جمهوری اسلامی ایران
وزارت آموزش و پرورش
تعلیم و تعلم عبادت است

نقشه کشی

(جلد اوّل) ۲

فنی و حرفه‌ای (رشتهٔ نقشه‌کشی عمومی)

نظام جدید آموزش متوسطه

۴۸۸/۹

سازمان ... کتابخانه ... دانش‌آموزی
وزارت آموزش و پرورش

بسم الله الرحمن الرحیم

۲۴۲۱

نقشه‌کشی (۲)

(جلد اوّل)

رشتهٔ نقشه‌کشی عمومی

زمینهٔ صنعت

شاخهٔ آموزش فنی و حرفه‌ای

نظام جدید آموزش متوسطه

شمارهٔ درس ۱۵۹۴

۶۰۴ خواجه‌حسینی، محمّد
/۲ نقشه‌کشی (۲) (جلد اوّل)/ مؤلفان: محمّد خواجه‌حسینی ... [و دیگران]. ــ [ویرایش دوم]/
ن۷۷۳ خ بازسازی وتجدیدنظر: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف رشتهٔ نقشه‌کشی عمومی. ــ تهران: شرکت چاپ و
۱۳۸۲ نشر کتابهای درسی ایران، ۱۳۸۲.
۲۴۸ص. :مصور. ــ(آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شمارهٔ درس ۱۵۹۴)
متون درسی رشتهٔ نقشه‌کشی عمومی، زمینهٔ صنعت.
۱. نقشه‌کشی. الف. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف رشتهٔ
نقشه‌کشی عمومی. ب. عنوان. ج. فروست.

۱۳۸۲

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز:

پیشنهادات و نظرات خود را دربارهٔ محتوای این کتاب به نشانی تهران ـ صندوق پستی شمارهٔ ۴۸۷۴/۱۵ دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزشهای فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

این کتاب با توجه به برنامهٔ سالی ـ واحدی در آذر ماه سال ۱۳۷۹ توسط کمیسیون تخصصی برنامه‌ریزی و تألیف رشتهٔ نقشه‌کشی عمومی بازسازی و تجدید نظر گردید.

یکاهای اندازه‌گیری، علائم اختصاری و نقشه‌های موجود در این کتاب توسط کارشناسان تخصصی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران بررسی و به تأیید رسیده است.

۲۷۳
۴۸۸/۹ ک
۱۳۸۲

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزشهای فنی و حرفه‌ای و کاردانش

نام کتاب : نقشه‌کشی (۲) (جلد اوّل) ـ ۴۸۸/۹

مؤلفان : مهندس سیّدابوالحسن موسوی، مهندس عزیز خوشینی، مهندس محمّد خواجه‌حسینی و مهندس محمّدعلی موحددانش

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ : ادارهٔ کل چاپ و توزیع کتابهای درسی

صفحه‌آرا : زهره بهشتی‌شیرازی

طراح جلد : طاهره حسن‌زاده

ناشر : شرکت چاپ و نشر کتابهای درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (داروپخش)

تلفن: ۴ ـ ۶۰۲۶۲۴۱، دورنگار: ۶۰۲۶۲۴۰، صندوق پستی: ۱۳۴۴۵/۶۸۴

چاپخانه : نقش جهان

سال انتشار : ۱۳۸۲

حق چاپ محفوظ است.

شابک ۷-۰۹۰۲-۰۵-۹۶۴ ISBN 964-05-0902-7

شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آیید و احتیاجات کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتّکای به اجانب بپرهیزید.

امام خمینی «قدّس سرّه‌الشّریف»

فهرست مطالب

مقدمه ۱

بخش اوّل ــ ترسیم فصل مشترک برخورد اجسام و گسترش آنها

فصل اوّل ـ هندسه ترسیمی ۴

۱ـ۱ـ نمایش صفحات تصویر و شناسایی فرجه ها ۴

۱ـ۲ـ نقطه در فرجه اوّل ۵

۱ـ۳ـ نقاط خاص ۷

فصل دوم ـ خط ۹

۲ـ۱ـ تعریف خط ۹

۲ـ۲ـ آثار خط ۱۰

۲ـ۳ـ خطوط خاص ۱۰

۲ـ۴ـ دوران ۱۵

فصل سوم ـ صفحه ۱۸

۳ـ۱ـ حالتهای مختلف نمایش صفحه ۱۸

۳ـ۲ـ نمایش صفحه به وسیله آثار آن ۲۰

۳ـ۳ـ حالتهای مختلف صفحه نسبت به صفحات تصویر ۲۱

۳ـ۴ـ حالتهای مختلف صفحه محدود نسبت به صفحات تصویر ۲۳

۳ـ۵ـ اندازه واقعی صفحات خاص ۲۵

فصل چهارم ـ رابطه نقطه و خط و صفحه نسبت به یکدیگر ۲۸

۴ـ۱ـ بررسی وضع نقطه و خط ۲۸

۴ـ۲ـ بررسی وضع نقطه و صفحه ۲۹

۴ـ۳ـ بررسی وضع دو خط نسبت به یکدیگر ۲۹

۴ـ۴ـ بررسی وضع خط و صفحه نسبت به یکدیگر ۳۲

۵ـ۴ـ صفحه و صفحه ۳۶

فصل پنجم ـ ترسیمات هندسی ۳۹
۵ـ۱ـ رسم مماس بر دایره از نقطه معلوم A ۳۹
۵ـ۲ـ رسم دایره‌ای با شعاع معلوم بر دو خط معیّن ۴۰
۵ـ۳ـ رسم دایره‌ای با شعاع معلوم R بر یک خط و یک قوس معیّن ۴۰
۵ـ۴ـ رسم دایره‌ای به شعاع R مماس خارجی ۴۱
۵ـ۵ـ رسم دایره‌ای به شعاع R مماس داخلی بر دو دایره به شعاعهای R_1 و R_2 ۴۱
۵ـ۶ـ ترسیم مماس داخل و خارج بر دو دایره معیّن ۴۱
۵ـ۷ـ رسم بیضی ۴۲
۵ـ۸ـ مارپیچ ارشمیدس ۴۳

فصل ششم ـ ترسیم اثر برخورد صفحه و جسم در حالت خاص ۴۵
۶ـ۱ـ ترسیم فصل مشترک برخورد صفحات خاص با چند وجهی ها ۴۵
۶ـ۲ـ ترسیم فصل مشترک برخورد صفحات خاص با استوانه ۴۷
۶ـ۳ـ ترسیم فصل مشترک برخورد صفحات خاص با هرم قائم ۵۲
۶ـ۴ـ ترسیم فصل مشترک حاصل از برخورد صفحه افقی و مخروط قائم ۵۵
۶ـ۵ـ ترسیم فصل مشترک برخورد صفحات خاص با کُره ۶۱

فصل هفتم ـ ترسیم فصل مشترک برخورد اجسام ۷۱
۷ـ۱ـ ترسیم فصل مشترک برخورد استوانه با استوانه (متقارن) با استفاده از روش مرور صفحه ۷۲
۷ـ۲ـ روش دوایر مرکزی (روش خاص) ۷۶
۷ـ۳ـ ترسیم فصل مشترک محل برخورد استوانه در استوانه (حالت خاص) به روش دوایر مرکزی (ساچمه‌ای) ۷۸
۷ـ۴ـ ترسیم فصل مشترک مخروط در مخروط در حالت خاص ۸۱
۷ـ۵ـ ترسیم فصل مشترک برخورد استوانه با کُره ۸۳

فصل هشتم ـ گسترش احجام مستوی و یک انحنایی و دو انحنایی ۹۳
۸ـ۱ـ تعریف ۹۳
۸ـ۲ـ گسترش منشورها ۹۵
۸ـ۳ـ ترسیم گسترش هرم قائم ۱۰۱
۸ـ۴ـ گسترش استوانه ۱۰۵
۸ـ۵ـ گسترش زانویی چند پارچه ۱۰۸
۸ـ۶ـ گسترش مخروط ۱۱۱
۸ـ۷ـ گسترش کُره ۱۱۹

بخش دوم ــ کیفیت سطح و تولرانسها

فصل نهم ـ کیفیت سطح ۱۳۸

۱ـ۹ـ مقدمه ۱۳۸

۲ـ۹ـ معیارهای تعیین زبری سطح ۱۴۲

فصل دهم ـ علائم قدیمی مشخص نمودن کیفیت سطح ۱۴۷

۱ـ۱۰ـ تعریف زبری سطح به روش مثلث ۱۴۷

۲ـ۱۰ـ جدول تعیین زبری به روش مثلث ۱۴۸

فصل یازدهم ـ کاربرد علائم کیفیت سطح در نقشه ۱۵۱

۱ـ۱۱ـ معرّفی علائم و مشخصات ۱۵۲

۲ـ۱۱ـ مشخصات ویژهٔ کیفیت سطح ۱۵۴

۳ـ۱۱ـ موقعیت علائم شاخص کیفیت سطح ۱۵۶

۴ـ۱۱ـ جدول تعیین زبری Ra ۱۶۰

۵ـ۱۱ـ مقایسهٔ علائم ۱۶۱

فصل دوازدهم ـ تولرانسهای ابعادی ۱۷۰

۱ـ۱۲ـ مقدمه ۱۷۰

۲ـ۱۲ـ اندازهٔ اسمی ۱۷۲

۳ـ۱۲ـ تولرانس ۱۷۴

۴ـ۱۲ـ جدول مقادیر اصلی تولرانس ۱۷۶

فصل سیزدهم ـ انطباقات ۱۸۳

۱ـ۱۳ـ تعریف انطباق قطعات ۱۸۳

۲ـ۱۳ـ مفهوم میله در انطباقات ۱۸۴

۳ـ۱۳ـ سوراخ ۱۸۴

۴ـ۱۳ـ انطباق بازی دار ۱۸۵

۵ـ۱۳ـ انطباق عبوری ۱۸۵

۶ـ۱۳ـ انطباق پرسی ۱۸۵

۷ـ۱۳ـ دستگاه انطباقی ثبوت سوراخ «سوراخ مبنا» ۱۸۶

۸ـ۱۳ـ دستگاه انطباقی ثبوت میله «میله مبنا» ۱۹۲

فصل چهاردهم ـ تولرانسهای هندسی ۲۰۶

۱ـ۱۴ـ تعریف ۲۰۶

۲ـ۱۴ـ جدول علائم و خواص تولرانسهای هندسی ۲۰۷
۳ـ۱۴ـ علائم و نشانه ها ۲۰۸
۴ـ۱۴ـ نحوه تولرانس گذاری در نقشه ۲۰۹
۵ـ۱۴ـ مبناها ۲۱۰
۶ـ۱۴ـ اندازه های دقیق تئوری ۲۱۲
۷ـ۱۴ـ خواص و کاربرد تولرانسهای هندسی ۲۱۴

فصل پانزدهم ـ اندازه گذاری اجرایی **۲۳۲**
۱ـ۱۵ـ چگونگی اندازه گذاری اجرایی ۲۳۲

فهرست منابع **۲۴۸**

مقدمه

سپاس خدای را عزّوجلّ که به ما توفیق داد تا لحظاتی از عمر خود را هدف تفکر و فعالیت در راه خدمت به نظام آموزش و پرورش کشور بنماییم.

با تغییر روش اجرایی نظام ترمی به سالی ـ واحدی فرصتی پدید آمد تا با استفاده از نظرات و راهنمایی همکاران ارجمند و هنرجویان عزیز تغییراتی در برنامه آموزشی درس نقشه کشی به وجود آوریم.

بی مناسبت نیست اگر پیشرفت علم و تکنولوژی را مرهون تلاشها و خلاقیت اندیشمندان بدانیم و باید قبول کنیم علم نقشه کشی عامل اصلی انتقال تفکرات دانشمندان به گروههای اجرایی (مهندسان و تکنسین ها) می باشد و جایگاه خاصی این مقوله دارد. به تدریج با توسعه صنایع و انتقال تکنولوژی مابین کشورها ضرورت ایجاب نمود که هماهنگی خاصی در این مورد بعمل آید و قواعد و قراردادهای نقشه کشی به صورت یک زبان فنی مدون و در اختیار تکنولوژیست ها و طراحان قرار گیرد.

در حال حاضر کشورهای بزرگ صنعتی جهان محتوای استاندارد ISO را قبول کرده و به عضویت مؤسسه بین المللی استاندارد در شهر ژنو درآمده اند.

کشور ایران نیز یکی از اعضای مؤسسه مذکور می باشد. به این ترتیب، در این کتاب سعی شده است از علائم و قواعد استاندارد فوق استفاده گردد.

امید است همکاران ارجمند و صاحبنظران با راهنمایی و ارسال نظرات خود، ما را یاری فرمایند.

کمیسیون برنامه ریزی و تألیف رشتهٔ نقشه کشی

هدف کلی

توانایی رسم نقشه های اجرایی و تفکیکی با رعایت اصول استانداردها

بخش اوّل

ترسیم فصل مشترک برخورد اجسام
و گسترش آنها

فصل اول

هندسه ترسیمی

هدفهای رفتاری : از فراگیر انتظار می رود که در پایان این فصل :

ـ صفحات تصویر و فرجه اوّل را معرفی کند .

ـ تصاویر نقطه در فرجه اوّل را ترسیم کند .

ـ نقاط خاص را معرفی کند .

مدت زمان آموزش

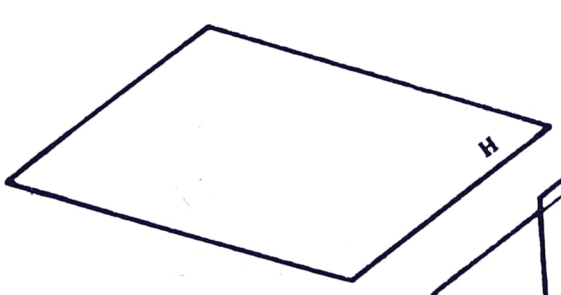
۳ ساعت

۱ ـ هندسه ترسیمی

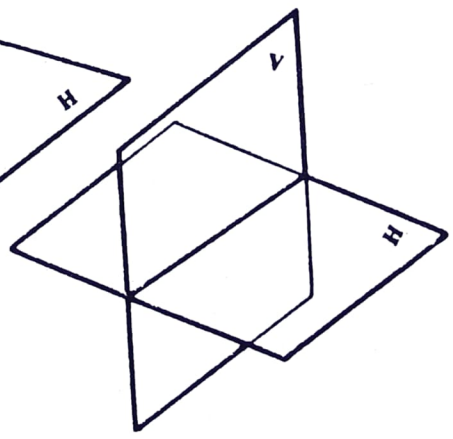
۱ ـ ۱ ـ نمایش صفحات تصویر و شناسایی فرجه ها

همان طوری که در مقدمه آمده ، هندسه ترسیمی پاسخی مناسب برای اشکالات مطرح شده در نمایش جسم است . برای رسیدن به این هدف از دو صفحه تصویر استفاده می شود که یکی صفحه افقی تصویر نامیده شده با حرف لاتین (H) نشان داده می شود (شکل ۱ ـ ۱) و دیگری صفحه قائم تصویر نامیده شده که عمود بر صفحه افقی تصویر بوده با حرف لاتین (V) نشان داده می شود (شکل ۲ ـ ۱) . به این ترتیب فضا به چهار فرجه تقسیم می شود و چنانچه فرجه ها را به صورت جدا از هم و نامگذاری آنها نمایش دهیم ، به ترتیب اشکال ۳ـ ۱ الی ۶ـ ۱ از فرجه اول تا فرجه چهارم به دست می آید .

