی و اعتقادات مردم مرتبط بوده است. اصل رعایت حریمت و عرصه های عمومی و خصوصی فضای زیست. نظم مذکور در پدیده های طبیعی مانند شاخ و برگ گیاهان وجود دارد. همچنین در دست ساخته

داشته است.



رعایت اصل سلسله مراتب فضایی در معماری فانه های

ایران- فانه عباسیان کاشان

الگوی سلسله مراتبی در طبیعت و دست ساخته

های انسان

- نظم مارپیچی گیاهان و بسیاری از جانوران مانند حلزون، صدف دریایی، شاخ حیوانات، طرح پرواز حشرات و ... دارای نظمی است که به آن مارپیچ یا چهار گوش طلایی گفته می شود. اولین بار یک ریاضی دان ایتالیایی به نام لئوناردو فیبوناچی در قرن سیزدهم میلادی توانست به آن پی ببرد.

- دنباله فیبوناچی بسیار ساده است. هر عدد این دنباله مجموع دو عدد قبلی است، بنابراین با ۰، ۱، ۱، ۲، ۳، ۵، ۸، ۱۳، ۲۱، ۳۴، و ... آغاز می‌شود و تا بی نهایت ادامه دارد. این دنباله آنقدر در طبیعت دیده می‌شود که به سختی می‌توان گیاه یا میوه‌ای پیدا کرد که بر اساس آن نباشد. مثلاً محل قرارگیری برگ‌ها روی ساقه براساس دنباله فیبوناچی است تا هر برگ بیشترین دسترسی را به باران و نور خورشید داشته باشد. همین قانون در مورد میوه کاج، دانه‌های آفتابگردان، آناناس و کاکتوس هم صدق می‌کند. همه گیاهان به نوعی هندسی هستند. اما گیاهانی هم هستند که هندسه شان مشخص تر از بقیه است.

- در هر مرحله، عدد بعدی با جمع کردن دو عدد قبل عدد مورد نظر، به دست می‌آید.

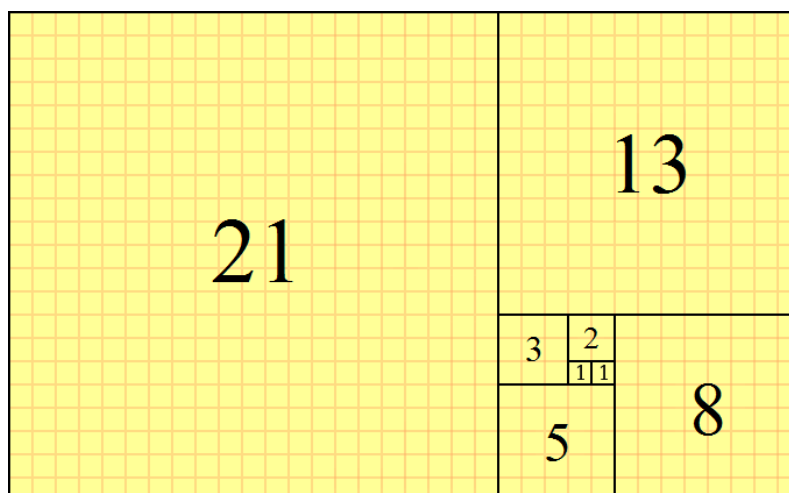
۲ از جمع دو عدد قبل خود ( ۱ + ۱ ) به دست آمده است.

