

هر حجم طبیعی یا مصنوعی را می‌توان به اجسام ساده‌تری تجزیه کرد.

اجسام هندسی

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:

- ۱- جسم را با روش خاص هندسه ترسیمی نمایش دهد؛
- ۲- نمایش جسم را در هندسه ترسیمی و رسم فنی با هم مقایسه کند؛
- ۳- منشورها، هرم‌ها و چند وجهی‌های منتظم را تعریف کند.

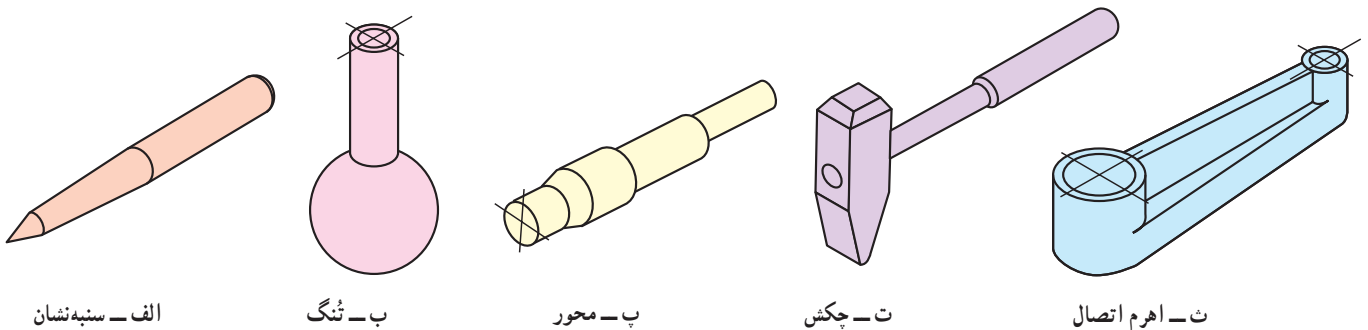
۱-۱۰- تعریف

محدوده‌ای از فضا را که توسط چند سطح، محصور شده باشد، «جسم» می‌نامند. همچنین حجم، مقدار فضایی است که جسم، اشغال می‌کند.^۱

سطوح تشکیل دهنده جسم ممکن است تخت یا خمیده باشند. با نگاهی کوتاه به پیرامون خود متوجه می‌شوید که اجسام و احجام به صورت‌هایی بسیار گوناگون، در شکل‌ها و اندازه‌های گوناگون شما را احاطه کرده‌اند. کوه، درخت، سنگ، صندلی، میز، کتاب، لیوان و غیره نمونه‌هایی آشنا هستند.

در وهله اول چنین به نظر می‌رسد که این احجام تنوعی بی‌نهایت دارند، اما با تجزیه و تحلیل آنها به زودی متوجه می‌شوید که بیشتر اجسام را می‌توان به تعداد کمی حجم تعریف شده و آشنا تجزیه کرد. برخی از این احجام را می‌شناسید؛ مانند هرم، استوانه، کره، مخروط و

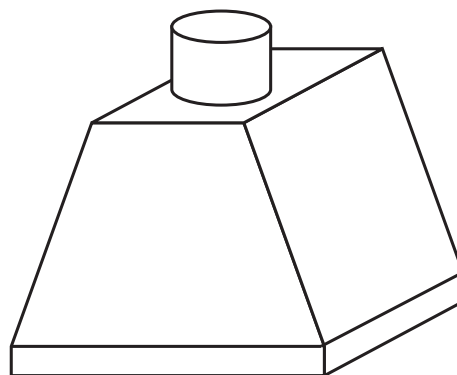
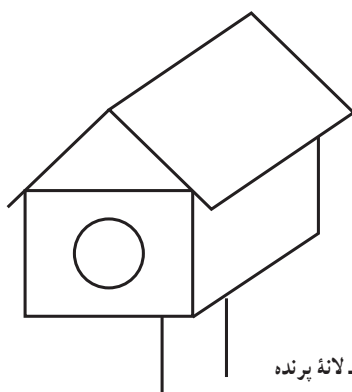
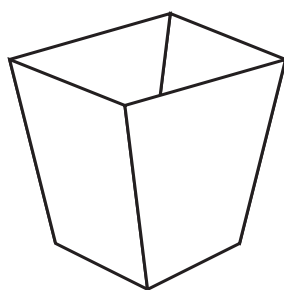
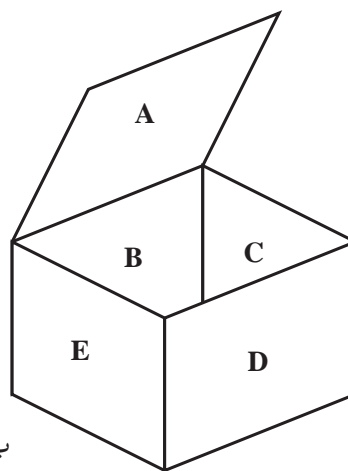
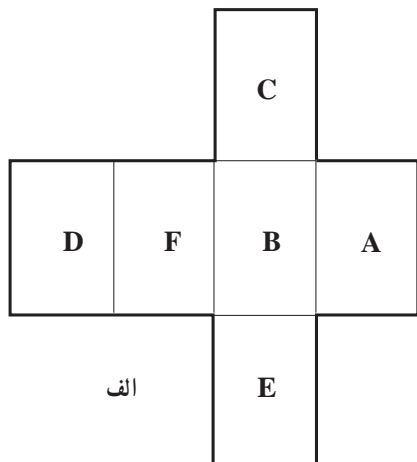
آشنایی با تعاریف این اجسام، چگونگی تشکیل آنها و ویژگی‌هایشان برای افراد مختلف ضروری است؛ از جمله، آنها که با کار فنی سروکار دارند و به ویژه اگر طراح و نقشه‌کش باشند. این موضوع برای هر صنعتگر جایگاه ویژه‌ای دارد، زیرا مصرف‌کننده‌ای که فرآورده‌های صنعتی را به صورت‌های گوناگون مورد استفاده قرار می‌دهد، بدون نیاز به آگاهی نسبت به سطح و حجم می‌تواند از آن استفاده کند، اما یک صنعتگر نمی‌تواند بدون آگاهی از این مباحث جسم مورد نظر را طراحی کند و بسازد. در شکل ۱-۱۰ نمونه‌هایی مشاهده می‌شود که به اجسام ساده‌تر تجزیه پذیر هستند.



شکل ۱-۱۰

۱- بیشتر از واژه‌های جسم یا حجم به جای هم استفاده می‌کنیم که اشکال چندانی ندارد.

برای نمونه یک ورق کار خوب می‌تواند با ترسیم گسترده یک حجم بر روی ورق آن را با دقت کافی بسازد.
در شکل ۱۰-۲ نمونه‌ای از ساخت یک گسترده برای درست کردن یک جعبه را می‌بینید.
آیا می‌توانید چگونگی ساخت سوژه‌های دیگر را بیان کنید؟



پ - سطل زباله

ت - لانه پرنده

ت - هواکش

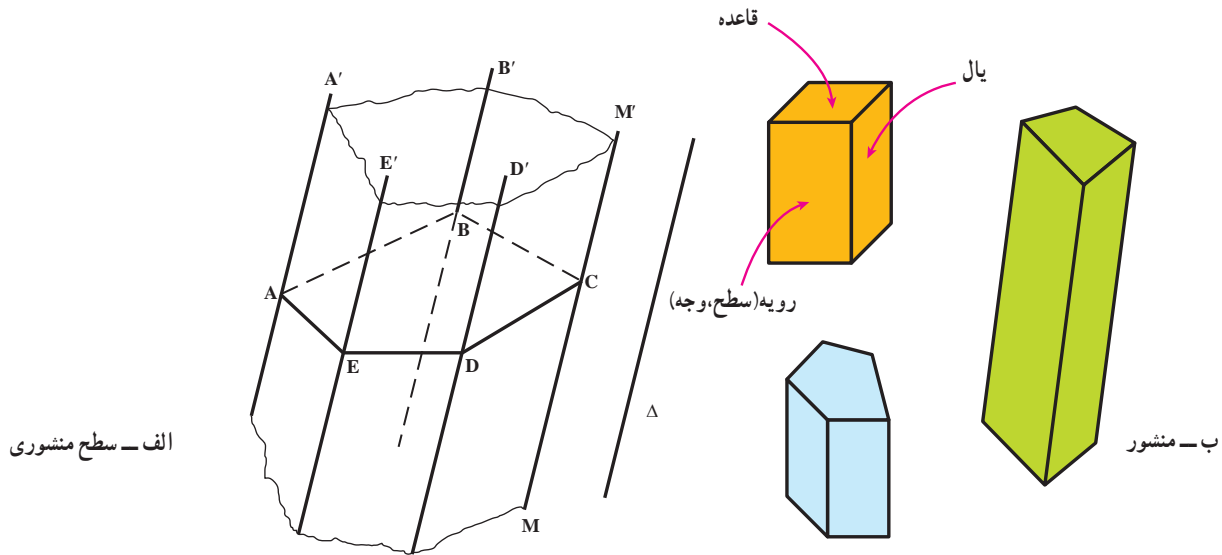
شکل ۱۰-۲

اکنون به کوتاهی به تعریف اجسام و سطوح مهم هندسی می‌پردازیم:

۱۰-۲ - منشورها

تعریف: هرگاه خطی راست مانند MM' در فضا چنان تغییر مکان دهد که همواره با خط راست ثابتی، مانند Δ موازی باشد و بر اضلاع چندضلعی مسطحی مانند $ABCDE$ متکی باشد، سطح نامحدودی ایجاد می‌شود که آن را «سطح منشوری» می‌نامند (شکل ۱۰-۳).

آیا Δ می‌تواند با صفحه چند ضلعی موازی باشد؟



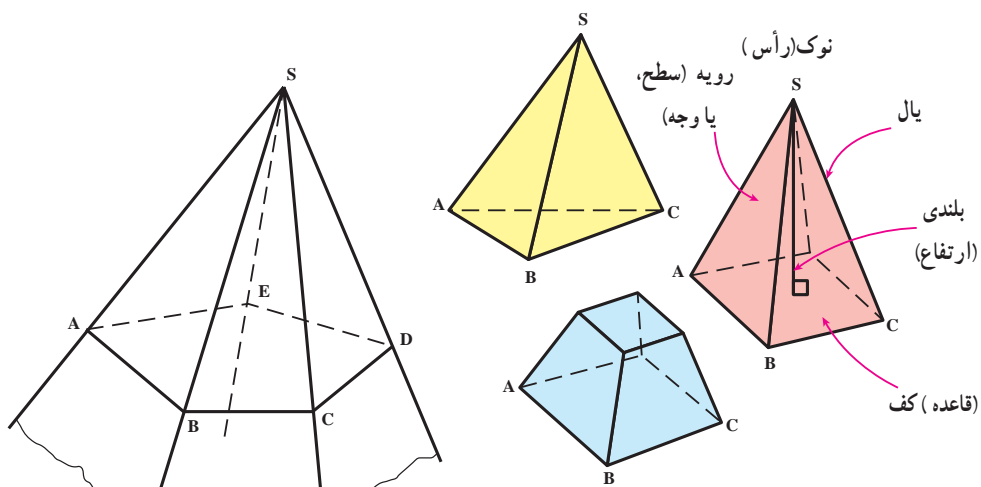
الف - سطح منشوری

شکل ۳-۱۰

خط‌های مشخص مانند AA' و BB' را «یال» می‌نامند. با در نظر گرفتن بخشی از این سطح که به دو صفحه متوازی به نام قاعده محدود باشد، یک منشور خواهیم داشت، کف منشور ممکن است یک شکل منتظم یا غیر منتظم باشد. نام منشور معمولاً از روی شکل قاعده آن معین می‌شود؛ مانند (منشور مثلث القاعده، منشور مربع القاعده، منشور مخمس القاعده، منشور مسدس القاعده). اگر یال‌های منشور بر سطح قاعده عمود باشند، منشور را «قائم» می‌گویند؛ در غیر این صورت اصطلاح منشور «مایل»، به کار خواهد رفت. به طور معمول منظور از منشور، همان منشور قائم است.

۱۰-۳ - هرم‌ها

تعریف: چند ضلعی مسطح $ABCDE$ و نقطه S را در خارج آن صفحه در نظر می‌گیریم. جسمی که به چند ضلعی تخت گفته شده و مثلث‌های SAB ، SBC ، SCD ، SDE و SEA محدود است، «هرم» نامیده می‌شود (شکل ۴-۱۰).



شکل ۴-۱۰

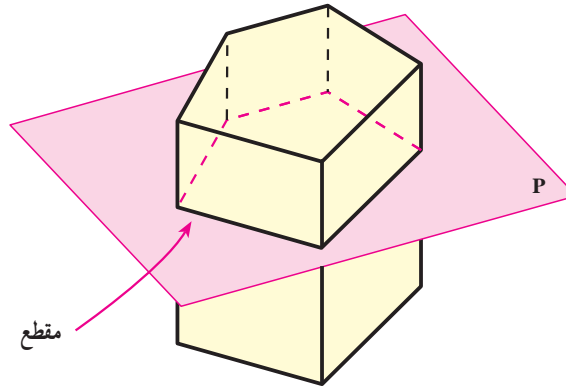
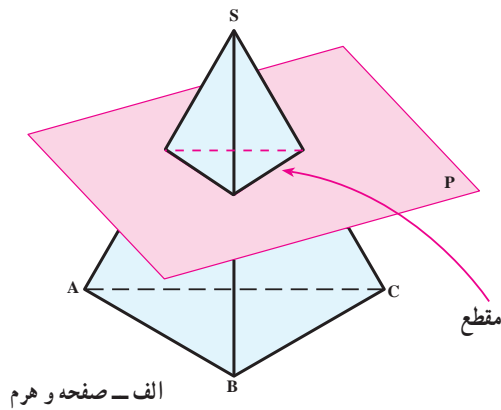
۱- می‌توان گفت: اگر خطی چنان حرکت کند که همواره از نقطه ثابت S بگذرد و بر چند ضلعی مسطحی متکی باشد، یک سطح هرمی پدید می‌آید که قسمت محدودی از آن هرم است. افزوده می‌شود که چون خط نامحدود است سطح هرمی دارای دو بخش و در دو طرف S نامحدود است.

چند ضلعی ABCDE قاعده هرم و S رأس آن و مثلث‌ها سطوح (رویه‌ها، وجوه) جانبی هستند. مجموعه وجوه جانبی و قاعده

هرم را «سطح کل هرم» می‌نامند. خطوطی مانند SA را یال و فاصله رأس تا قاعده را «ارتفاع هرم» می‌گویند. نام هرم نیز از روی شکل قاعده معین می‌شود. هرم ممکن است قائم یا مایل باشد.

یادداشت ۱: هرگاه احجام یاد شده را با یک صفحه به موازات قاعده آنها برش دهیم، مقطع حاصل، شکلی مشابه یا مساوی قاعده خواهد بود. در شکل ۵-۱ این مطلب دیده می‌شود.

یادداشت ۲: هر می را که موازی با قاعده آن بریده باشیم، «هرم ناقص» می‌نامند.



شکل ۵-۱

۴-۱۰ - چند وجهی‌های منتظم

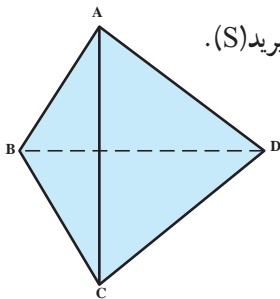
در هندسه ثابت می‌شود که فقط پنج جسم کوژ وجود دارد که از صفحات متساوی منتظم ساخته شده‌اند. این چندوجهی‌ها را به طور مختصر معرفی می‌کنیم.

۴-۱۰-۱ - چهار وجهی منتظم: این جسم از چهار مثلث متساوی الاضلاع تشکیل می‌شود (شکل ۶-۱). پس داریم:

$$\overline{AB} = \overline{AC} = \overline{AD} = \overline{CB} = \overline{CD} = \overline{BD}$$

روشن است که در یک چند وجهی منتظم همه یال‌ها باید برابر باشند.