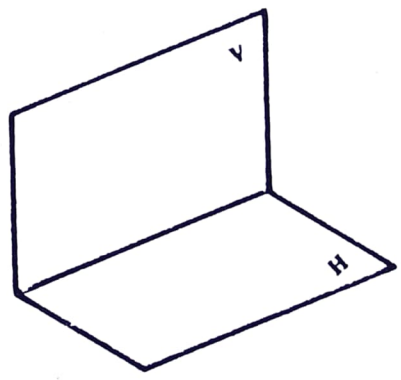
از میان چهار فرجه نمایش داده شده فرجه ای که بیشتر مورداستفاده قرار می گیرد ، فرجه اول تصویر است(شکل ۳ـ



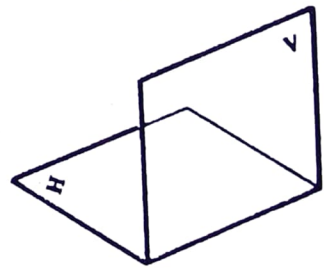
شکل ۱ ـ ۱ ـ صفحه افقی تصویر



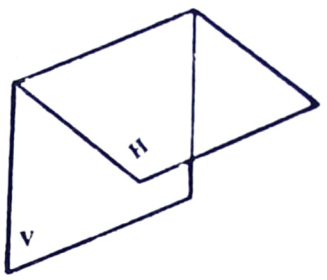
شکل ۲ ـ ۱ ـ صفحه افقی و قائم تصویر



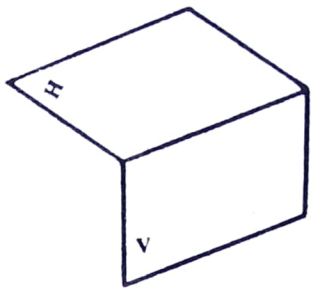
شکل ۳ ـ ۱ ـ فرجه اول



شکل ۴ ـ ۱ ـ فرجه دوم

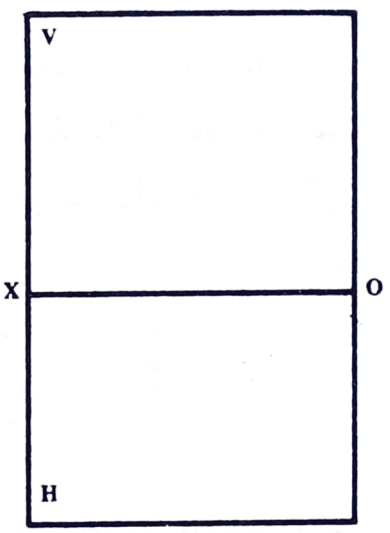


شکل ۶ ـ ۱ ـ فرجه چهارم

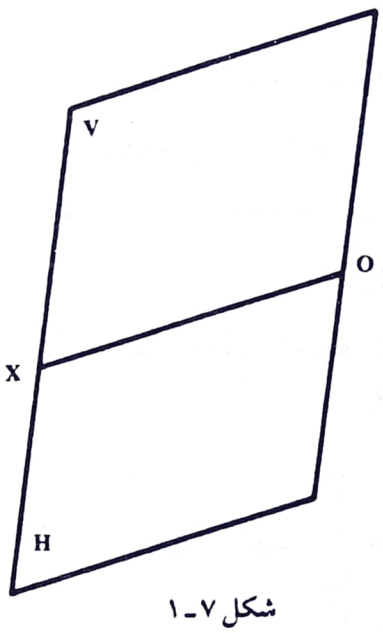


شکل ۵ ـ ۱ ـ فرجه سوم

۱) . از آن جا که فضا را باید به صورت مسطحه نمایش داد، صفحه قائم تصویر را ثابت نگاه می داریم و صفحه افقی تصویر را در جهت عقربه های ساعت ۹۰° دوران داده در راستای صفحه قائم تصویر قرار می دهیم (شکل ۷ ـ ۱ و ۸ ـ ۱).



شکل ۸ ـ ۱



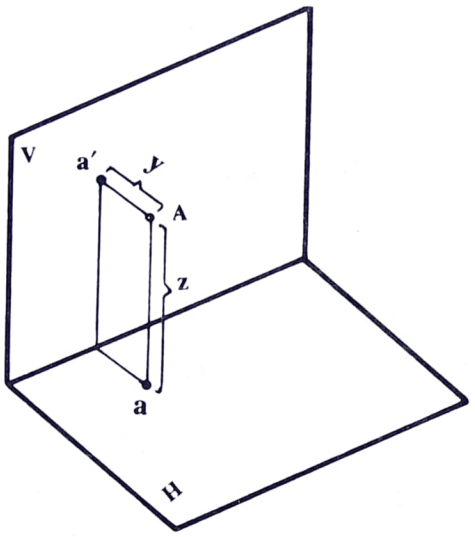
شکل ۷ ـ ۱

معمولاً با تصاویر اجسام از نقطه تا اشکال پیچیده، روی صفحات تصویر به خصوص فرجه اوّل سروکار داریم. پس از آنکه تصاویر در فرجه اوّل روی صفحات تصویر ترسیم شد، فرجه را به شکل ۸ ـ ۱ در می آوریم. باید توجه داشته باشیم که خط XO فصل مشترک دو صفحه قائم و افقی تصویر که در هر چهار فرجه نشان داده می شود، به خط زمین معروف است. چون در تعریف صفحه خواهیم دید که سطحی است مستوی و بدون انتها، از محدود کردن دو صفحه تصویر قائم و افقی به اشکال ۷ ـ ۱ و ۸ ـ ۱ صرف نظر می کنیم و تنها به کشیدن خط زمین XO اکتفا کرده با نوشتن دو حرف V و H در قسمتهای بالا و پایین خط نشان می دهیم که قسمت بالای خط، جایگاه تصویر قائم و قسمت پایین خط، جایگاه تصویر افقی است (شکل ۹ ـ ۱).

شکل ۹ ـ ۱

۲ ـ ۱ ـ نقطه در فرجه اوّل

حال برای بررسی بیشتر و توجیه بهتر، نقطه فضایی A را در فرجه اوّل در نظر می گیریم (شکل ۱۰ ـ ۱).

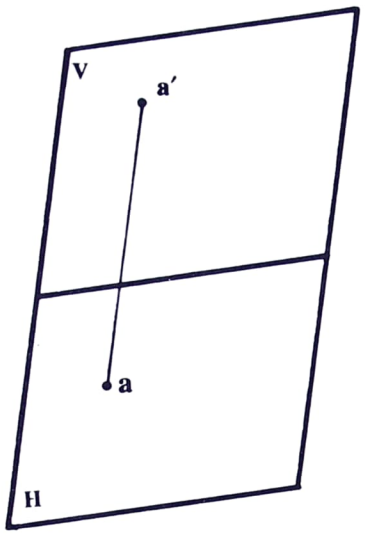


شکل ۱۰ ـ ۱

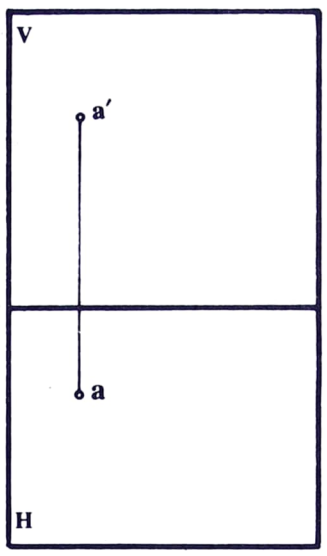
فاصله نقطه تا صفحه افقی تصویر را ارتفاع نقطه نامیده با حرف Z نشان می دهیم و فاصله نقطه تا صفحه قائم تصویر را عرض نقطه نامیده با y نشان می دهیم. چنانچه صفحه قائم تصویر را ثابت نگاه داشته صفحه تصویر افقی را ۹۰ درجه دوران داده در راستای صفحه قائم تصویر قرار دهیم و توجه داشته باشیم که صفحه از هر طرف نامحدود است، به ترتیب اشکال از ۱۱ ـ ۱ الی ۱۳ ـ ۱ را خواهیم داشت.

a' را تصویر قائم نقطه می گوییم و هنگامی می توانیم جای آن را مشخص کنیم که ارتفاع نقطه یعنی Z را داشته باشیم.

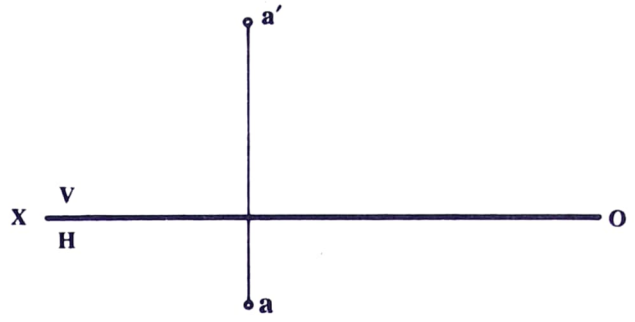
a را تصویر افقی نقطه می گوییم و هنگامی می توانیم جای آن را مشخص کنیم که عرض نقطه یعنی y را داشته باشیم.



شکل ۱۱ ـ ۱



شکل ۱۲ ـ ۱

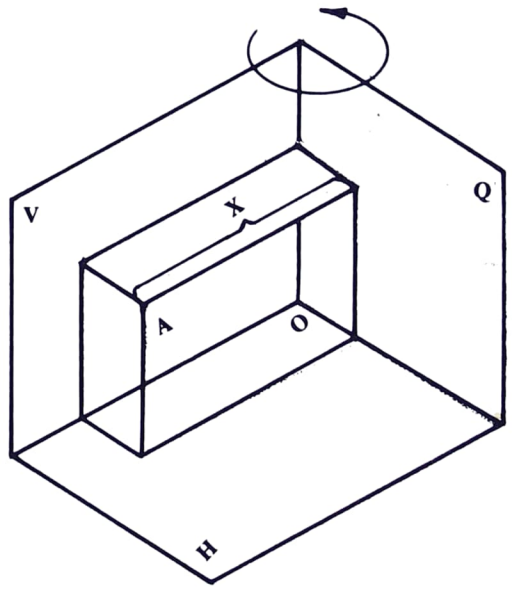


شکل ۱۳ ـ ۱

حد فاصل دو تصویر قائم وافقی نقطه را خط رابط می نامند.

مجموعهٔ تصاویر قائم وافقی نقطه و خط رابط و خط زمین را که در شکل ۱۳ ـ ۱ نمایش داده شده است، در اصطلاح ملخص می نامند.

لازم به ذکر است که چون دو صفحه تصویر قائم وافقی نمی تواند پاسخگوی همه سؤالات مطرح شده باشد، از صفحهٔ سومی استفاده می شود که بر هر دو صفحه تصویر قائم وافقی، تصویر عمود است (شکل ۱۴ ـ ۱) . به این صفحهٔ تصویر، صفحه نیمرخ می گویند.



شکل ۱۴ ـ ۱

فاصله نقطه از صفحهٔ نیمرخ تصویر را با X نشان داده طول نقطه می نامند که در ملخص حد فاصل تقاطع خط رابط و خط زمین از نقطه O است. در فرجه اول طول و عرض وارتفاع نقطه مثبت است $A \begin{vmatrix} X \\ Y \\ Z \end{vmatrix}$.

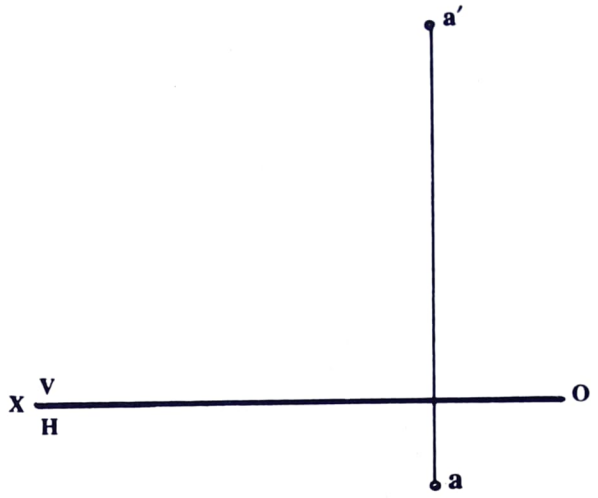
مثال : نقطه $A \begin{vmatrix} ۱۵ \\ ۱۰ \\ ۴۰ \end{vmatrix}$ مفروض است. تصاویر قائم و افقی آن را مشخص کنید.

حل : ابتدا خط زمین را می کشیم (شکل ۱۵ ـ ۱) اولین عدد یعنی ۱۵ نشان دهنده طول نقطه یعنی X است با توجه به واحد از O به سمت X مقدار ۱۵ را جدا می کنیم (شکل ۱۶ ـ ۱)؛ سپس از محل مشخص شده خط رابطی

شکل ۱۵ ـ ۱

رسم کرده مقدار y را که برابر ۱۰ است، درقسمت پایین خط زمین روی خط رابط و مقدار Z را که مساوی ۴۰ است،

بالای خط زمین روی خط رابط تعیین می کنیم (شکل ۱۷ـ۱). لازم است توضیح داده شود که معمولاً پس از کشیدن خط زمین، نقطه ای را مانند O به عنوان مبنا انتخاب کرده از نوشتن XO خود داری و به نوشتن V و H به ترتیب در بالا و پایین خط زمین اکتفا می کنیم.



شکل ۱۷ ـ ۱

شکل ۱۶ ـ ۱

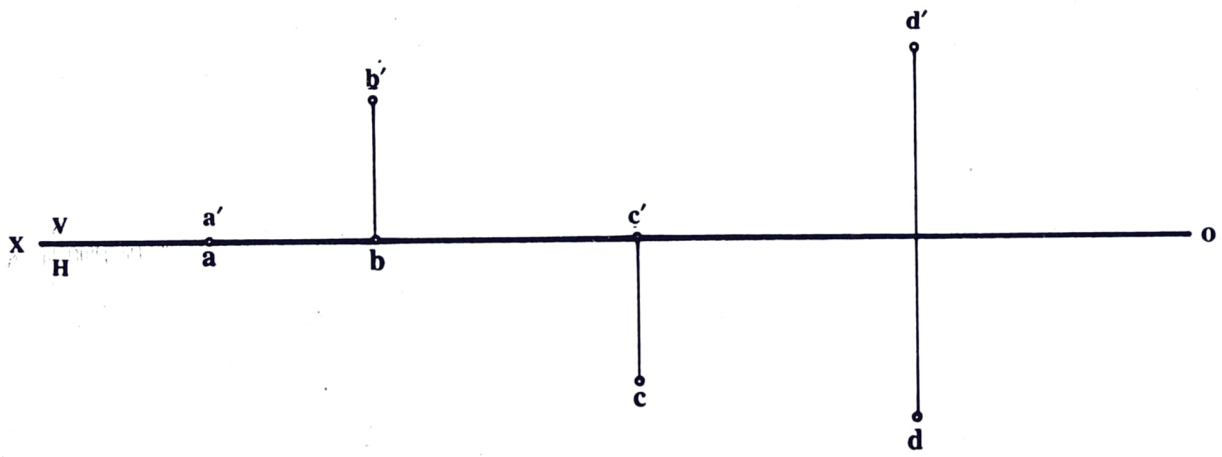
۳ ـ ۱ ـ نقاط خاص

ـ اگر نقطه ای روی خط زمین قرار گیرد، عرض و ارتفاع آن صفر است؛ نقطه A .

ـ اگر نقطه ای در روی صفحه قائم تصویر باشد، عرض آن صفر است؛ نقطه B .

ـ اگر نقطه ای در صفحه افقی تصویر باشد، ارتفاع آن صفر است؛ نقطه C .

ـ اگر نقطه ای در نیمساز فرجه اول قرار گیرد، دارای عرض و ارتفاع مساوی است؛ نقطه D (شکل ۱۸ ـ ۱).



شکل ۱۸ ـ ۱

تمرین

۱ ـ مکان هندسی نقاطی را تعیین کنید کـه فاصله آنها از سطح افقی تصویر برابر Kmm و در صفحه قائم تصویر قرار گرفته باشد.

۲ ـ مکان هندسی نقاطی را تعـیین کنید که فاصله آنهـا از سطح قائم تصویر برابر Lmm و در صفحه افق تصویر قرار داشته باشد.

۳ ـ مکان هندسی نقاطی را تعیین کنید که فاصله آنها از صفحات تصویر قائم وافقی برابر و مساوی با Rmm باشد.

۴ ـ خط زمین مـکان هندسی تصاویر قـائم نقاطی است که آن نـقاط در صفـحه . . . . تصـویر قرار دارد.

۵ ـ خط زمین مکان هندسی تصـاویر افقی، نقاطی است که آن نـقاط در صفحه . . . . تصـویر قرار دارد.

۶ ـ در چه شرایطی نقطه فضایی همراه با دو تصویر زمین بر هم منطبق است؟

۷ ـ خطی که تصویر قائم و تصویر افقی را به هم مربوط می کند، چه نام دارد؟

۸ ـ وضعیت خط مطرح شده در پرسش شماره ۷ با خط زمین چگونه است؟

۹ ـ y و z به چه معنی است؟ در صورتی که y = z باشد، نقطه چه موقعیتی دارد؟

۱۰ ـ نقاط داده شده را در ملخص نمایش دهید.

