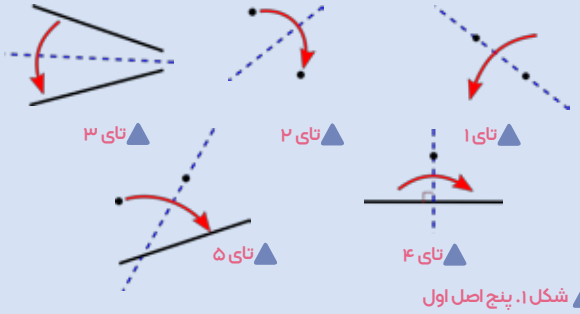
کاردستی‌های کاغذی
قورباغه

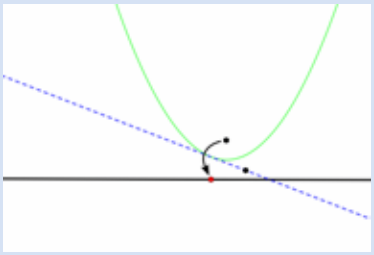
علیرضا محمدصالحی

داستان ما با کاغذ به اینجا رسید که توانستیم هفت روش برای تازدن یک خط روی صفحه پیدا کنیم. درمورد پنج تای اول (شکل ۱) مفصل حرف زدیم و در راهمان یک شکل جدید هم کشف کردیم. پیش از اینکه سراغ تاهای ۶ و ۷ برویم، نگاهی به تاهای قبلی بیندازیم:



شکل ۱. پنج اصل اول

گفتیم که با یک نقطه و یک خط می‌توانیم به یک سهمی برسیم. وقتی یک نقطه به آن‌ها اضافه کردیم، توانستیم به خط تای پنج برسیم که در واقع یک خط مماس به سهمی بود که از یک نقطه خارج از آن می‌گذشت (شکل ۲).



شکل ۲

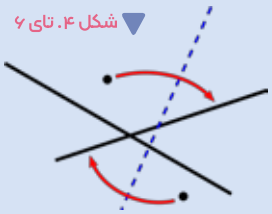
اگر یادتان باشد، معمولاً می‌توانستیم دو خط با این ویژگی تا بزنیم. آیا در شکل ۲ می‌توانید خط تای دیگری پیدا کنید؟

دیدیم که با تا زدن می‌توانیم یک سهمی بسازیم، یا حداقل به آن نزدیک شویم. اما پیش از این هم بارها سهمی‌ها را دیده‌اید. در واقع آن‌ها تقریباً همه جا هستند! هر وقت توپی به هوا پرتاب می‌شود، مسیری به شکل سهمی را طی می‌کند (شکل ۳)، یا هر پدیدهٔ دیگری که در آن جسمی در هوا معلق شود و برگردد، مثل پرش دلفین‌ها، مسیر حرکت یک سهمی خواهد بود. بهترین مثال برای دیدن مسیر سهمی شکل، فواره‌های آب است.

شکل ۳

همین قدر آشنایی با سهمی‌ها کافی است تا سراغ تای اسرارآمیزِ ۶ برویم: دو نقطه و دو خط داریم (شکل ۴). می‌توانیم طوری تا بزنیم که یک نقطه روی یک خط، و نقطهٔ دیگر روی خط دیگر بیفتد.

شکل ۴. تای ۶

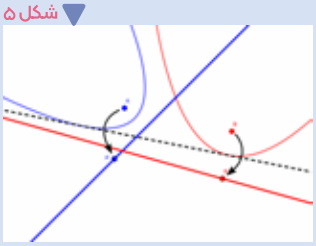


دیدیم که با قراردادن یک نقطه روی یک خط، اگر همهٔ حالت‌ها را تا بزنیم، یک سهمی (با مماس‌هایش) به دست می‌آید. حالا دو نقطه و دو خط داریم و قرار است هر کدام را روی یکی از خط‌ها بگذاریم. طبیعی است که این بار با دو سهمی سر و کار داشته باشیم.

اما اگر با دقت به اصل ششم نگاه کنیم، این بار قرار است یک خط تا، دو نقطه را هم‌زمان روی دو خط بیندازد.