یادداشت: می‌توانید هریک از گوشه‌های A, B, C, یا D را به عنوان رأس هرم در نظر بگیرید (S).

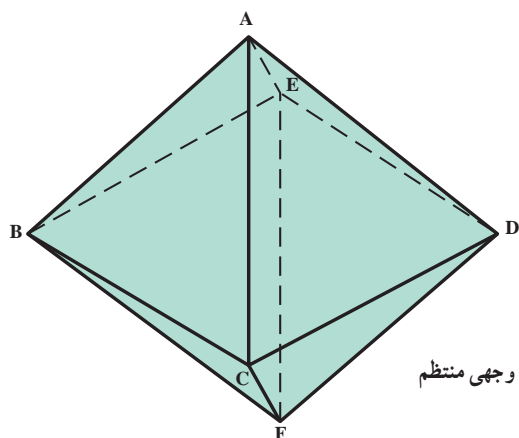


شکل ۶-۱ - چهار وجهی منتظم

۱- اگر کف هرم یک چند ضلعی و ارتفاع هرم در مرکز قاعده عمود شود، هرم قائم است و با توجه به شکل کف می‌توان برای آن نام‌هایی چون، هرم (مثلث القاعده)، هرم

(مربع القاعده) و ... برگزید.

۲- کوژ = محدب، بدون گودی، برآمده

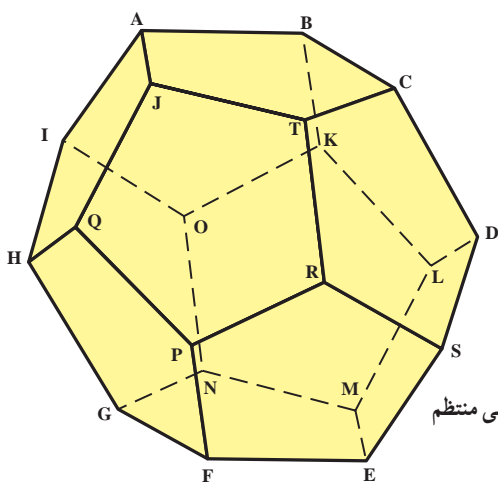


شکل ۱۰-۷ هشت وجهی منتظم

۲-۴-۱۰- شش وجهی منتظم یا مکعب : این جسم از ۶ مربع ساخته می شود که با آن آشنا هستید.

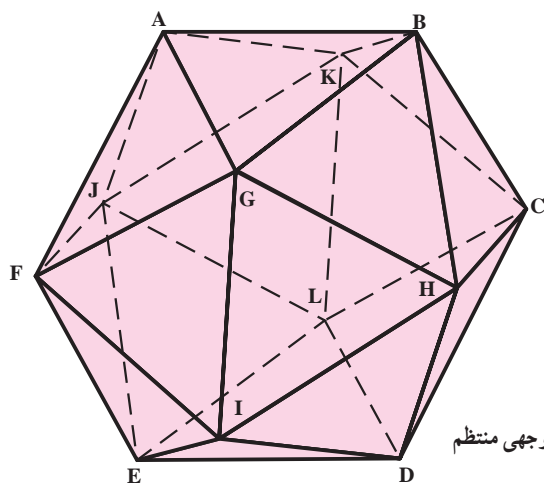
۳-۴-۱۰- هشت وجهی منتظم : این جسم از هشت مثلث متساوی الاضلاع ساخته می شود (شکل ۷-۱۰).

یادداشت - در اینجا هم، همه یال ها برابرند و می توان هر یک از گوشه ها را، نوک هشت وجهی دانست.



شکل ۱۰-۸ دوازده وجهی منتظم

۴-۴-۱۰- دوازده وجهی منتظم : این جسم دارای ۱۲ رویه (وجه) می باشد. این سطوح همه پنج ضلعی های منتظم هستند (شکل ۸-۱۰).



شکل ۱۰-۹ بیست وجهی منتظم

۵-۴-۱۰- بیست وجهی منتظم : این جسم نیز از بیست مثلث متساوی الاضلاع ساخته می شود (شکل ۹-۱۰).

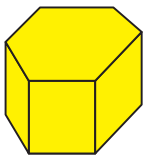
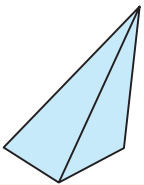
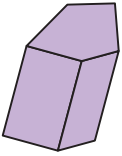
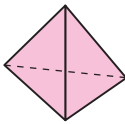
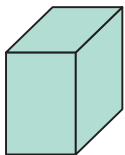

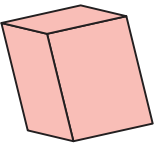

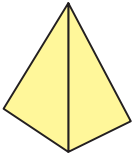
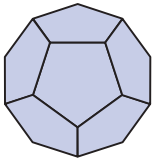
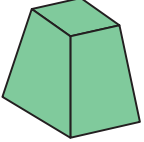
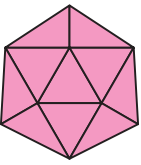
چند وجهی های یاد شده به «چندوجهی های منتظم کوژ» یا «اجسام افلاطونی» معروف هستند و هر کدام می توانند در یک کره محاط شوند؛ یعنی «در یک کره قرار گیرند، به گونه ای که همه گوشه های آنها بر سطح کره واقع باشند».

جدول ۱-۱۰ آگاهی هایی درباره چند وجهی های منتظم می دهد.

جدول ۱-۱- چندوجهی های منتظم کوز

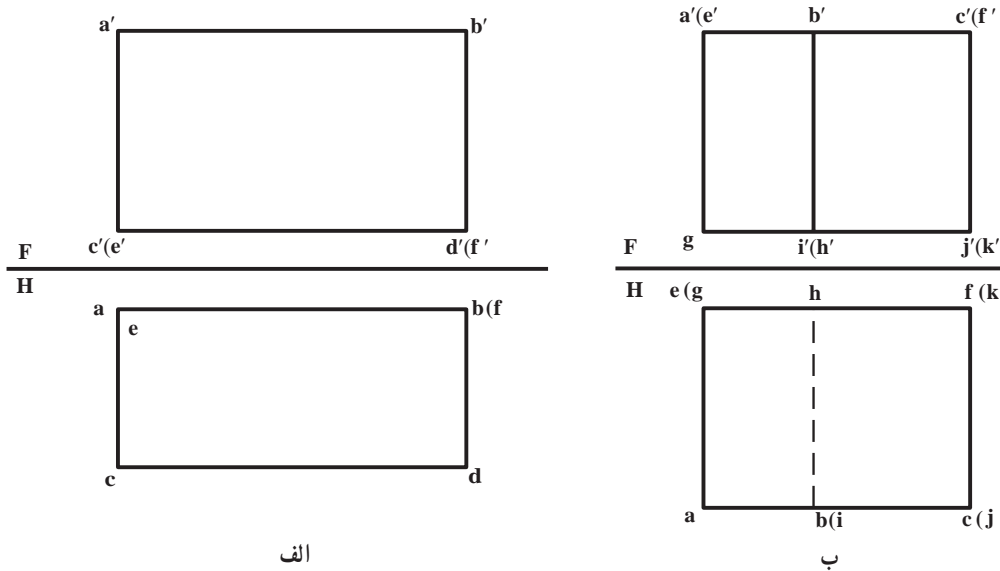
تعداد یال های جسم	تعداد رأس های جسم	عده یال های منتهی به هر رأس	عده اضلاع هر وجه	چند وجهی
۶	۴	۳	۳	چهار وجهی
۱۲	۸	۳	۴	مکعب
۱۲	۶	۴	۳	هشت وجهی
۳۰	۲۰	۳	۵	دوازده وجهی
۳۰	۱۲	۵	۳	بیست وجهی

در جدول ۲-۱، گروهی از احجام با سطوح تخت داده شده است.

جسم	نام	جسم	نام
	مشور قائم یال ها عمود بر قاعده		هرم مایل
	مشور مایل		چهار وجهی منتظم
	مکعب مستطیل		مکعب یا شش وجهی منتظم
	متوازی السطوح		هشت وجهی منتظم
	هرم		دوازده وجهی منتظم
	هرم ناقص		بیست وجهی منتظم

۵-۱۰ - نمایش جسم به روش ترسیمی

نظر به اینکه در تصویر ترسیمی هر نقطه نام ویژه‌ای دارد، از این رو همه گوشه‌های موجود در یک جسم نیز نام ویژه‌ای دارند. به دو نمونه داده شده در شکل ۱۰-۱۰ نگاه کنید:

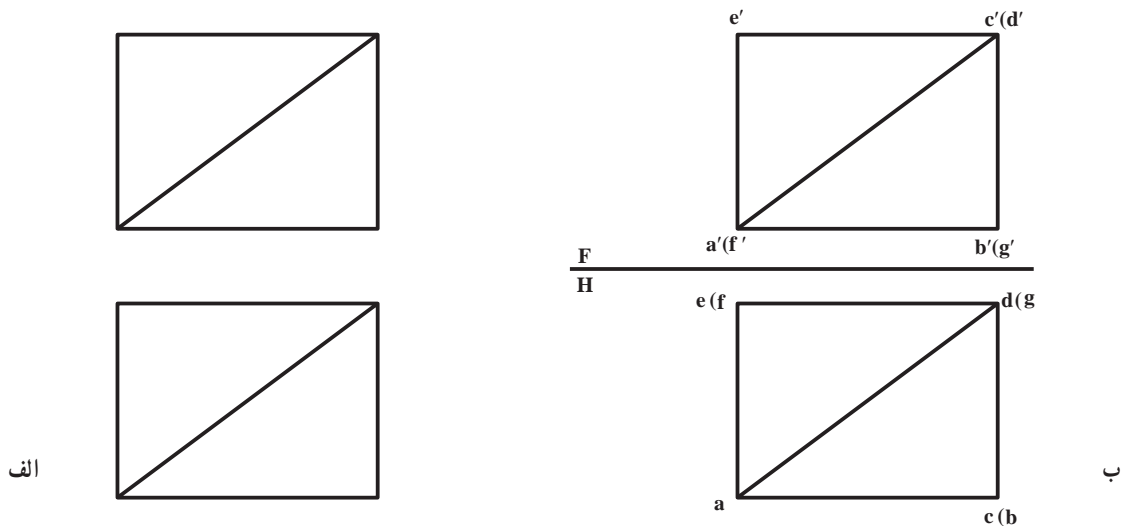


شکل ۱۰-۱۰

همان گونه که ملاحظه می‌شود، نامگذاری همه گوشه‌ها تا حدودی نقشه را شلوغ کرده است. این مسئله، به ویژه هنگامی که صورت یک مشکل در خواهد آمد که نقشه دارای جزئیات بسیار باشد.

۶-۱۰ - مقایسه تصویر ترسیمی و رسم فنی

در شکل ۱۰-۱۱ جسمی را به دو روش «ترسیمی» و «رسم فنی» رسم کرده‌ایم. آنچه در وهله نخست جلب توجه می‌کند، سادگی رسم تصاویر در رسم فنی، یعنی شکل الف ۱۰-۱۱ می‌باشد. برای همین سادگی است که طراحان ترجیح می‌دهند که تصاویر را به این روش رسم کنند.



شکل ۱۰-۱۱

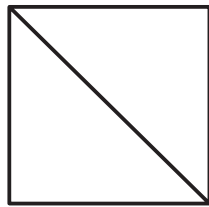
به طور خلاصه :

۱- تصویر رسم فنی ساده رسم می شود؛

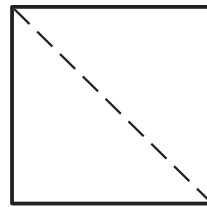
۲- با توجه به حذف جزئیات، یعنی حروف و خط زمین، خواندن آن آسان تر است.

با این وجود، گاه تصاویر دوگانه برای معرفی جسم کافی نیستند؛ پس نیاز به نمای سوم هست. در مورد نمونه شکل الف ۱۱-۱۰

توجه کنید که برای تصویر سوم می توان جواب هایی مانند آنچه در شکل ۱۲-۱۰ آمده، تعیین کرد.



الف

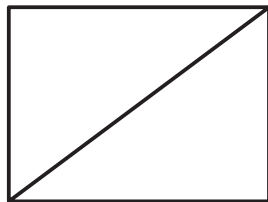
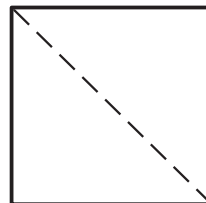
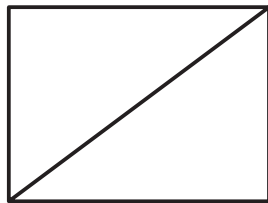


ب

شکل ۱۲-۱۰

به این ترتیب، دیده می شود که دو تصویر رسم فنی گاهی همیشه گویا نیست و باید از سه تصویر یا حتی بیشتر استفاده کرد. برای

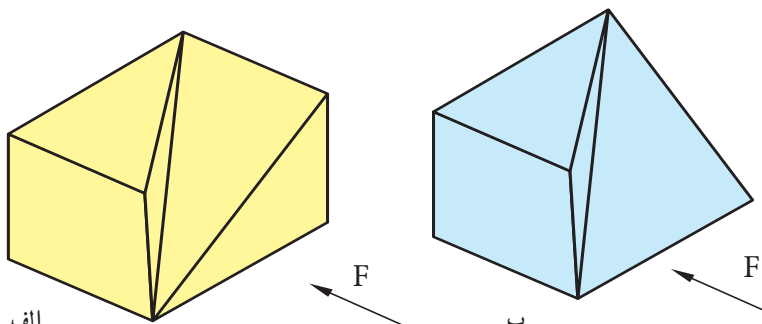
نمونه، جسم مورد بحث حتی با سه تصویر هم کاملاً مشخص نخواهد شد (شکل ۱۳-۱۰).



شکل ۱۳-۱۰

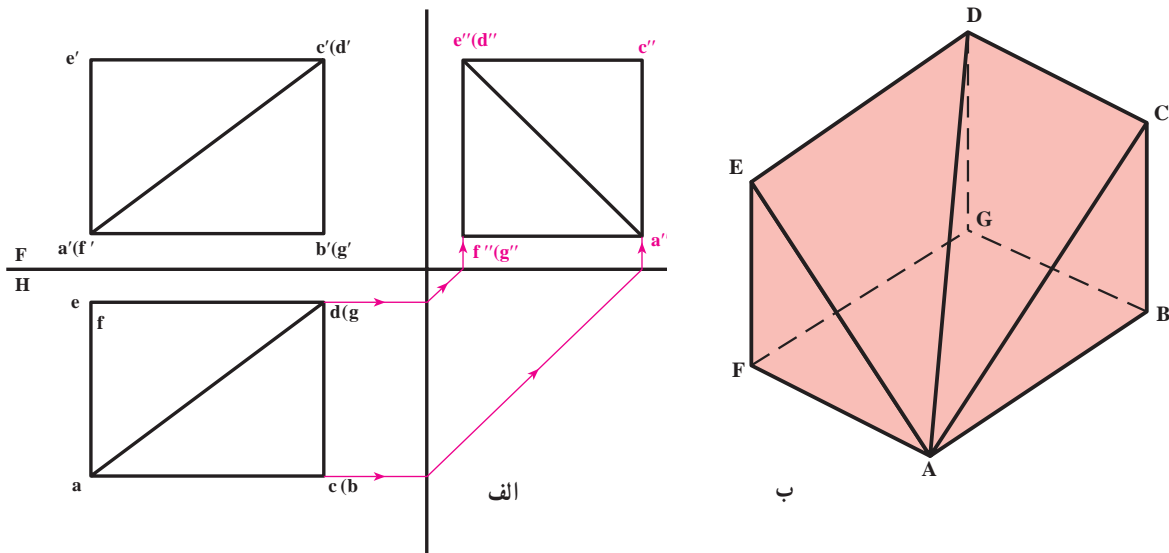
ببینید که با وجود سه نما می توان جواب های مختلفی داشت (شکل ب و الف ۱۴-۱۰). بنابراین، در این جا چهار تصویر

ضروری خواهد بود.