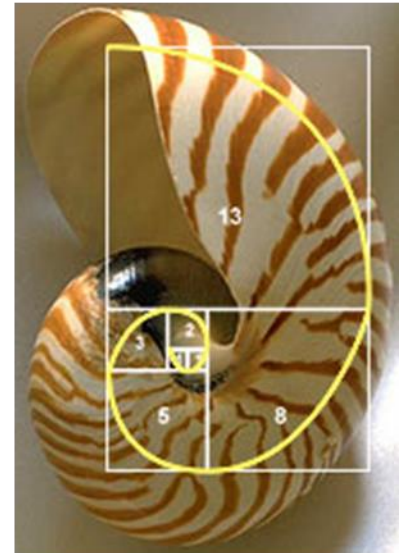
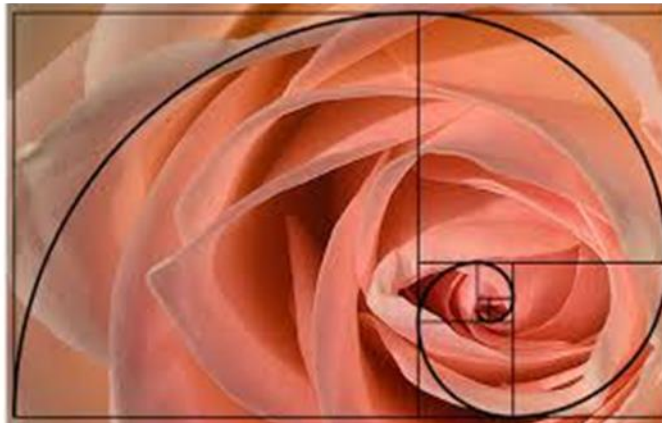
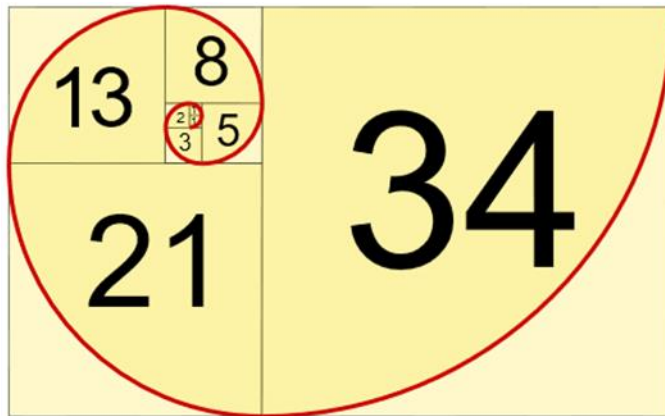
به طور مشابه، ۳ از جمع دو عدد قبل خود ( ۱ + ۲ ) به دست آمده است.

و ۵ از جمع ( ۲ + ۳ ) به دست می‌آید.

و به همین ترتیب ادامه می‌یابد.