A	B	C	D	E	F	G
۰	۰	۰	۱۰	۲۰	۱۵	۲۵
۰	۲۰	۰	۰	۱۵	۲۵	۰
۰	۴۰	۳۰	۱۵۰	۳۵	۰	۰

فصل دوم

خط

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

ـ خط را تعریف کند .

ـ آثار خط را به کمک تصاویر آن تعیین کند .

ـ خطوط خاص را معرفی کند .

ـ دوران را توضیح دهد .

ـ طول واقعی خط غیرمشخص را به کمک دوران تعیین کند .

مدت زمان آموزش

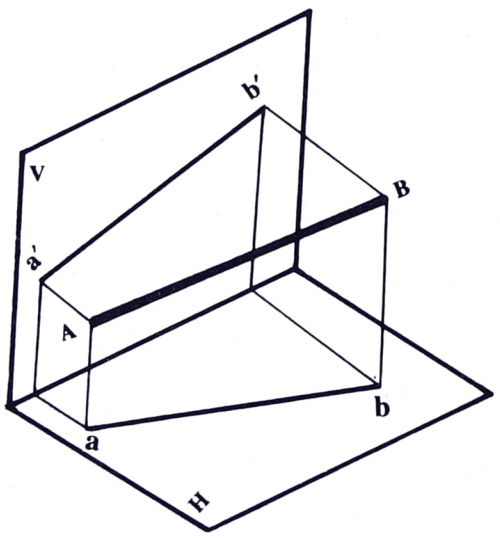
۳ ساعت

۲ ـ خط

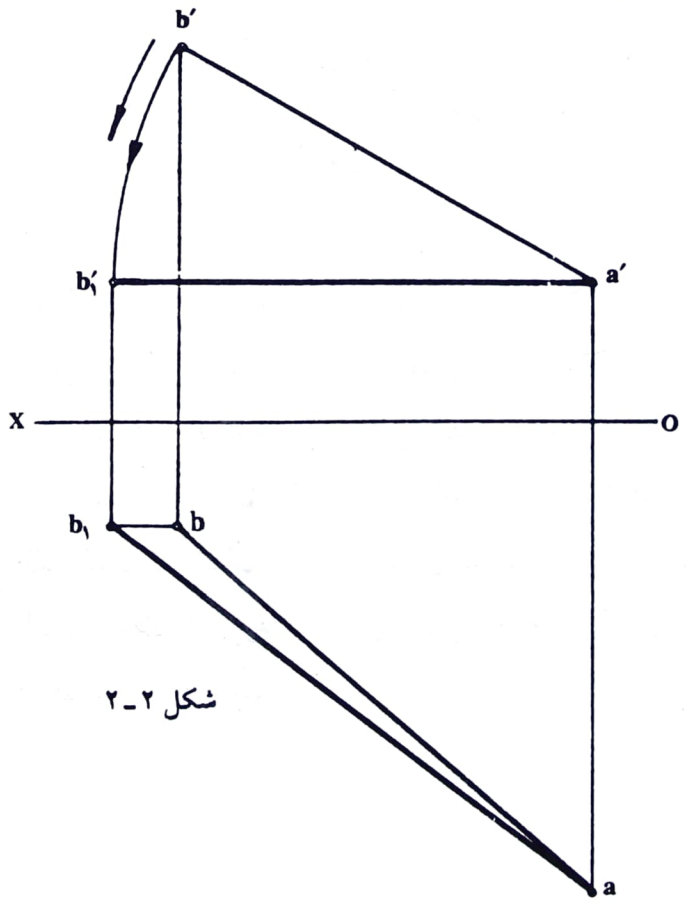
۱ ـ ۲ ـ تعریف خط

خط عبارت است از حرکت نقطه در یک راستا .

بنابراین برای آن آغاز و پایانی وجود دارد . برای مثال A نقطه شروع و B نقطه انتهاست و چنانچه کوتاهترین مسیر بین ابتدا و انتها در نظر گرفته شود خط مستقیم به دست می‌آید ، مانند خط فضایی AB که در ملخص به شکل aba′b′ نمایش داده می‌شود (شکلهای ۱ ـ ۲ و ۲ ـ ۲) .



شکل ۱ ـ ۲



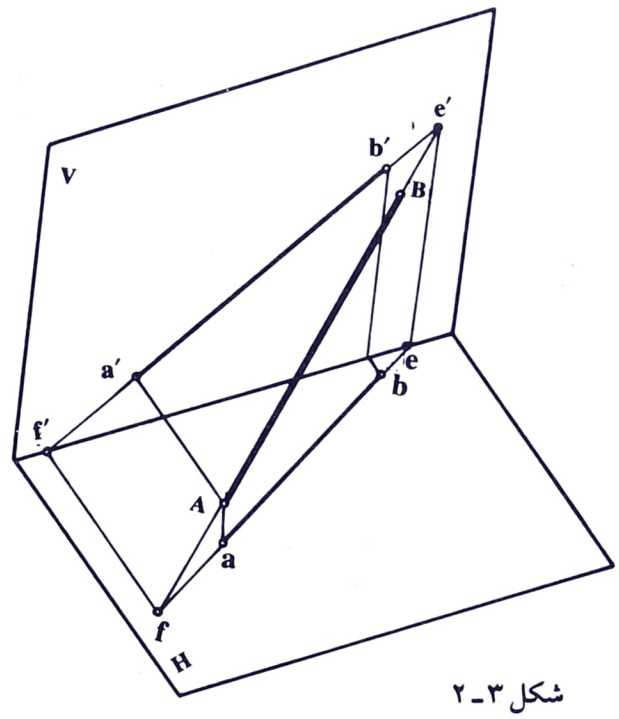
شکل ۲ ـ ۲

در شکل ۱ ـ ۲ شکل فضـایی خط AB نمایش داده شده است.

نمایش خط به روش ۲ ـ ۲ را در اصطلاح ملخص و تسطیح خط گویند.

۲ ـ ۲ ـ آثار خط

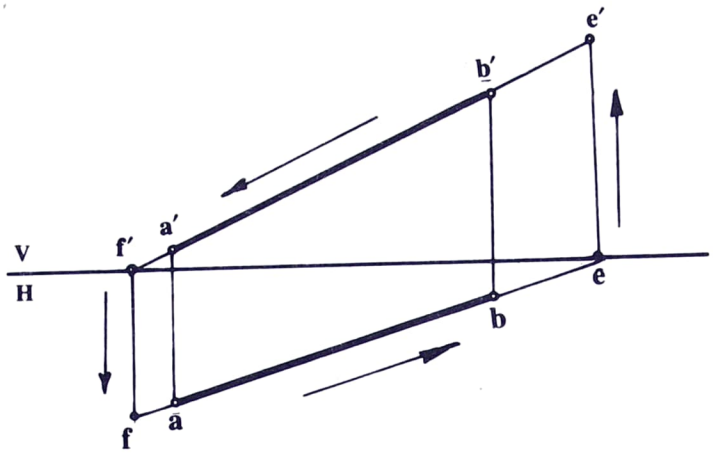
برخورد خط AB را با هر کدام از صفـحات تصویر قائم و افقی به ترتیب اثر قائم و اثر افقی خط می نامند. در اثر افقی ارتفاع نقطه صفر و در اثر قائم عرض نقطه صفر است. در شکل ۳ ـ ۲ ee′ اثر قائم خط و ff′ اثر افقی خـط نشان داده شده است.



شکل ۳ ـ ۲

در ملخص کـافی است برای پیدا کردن اثـر قائم خط تصـویر افقی خط را امـتداد دهیم تا خط زمـین را قطع کند، سـپس از محل تقـاطع e خط رابطی رسم کـرده تا راسـتـای تصویر قائم را در e′ قطع کند (شکل ۴ ـ ۲).

برای پیـدا کردن اثر افـقی خط تصویر قـائم را امتـداد می دهیم تا خط زمـین را در نقطه f′ قطع کند. با رسم خط رابط از f′ و به دست آوردن نقطه تقاطعش با امـتداد تصویر افقی f به دست می آید (شکل ۴ ـ ۲).

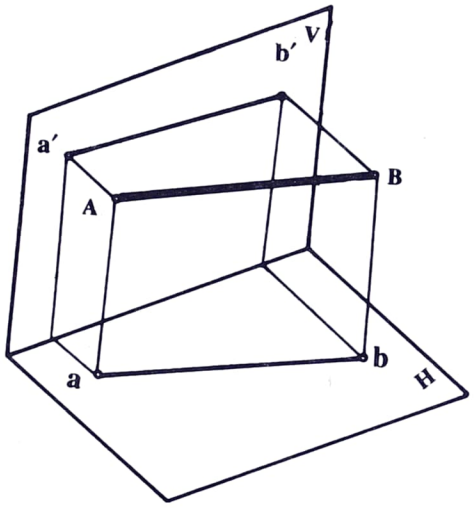


شکل ۴ ـ ۲

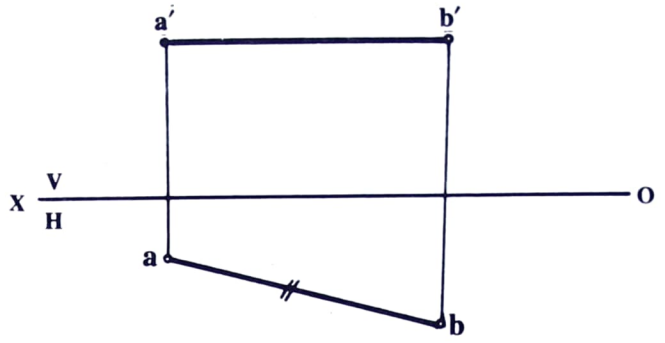
۳ ـ ۲ ـ خطوط خاص

با توجه به طرز قرار گرفتن خط در فرجه اوّل نسبت به صفـحات تصـویر قائم وافـقی حالتـهای مخـتلفی به دست می آید که به بررسی مختلف این حالات می پردازیم.

۱ ـ ۳ ـ ۲ ـ خط افـقی: خط AB به مـوازات صفـحه افـقی تصـویر است همـان طور که در شکل فـضـایی ۵ ـ ۲ نمایش داده شده است، تصـویر قائم خط a′b′ موازی خط زمین بوده اندازه تصـویر افقی یعنی ab با اندازه حقـیقی خط برابر است. $\overline{AB} = \overline{ab}$. به این خط ، افقیه گفته می شود که در ملخص بـه شکل ۶ ـ ۲ درمی آید. شـرط آنکه بـه خطی افقیه گفته شـود آن است که تصویر قائم آن موازی خط زمین باشد؛ در این صورت تصـویر افقی خط به اندازه واقعی خط در فضا خواهد شد.



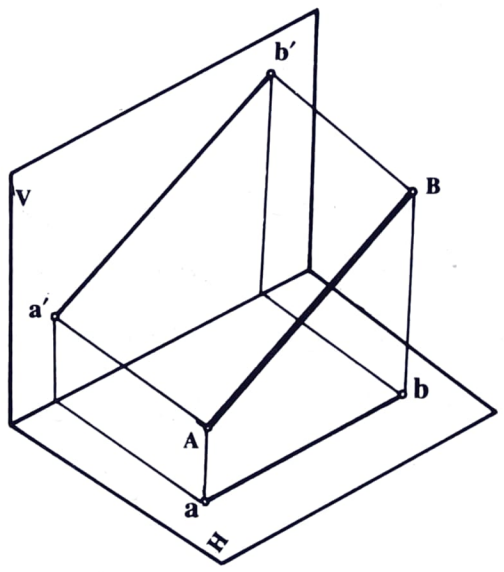
شکل ۵ ـ ۲



شکل ۶ـ۲

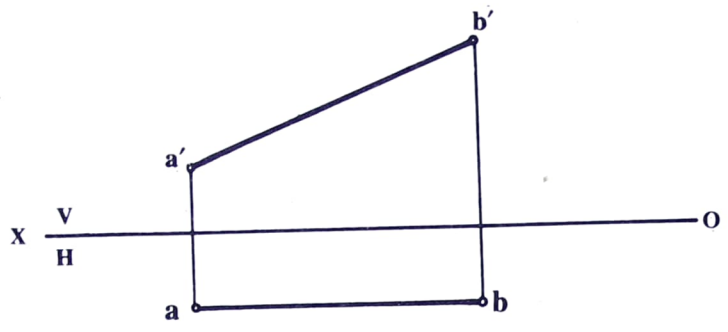
۲ـ۳ـ۲ـ خط جبهی یا جبهیه: خط AB موازی صفحهٔ قائم تصویر است.

همان طور که در شکل فضایی ۷ـ۲ نشان داده شده است، تصویر افقی خط $\overline{ab}$ موازی خط زمین شده اندازه تصویر قائم یعنی $a'b'$ با اندازه حقیقی خط برابر است $\overline{AB} = \overline{a'b'}$.



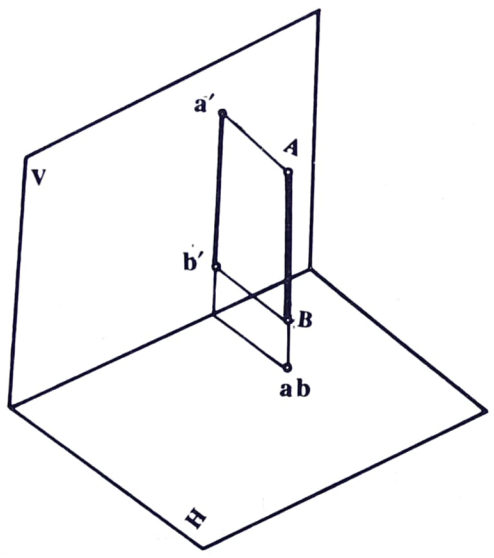
شکل ۷ـ۲

به این خط **جبهیه** گفته می‌شود. که در ملخص به شکل ۸ـ۲ نمایش داده می‌شود و دارای یک شرط و یک خاصیت مهم است. شرط آن است که باید تصویر افقی موازی خط زمین باشد و خاصیت آن است که باید تصویر قائم خط به اندازه حقیقی خط باشد؛ یعنی $\overline{a'b'} = \overline{AB}$.



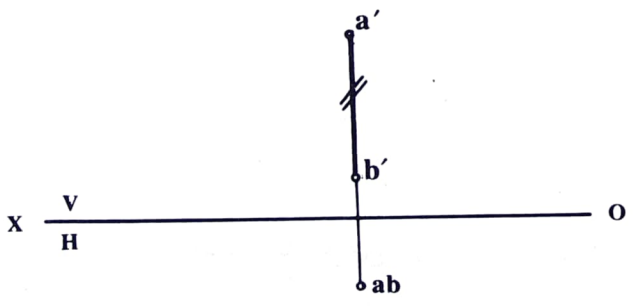
شکل ۸ـ۲

۳ـ۳ـ۲ـ خط قائم: خط AB عمود بر صفحه افق تصویر است؛ بنابراین همان طور که در شکل ۹ـ۲ مشاهده



شکل ۹ـ۲

می‌شود، تصویر افقی خط فقط یک نقطه و تصویر قائم خط یعنی $a'b'$ با اندازه حقیقی خط برابر است $\overline{a'b'} = \overline{AB}$ و در ملخص به شکل ۱۰ـ۲ که تصویر قائم عمود در خط زمین رسم شده است، دیده می‌شود.

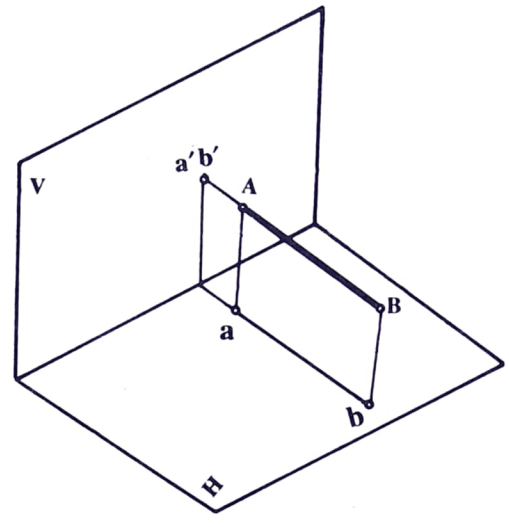


شکل ۱۰ـ۲

به این خط قـائم گفتـه می شود کـه دارای یک شرط و یک خاصیت مهم است .