شکل ۱۴-۱۰

اکنون تصویر سوم را به روش ترسیمی به دست می‌آوریم (شکل ۱۵-۱۰).



شکل ۱۵-۱۰

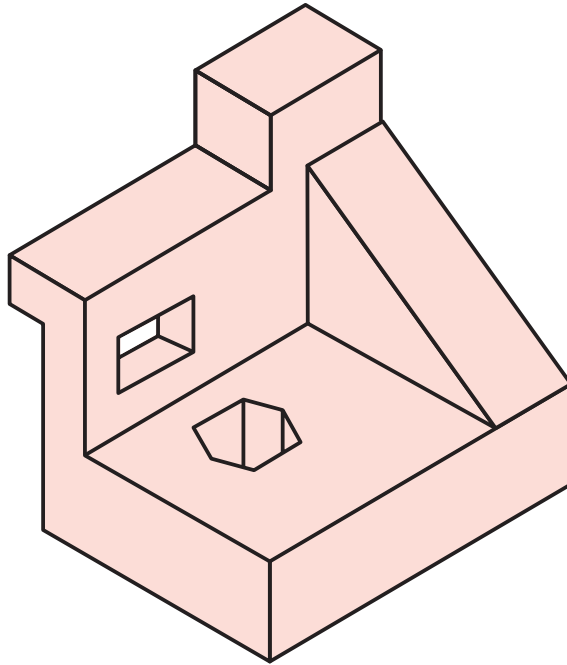
همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در این مسئله، نمای سوم تنها یک جواب خواهد داشت که این به معنی توانا تر بودن دو تصویر برای نمایش جسم، به روش ترسیمی است؛ یعنی این تصاویر با قاطعیت شکل ب ۱۵-۱۴ را معرفی کرده است پس:

- ۱- در روش هندسه ترسیمی می‌توان جسم را با دو تصویر بهتر مشخص نمود (جسم دارای سطوح تخت).
- ۲- با نامگذاری نقاط، تصویر مجهول با اطمینان بیشتری به دست می‌آید.

چکیده:

در موارد عادی از تصاویر به صورت رسم فنی، یعنی «ساده شده ترسیمی» استفاده می‌کنیم و تنها در مواردی که به دست آوردن مجهول پیچیده و امکان اشتباه وجود داشته باشد از تصاویر به روش ترسیمی استفاده خواهد شد. چنان که در ادامه کتاب خواهیم دید.

- ۱- جسم را تعریف کنید.
- ۲- آیا می‌توان اجسام پیچیده را به اجزایی ساده‌تر تجزیه کرد؟
- ۳- اجزای جسم معرفی شده در شکل ۱۶-۱۰ را نام ببرید.



شکل ۱۶-۱۰

- ۴- آیا داشتن اطلاعاتی راجع به اجسام، برای هر صنعتگر ضروری است؟
- ۵- منشور را با رسم شکل دستی تعریف کنید.
- ۶- اجزای منشور چه نام دارد؟
- ۷- چه موقع منشور را «قائم» گویند؟
- ۸- هرم را با رسم شکل دستی تعریف کنید.
- ۹- هرم را چگونه نامگذاری می‌کنند؟
- ۱۰- برش منشور و هرم به موازات قاعده کدام ویژگی را دارد؟
- ۱۱- چندوجهی‌های منتظم را نام ببرید.
- ۱۲- هر یک از چندوجهی‌های منتظم را تعریف کنید.
- ۱۳- به طور کلی چه سطوحی در ساخت چندوجهی‌های منتظم کوژ مورد استفاده هستند؟
- ۱۴- جسم محیطی اجسام افلاطونی چه می‌تواند باشد؟
- ۱۵- عدد اضلاع، یال‌های منتهی به گوشه، تعداد گوشه و تعداد یال‌های یک بیست‌وجهی را از جدول استخراج و بنویسید.
- ۱۶- نام احجام مهم هندسی را از جدول در آورید و یادداشت کنید.

- ۱۷- یک جسم انتخابی را به روش‌های رسم فنی و نیز ترسیمی نمایش دهید.
- ۱۸- دو شکلی را که رسم کرده‌اید از نظر روش بیان جزئیات، با یکدیگر مقایسه کنید.
- ۱۹- آیا تصاویر دوگانه همیشه برای نمایش اجسام تخت کافی است؟

۲۰- مزایای نمایش قطعه به روش رسم فنی چیست؟

۲۱- معایب روش رسم فنی چیست؟

۲۲- مزایای روش ترسیمی چیست؟

اجسام زیر به صورت رسم فنی معرفی شده‌اند، هنرجویان ابتدا مطابق خواسته‌ها کار می‌کنند، سپس اشکال توسط استاد محترم نام‌گذاری و تبدیل به روش ترسیمی می‌شود که دوباره هنرجویان پاسخ را تعیین می‌کنند که در نهایت مقایسه انجام خواهد شد.

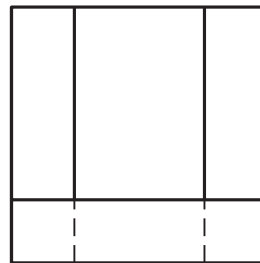
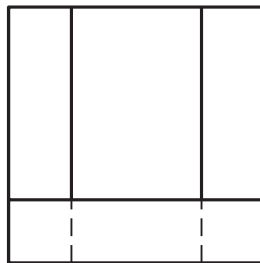
۲۳- با توجه به دو نمای رسم شده، نمای سوم را معین کنید. برای مسئله

چند پاسخ به دست می‌آورد؟ (شکل ۱۷-۱۰).

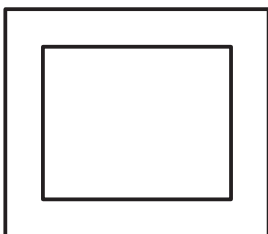


شکل ۱۷-۱۰

۲۴- با توجه به دو نمای داده شده، حداقل چهار جواب برای نمای سوم معین کنید (شکل ۱۸-۱۰).



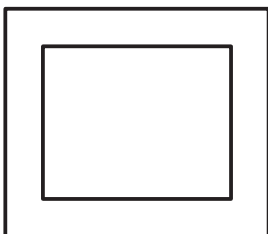
شکل ۱۸-۱۰



۲۵- در شکل روبه‌رو دو نما از قطعه‌ای داده شده است که نمای سوم

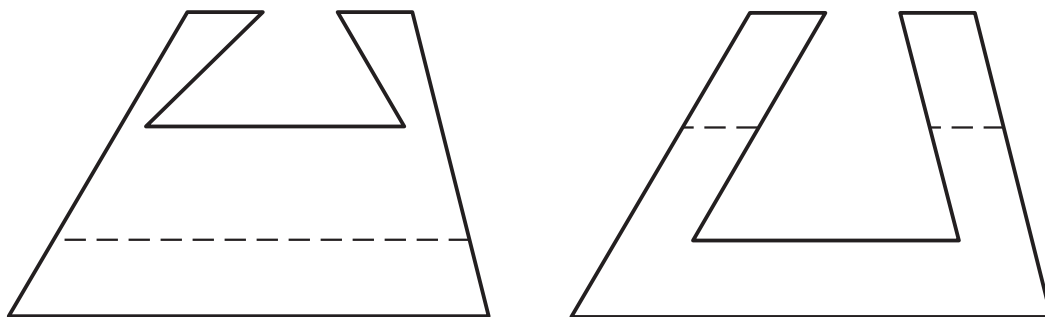
آن پاسخ‌های گوناگونی دارد. شما دو جواب را که از سطوح تخت تشکیل

می‌شوند به دست آورید، مقیاس ترسیم ۲:۱ (شکل ۱۹-۱۰).



شکل ۱۹-۱۰

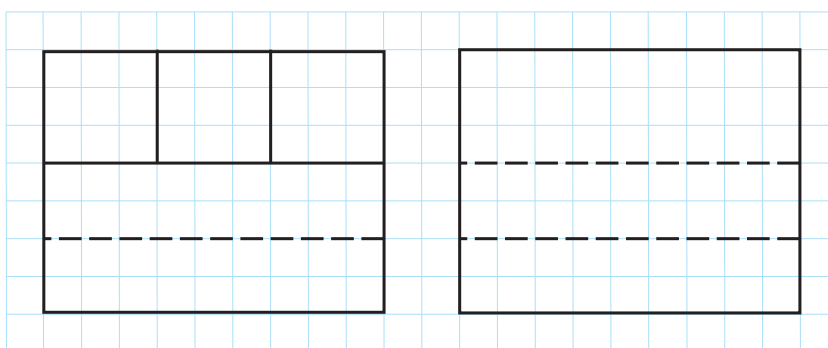
۱- با توجه به تصاویر داده شده بگویید بدنه اصلی این جسم چه نوع حجمی است؟ سپس تصویر افقی را معین کنید مقیاس ترسیم ۱: ۲ (شکل ۲۰-۱۰). آیا می‌توانید با تشکیل یک جدول انواع و تعداد خطوط و سطوح موجود در این جسم را شناسایی کنید؟



شکل ۲۰-۱۰

۲- آیا می‌توانید با قاطعیت بگویید که دو نمای بالا، دقیقاً جسم را معرفی کرده‌اند؟ در صورتی که پاسخ شما آری است، این نقشه را با نقشه شکل ۱۸-۱۰ مقایسه کنید و دلیلی برای پاسخ‌های گوناگون آن و تک پاسخ بودن این بگویید.

۳- برای نقشه داده شده می‌توانید چند نمای افقی به دست آورید. اگر گوشه‌ها را نام‌گذاری کنیم، آیا باز هم نماهای افقی گوناگون خواهیم داشت؟



شکل ۲۱-۱۰



مسجد جامع زاگرب

برخورد یک خط یا یک صفحه را با جسم، فصل مشترک نامند.

بررسی برخورد خط، صفحه با جسم

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیر انتظار می‌رود:

- ۱- با انتخاب نقطه‌ای از یک جسم «در یک نمای دلخواه»، تصاویر دیگر آن را معین کند.
- ۲- نقاط برخورد یک خط، «ورود و خروج آن را» با یک جسم معین کند.
- ۳- برخورد خط و جسم را دید و ندید نماید.
- ۴- برخورد یک صفحه و یک جسم را معین کند.
- ۵- برخورد صفحه و جسم را دید و ندید نماید.
- ۶- اندازه حقیقی مقطع را معین کند.

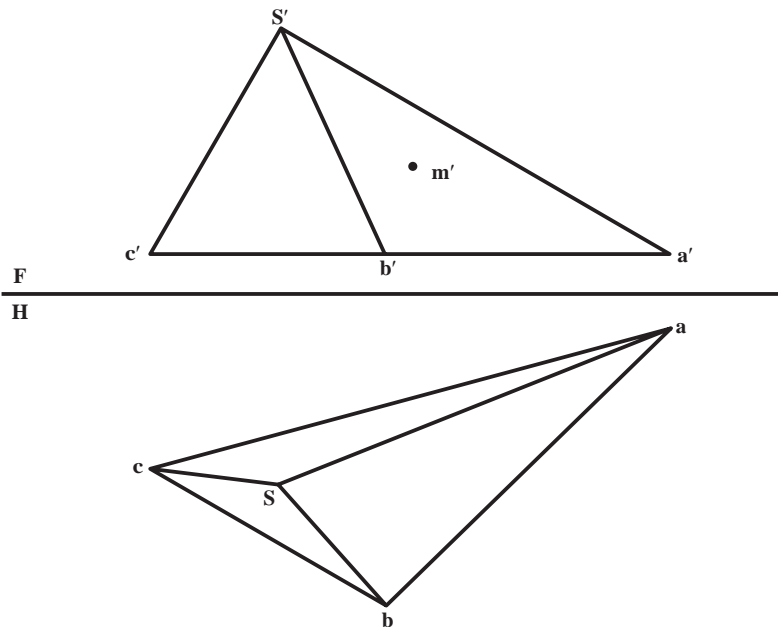
۱۱-۱- مقدمه

در این فصل با در نظر گرفتن جسم به عنوان اصل مطلب، وضعیت نقطه، خط و صفحه را با آن مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۱۱-۲- تعیین تصاویر نقطه

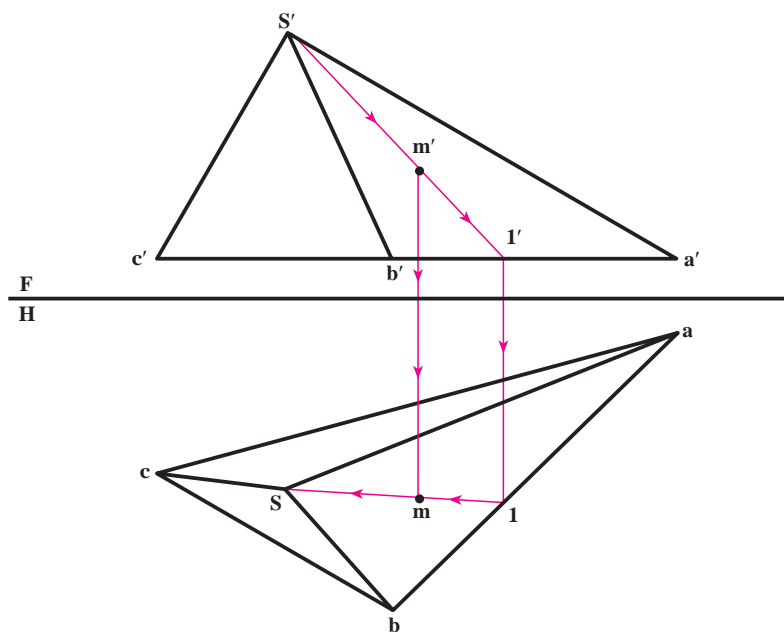
همان‌گونه که می‌دانید هر جسم مثل منشور یا هرم در حقیقت از تعدادی صفحه تشکیل می‌شود که اگر نقطه‌ای را روی سطح آن در نظر بگیریم، در حقیقت این نقطه روی یک صفحه قرار دارد؛ چنان که پیش از این نیز دیده‌ایم که چگونه نقطه واقع بر یک صفحه در تصاویر دیگر معین می‌شود.

نمونه: دو نمای جسمی معین است و تصویر روبه‌روی نقطه‌ای از آن واقع بر سطح SAB در دست است، هدف تعیین نمای افقی آن، یعنی m است (شکل ۱-۱۱).



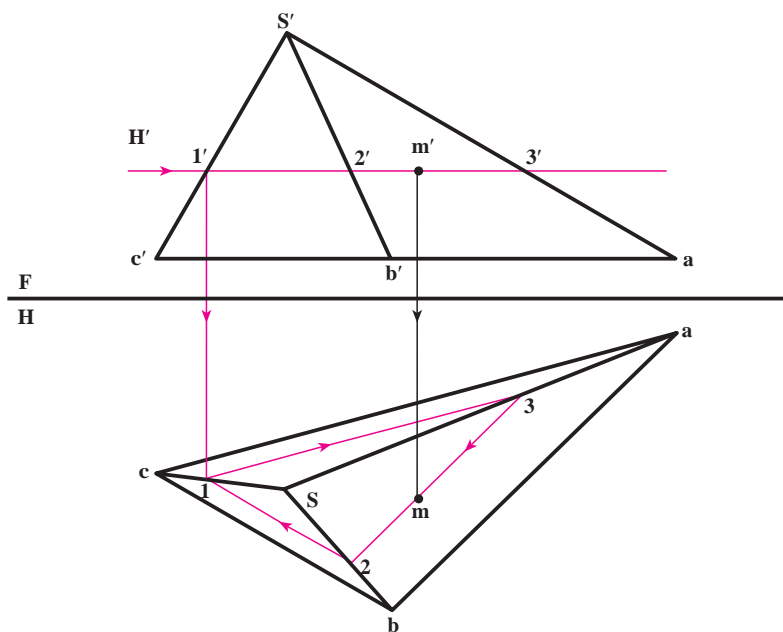
شکل ۱-۱۱

۱-۲-۱- روش اول: همان گونه که می دانید یک روش تعیین نقطه استفاده از خط کمکی است که پیشتر گفته شد. با این حال یادآوری می شود که مطابق شکل ۱۱-۲ می توان خطی را از صفحه SAB مانند $s'l'$ ، که بر m' می گذرد، در نظر گرفت. آنگاه نمای افقی آن یعنی sl را به دست آورد و سپس به کمک رابط، m را پیدا کرد.