مثال: عدد بعدی در دنباله فیبوناچی بالا، برابر است با:  $۲۱+۳۴=۵۵$



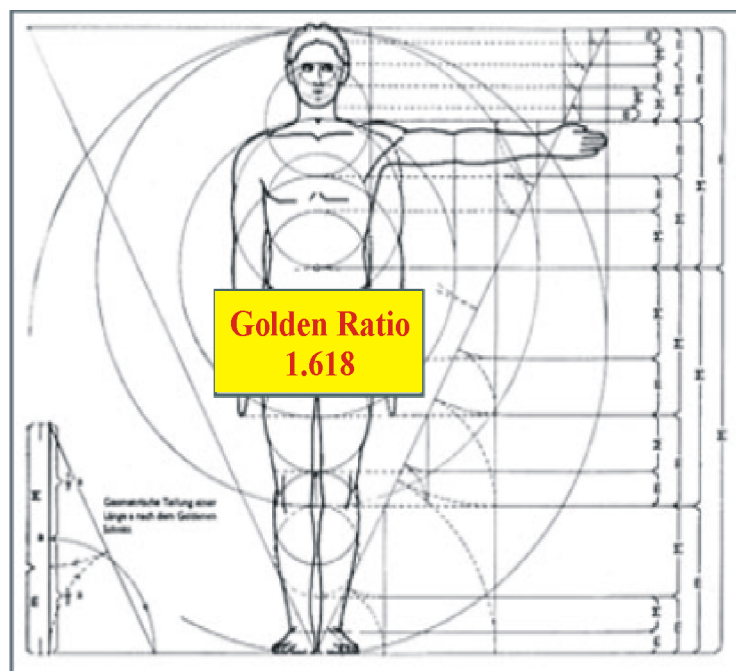


## • تناسبات طلایی

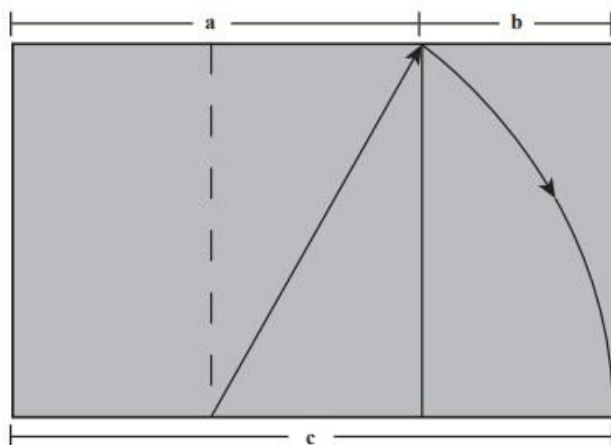
تناسبات طلایی الگویی است که در آن نسبت بخش بزرگتر به بخش کوچکتر، برابر با نسبت کل به بخش بزرگتر باشد. به عبارتی دیگر مستطیلی که نسبت طول به عرضش برابر با عدد  $1/6$  باشد. دلیل نام گذاری آن ادراک بصری بهتر و راحت تر فرد بیننده در هنگام مواجهه با اشیایی است که دارای تناسبات طلایی می باشند. روانشناسان هم بر این باورند زیباترین مستطیل به دید انسان، مستطیلی است که نسبت طول به عرض آن برابر عدد طلایی باشد. دلیل این امر آن است که این نسبت در شبکه چشم انسان رعایت شده و هر مستطیلی که این نسبت را دارا باشد به چشم انسان زیبا می آید.

لئوناردو داوینچی اولین کسی بود که نسبت دقیق استخوان های انسان را اندازه گیری نمود و ثابت کرد که این تناسبات با ضریب عدد طلایی هستند. به عنوان مثال؛ اگر فاصله سر تا زمین را تقسیم بر فاصله ی شکم تا زمین کنیم، به نسبت  $1/6$  می رسیم. نسبت طول بزرگترین استخوان انگشت دست به طول استخوان متوسط برابر نسبت طلایی است؛ نسبت طول استخوان متوسط به استخوان کوچک هم همینطور. نسبت طول رشته ی DNA به عرض آن هم چیزی نزدیک به همان عدد فی ( $1/6$ ) است.

- گردبادها و منظومه ها در مسیری مشابه با مارپیچ فیبوناچی حرکت می کنند. نسبت قطر مارپیچ بزرگتر به مارپیچ کوچکتر در یک گردباد برابر با  $1/6$  است. در کهکشان ها هم نسبت قطر مارپیچ بزرگتر به مارپیچ کوچکتر همان نسبت  $1/6$  است.



- در این روش مربع را با خطی عمود بر دو ضلع مربع به دو مستطیل مساوی تقسیم می کنیم. سپس محل تقاطع آن خط با یکی از اضلاع مربع را مرکز دایره ای به شعاع قطر مستطیل قرار می دهیم. با ترسیم این دایره و تعیین محل تقاطع آن با امتداد ضلع، مستطیل طلایی به دست می آید. در این مستطیل عرض برابر با ضلع مربع است و نسبت این طول و عرض ثابت است و این نسبت را این گونه بیان می کنند. یونانیان باستان از تناسبات طلایی در بناهای خود بسیار استفاده می کردند.



$$a:b=c:a$$





تناسبات طلایی در معبد پارتنون - یونان