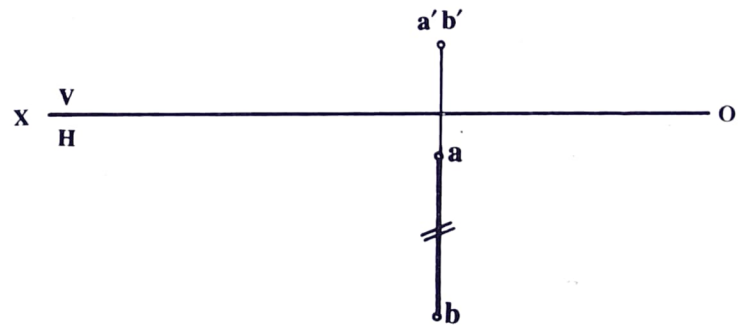
شرط آن است که تصویر افقی خط فقط یک نقطه باشد و خاصیت آن است که تصویر قـائم خط با اندازه حقیقی خط برابر باشد . ($\overline{a'b'} = \overline{AB}$) .

۴ ـ ۳ ـ ۲ ـ خط منتصب : خط AB عمـود بر صفـحه قائم تصـویر است ، بنابراین با توجه به شکل ۱۱ ـ ۲ تصویر



شکل ۱۱ ـ ۲

قـائم خط فقط یک نقطه اسـت و تصویر افـقی خط با اندازهٔ حقـیقی خط برابر است ($\overline{ab} = \overline{AB}$) و در ملخص به شکل ۱۲ ـ ۲ که تصویر افقی عـمود بر خط زمین رسم شده است ، دیده می شود .

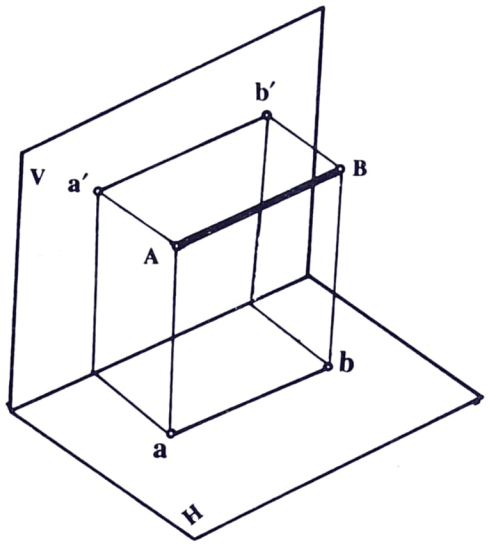


شکل ۱۲ ـ ۲

به این خط منتصب گفتـه می شود که دارای یک شرط و یک خاصـیت مهم است . شـرط آن است که تصـویر قائم خط فقط یک نقطه باشد و خاصـیت آن است که تصویر افقی خط با اندازه حقیقی خط برابر باشد ($\overline{AB} = \overline{ab}$) .

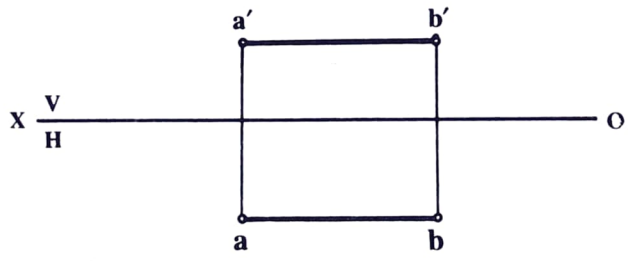
۵ ـ ۳ ـ ۲ ـ خط مـواجـه : خط $\overline{AB}$ مـوازی هر دو صفحه تصویر قائم و افقی است .

همان طور که در شکل ۱۳ ـ ۲ نشان داده شده است ، تصـاویر قـائـم و افـقی خط با خـط زمـین مـوازی بوده با اندازه حقیقی خط برابر است ($\overline{AB} = \overline{ab} = \overline{a'b'}$) (شکل ۱۳ـ۲) . این خط مواجه نامیده شـده از خطهای خیلی مهم به



شکل ۱۳ ـ ۲

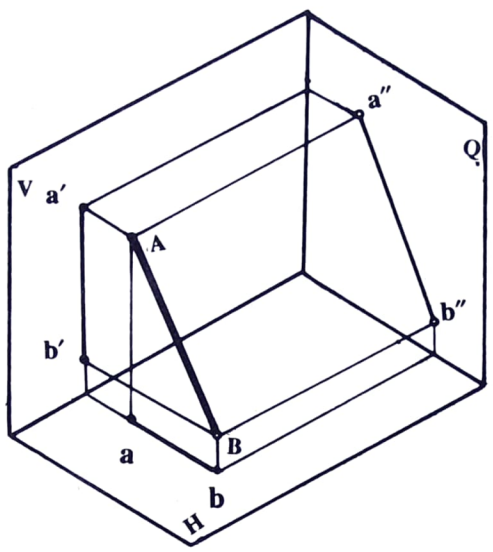
شـمار می رود و دارای شـرط و خـاصیت است . شـرط آن است که تصـویر قائم و تصـویر افقی خط مـوازی خط زمین است و خاصیت آن است که تصـویر قائم و تصویر افقی خط به اندازه حقیقی خط در فضا باشد (شکل ۱۴ ـ ۲) .



شکل ۱۴ ـ ۲

۶ ـ ۳ ـ ۲ ـ خط نیمرخ : دو تصویر پنج خطی که شرح آن گذشت ، در رسم فنی کافی به نظر می رسد ؛ چون در دو تصویر اندازه حقیقی لااقل در یکی از دو تصویر مشخص

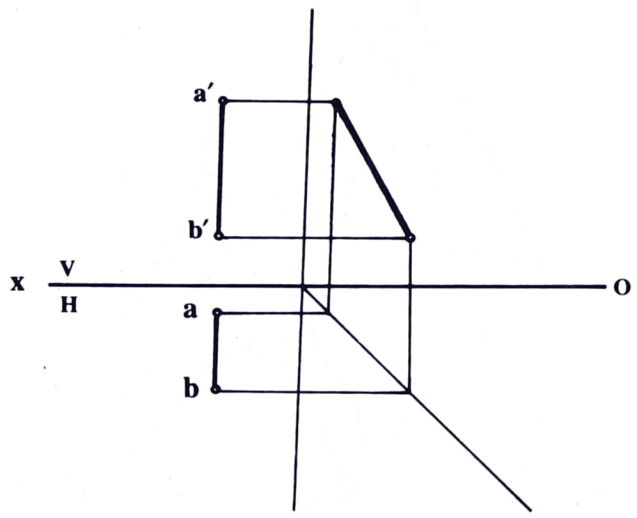
می‌شود. اما از خط ششم لازم است که صفحه تصویر دیگری به نام صفحه نیمرخ در نظر گرفته شود. دو تصویر قائم و افقی نشان دهنده اندازه حقیقی خط نخواهد بود، از این رو لازم است که از نمای سوم یا به عبارتی دیگر از تصویرجانبی خط کمک گرفته شود تا اندازه حقیقی خط به دست آید (شکل ۱۵ ـ ۲).



شکل ۱۵ ـ ۲

خط AB عمود بر خط زمین است؛ بنابراین تصاویر قائم و افقی خط عمود بر خط زمین و فاقد اندازهٔ واقعی خط است، اما نمای سوم $\overline{a''b''}$ با اندازه حقیقی خط همانطور که در شکل مشخص شده است، برابر است؛ از این رو لازم است برای پیدا کردن اندازه حقیقی از تصویر جانبی کمک گرفته شود.

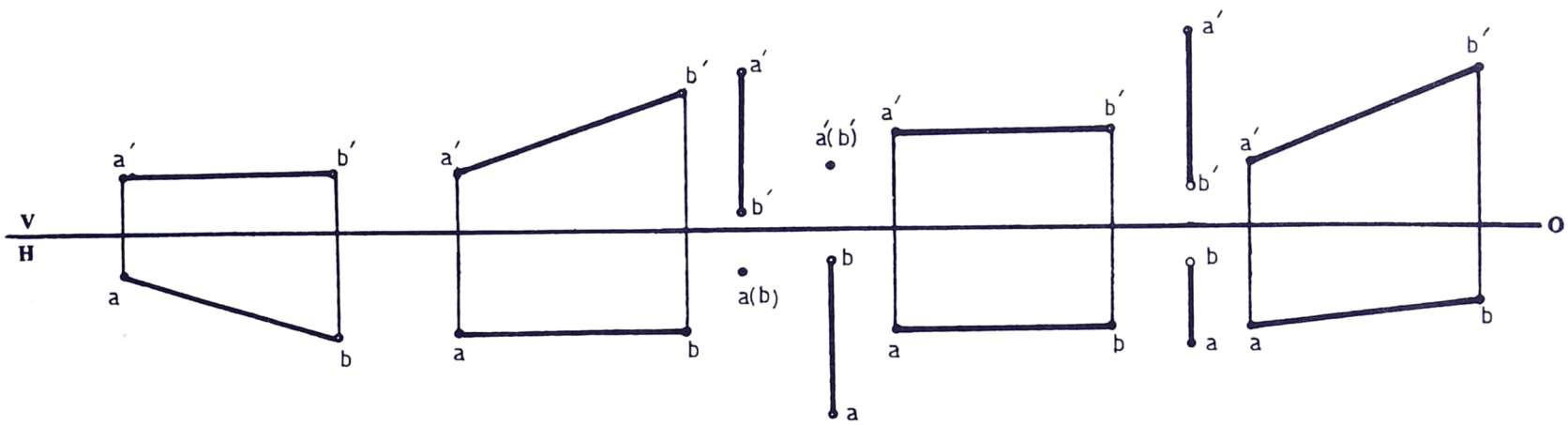
همچنین می‌توان اندازه حقیقی خط نیمرخ را از طریق دوران که توضیح آن در همین فصل خواهد آمد، به دست آورد. به این خط نیمرخ گفته می‌شود و تصاویر قائم و افقی آن در ملخص در راستای یک خط رابط رسم می‌شود. (شکل ۱۶ـ۲).



شکل ۱۶ ـ ۲

۷ـ۳ـ۲ـ خط غیرخاص: هر خطی موازی صفحات قائم وافقی تصویر یا عمود بر آنها و یا عمود بر خط زمین نباشد، خط غیر مشخص یا غیر خاص نامیده می شود که در هیچ یک از تصاویر اندازه حقیقی ندارد و برای رسیدن به اندازه حقیقی از دوران استفاده می کنیم.

با توجه به ملخص خطها (شکل ۱۷ ـ ۲) از سمت چپ به ترتیب عبارت است از: افقیه، جبهیه، قائم، منتصب، مواجه، نیمرخ، غیرخاص.



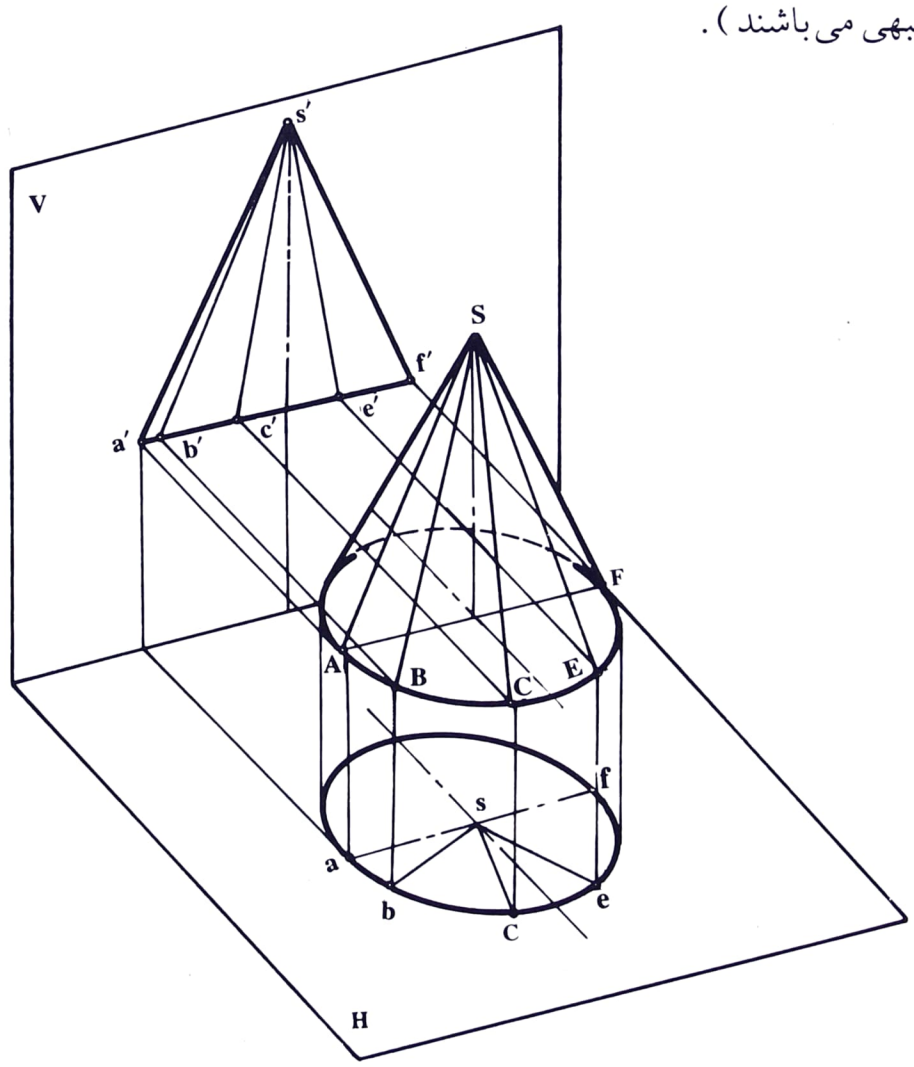
شکل ۱۷ـ۲

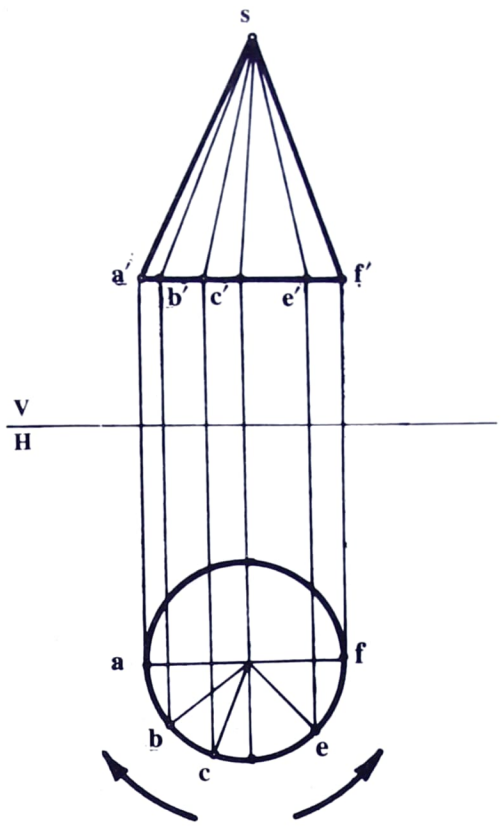
توجه: بطوریکه می دانیم کلیه مولدهای موجود در روی سطح جانبی مخروط با همدیگر برابر هستند.

$SA = SB = SC = se = SF$.....

۱ ـ مشاهده می شود که دراشکال a ۱۷ـ۲ و b۱۷ـ ۲ تنها دو مولد SF, SA به اندازه واقعی می باشند (چون به صورت خطهای جبهی می باشند).