شکل ۱۱-۲

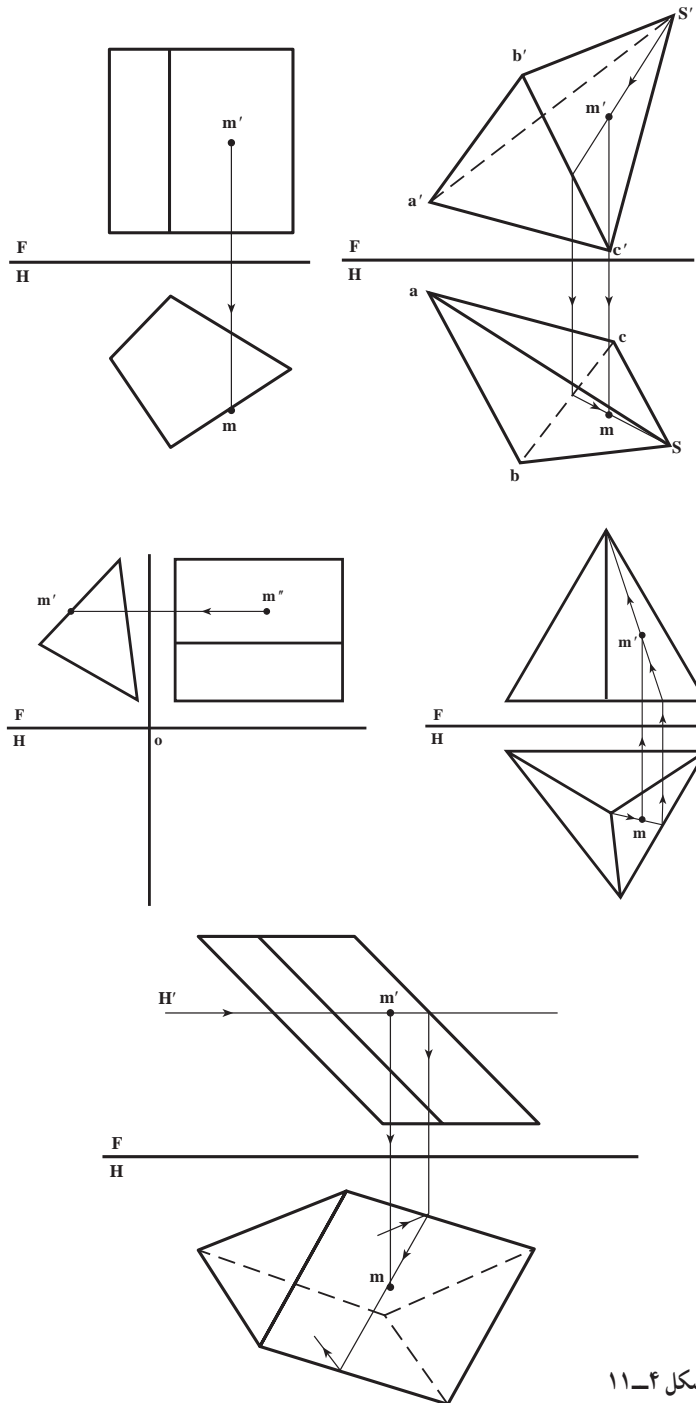
۱-۲-۲- روش دوم: در این مورد روش ساده دیگری موجود است که آن را «روش صفحه کمکی» می نامیم. بر طبق این روش نیاز هست که جسم را با یک صفحه فرضی برش دهیم به گونه ای که این صفحه از m' بگذرد. پس از این کار، در نمای افقی اثر این برش را تعیین و m را پیدا می کنیم (شکل ۱۱-۳).



شکل ۱۱-۳

چکیده:

– چون کف جسم یک سطح افقی است، برای برش از صفحه‌ای افقی به نام H' و به موازات کف استفاده کردیم.
 – همان گونه که می‌دانید اگر جسمی به موازات قاعده‌اش بریده شود، شکل مقطع با قاعده مشابه می‌باشد؛ پس کافی است با تعیین نقطه‌ای مانند 1 و انتقال آن به تصویر افقی، مثلث ۳ و ۲ و ۱ را رسم و در نتیجه m را تعیین کنیم. (شکل ۳-۱۱)
 نمونه: در شکل ۴-۱۱، نماهای اجسامی داده شده و هم چنین تصاویر مجهول نقطه‌های واقع بر آن‌ها مشخص شده است. آیا می‌توانید در هر مورد چگونگی تعیین تصویر مجهول را توضیح دهید؟

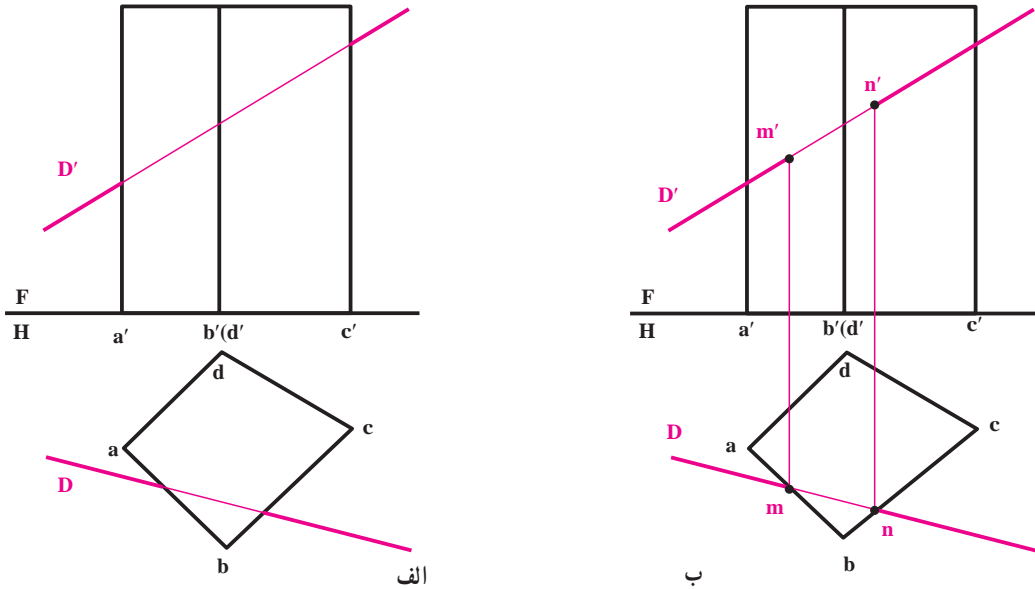


شکل ۴-۱۱

۱۱-۳ - برخورد خط و جسم

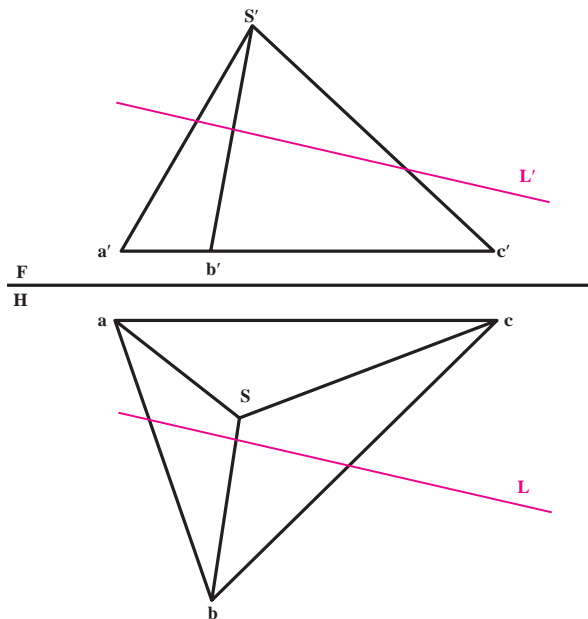
هر خط می‌تواند در دو نقطه با یک جسم برخورد کند. به عبارت دیگر، از یک نقطه وارد و از نقطه دیگر خارج شود. به شکل الف ۱۱-۵ نگاه کنید.

در این شکل منشوری که وجوه جانبی آن صفحات قائم هستند معرفی شده که یک خط DD' با آن برخورد کرده است. مطابق شکل ب ۱۱-۵ نقاط ورود و خروج در تصویر افقی n و m و در نمای روبه‌رو m' و n' خواهد بود.



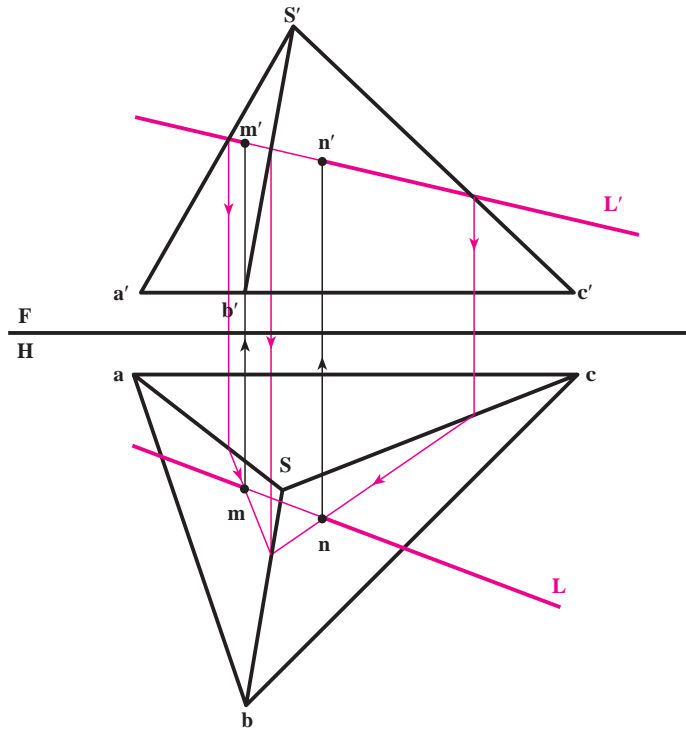
شکل ۱۱-۵

در شکل ۱۱-۶ یک هرم و یک خط LL' نشان داده شده است. نقاط برخورد را به دو روش می‌توان معین نمود:



شکل ۱۱-۶

۱-۳-۱۱- روش اول - روش خط کمکی : در این روش از خط کمکی استفاده می شود؛ به این ترتیب که ابتدا برخورد خط با صفحه SAB و سپس با صفحه SBC معین می شود. شکل ۱۱-۷ نتیجه را که همان نقاط M و N هستند نشان می دهد.



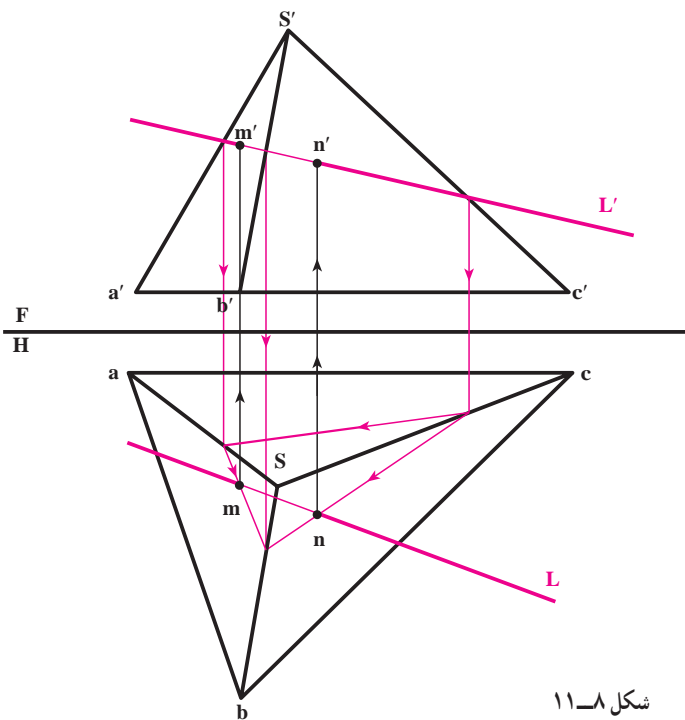
شکل ۱۱-۷

چکیده :

با فرض L' در صفحه SAB نقطه M و با فرض آن در صفحه SBC نقطه N را معین کردیم.

۱۱-۳-۲- روش دوم - روش صفحه کمکی :

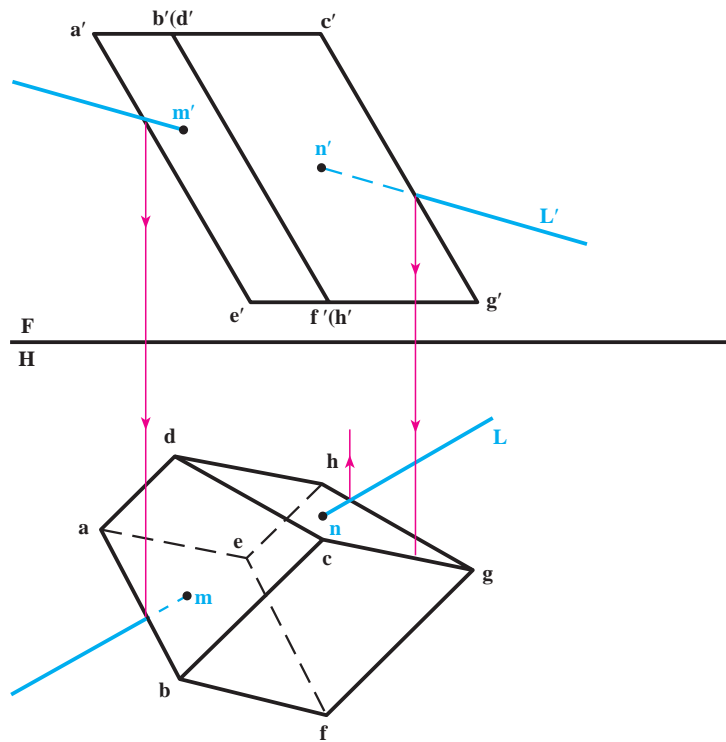
در این صورت می توان یک صفحه منتصب گذرنده بر L' در نظر گرفت و آن گاه مقطع آن را با جسم تعیین نمود. این مقطع یک مثلث خواهد بود که از برخورد اضلاع این مثلث با L ، m و n معین می شود (شکل ۱۱-۸). همچنین می توان با در نظر گرفتن صفحه کمکی قائم و شروع از تصویر افقی مسئله را حل کرد.



شکل ۱۱-۸

۱۱-۴ - دید و ندید

هنگامی که یک خط با یک جسم برخورد می‌کند ممکن است پیش از ورود و پس از خروج در تصاویر افقی و روبه‌رو دیده شود؛ مانند LL' در شکل ۱۱-۸. همچنین ممکن است به علت واقع شدن بخشی از خط در پشت برخی از صفحات تشکیل دهنده جسم، قسمتی از خط ندید باشد^۱. به شکل ۱۱-۹ توجه کنید.



شکل ۱۱-۹

پس از تحقیق در مورد تقاطع LL' با منشور، نقاط M و N واقع بر صفحات $ABFE$ و $CDHG$ تعیین می‌شود. از پاره خط MN که در داخل جسم واقع می‌شود، صرف نظر می‌کنیم و تنها بخش‌هایی از خط که بیرون از محدوده جسم است، مورد نظر خواهد بود. اکنون از نقطه تقاطع ظاهری خط با $a'e'$ رابط می‌کنیم، چون دیده می‌شود که بعد خط بیشتر است، بخش سمت چپ m در تصویر روبه‌رو دید خواهد بود. با همین بررسی، در مورد نقطه ظاهری برخورد خط با $c'g'$ ، به نتیجه می‌رسیم که قسمت سمت راست n' ندید است.

اگر این بررسی برای نقطه تقاطع ظاهری خط در تصویر افقی با خطوط ab و hg هم انجام شود بخش‌های دید و ندید خط در تصویر افقی هم معین می‌شود. در این جا مشاهده می‌شود که از n به طرف راست دید و از m به طرف چپ ندید است.