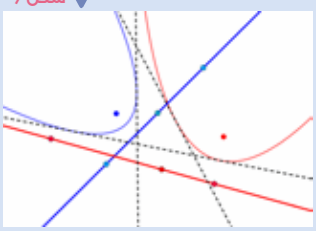
به نظر شما در اینجا هم‌زمان یعنی چه؟ با توجه به چیزهایی که قبل از این گفتیم، خط تایی که نقطه را روی خط می‌اندازد، بر سهمیِ متناظرِ آن نقطه و خط مماس است. پس اینجا وقتی می‌گوییم هم‌زمان، منظور ما این است که **خط تای ما باید هم‌زمان بر سهمی‌های متناظرِ هر دو نقطه و دو خط مماس باشد.**

شکل ۵



مثلاً در شکل ۵ می‌خواهیم نقطه‌های قرمز و آبی روی خط‌های هم‌رنگ خودشان قرار بگیرند (سهمی‌های متناظر هم با آن‌ها هم‌رنگ هستند). بنابراین خط تا (خط‌چین) هم بر سهمی قرمز و هم بر سهمی آبی مماس است.

شکل ۶



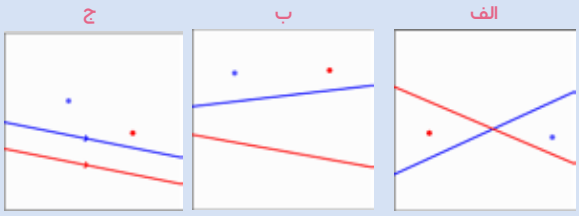
در شکل ۵، تصویر نقطه‌های A و B روی خط‌ها نشان داده شده است؛ یعنی وقتی خط‌چین مشکی را تا بزنیم نقطهٔ A روی 'A می‌افتد و B روی 'B. به این خط که هم‌زمان بر هر دو سهمی مماس است مماس مشترک دو سهمی می‌گوییم.

آیا فقط همین یک خط برای تا زدن وجود دارد که نقطه‌ها را روی خط‌های هم‌رنگ خود بیندازد؟ به عبارت دیگر، آیا همین یک مماس مشترک برای این دو سهمی وجود دارد؟

در شکل ۶ همهٔ خط‌های مماسی که بین این دو سهمی مشترک هستند رسم شده‌اند. روی خط‌های آبی و قرمز، نقطه‌های کم‌رنگی می‌بینید. این نقطه‌ها همان جاهایی هستند که نقطه‌های اصلی ما با تازدن این سه خط مشکی آنجا می‌افتند. می‌توانید بگویید کدام نقطه با کدام خط تا به وجود آمده است؟

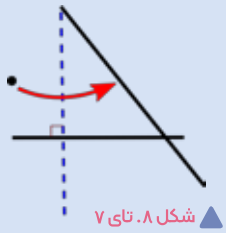
برای اینکه اصل ششم (تای ششم) را بهتر بشناسید، در شکل‌های ۷ (الف، ب و ج) خط تایی را پیدا کنید که نقطهٔ قرمز را روی خط قرمز و نقطهٔ آبی را روی خط آبی بیندازد.

شکل ۷



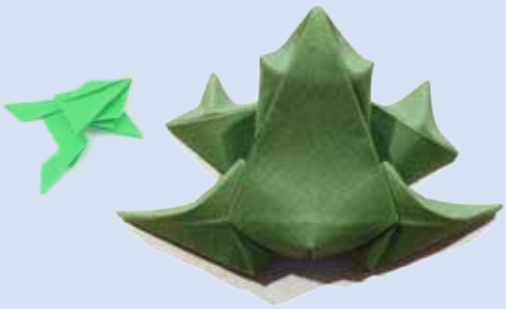
این کار را می‌توانید برای هـــر ترکیبی از نقطه‌ها و خط‌ها امتحان کنید. آیا همیشه می‌شود چنین خطی برای تازدن پیدا کرد؟
بالاخره وقت آن رسید که سراغ آخرین اصل برویم و داستان تاهای اصلی را کامل کنیم.