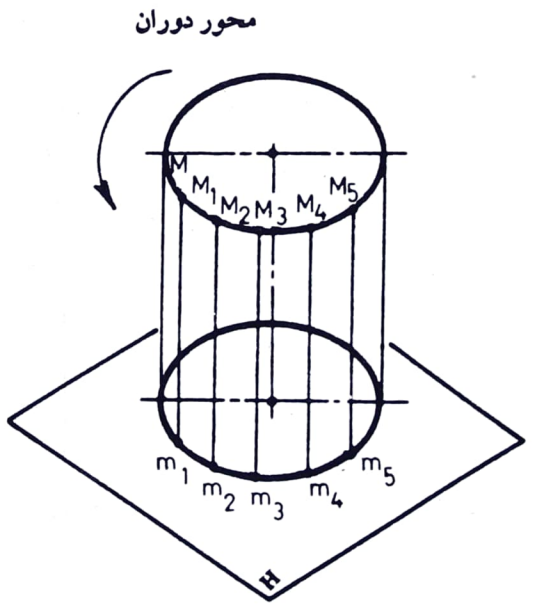
۲ ـ حال اگر تصاویر افقی مولدهای SE, SC, SB یعنی se, sc , sb را که بصورت خطهای غیر مشخص در تصاویر نمایش داده می شود. نسبت به مرکز S و در جهت یکی از فلشها چرخانده و روی یالهای $s'a'$, $s'f'$ منطبق کنیم اندازه واقعی آنها بدست می آید این عمل را دوران می نامند.





۴ ـ ۲ ـ دوران

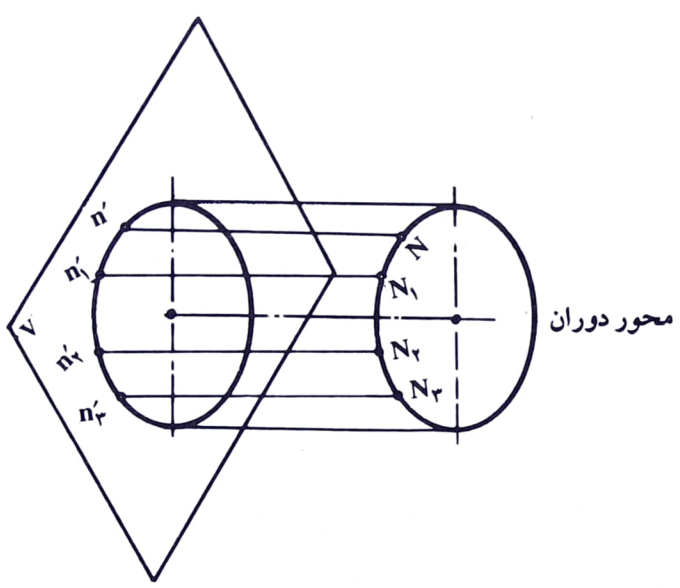
۱ ـ ۴ ـ ۲ ـ تعریف: وقتی نقطه ای با عـرض و ارتفاع مـشـخص حـول یک خط قـائم دوران کند، فـاصله اش از صـفـحـهٔ افـقی تصـویر کـه همـان ارتفـاع نـقطه یا Z نامیـده می شود، تغییـری نمی کند؛ فقط مقـدار عرض نقطه متناسب با زاویه دوران کم وزیاد خواهد شد (شکل ۱۸ـ۲)؛



شکل ۱۸ ـ ۲

یعنی $M_{m_1} = M_{2m_2} = M_{3m_3} = \ldots\ldots = Z$ از طرفی باز اگـر نقطه ای با عـرض و ارتفـاع مـشـخص حـول یک خط منتـصب دوران کند، فاصله اش از صـفحـهٔ قائم تصـویر که همان عرض نقطه یا y نامیـده می شود، تغیـیری نمی کند و تنهـا مقـدار ارتفـاع نقطه مـتناسب با زاویه دوران کم و زیاد می شود (مطابق شکل ۱۹ ـ ۲)؛ یعنی :

$$N_{m'} = N_{1m'_1} = N_{2m'_2} = \ldots\ldots = y$$



شکل ۱۹ ـ ۲

چنانچه بخواهیم خط غیرخاص را به خط افقیه تبدیل کنیم، باید تصویر قائم خط را به اندازه زاویه ای که با خط الارض دارد (β) دوران دهیم تا با خط زمین موازی شود.

و باز چنانچه بخواهیم خط غیرخاص را به خط جبهیه تبدیل کنیم، باید تصویر افقی خط را به اندازه زاویه ای که با خط الارض دارد (α) دوران دهیم تا با خط زمین موازی شود.

در تبدیل به خط افقیه مقدار y ودر تبدیل به خط جبهیه مقدارZ ثابت خواهد بود؛ از این رو در تصویر قـائم به مرکز a' و شـعـاع تصـویر قـائـم خط، به اندازه زاویه β خط را دوران داده به صورت $a'b'_1$ در می آوریم. تصـویر افقی b'_1 را b_1 می نامـیم. تـصـویر افـقی a' یعنی a را به b_1 وصل

$$AB$$

می کنیم؛ طول $\parallel$ طول واقـعی خط است. همـچنین در

$$ab_1$$

تصویر افقی به مرکز b و شعاع تصویر افقی خط، به اندازه زاویه α خط را دوران داده به صورت $a_1b = 1$ در می‌آوریم. تصویر قائم a_1 را a'_1 می‌نامیم. تصویر قائم a'_1 AB را به b' وصل می‌کنیم؛ طول a'_1b' // طول واقعی خط است.

نتیجه: در دوران طول خط قائم، نقاط تصویر افقی به اندازه زاویه دوران جا به جا می‌شود و ارتفاع نقاط همچنان ثابت باقی می‌ماند.

در دوران حول خط منتصب، نقاط تصویر قائم به اندازه زاویه دوران جا به جا می‌شود و عرض نقاط همچنان ثابت باقی می‌ماند.

آنچه که در دوران مهم است، یکی انتخاب مناسب مرکز دوران و دیگر تعیین مقدار زاویه دوران است که برای رسیدن به حل مسأله باید مشخص شود. از دوران می‌توان برای پیدا کردن طول حقیقی خط غیرخاص استفاده کرد.

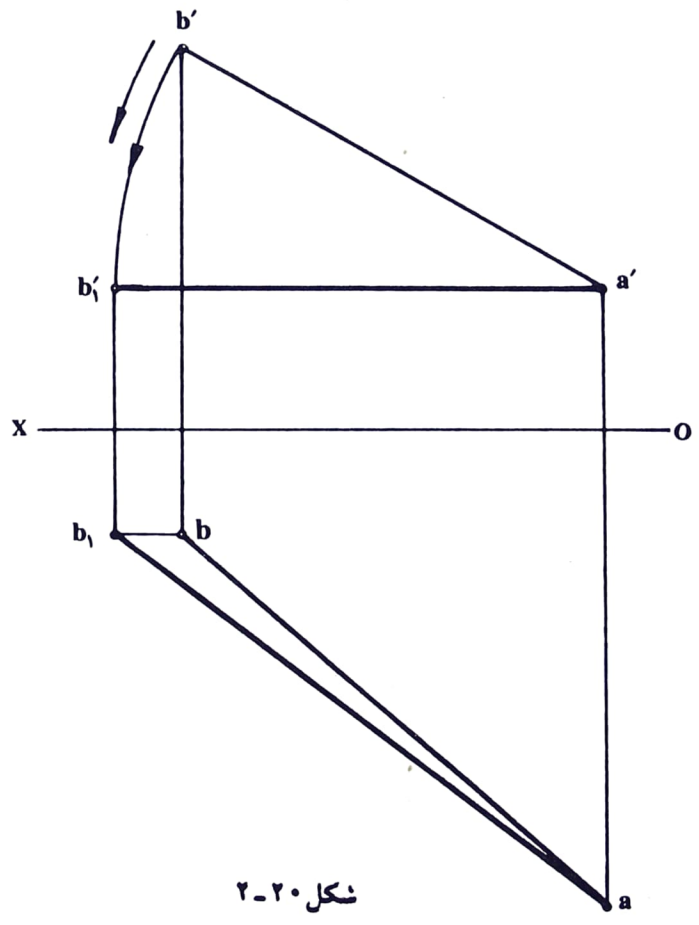
۲ ـ ۴ ـ ۲ ـ تعیین طول واقعی خط غیرخاص AB : برابر است: $\overline{AB} = ab_1$.

برای رسیدن به طول حقیقی در هر خط غیر خاصی باید آن را به یکی از دو خط افقیه یا جبهیه تبدیل کرد (شکل ۲۰ ـ ۲).

مطلوب است طول واقعی خط AB به کمک دوران (شکل ۲۰ ـ ۲).

حل : ابتدا ملخص را می‌کشیم. پس از رسم ملخص ملاحظه می‌شود که خط شرایط هیچکدام از خطوط خاص را ندارد، پس خط غیر مشخص است.

برای پیدا کردن اندازهٔ واقعی خط باید آن را به افقیه یا جبهیه تبدیل کرد. برای تبدیل خط به افقیه کافی است نقطه B را در جهت خلاف حرکت عقربه‌های ساعت آنقدر بچرخانیم که تصویر قائم نقطه یعنی b' ارتفاع a' را پیدا کند؛ بنابراین آن را به مرکز a' و به شعاع تصویر قائم خط یعنی $a'b'$ دوران می‌دهیم تا به صورت b'_1 در آید. و چون عرض آن بدون تغییر باقی مانده است، تصویر افقی جدید یعنی b_1 به دست می‌آید. همان طور که ملاحظه می‌شود، با توجه به تصاویر جدید به دست آمده قائم وافقی یعنی $a'b'_1$ و ab_1 خط افقیه است؛ بنابراین ab_1 با اندازه واقعی خط



شکل ۲۰ ـ ۲

تمرین

۱ ـ تصاویر قـائم و افقی خطی را رسم کنید که فـاصله اش از صفحه افـقی تصویر بین دو اندازه ۱۵ mm و ۳۵ mm بوده از طرفی در صفحه قائم تصویر قرار داشته باشد.

۲ ـ تصاویر قائم وافقی خطی را رسم کنید که فاصله اش از صفحه قائم تصویر بین دو اندازه ۱۰ mm و ۴۰ mm بوده از طرفی در صفحه افق تصویر قرار داشته باشد.

۳ ـ یک خط نسبت به صفحات تصویر چه حالتی دارد؟

۴ ـ تصویر جانبی کدام یک از خطوط دارای اندازه حقیقی است؟

۵ ـ کدام یک از خطوط تصاویری به صورت نقطه دارد و کدام خط به کدام تصویر ؟

۶ ـ در کدام یک از خطوط طول حقیقی خط با اندازه تصاویر قائم وافقی آن خط برابر است؟

۷ ـ خطی که دارای z های مساوی باشد، چه نام دارد؟

۸ ـ خطی که دارای y های مساوی باشد، چه نام دارد؟

۹ ـ تصویر جانبی کدام یک از خطوط به صورت نقطه نمایش داده می شود؟

۱۰ ـ چهار حالت برای یک خط غیرخاص نمایش دهید.

۱۱ ـ تصاویر قائم و افقی خطی را نمایش دهید که در صفحه نیمساز فرجه اوّل قرار دارد.

۱۲ ـ وجه مشترک خط مواجه و خط افقیه در چیست؟

۱۳ ـ وجه مشترک خط مواجه و خط جبهیه در چیست؟

۱۴ ـ خط زمین مکان هندسی تصاویر افقی نقاطی است که روی اثر . . . . خط واقع است.

۱۵ ـ خط زمین مکان هندسی تصاویر قائم نقاطی است که روی اثر . . . . خط واقع است.

۱۶ ـ برای تبدیل خط غیرخاص به خط افقیه دوران حول چه محوری است؟

۱۷ ـ برای تبدیل خط غیرخاص به خط جبهیه دوران حول چه محوری است؟

۱۸ ـ آیا می توان به کمک دوران خط غیرخاص را به خط مواجه تبدیل کرد؟

۱۹ ـ در دوران به چه نکاتی باید توجه داشت؟

۲۰ ـ خط قائمی رسم کنیـد و سپس تحقـیق کنید که آیا می توان به کـمک دوران، آن را تبدیل به خط مواجه کرد؟ در آن صورت محور دوران چگونه خطی است؟

۲۱ ـ یک خط افقیه رسم کرده سپس به کمک دوران، آن را به خط مواجه تبدیل کنید؛ در آن صورت محور دوران چگونه خطی است؟

فصل سوم

صفحه

هدفهای رفتاری : ازفراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل :

ـ صفحه را معرفی و حالتهای مختلف آن را بیان کند .

ـ صفحه را به وسیله آثار آن نمایش دهد .

ـ حالتهای مختلف صفحه نسبت به صفحات تصویر را شرح دهد .
(صفحه قائم، منتصب، افقی و جبهی)

ـ حالتهای مختلف صفحهٔ محدود را نسبت به صفحات تصویر شرح دهد .

ـ اندازهٔ واقعی صفحات خاص را معین کند .

مدت زمان آموزش

۴ ساعت

۳ ـ صفحه

۱ ـ ۳ ـ حالتهای مختلف نمایش صفحه

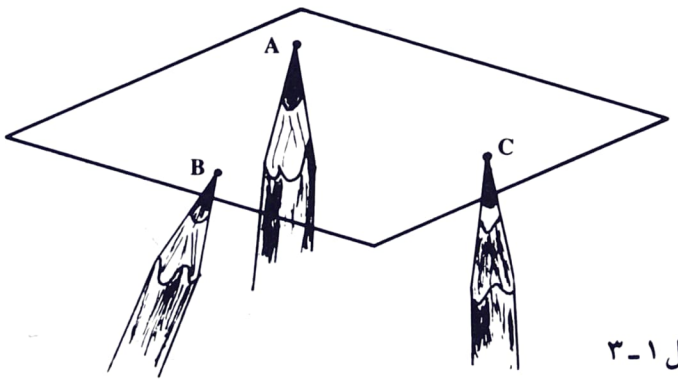
تعریف : صفحه سطحی است مستوی، بدون انحنا و از هر جهت نامحـدود. صفحه در فضا ساخـته می‌شود. به کمک :

الف ـ سه نقطه غیر واقع بر یک راستا (شکل ۱ ـ ۳) ؛

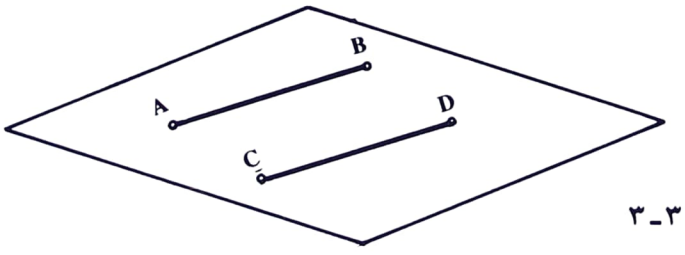
ب ـ یک خط و یک نقطه (شکل ۲ ـ ۳) ؛

پ ـ دو خط موازی (شکل ۳ ـ ۳) ؛

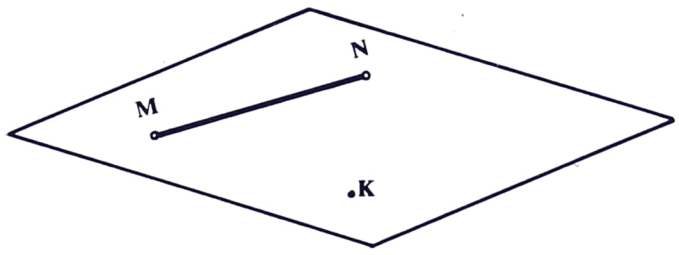
ت ـ دو خط متقاطع (شکل ۴ ـ ۳) .