۱۱-۵ - برخورد صفحه با جسم

نظر به این که صفحه را می‌توان به صورت‌های مختلف در نظر گرفت، مسئله شکل‌های گوناگونی خواهد داشت. برای تعیین برش جسم با یک صفحه روش کار به این ترتیب خواهد بود:

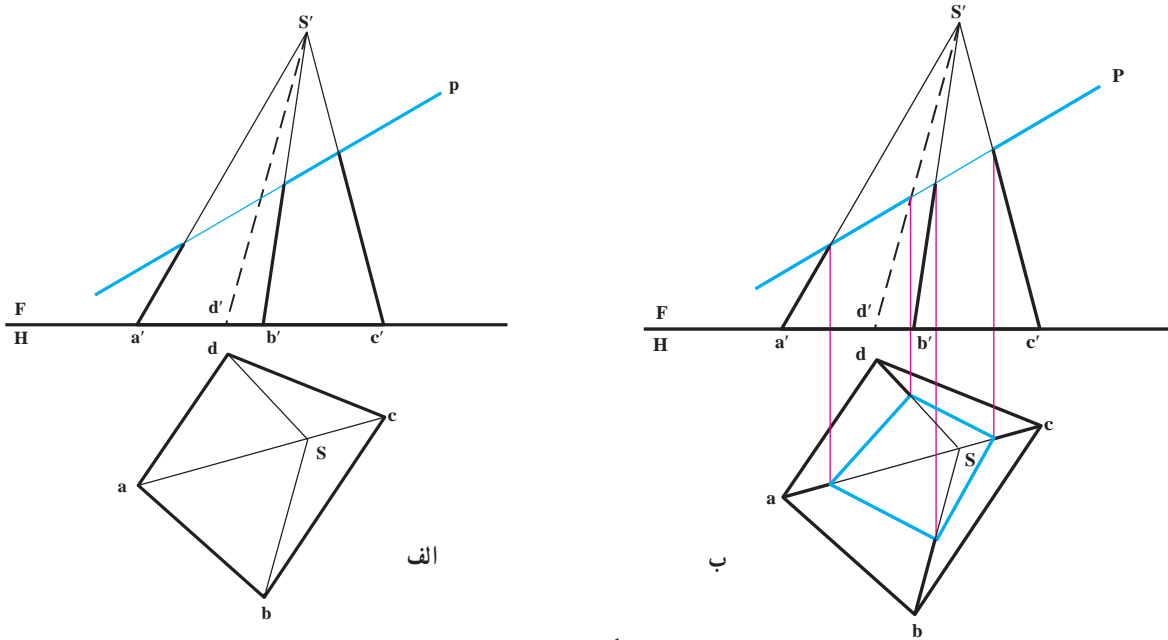
۱- ابتدا نقاط برخورد همه یال‌های جسم را با صفحه، در صورت وجود برخورد، تعیین می‌کنیم؛

۱- توجه کنید که در مورد برخورد یک خط به تنهایی با یک جسم، بخشی از خط که داخل جسم است مورد توجه نیست.

– سپس نقاط برخورد خطوط تشکیل دهنده صفحه را با صفحات جسم معین می‌نماییم.

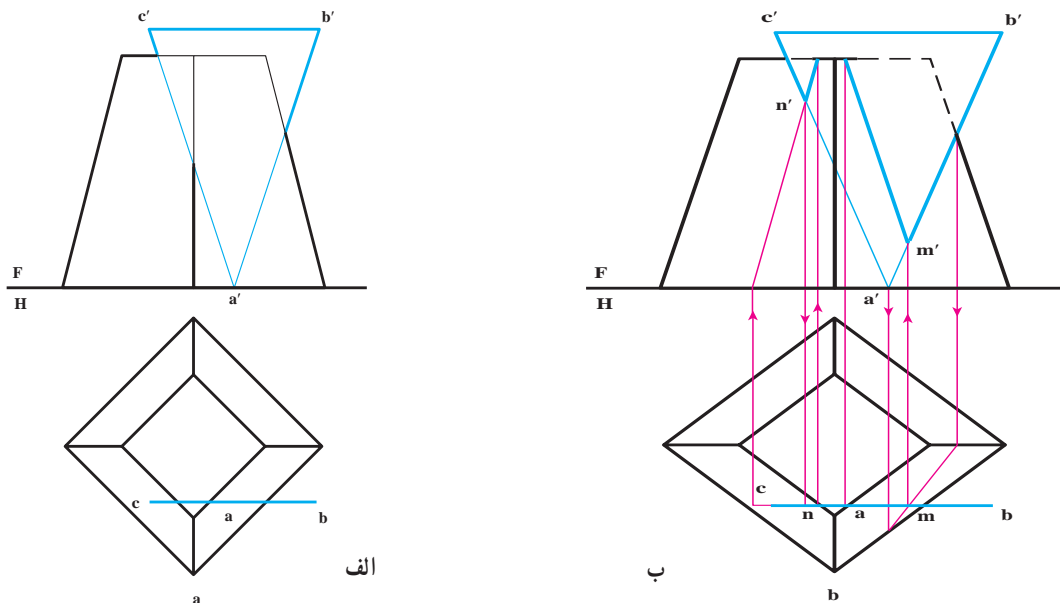
۱۱-۶ – حالات خاص برخورد صفحه و جسم

در شکل الف ۱۱-۱ یک هرم با یک صفحه منتصب برخورد کرده است. (صفحه منتصب نامحدود) برخورد به سادگی و فقط به کمک خطوط رابط به دست می‌آید. در این جا توجه کنید که به علت نامحدود بودن صفحه، تنها تعیین برخورد پال‌های جسم با صفحه برای تعیین مقطع کافی است (شکل ب ۱۱-۱)



شکل ۱۱-۱۰

در نمونه‌ای دیگر، یک هرم ناقص با یک صفحه سه گوش جبهی برخورد می‌کند. (شکل الف ۱۱-۱۱)



شکل ۱۱-۱۱

چکیده :

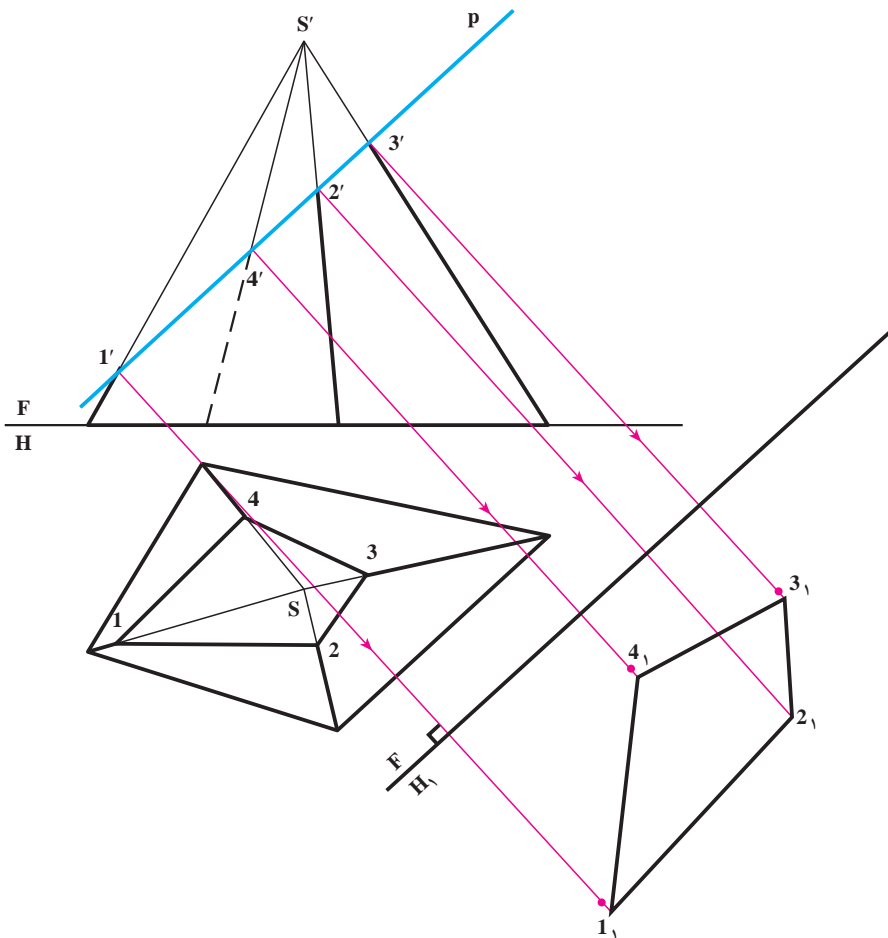
- با شروع از تصویر روبه‌رو، برخورد AB را با سطح جانبی هرم به صورت mm معین کردیم؛
- با شروع از تصویر افقی، برخورد CA با هرم، به صورت nn را به دست آوردیم؛
- نقاط برخورد اضلاع قاعده بالایی هرم با مثلث نیز بسادگی به دست می‌آید؛
- با ترسیم خطوط حاصل از برخورد و ندید رسم کردن آنچه پشت ABC در تصویر روبه‌رو هست، حل کامل می‌شود.

۱۱-۷ - اندازه حقیقی سطوح برش خورده

مقطعی که توسط صفحه، از جسم پدید می‌آید دو حالت دارد :

- جزء صفحات خاص است که در حالات منتصب، قائم و مواجه با یک تغییر صفحه اندازه حقیقی معین می‌شود؛
- مقطع صفحه‌ای غیرخاص است که در آن صورت دو تغییر صفحه برای نمایش اندازه حقیقی لازم است (که اکنون وارد آن بحث نمی‌شویم).

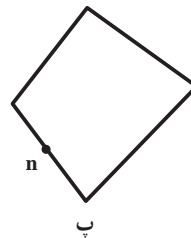
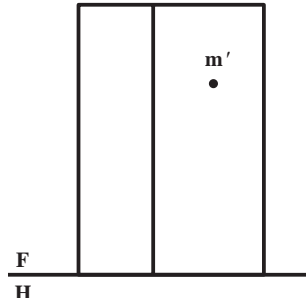
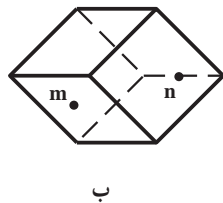
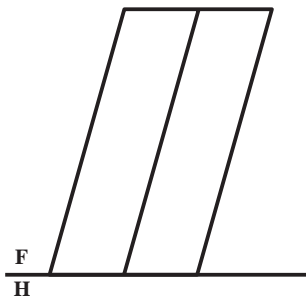
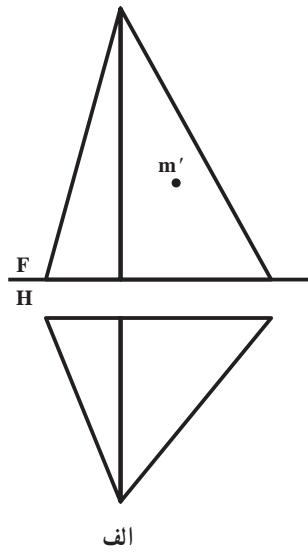
برای حالت نخست، مسئله حل شده‌ای شبیه شکل ۱۱-۱۰ را در نظر می‌گیریم، آنگاه با یک تغییر صفحه افقی اندازه حقیقی آن را معین می‌کنیم؛ باید گفته شود که تعیین اندازه حقیقی مقطع در بسیاری موارد، مانند ساخت جسم از ورق، لازم است (شکل ۱۱-۱۲).



شکل ۱۱-۱۲

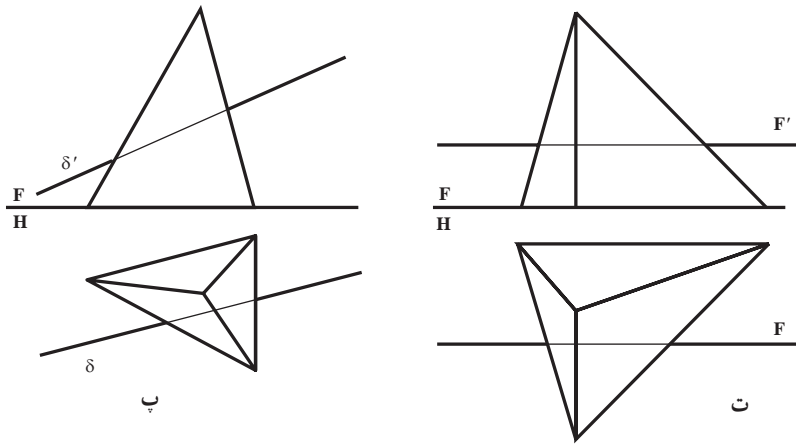
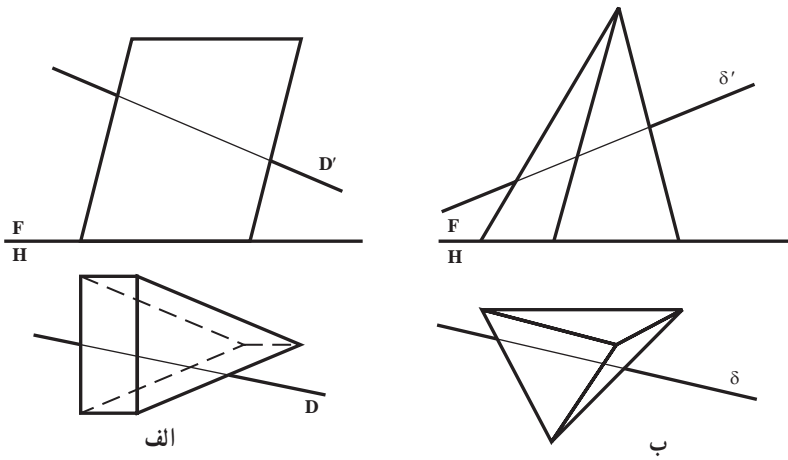
۱- برای تعیین یک نقطه واقع بر سطح جسم در تصاویر دیگر، چه روش‌هایی می‌شناسید؟ با رسم شکل دستی توضیح دهید.

۲- برای تعیین نقطه برخورد خط با جسم چه روش‌هایی می‌شناسید؟ با رسم شکل دستی توضیح دهید.
 ۳- در شکل ۱۱-۱۳ الف تا پ یک یا دو نقطه واقع بر سطح یک جسم در یک تصویر داده شده است. تصویر دیگر نقطه را معین کنید. همچنین در تعداد پاسخ‌های ممکن بحث کنید. (در صورت نیاز، نام‌گذاری گوشه‌ها را خود انجام دهید)



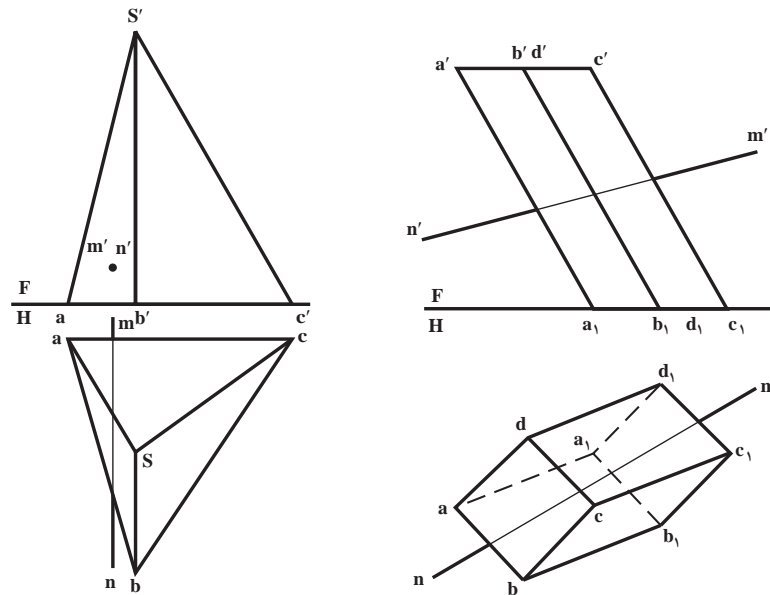
شکل ۱۱-۱۳

۴- در شکل ۱۱-۱۴ الف تا ت نقاط برخورد خط را با جسم معین و دید و ندید کنید.