اگر یک نقطه و دو خط داشته باشیم، می‌توانیم طوری تا بزنیم که خط تا عمود بر یکی از خط‌ها باشد و نقطه روی خط دیگر قرار بگیرد (شکل ۸). (امتحان کنید!)
آیا تای ۷ همیشه قابل اجراست؟ اگر خط‌ها یکدیگر را قطع کنند، چطور خـــط تا را پیدا کنیم؟ اگر دو خط با هم موازی باشند چه؟

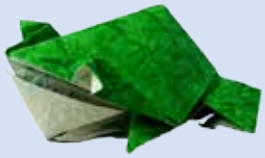


شکل ۸. تای ۷

باز هم چون یک نقطه را روی یک خط می‌اندازیم، تای ما به سهمی مربوط می‌شود. این بار شما بگویید این خط را چطور می‌شود با استفاده از سهمی و یا هر شکل و مفهوم هندسی دیگری که می‌شناسید توصیف کرد؟
باورتان بشود یا نشود، تمام خط‌هایی که با تا زدن کاغذ می‌توانیم بکشیم، فقط همین هفت تا هستند. این تاها اصول کاغذتایی (اوریگامی) محسوب می‌شوند. جالب است بدانید که این هفت تا کمتر از ۴۰ سال است که رسماً به‌عنوان اصول کاغذتایی شناخته شـــده‌اند؛ با اینکه صدها سال (شاید هم هزاران سال) است کسانی که کاغذ تا می‌زنند و با کاغذتا چیزهای گوناگون می‌سازند، از این تاها استفاده می‌کنند. این اصول به افتخار کسانی که آن‌ها را کشف کرده‌اند، نام‌گذاری شـــده‌اند. **هوزیتا**[1] و **هاتوری**[2] دو ریاضی‌دان اهل ژاپن، و همچنین **جاستین**[3]، ریاضی‌دان فرانسوی، معروف‌ترین کسانی هستند که این اصول به نام آن‌ها شناخته می‌شوند.
قبلاً کمی دربارهٔ اتفاق‌هـــای علمی در کاغذتا (اوریگامی) صحبت کردیم و مثالی از کاربرد آن را در صنایع فضایی با هم دیدیم (صفحه‌های خورشیدی میورا). حالا بـــرای اینکه تأثیر اصول را بر کاغذوتـــا ببینیم، بیایید نگاهی به این هنر بیندازیم. تا حالا قورباغه‌های کاغذی ســـاخته‌اید؟ بله، از همان قورباغه‌هایی که می‌پرند. تا حالا به این فکر کرده‌اید که دست و پای قورباغه کمی معلوم‌تر باشد؟



یا به این فکر افتاده‌اید که قورباغهٔ شما چشم هم داشته‌باشد؟



همهٔ قورباغه‌هایی که می‌بینید فقط با یک تکه کاغذ مربعی، بدون چسب و قیچی ساخته شده‌اند؛ فقط و فقط با تازدن. حتی می‌شود فقط با همین تازدن‌ها قورباغه‌ای ساخت که هم چشم داشته باشد و هم دست و پا و هم انگشت!

چنین طرح‌های زیبا و دقیقی در کاغذوتا، بعد از کشف روش‌های اصولیِ تازدن و ابداعِ نمادگذاری‌های دقیق برای آموزش کاغذوتا، به وجود آمدند. فعلاً بیشتر از این فرصت نیست که دربارهٔ هنر کاغذوتا صحبت کنیم. با ما همراه باشید تا شگفتی‌های هنری و علمی دیگری را در این‌باره با هم دنبال کنیم.
در پایان، با اســـتفاده از رمزینهٔ سریع‌پاسخ مقابل روشی برای ساختن مثلث متساوی‌الاضلاع بر اساس اصول کاغذوتا معرفی می‌کنیم. می‌توانید بگویید در هر مرحله از کدام اصل استفاده شده است؟
شش تا از این مثلث‌ها بسازید و از آن‌ها برای ساختن کاغذوتا داخل جلد استفاده کنید.
راستی از کجا مطمئن باشیم این مثلث متساوی‌الاضلاع است؟ برای دانستن دلیل در شمارهٔ بعد، با ما همراه باشید.

پی‌نوشت‌ها

1. Huzita
2. Hatori
3. Justin