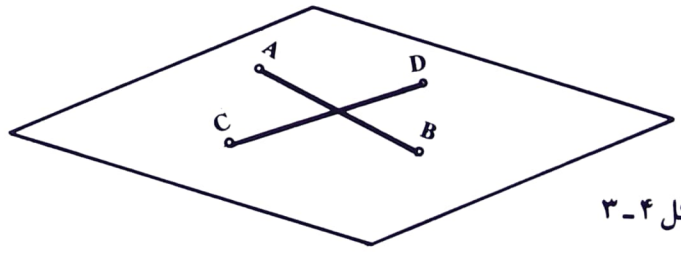
شکل ۱ ـ ۳



شکل ۳ ـ ۳

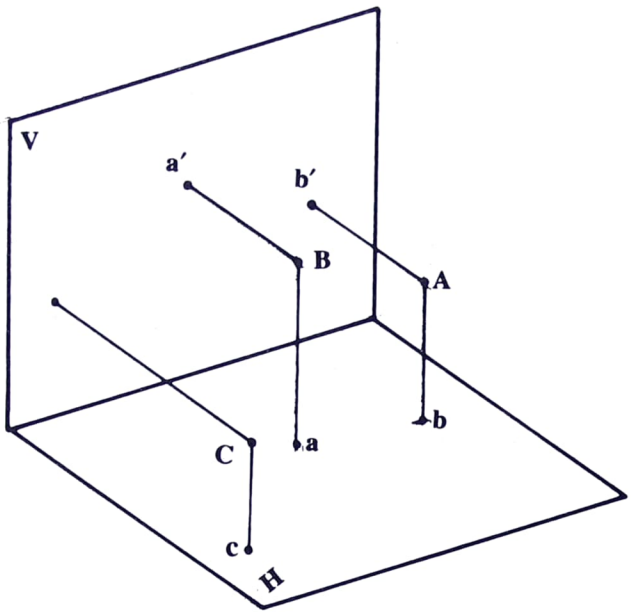


شکل ۲ ـ ۳

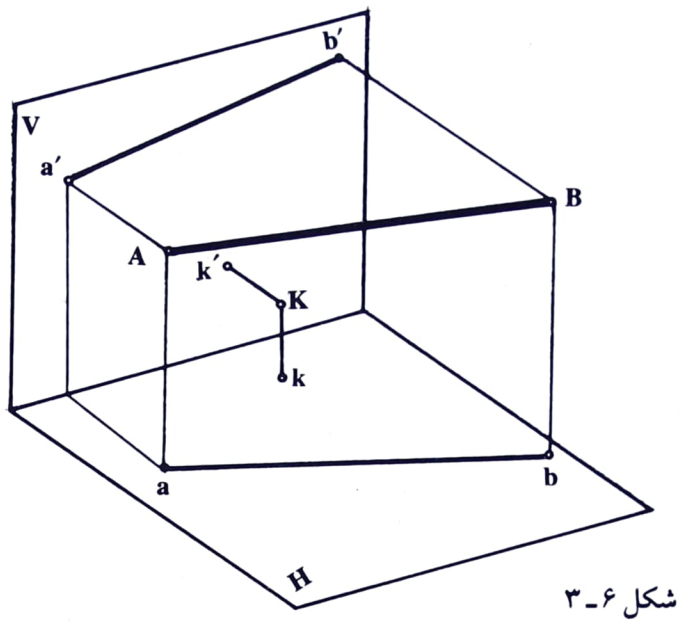


شکل ۴ ـ ۳

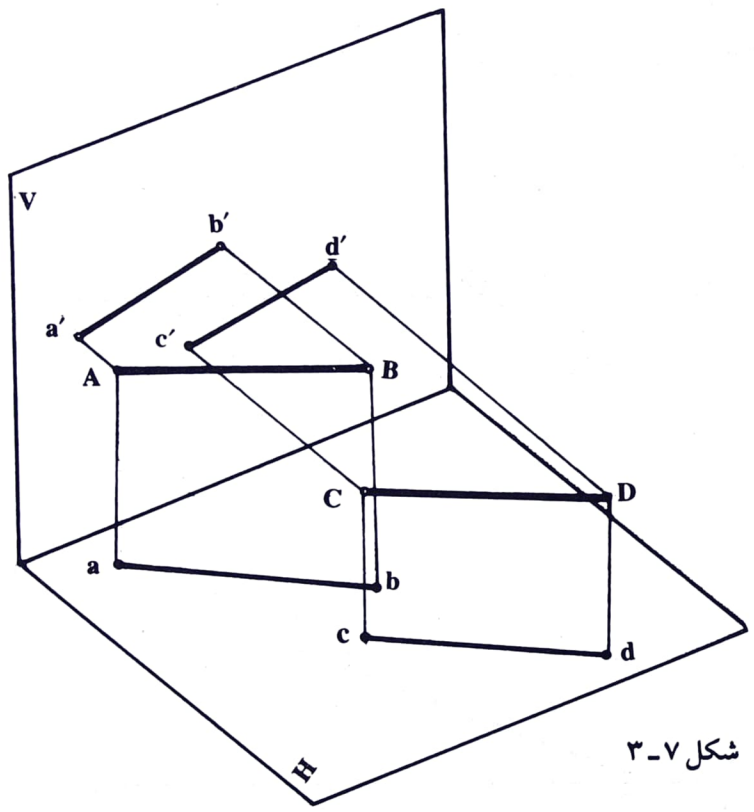
در ملخص کـه با تصاویر سـر و کار داریم، تصـاویر صـفحـات را با توجه به شکلهـایی فـضایی نشـان می دهیم (شکلهای ۵ـ۳الی ۱۲ـ۳).



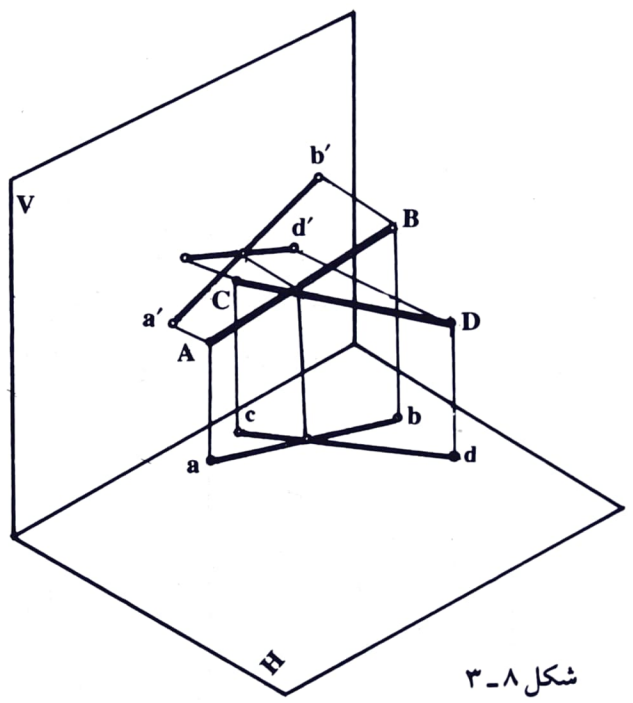
شکل ۵ـ۳



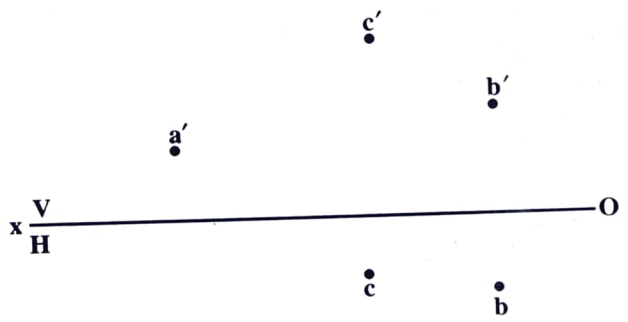
شکل ۶ـ۳



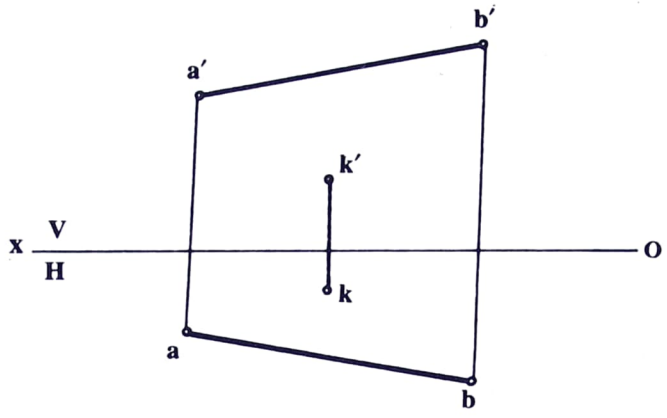
شکل ۷ـ۳



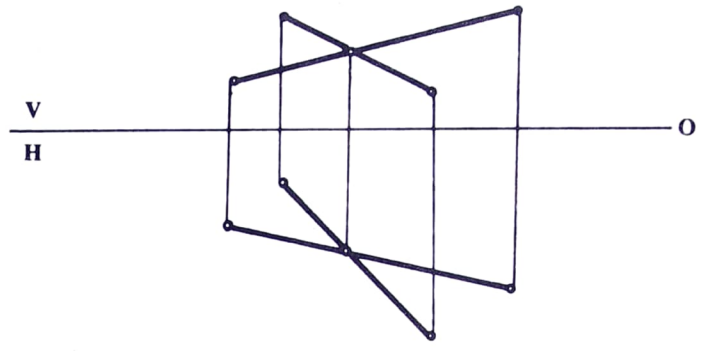
شکل ۸ـ۳



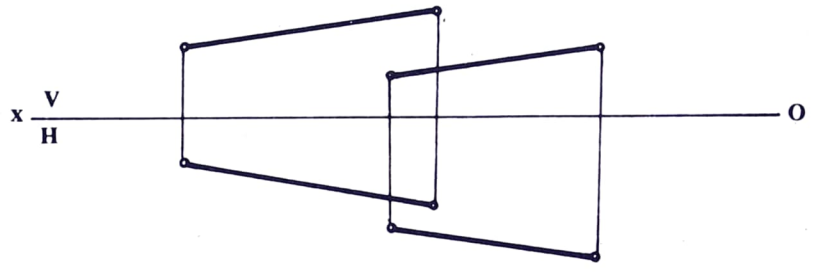
شکل ۹ـ۳



شکل ۱۰ـ۳



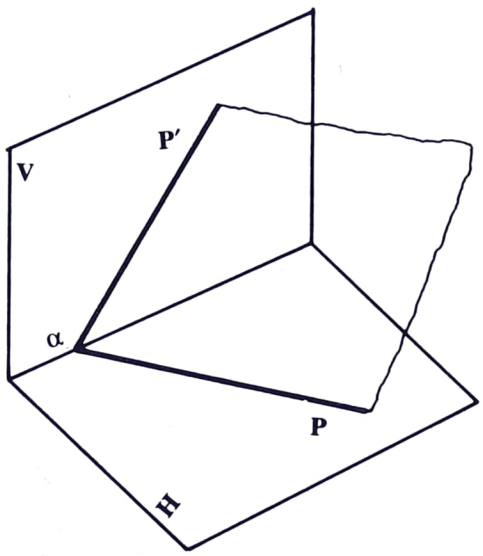
شکل ۱۱ـ۳



شکل ۱۲ـ۳

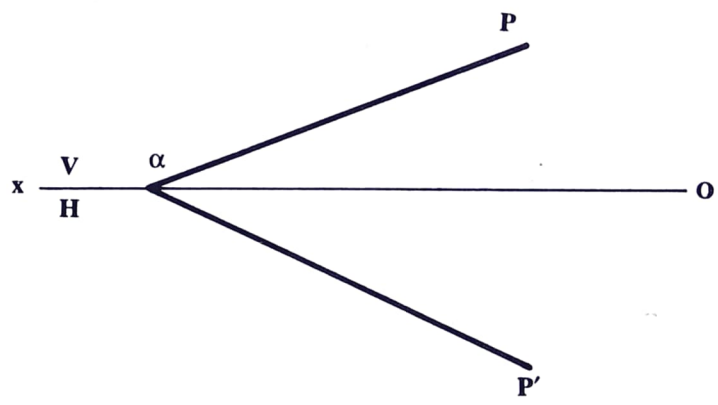
۲ ـ ۳ ـ نمایش صفحه به وسیله آثار آن

روش دیگر نشان دادن صفحات نمایش آنها به وسیله آثارشان است.



شکل ۱۳ـ۳

فصل مشترک هر صفحه را با صفحات تصویر قائم و افقی تصویر به ترتیب، اثر قائم صفحه و اثر افقی صفحه می‌نامند. (شکلهای ۱۳ ـ ۳ و ۱۴ ـ ۳).



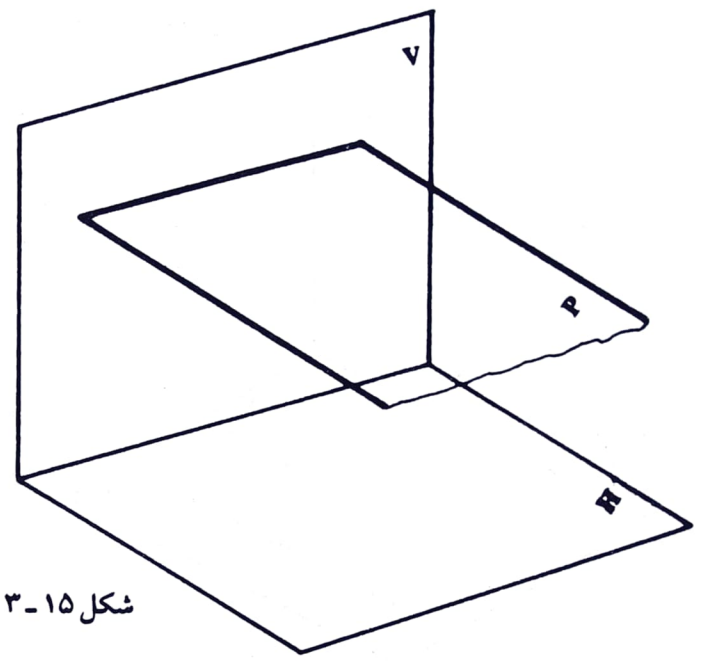
شکل ۱۴ـ۳

آثار قائم صفحات را در فضا با حروف بزرگ Q و S و ... و آثار افقی را با P و R و ... مشخص می‌کنیم.

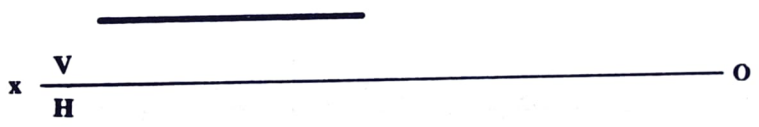
۳ـ۳ـ حالتهای مختلف صفحه نسبت به صفحات تصویر

با توجه به وضع قرار گرفتن صفحه نسبت به صفحات تصویر، در فرجه اوّل حالتهای مختلفی پیش می‌آید که به بررسی آن می‌پردازیم.

۱ـ۳ـ۳ـ صفحه افقی: صفحه‌ای موازی صفحه افقی تصویر قرار دارد (شکل ۱۵ ـ ۳) که به آن صفحهٔ افقیه گفته می‌شود و دارای اثر قائم است که در ملخص موازی خط زمین رسم می‌شود و اثرافقی ندارد[1] (شکل ۱۶ ـ ۳).

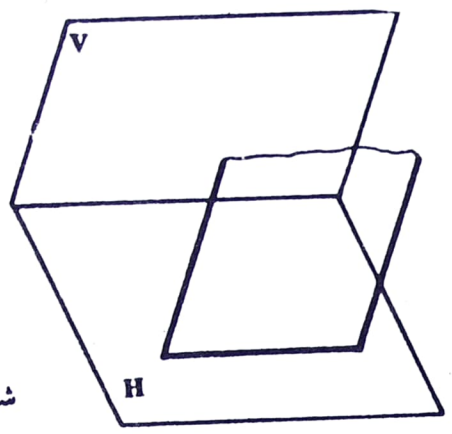


شکل ۱۵ـ۳



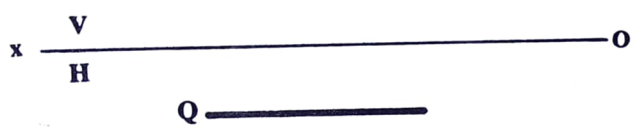
شکل ۱۶ـ۳

۲ـ۳ـ۳ـ صفحهٔ جبهی: صفحه‌ای موازی صفحهٔ قائم تصویر قرار دارد (شکل ۱۷ ـ ۳) که به آن صفحهٔ جبهیه گفته می‌شود و همان طورکه درشکل فضا مشخص شده



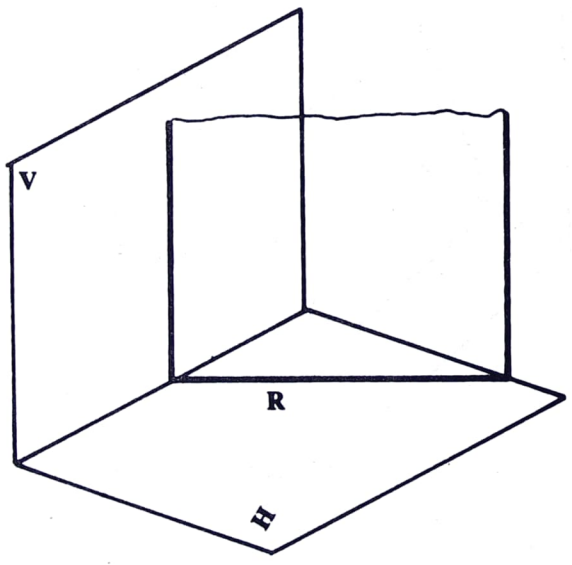
شکل ۱۷ـ۳

است، فقط اثر افقی دارد که در ملخص خطی موازی خط زمین رسم می‌شود[2] (شکل ۱۸ ـ ۳).