شکل ۱۱-۱۴

۵- نقاط برخورد خط MN را با هرم و منشور معین کنید (شکل ۱۱-۱۵).

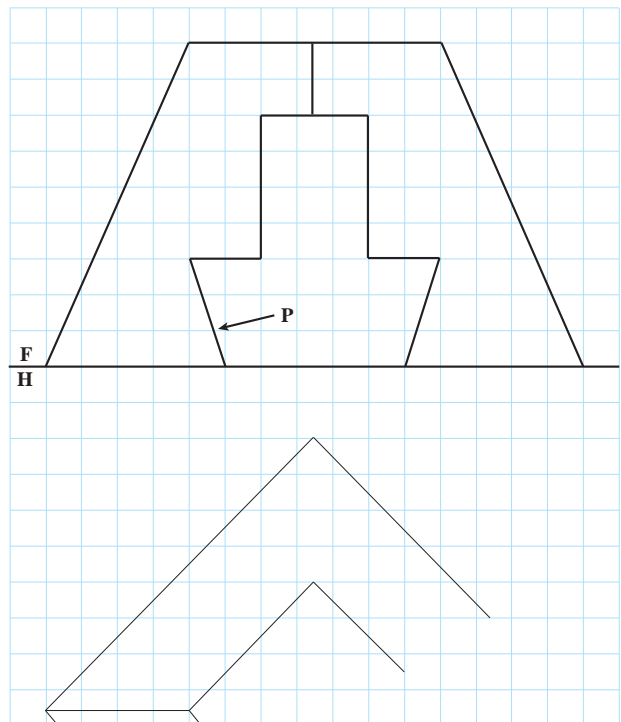
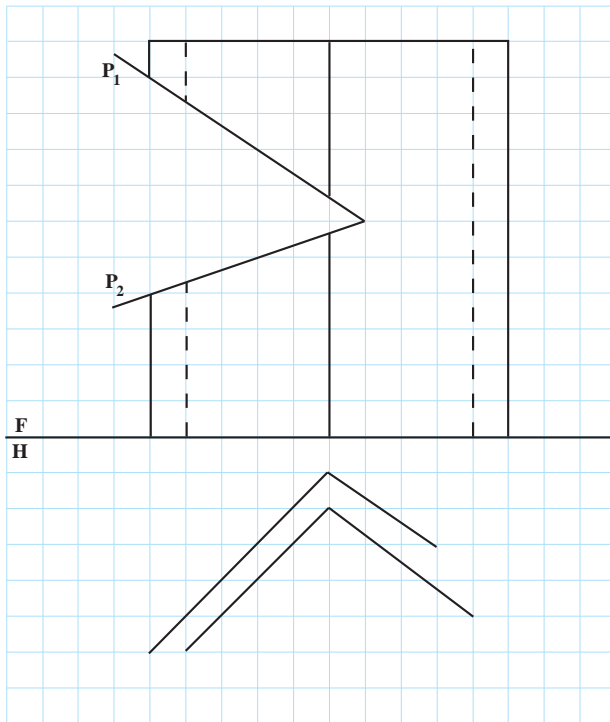
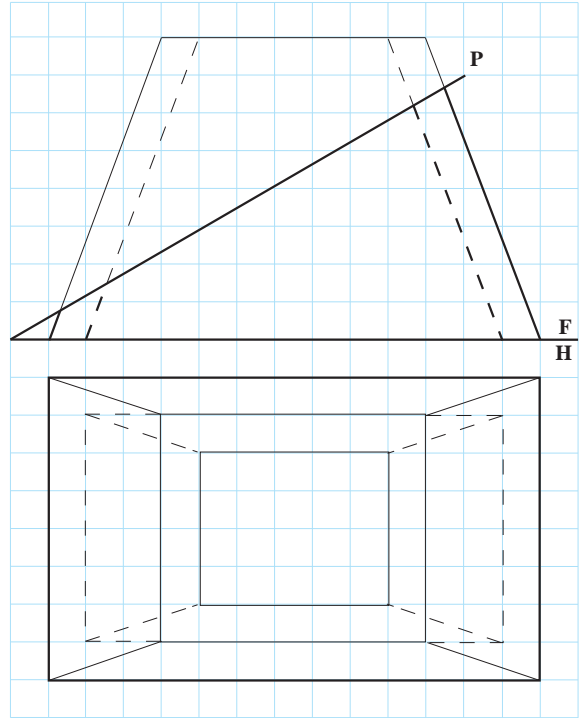
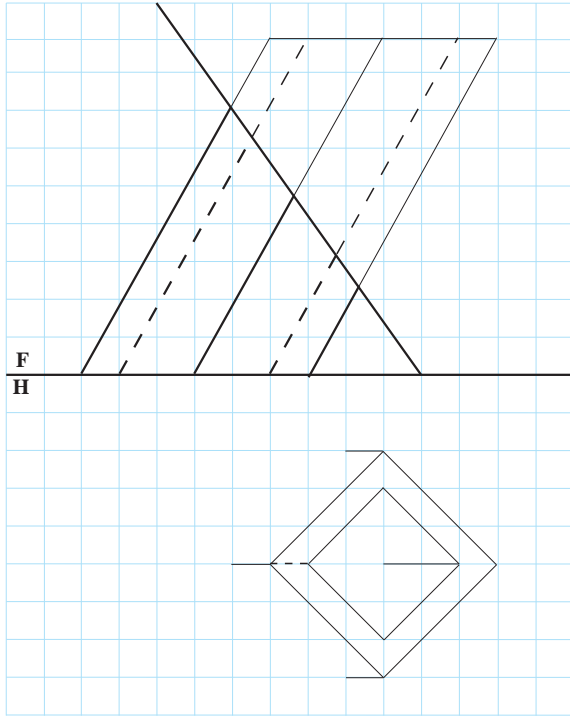


شکل ۱۱-۱۵

۶- شکل ۱۱-۱۱ را با مقیاس ۲:۱ دوباره ترسیم کنید.

۷- شکل ۱۱-۱۲ را دوباره با مقیاس ۲:۱ رسم و مساحت مقطع p را تعیین کنید (به mm^2).

۸- با در نظر گرفتن هر خانه برابر 10° ، دو نمای کامل بکشید و در هر مورد، اندازه حقیقی برش با صفحه را به دست آورید. در هر چهار نمونه، نمای روبه‌رو کامل است (شکل ۱۱-۱۶).

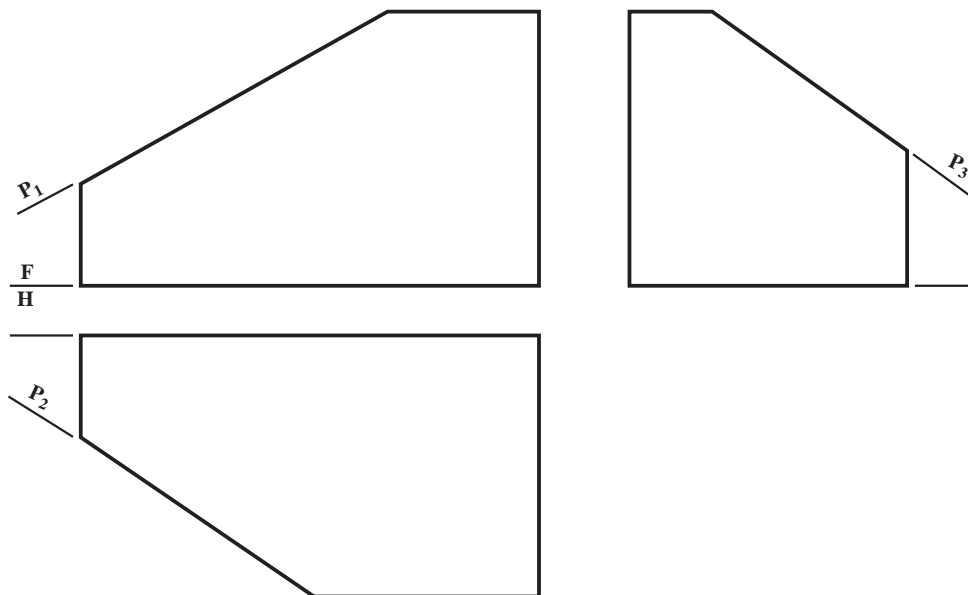


شکل ۱۱-۱۶

برای مطالعه

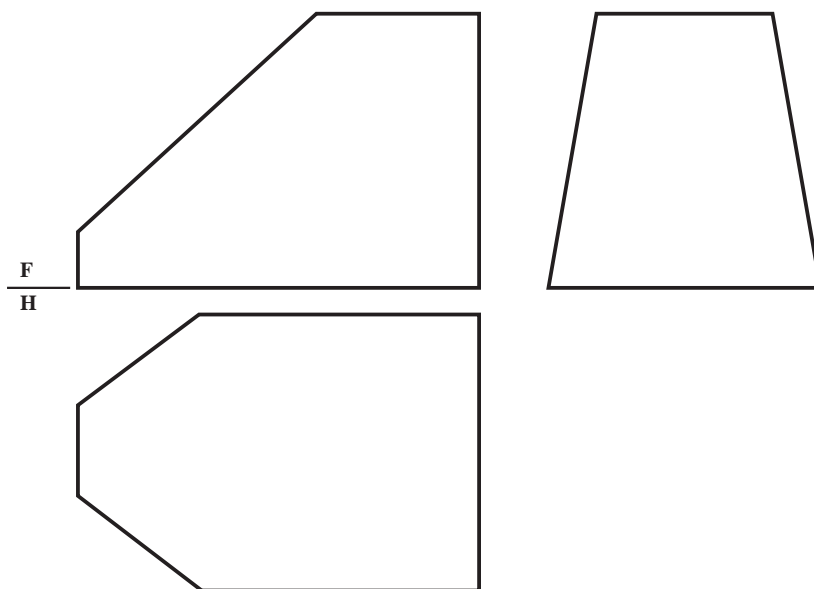
۱- منشور داده شده در شکل ۱۱-۱۷ با سه صفحه منتصب P_1 و قائم P_2 و مواجه P_3 بریده شده است. سه نما را کامل کنید. آیا پیش از ترسیم می‌توانید بگویید بین سه صفحه یاد شده چه اتفاقی خواهد افتاد؟ مقیاس ترسیم

۲:۱



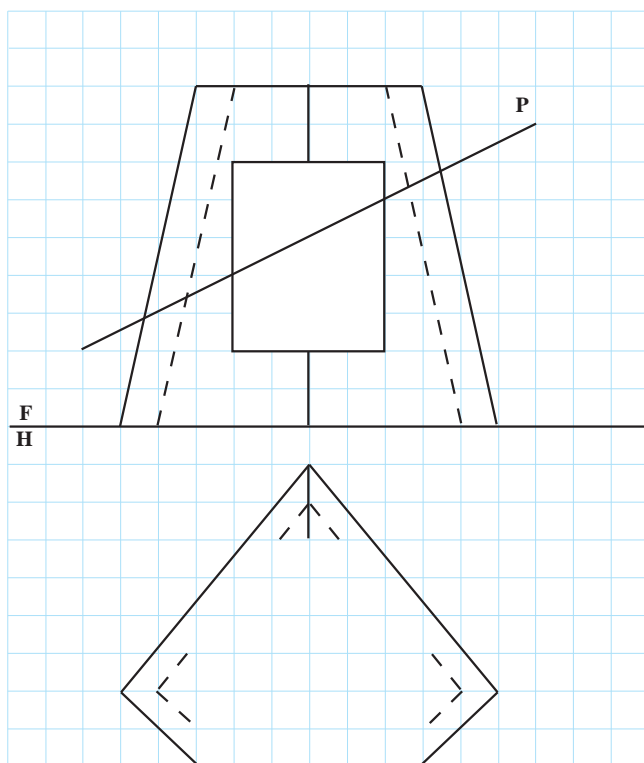
شکل ۱۱-۱۷

۲- پس از ترسیم شکل ۱۱-۱۸، سه نما را کامل کنید (مقیاس ۱:۲).
راهنمایی: جسم نخستین یک مکعب مستطیل بوده است که با ۵ صفحه بریده شده است.



شکل ۱۱-۱۸

۳- پس از تهیه یک کپی از روی نقشه زیر، بر روی کاغذ A_4 ، نمایی از بالا را کامل کنید و اندازه حقیقی برش با صفحه منتصب P را به دست آورید. نمای روبه‌رو کامل است



شکل ۱۹-۱۱



نمایی از عمارت عالی قاپو در اصفهان

پدیده‌های تاریخی ماندگار، زاینده اندیشه‌های برتر است.

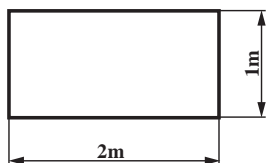
کاربرد هندسه ایرانی اسلامی در صنعت

۱-۱۲- مقدمه

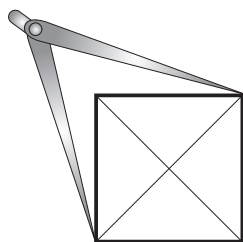
هندسه را در ابعاد مختلفی می‌توان بررسی کرد و مورد استفاده قرار داد. از آنجایی که فردی با دانش فنی باید بتواند در موارد لازم بهتر فکر کند و برای حل مسایل خود بهتر تصمیم بگیرد و به سخن دیگر می‌توان گفت پدیده‌های تاریخی ماندگار، زاینده اندیشه‌های برتر است، بنابراین نیاز مبرم به تکمیل اطلاعات پایه‌ای خود خواهد داشت.^۱ یکی از این پیش‌آگهی‌ها، ترسیم‌های هندسی است که با بخشی از آن در نقشه‌کشی آشنا شدید و اینک بخش تکمیلی آن را بررسی می‌کنیم. در اینجا نظر به اینکه در میان آثار و تألیفات دانشمندان بزرگ ایرانی، منابع عظیمی از اطلاعات علمی و فنی وجود دارد، این فصل را از تألیف ارزشمند ابوالوفا بوزجانی انتخاب کردیم.^۲ این برداشت به دلیل نیاز ما به آن در فصل‌های آینده است و نتیجه آن ساده‌تر شدن انجام کار ما خواهد بود. البته لازم به یادآوری است که بسیاری از این نکته‌ها تاکنون در هیچ کتابی مطرح نشده و تازه هستند. ما تنها تغییری که در متن اصلی می‌دهیم استفاده از حروف لاتین به جای حروف فارسی است. متن اصلی رانیز ساده‌تر می‌نویسیم.

در مباحث آینده، دقت ترسیمی حرف اول را می‌زند، دلیل آن هم آن است که ساخت باید براساس ترسیم دقیق انجام شود. برای نمونه احجام مانند منشور، هرم، استوانه، مخروط و ... در زمان رسم نقشه، با ابزارهایی مانند گونیا و تی کشیده می‌شوند، اما در هنگام ساخت آنها، از طرفی دقت گونیا یا نقاله برای ترسیم شکل اولیه، کافی نیست، زیرا به هر حال آنها خیلی دقیق نیستند، و از سوی دیگر در مقیاس بزرگ، پاسخگو نیستند، اما روش‌های ترسیمی کاملاً قانع‌کننده خواهند بود.

فرض کنید هدف ساختن یک مکعب است. پس نیاز هست که نخست یک مربع دقیق بر روی ورق فلزی رسم شود. این مربع را چگونه رسم می‌کنید که دقت آن مورد تأیید باشد؟



شکل ۱-۱۲- ورق



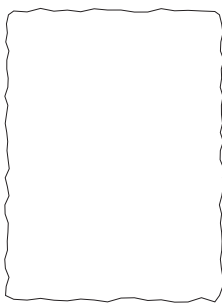
شکل ۲-۱۲

دقت یک مربع کی مورد تأیید خواهد بود؟ اگر مربع رسم شده باشد، می‌توانید با پرگار^۳ دو قطر آن را کنترل کنید. اگر دقیقاً دو قطر یکی باشد، مربع دقیق است. این کار برای مستطیل هم قابل اجرا خواهد بود. یک مسئله، فرض کنید ورقی به شکل نامشخص

۱- از طرف دیگر بایستی ورزش‌های فکری لازم را برای تقویت ذهن خود داشته باشد.

۲- ابوالوفا بوزجانی دانشمند بزرگ ایرانی در ۱۱۰۰ سال پیش کتاب «کاربرد هندسه در عمل» را تألیف کرد. این کتاب ابزار دست صنعتگران و معماران بوده و هم‌اکنون در کارهای مهندسی و معماری به صورت‌های گوناگون متداول است: ابوالوفا در این کتاب افزون بر طرح مسایل مورد نیاز، معماهای ترسیمی جالبی را مطرح می‌کند که زیاد هم دور از کاربرد نیستند. برداشت کنونی ما از کتاب هندسه ایرانی (کاربرد هندسه در عمل) به کوشش آقای علی‌رضا جذبی است.

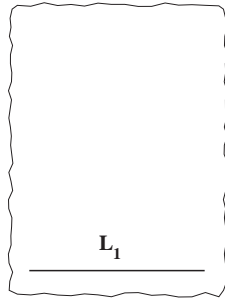
۳- برای کارهای پرمصرف، پرگارهایی با دهانه ثابت هم رایج بوده است.



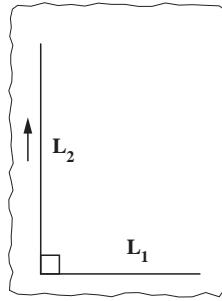
دراختیار دارید. آیا برای ساختن یک مستطیل دقیق، نیاز به کار اضافی مانند مستقیم کردن یک لبه، یا گونیا کردن دو لبه دارید؟

می توان گفت که اگر هدف، درآوردن یک مستطیل باشد، نیازی به این کار نیست.

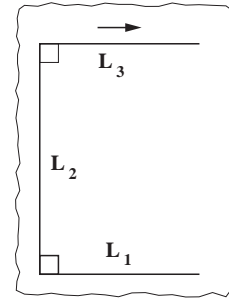
کار را طی مراحل زیر می توان انجام داد. ابزار کار ما تنها پرگار و خط کش^۱ خواهد بود. و نمونه های این مسایل در کارهای فنی بی شمار است.



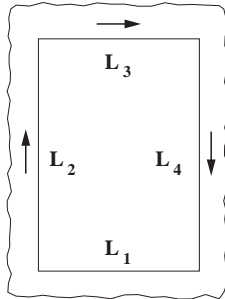
الف) رسم یک خط در جای مناسب



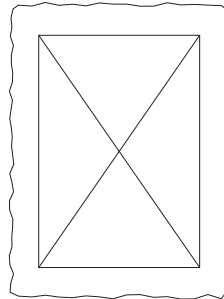
ب) رسم خط عمود بر L_1 به روش هندسی مناسب



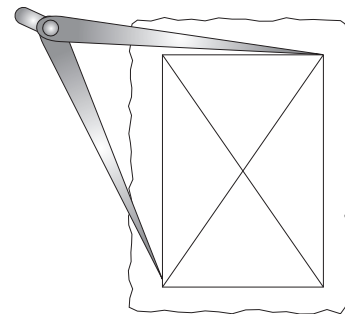
ب) رسم دوباره عمود بر L_2 یا موازی با L_1



ت) کشیدن L_4 عمود بر L_3



ث) در نظر گرفتن قطرها



ج) بازرسی هم اندازه بودن قطرها با پرگار

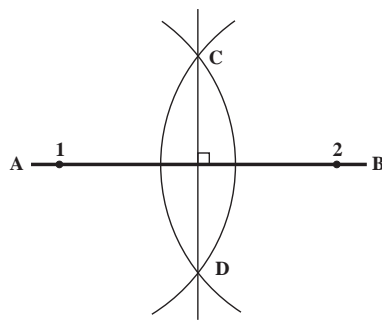
شکل ۱۲-۴

ساخت گونیا^۲ یا زاویه 90° درجه (همه موارد از کتاب ابو الوفا آورده می شود).

۱-۱۲-۱- روش یکم: خط AB رسم می شود.

- از دو نقطه آن مانند ۱ و ۲، دو کمان می زنیم^۳.

- با پیوستن C به D ، گونیا ساخته شده است.

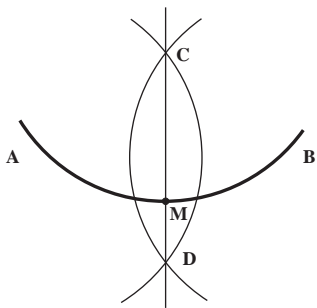


شکل ۱۲-۵

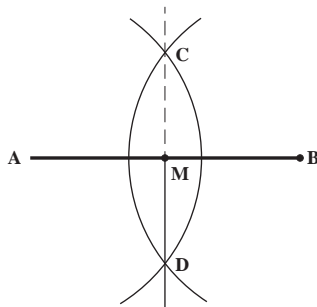
۱- می دانید که خط کش فلزی و پرگار بزرگ برای کارهای فنی وجود دارد.

۲- گونیا در گذشته به مفهوم زاویه قائمه یا دو خط عمود بر هم بوده است. اما امروزه بیشتر به ابزاری گفته می شود که در کارهای فنی (و به ویژه در نقشه کشی) کاربرد فراوان دارد.

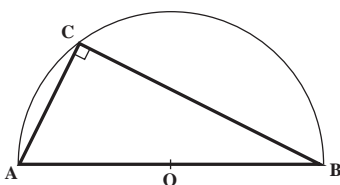
۳- این دو کمان همیشه به مرکزهای A و B نیستند. آیا ممکن است کمان ها هم برابر نباشند؟



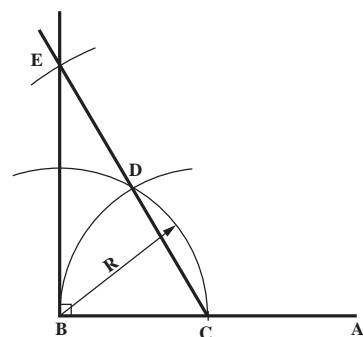
شکل ۱۲-۶



شکل ۱۲-۷



شکل ۱۲-۸



شکل ۱۲-۹

۱۲-۱-۲- تقسیم کمان : با این روش می توان یک

کمان AB را به دو بخش برابر تقسیم کرد.

– با همان روش ساخت گونیا می توان این کار را انجام داد :

– دو کمان با شعاع یکسان، به مرکزهای A و B می زنیم.

– با پیوستن C و D، کمان دو نیمه می شود^۱.

۱۲-۱-۳- دو نیم کردن پاره خط : دیده شد که با این

روش کمان AB به دو نیمه برابر تقسیم شد، به همین روش، پاره خط

AB را هم می توان تقسیم کرد.

– دو کمان با شعاع مساوی از دوسر پاره خط یعنی به

مرکزهای A و B می زنیم.

– دو نقطه C و D را به هم وصل می کنیم. $\overline{MA} = \overline{MB}$

خواهد بود.

۱۲-۱-۴- روش دوم ساخت گونیا : بر پاره خط AB،

نیم دایره ای می گذرانیم^۲.

– با گزینش هر نقطه مانند C از این نیم دایره می توان یک

گونیا داشت.

۱۲-۱-۵- روش سوم ساخت گونیا : پاره خط AB

موجود است، می خواهیم، گونیایی داشته باشیم که گوشه آن B باشد.

– به مرکز B کمان با شعاع دلخواه، می زنیم.

– به مرکز C و با همان شعاع کمان می زنیم.

– C به D وصل می شود و در ادامه آن به اندازه CD (به

کمک پرگار) جدا می کنیم.

– با پیوستن E به B، گونیا یا گوشه ۹۰ درجه دقیق به دست

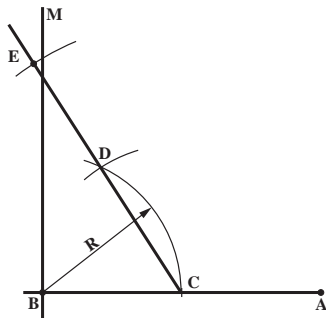
می آید.

۱۲-۲- بررسی دقت یک گونیایی

۱۲-۲-۱- روش یکم : خط عمود بر AB را در نقطه B داریم.

۱- در هندسه می گویند، CD بر کمان AB، عمود است.

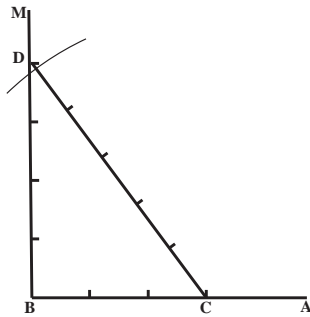
۲- مرکز دایره را می توان به روش گفته شده در ۱۲-۱-۳ به دست آورد.



شکل ۱۰-۱۲

می خواهیم دقت گونیایی موجود را بررسی کنیم.
 - به مرکز B کمان بزرگی می زنیم، C تعیین می شود.
 - همان کمان به مرکز C زده می شود. D به دست می آید.
 - از C به D وصل و امتداد می دهیم.

- روی CD باز هم به اندازه CD جدا می کنیم تا E مشخص شود.
 اگر E دقیقاً روی BM باشد، گونیایی دقیق است و در غیر این صورت، اشکال دارد. همان گونه که در این شکل دیده می شود، گونیایی دقیق نیست.



شکل ۱۱-۱۲

۱۲-۲-۲-۱ روش دوم :

- به کمک پرگار، سه پاره خط برابر روی AB و چهار پاره خط برابر روی BM جدا می کنیم (C و D مشخص می شود)
 - دهانه پرگار را به اندازه پنج قسمت باز می کنیم (چگونه؟) و به مرکز C کمان می زنیم.
 - اگر کمان دقیقاً از D گذشت، گونیایی درست و در غیر این صورت، درست نیست (در شکل گونیایی دقیق نبوده است)

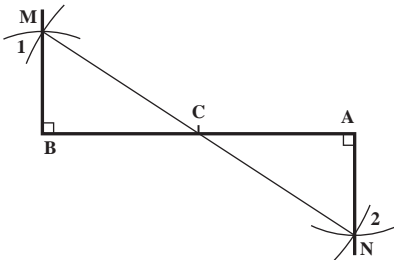
۱۲-۳-۱ تقسیم پاره خط :

پاره خط AB را می توان به روش های گوناگون تقسیم کرد که یک روش آن را می دانید.

۱۲-۳-۱-۱ دو نیم کردن پاره خط :

- یک گونیا (عمود) در B و یک عمود در A (در سمت دیگر) رسم می کنیم.
 - روی BM و AN دو پاره خط مساوی جدا می کنیم. ۱ و ۲ به دست می آید.

- با اتصال ۲ به ۱، نقطه C به دست می آید. داریم $\overline{AC} = \overline{BC}$



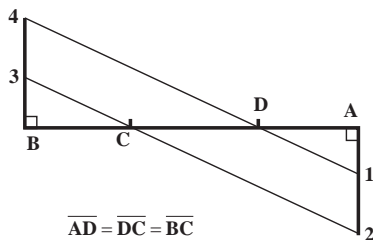
شکل ۱۲-۱۲

۱۲-۳-۲ سه نیم کردن پاره خط :

این مسئله به روشی زیبا قابل حل است که در حقیقت نتایج دیگری هم می توان از آن به دست آورد.
 - عمودها بر دو سر خط رسم می شوند.
 - در هر سمت دو تکه برابر جدا می شود.
 - با اتصال ۳ به ۲ و ۴ به ۱، پاره خط سه قسمت شده است.
 یادداشت مهم : با این روش می توانید :

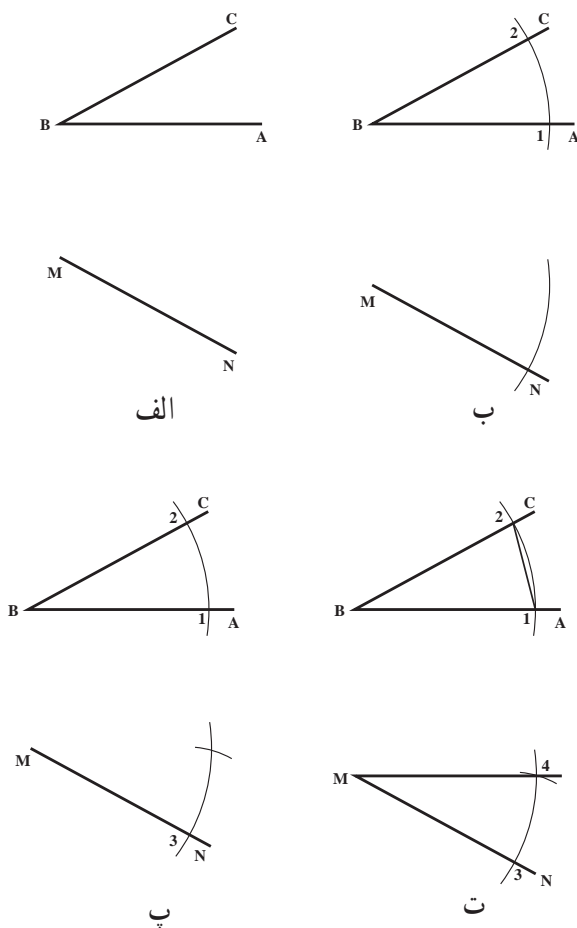
الف) خط را به هر تعداد تکه مساوی تقسیم کنید.

ب) خط را به نسبت های دلخواه تقسیم کنید.



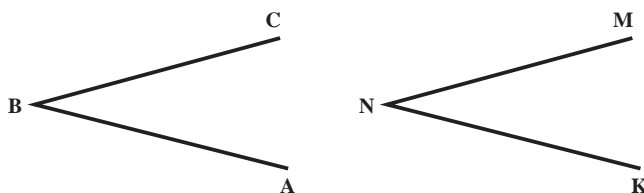
شکل ۱۳-۱۲

آیا می‌توان این کارها را با دو خطی که بر دو سر AB عمود نیستند، هم انجام داد؟



شکل ۱۲-۱۴

آیا می‌توانید با گرفتن ایده از این روش بگویید چگونه می‌توان مشخص کرد که دو زاویه موجود، آیا برابر هستند یا نه؟



شکل ۱۲-۱۵

۱۲-۵- رسم خطی موازی با خط دیگر

خط L و نقطه A را در نظر می‌گیریم. هدف رسم خطی

از A موازی با L است.

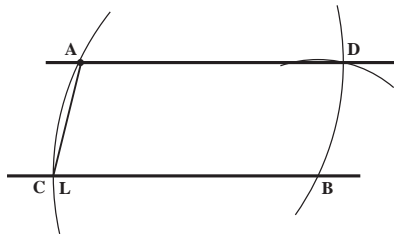
از A کمانی دلخواه می‌زنیم تا B به دست آید.

با همان شعاع از B کمان می‌زنیم تا C مشخص شود.

A •

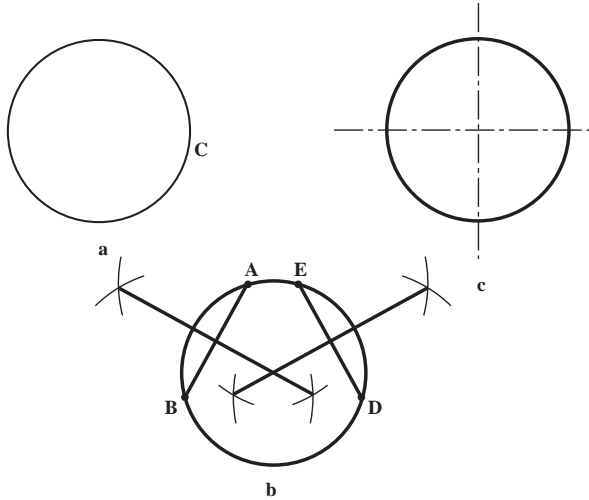


شکل ۱۲-۱۶



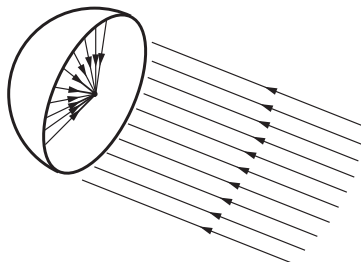
شکل ۱۶-۱۲

۶-۱۲-۱ - به اندازه وتر \overline{CA} و از نقطه B روی کمان جدا می‌کنیم تا D مشخص شود.
AD خط موازی مطلوب است.