شکل ۱۸ـ۳

۳ـ۳ـ۳ـ صفحه قائم: صفحه‌ای عمود بر صفحه افقی تصویر است (شکل ۱۹ ـ ۳) که اثر قائم آن عمود برخط زمین و اثر افقی آن متقاطع با خط زمین است.

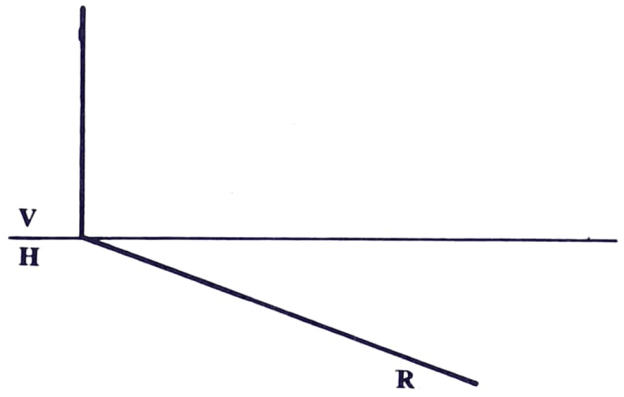


شکل ۱۹ـ۳

۱ـ بار دیگر به دنبال همین مبحث از صفحات به صورت محدود صحبت خواهد شد که در آن قسمت به شرح خواص هریک از صفحات اشاره خواهد شد.

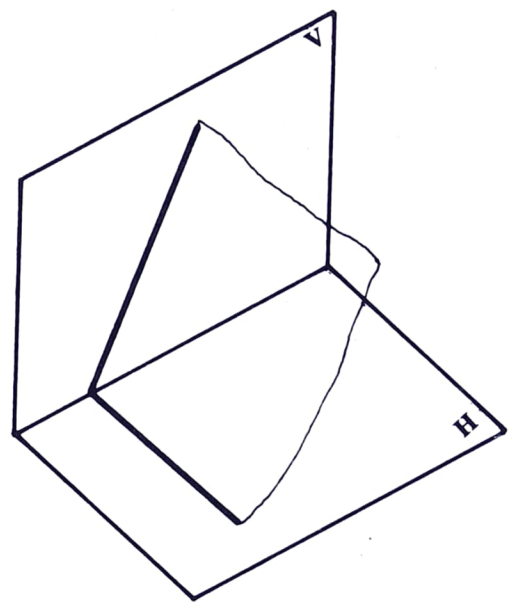
۲ـ تذکر این نکته نیز لازم است که در ملخص تصویر افقی اثر قائم را که روی خط زمین است و تصویر قائم اثر افقی را نیز که روی زمین است نامگذاری نمی‌کنیم «مثلاً برای QQ' که Q روی خط زمین است نوشته نمی‌شود».

به این صفحه قائم گفته می شود که در ملخص به شکل ۲۰ ـ ۳ نشان داده شده است و زاویه ای که صفحه با صفحهٔ قائم تصویر می سازد، همان زاویه ای است که در ملخص اثر افقی صفحه با خط زمین می سازد.



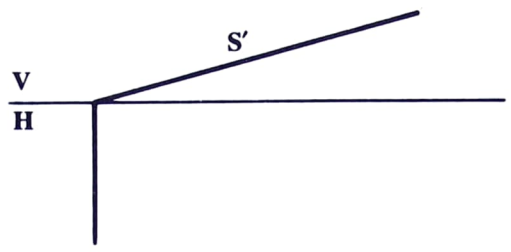
شکل ۲۰ ـ ۳

۴ ـ ۳ ـ ۳ ـ صفحه منتصب: صفحه عمود برصفحه قائم تصویر است (شکل ۲۱ ـ ۳) اثرافقی صفحه خطی



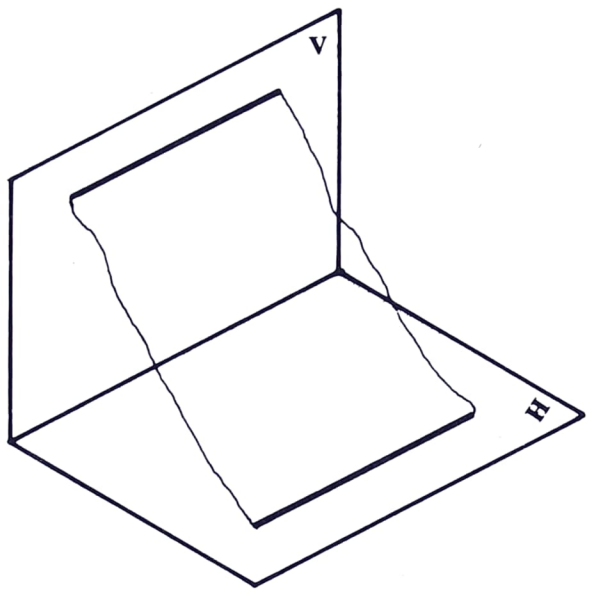
شکل ۲۱ ـ ۳

عمود برخط زمین و اثر قائم آن خطی متقاطع با خط زمین است که به این صفحه منتصب گفته می شود که در ملخص به (شکل ۲۲ ـ ۳) نمایش داده می شود. زاویه ای که صفحه با صفحه افقی تصویر دارد، همان زاویه ای است که در ملخص اثر قائم با خط الارض می سازد.



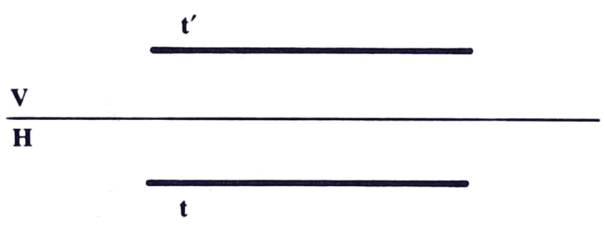
شکل ۲۲ ـ ۳

۵ ـ ۳ ـ ۳ ـ صفحه مواجه: صفحه موازی خط زمین است (شکل ۲۳ ـ ۳) اثر قائم صفحه موازی خط زمین و اثر افقی صفحه نیز موازی خط زمین است.



شکل ۲۳ ـ ۳

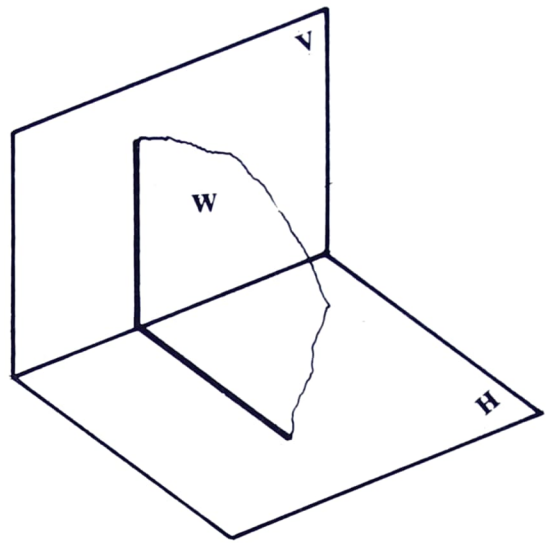
به این صفحه مواجه گفته می شود و اثر آن در ملخص شکل ۲۴ ـ ۳ به صورت دو خط موازی با خط زمین رسم می شود.



شکل ۲۴ ـ ۳

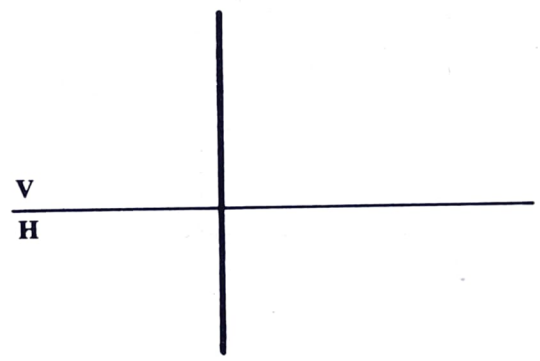
۶ ـ ۳ ـ ۳ ـ صفحه نیمرخ: صفحه عمود برخط زمین

است (شکل ۲۵ـ۳) . اثر قائم صفحه خطی عمود برخط زمین و اثر افقی صفحه نیز خطی عمود بر خط زمین است .



شکل ۲۵ـ۳

به این صفحه نیمرخ می گویند و در ملخص به (شکل ۲۶ـ۳) نشان داده می شود .

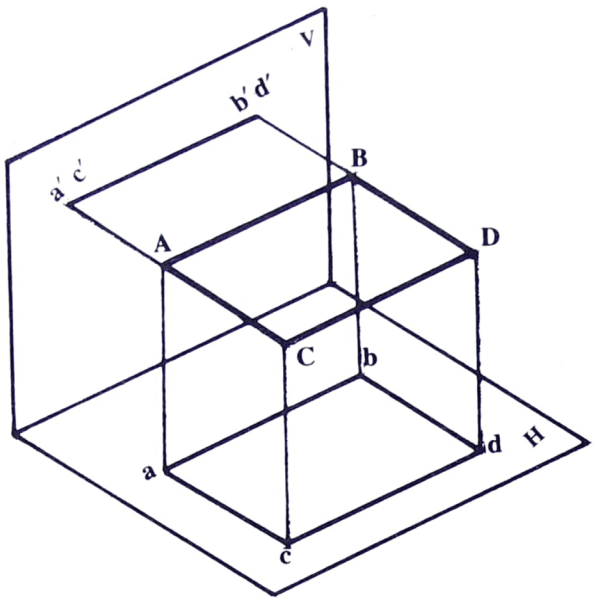


شکل ۲۶ـ۳

۴ـ۳ ـ حالتهای مختلف صفحه محدود نسبت به صفحات تصویر

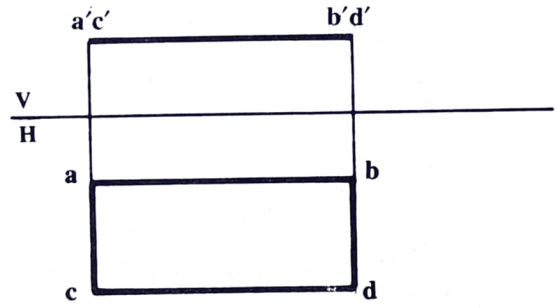
بار دیگر حالتهای مختلف صفحه را نسبت به صفحات تصویر قائم وافقی با در نظر گرفتن یک محدود بررسی می کنیم تا آگاهی بیشتری از شرایط و خواص صفحه در حالتهای مختلف پیدا کنیم .

۱ ـ ۴ ـ ۳ ـ صفحه افقی که موازی صفحه افقی تصویر است: همان طور که در شکل ۲۷ ـ ۳ نشان داده شده است ،



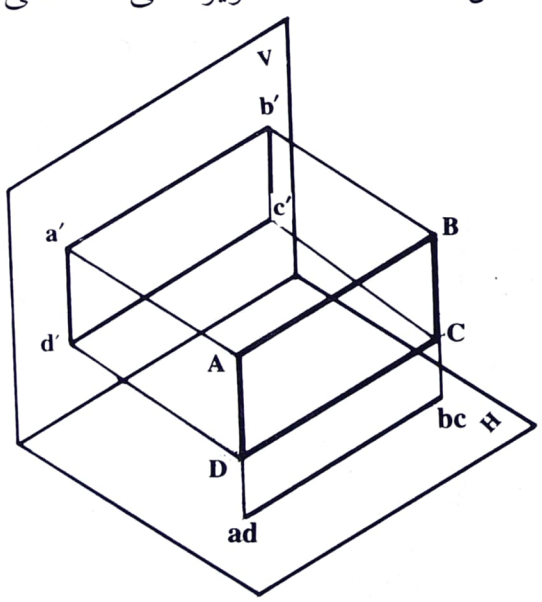
شکل ۲۷ـ۳

تصویر قائم آن خطی موازی خط زمین و تصویر افقی آن اندازهٔ واقعی صفحه در فضا است که در ملخص به شکل ۲۸ـ ۳نشان داده می شود .



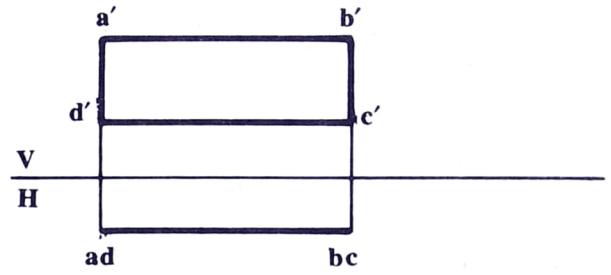
شکل ۲۸ـ۳

۲ ـ ۴ ـ ۳ ـ صفحه جبهی که موازی صفحه قائم تصویر است : (شکل ۲۹ ـ ۳) . تصویر افقی آن خطی



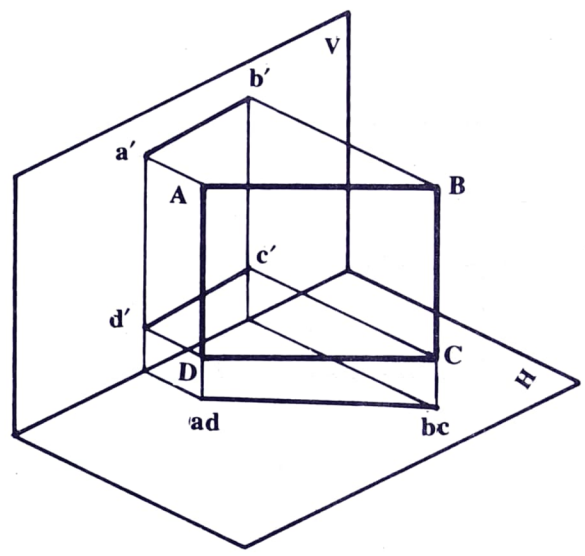
شکل ۲۹ـ۳

موازی خط زمین و تصویر قائم آن به اندازه و شکل حقیقی صفحه در فضا است که در ملخص به (شکل ۳۰ ـ ۳) نمایش داده می شود .



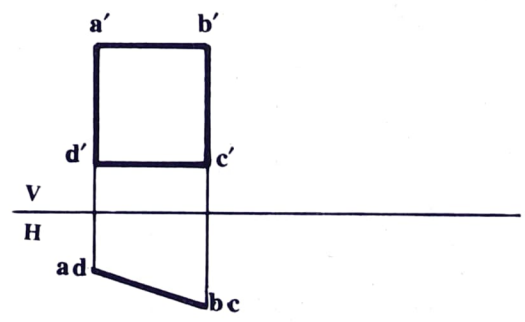
شکل ۳۰ـ۳

۳ ـ ۴ ـ ۳ـ صفحه قائم عمود بر صفحه افقی تصویر است : (شکل ۳۱ ـ ۳) . تصویر افقی آن یک خط و تصویر



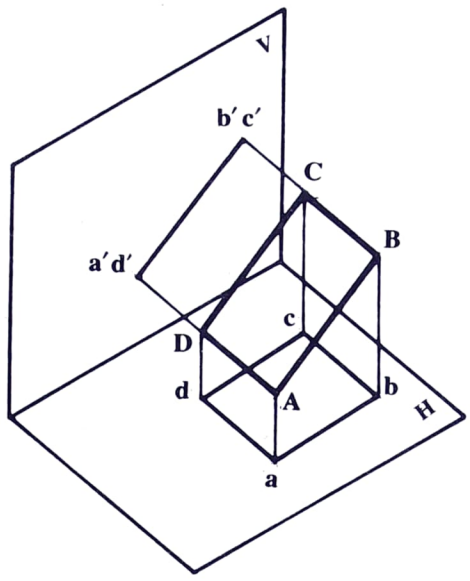
شکل ۳۱ـ۳

قائم آن یک شکل بدون اندازه واقعی است که در ملخص به (شکل ۳۲ ـ۳) نمایش داده می شود .