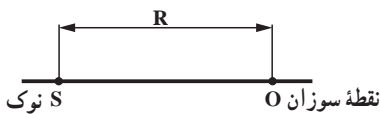
شکل ۱۷-۱۲

۶-۱۲-۲ - تعیین مرکز یک دایره معلوم
دایره C در اختیار است. می‌خواهیم مرکز آن را تعیین کنیم.
- وتری دلخواه رسم می‌کنیم (\overline{AB})
- به مرکزهای A و B، دو کمان می‌زنیم و عمود منصف آن را رسم می‌کنیم.
- عمود منصف \overline{ED} مرکز دایره یعنی O را می‌دهد.
آیا راه دیگری برای تعیین مرکز نامعلوم یک دایره به یادتان هست؟



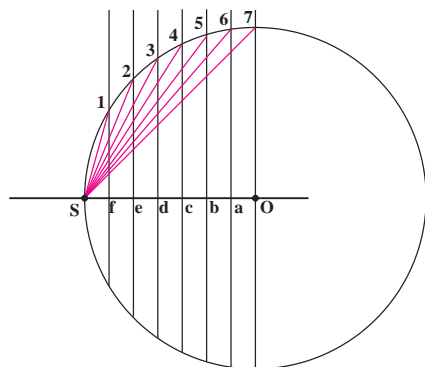
شکل ۱۸-۱۲

۷-۱۲-۱ - رسم منحنی‌ها
منحنی‌ها کاربردهای فراوان دارند. از جمله آنها منحنی سهمی است^۱. برای رسم آن نه تنها روش‌های دقیق هندسی موجود است بلکه روش‌های تقریبی هم قابل استفاده‌اند.



شکل ۱۹-۱۲

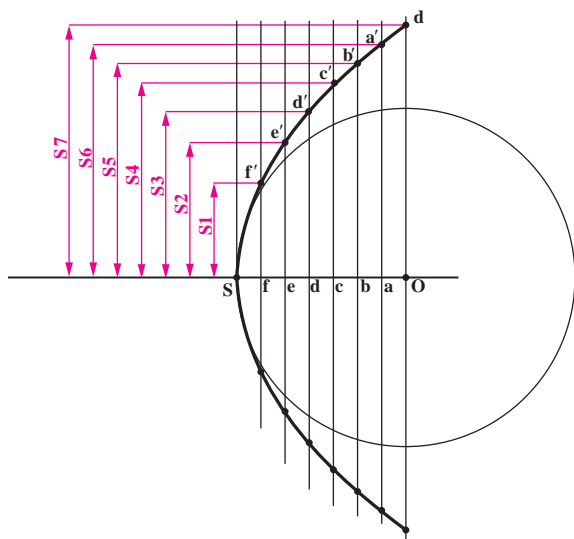
۱-۱۲-۷ - روش یکم: فرض کنیم می‌خواهیم آینه‌ای بسازیم که در فاصله‌ای معین با جمع کردن نور خورشید، بسوزاند. دو برابر فاصله‌ای که قرار است نقطه سوزاننده از نوک آینه داشته باشد R می‌نامیم.



شکل ۲۰-۱۲

- دایره‌ای با شعاع R رسم می‌کنیم.
- $\overline{SO} = R$ را تقسیم می‌کنیم. تقسیمات هر چه بیشتر باشد بهتر است (در اینجا هفت قسمت را انتخاب کردیم).
- از S به نقاط ۱ و ۲ و ... وصل می‌کنیم.
- آنگاه روی خط‌های $\overline{f1}$ و $\overline{e2}$ و ... طول‌هایی به ترتیب برابر $\overline{S1}$ ، $\overline{S2}$ و ... جدا می‌کنیم تا f' ، e' و ... به دست آید.

۱- مانند کاسه چراغ اتومبیل و طاق‌های مقاوم در مقابل فشار



شکل ۱۲-۲۱

– با پیوستن S به f' ، f' به e' و ... منحنی کامل می‌شود.
 – با رسم قرینه آن، فرم آینه تکمیل می‌شود.

۱۲-۷-۲ – روش دوم: در اینجا ابتدا خط L رسم

می‌شود. S را به عنوان نوک آینه انتخاب می‌کنیم.

– دو برابر فاصله نقطه سوزان را از S به سمت راست، در نظر

گرفتیم و B نامیدیم.

– از S به سمت چپ را به طور مساوی تقسیم می‌کنیم و

عمودهایی رسم می‌کنیم.

– دایره‌هایی به قطر Bd ، \overline{BC} ، Bb می‌زنیم.

– از برخورد دایره‌ها با خط عمود رسم شده در S، رابط می‌کنیم

و نقاطی مانند m ، n ، k ، ... را مشخص می‌کنیم.

– برای نمونه پس از برخورد دایره III با عمود S به سمت خط

مربوط به آن رابط کردیم و نقطه n به دست آمد.

– از به هم پیوستن S به m ، m به n ، ... منحنی رسم می‌شود که

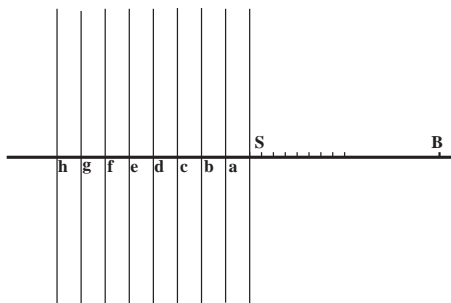
با تعیین قرینه آن، فرم آینه کامل می‌شود.

توجه کنید که نقطه‌های ۱، ۲، ۳، ... مرکز دایره‌ها هستند و فرم

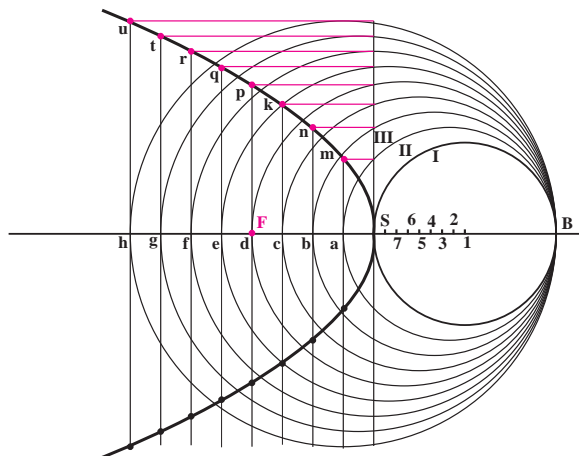
منحنی تا هر مقدار که بخواهیم، قابل ادامه است.



شکل ۱۲-۲۲



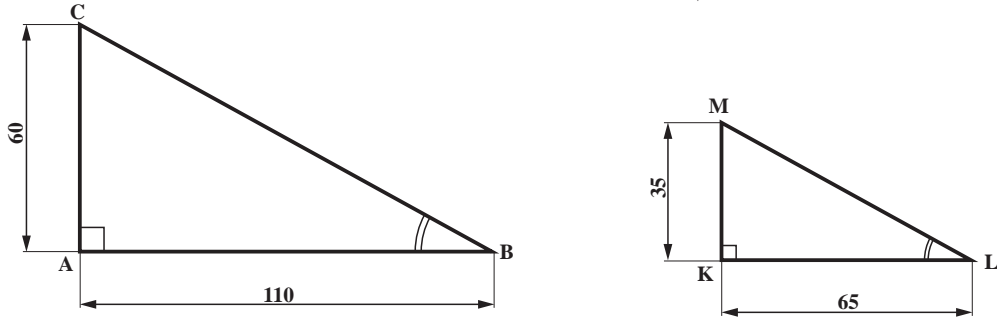
شکل ۱۲-۲۳



شکل ۱۲-۲۴

- ۱- داشتن اطلاعات بیشتر در مورد ترسیمات هندسی چه مزایایی دارد؟
- ۲- آیا نقشه‌های ترسیمی با تی و گونیا و نقاله، دارای دقت کافی برای ساخت هستند؟
- ۳- دقت یک مربع یا مستطیل را چگونه بررسی می‌کنید؟
- ۴- آیا می‌توانید روش بررسی و دقیق‌بودن یک لوزی و یک متوازی‌الاضلاع را بگویید؟
- ۵- چگونه رسم یک مربع دقیق روی ورقی فلزی با لبه‌های غیرگونیا را توضیح دهید. این کار را با رسم شکل دستی همراه کنید.
- ۶- برای ساخت یک گونیا (زاویه 90° درجه) چگونه کار کنیم؟ رسم شکل دستی ضروری است.
- ۷- کماتی از یک دایره را چگونه به چهار قسمت برابر تقسیم کنیم؟ با رسم شکل دستی.
- ۸- اگر یک نیم‌دایره داشته باشیم، چگونه در آن یک گوشه 90° درجه بسازیم؟ رسم شکل دستی لازم است.
- ۹- پاره خط AB مفروض است، چگونه پاره خط در B عمود کنیم؟ نیاز به رسم شکل دستی هست.
- ۱۰- زمین والیبال دو بخش مربعی دارد. آیا می‌توانید روش تعیین دقت خط‌کشی آنرا بگویید؟ اگر اندازه آن $18 \times 9 \text{ m}^2$ باشد، پیشنهاد شما برای رسیدن به حداکثر دقت خط‌کشی چیست؟
- ۱۱- یک پاره خط AB را چگونه به ۵ قسمت برابر تقسیم کنیم؟ با رسم شکل دستی.
- ۱۲- چگونه یک زاویه، برابر زاویه ABC را توضیح دهید. با رسم شکل دستی.
- ۱۳- چگونه یک خط موازی با خط L ، از نقطه A واقع در خارج آن، رسم می‌کنید؟ با رسم شکل دستی.
- ۱۴- در مورد تعیین مرکز نامعلوم یک دایره چه می‌کنید؟ با رسم شکل دستی.
- ۱۵- در مورد چگونه ساخت شابلون برای یک آینه آتش‌زننده توضیح دهید.
- ۱۶- چگونه کار یک آینه آتش‌زننده را شرح دهید.
- ۱۷- پاره خطی به طول 12° را عرض یک مستطیل قرار دهید و با در نظر گرفتن طول 147 ، آنرا بسازید. در بررسی به کمک پرگار هیچ‌گونه خطایی نباید مشاهده شود.
- توجه: در این پرسش و بقیه پرسش‌ها استفاده از گونیا و نقاله اکیداً ممنوع است.
- ۱۸- با گونیای $60^\circ \times 30^\circ$ خود یک زاویه 90° درجه با اضلاع بیشتر از 13° رسم کنید. دقت این زاویه را بررسی کنید.
- ۱۹- پاره خطی به طول 12° رسم کنید. با روش استفاده از نیم‌دایره، یک زاویه 90° درجه درست کنید که این پاره خط یک ضلع آن باشد.
- ۲۰- پاره خط AB باید به ۷ قسمت مساوی تقسیم شود. اگر طول آن 10° باشد، این کار را انجام دهید.
- ۲۱- پاره خط $AB=12^\circ$ را به نسبت‌های ۱، ۳، ۵ و ۷ تقسیم کنید (با گرفتن ایده از شماره ۳-۱۲-۲)

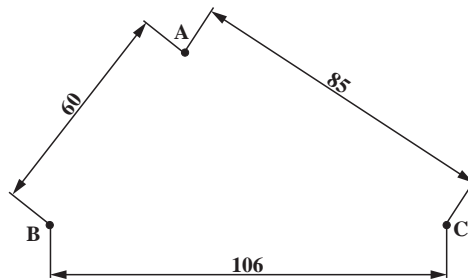
۲۲- دو زاویه با شرایط زیر رسم کنید :



شکل ۲۵-۱۲

نشان دهید کدام بزرگ تر است (فراموش نشود که همهٔ ترسیمات هندسی است)

۲۳- سه گوشه از یک متوازی الاضلاع معین است. آنرا بسازید (در تعداد جوابها بحث کنید)



شکل ۲۶-۱۲

۲۴- با شابلون دایره، یک دایره به قطر 6° رسم کنید. آنگاه مرکز آنرا مشخص کنید.

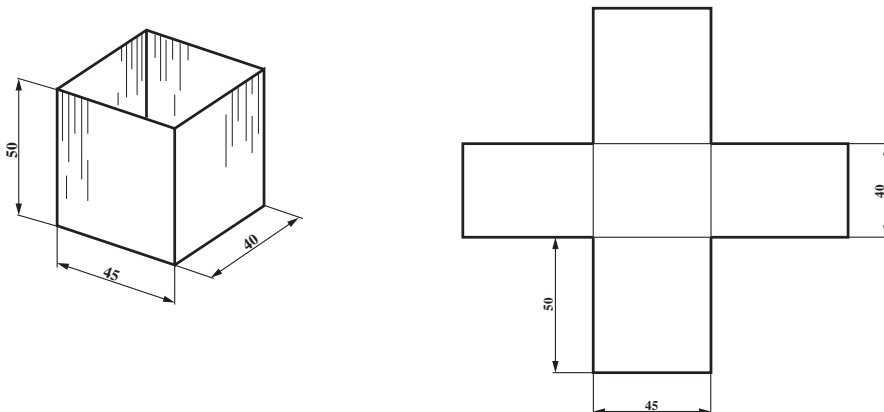
۲۵- اگر فاصلهٔ نقطهٔ سوزاننده در یک آینه ۲۵ باشد، آنرا با روش گفته شده در ۱-۷-۱۲ بسازید. آیا این آینه

را می‌توانید هر قدر بزرگ تر بسازید؟

۲۶- اگر فاصلهٔ نقطهٔ سوزاننده در آینه برابر ۳۲ باشد، آنرا به روش ۲-۷-۱۲ بسازید. آیا این آینه را می‌توانید

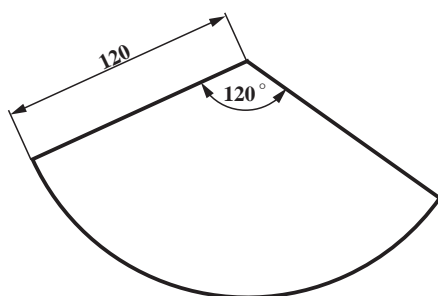
هر قدر که بخواهید بزرگ تر بسازید؟

۲۷- برای ساخت یک جعبه باید شکل زیر رسم شود و آنرا رسم کنید.



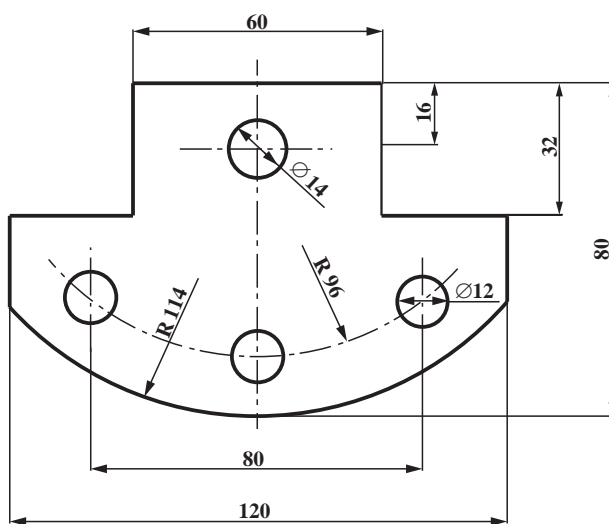
شکل ۲۷-۱۲

۲۸- برای ساخت یک مخروط دقیق، کمان زیر باید به شانزده قسمت برابر، تقسیم شود. این کار را انجام دهید.



شکل ۲۸-۱۲

۲۹- در نظر است یک شابلون از ورق ۵ ساخته شود، نقشه را رسم کنید (روی برگ A۴، با فرض آنکه روی ورق اصلی فلزی رسم می شود)



شکل ۲۹-۱۲