شکل ۳۲ـ۳

۴ ـ ۴ ـ ۳ـ صفحهٔ منتصب عمود بر صفحه قائم تصویر است : (شکل ۳۳ ـ ۳) تصویر قائم صفحه فقط یک



شکل ۳۳ـ۳

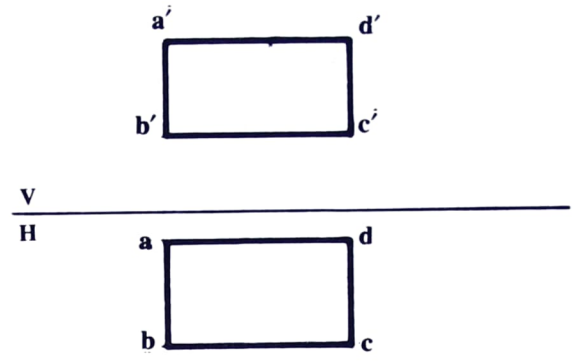
خط و تصویر افقی آن یک شکل بدون اندازه حقیقی است که در ملخص به (شکل ۳۴ ـ ۳) نمایش داده می شود .

شکل ۳۴ـ۳

۵ ـ ۴ ـ ۳ـ صفحه مواجه موازی خط زمین است :
(شکل ۳۵ ـ ۳) تصویر قائم وافقی آن یک شکل بدون اندازه

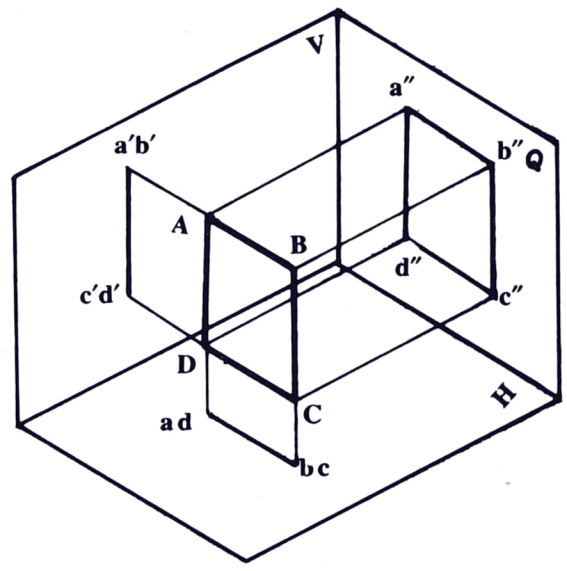
شکل ۳۵ـ۳

واقـعی و تصویر جـانبی آن یک خط است کـه در ملخص به شکل ۳۶ ـ ۳ نشان داده می شود.



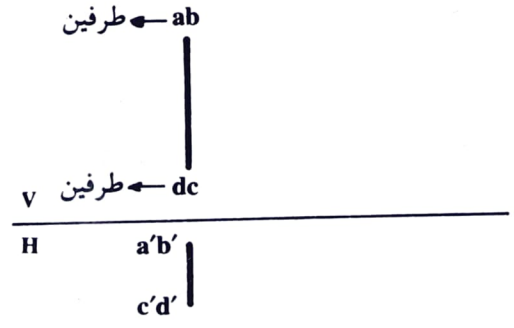
شکل ۳۶ ـ ۳

۶ ـ ۴ ـ ۳ ـ صفحه نیمرخ عمود بر خط زمین است : (شکل ۳۷ ـ ۳). تصویر قائم و تصـویر افقی آن خطی است



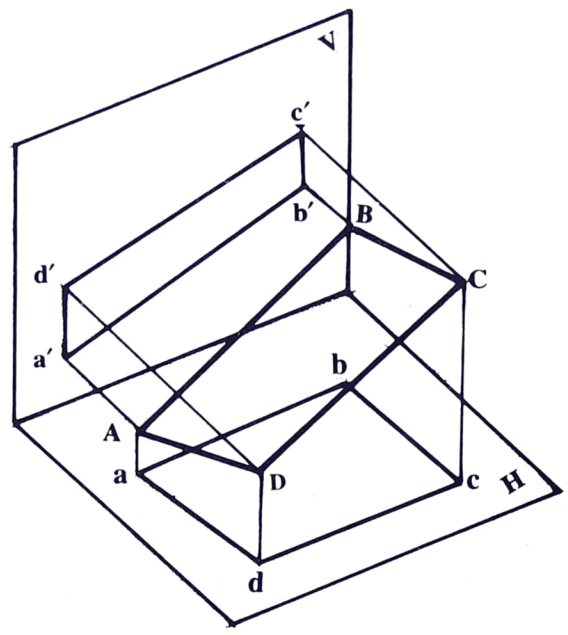
شکل ۳۷ ـ ۳

در راستای یک خط رابط و تصویر جانبی آن به شکل و اندازه واقعی صفحه است که در ملخص به (شکل ۳۸ ـ ۳) نمایش داده می شود.

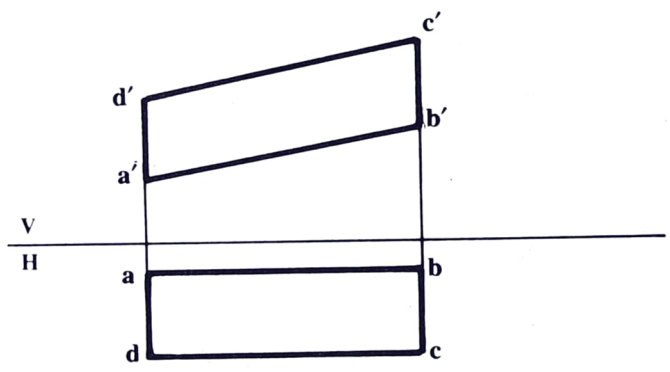


شکل ۳۸ ـ ۳

۷ ـ ۴ ـ ۳ ـ صفحه غیرخاص : که موازی هیچ کدام از صفحات تصویر نبوده همچنین عمود بر خط زمین یا موازی با آن نیست (شکل ۳۹ ـ ۳) و در ملخص به (شکل ۴۰ ـ ۳) نمایش داده می شود.



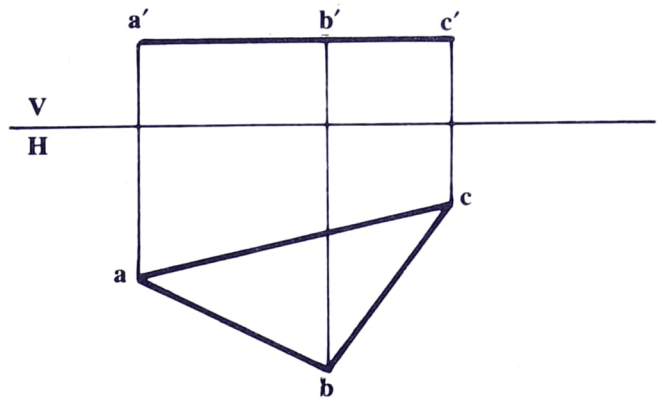
شکل ۳۹ ـ ۳



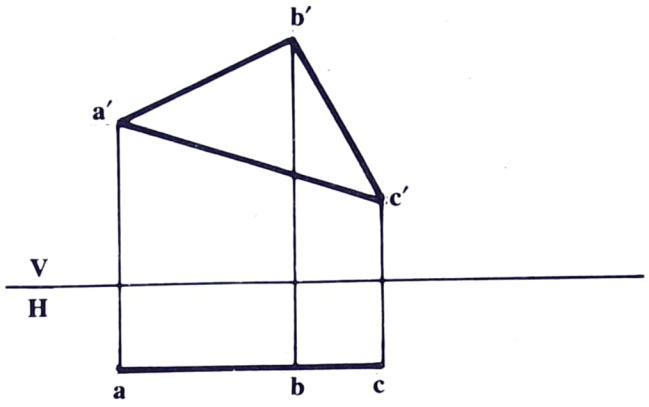
شکل ۴۰ ـ ۳

۵ ـ ۳ ـ اندازه واقعی صفحات خاص

با توجه به ملخص صفحات همـان طور که قبلاً شرح داده شد، تصـویر افقی صفحـه افقیـه و تصویر قائم صفـحه جبهـیه (شکلهای ۴۱ ـ ۳ و ۴۲ ـ ۳) دارای اندازه حقـیقی هستند. برای پیدا کردن اندازه حقیـقی سایر صفحات خاص می توان از روش دوران و یا تغییر صفحـه استفاده کرد که در اینجا از روش دوران استفاده شده است.



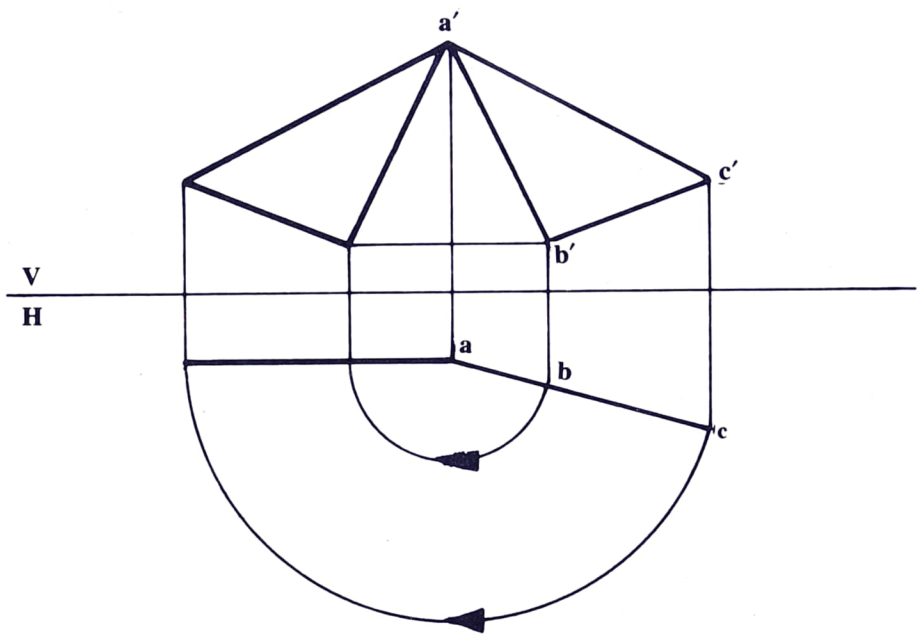
شکل ۴۱ـ۳



شکل ۴۲ـ۳

۱ـ۵ـ۳ـ برای پیدا کردن اندازه واقعی صفحه قائم : تبدیل کرد (شکل ۴۳ ـ ۳).

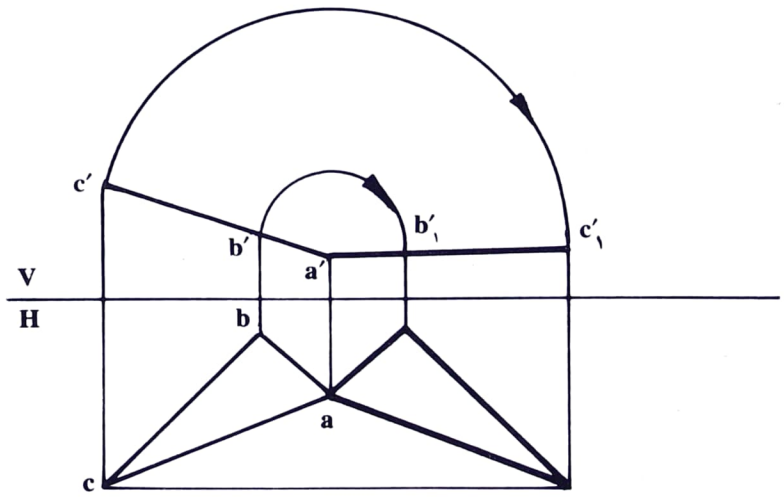
می‌توان با دوران حول محور قائم آن را به صفحه جبهه



شکل ۴۳ـ۳

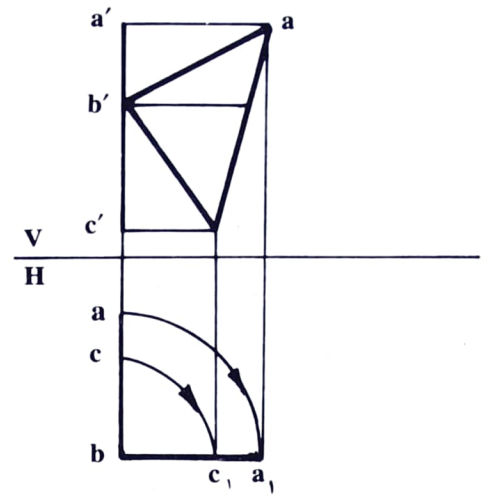
۲ـ۵ـ۳ـ برای پیدا کردن اندازه واقعی صفحه صفحه افقیه تبدیل کرد (شکل ۴۴ـ۳).

منتصب : می‌توان با دوران حول محور منتصب، آن را به

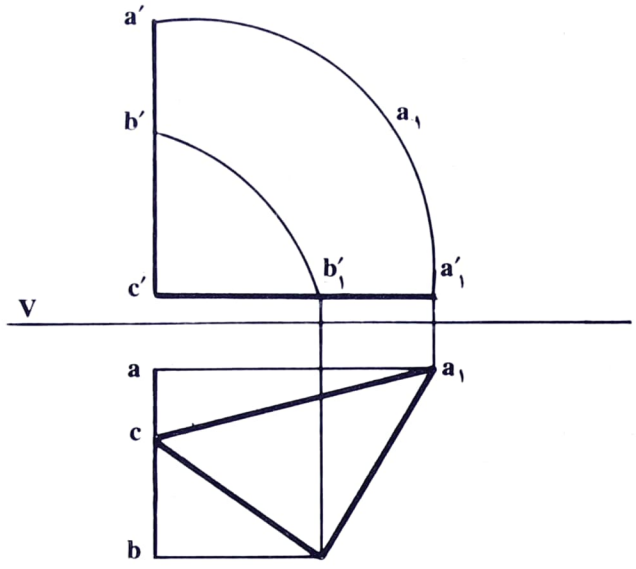


شکل ۴۴ـ۳

۳ـ۵ـ۳ـ برای پیدا کردن اندازهٔ واقعی صفحه نیمرخ: کافی است تصویر جانبی رسم شود؛ بدین ترتیب اندازهٔ واقعی به دست خواهد آمد (تصویر جانبی تغییر صفحه افقی است که خط زمین جدید تحت زاویه 90° نسبت به خط زمین قبلی رسم می شود) و یا به روش دوران در دو حالت به اندازه واقعی صفحه رسید. (شکلهای ۴۵ـ۳ و ۴۶ـ۳).



شکل ۴۵ـ۳



شکل ۴۶ـ۳

تمرین

۱ ـ مجموعه Z های یک صفحه افقی همه با هم . . . . . .

۲ ـ مجموعه y های یک صفحه جبهی همه با هم . . . . . .

۳ ـ صفحه افقی فقط دارای اثر . . . . . است .

۴ ـ صفحه جبهی فقط دارای اثر . . . . . است .

۵ ـ خط زمین نسبت به آثار قائم واقعی صفحه مواجه چه وضعی دارد؟

۶ ـ اثر قائم صفحه قائم با خط زمین چه رابطه ای دارد؟

۷ ـ اثر افقی صفحه قائم با خط زمین چه رابطه ای دارد؟

۸ ـ تصاویر قائم و افقی صفحهٔ نیمرخی به شکل دایره با قطر ۴۵ mm را که مرکز آن O $\begin{vmatrix}۲۵\\۳۰\\۳۵\end{vmatrix}$ است نمایش دهید.

۹ ـ هر خط افقیه موجود در یک صفحه با اثر افقی آن صفحه چه رابطه ای دارد؟

۱۰ ـ X خط جبهیه موجود در یک صفحه با اثر قائم آن صفحه چه رابطه ای دارد؟

۱۱ ـ مطلوب است رسم تصاویر قائم و افقی صفحهٔ جبهیه ای به شکل دایره با شعاع ۲۵ mm که فاصله اش از صفحه قائم تصویر برابر ۱۵ mm و فاصله مرکز آن از صفحه افقی تصویر مساوی ۳۰ mm باشد.

فصل چهارم

رابطه نقطه و خط و صفحه نسبت به یکدیگر

هدفهای رفتاری : از فراگیر انتظار می رود که در پایان این فصل :

ـ وضع نقطه و خط را نسبت به یکدیگر تعیین کند .

ـ وضع نقطه و صفحه را نسبت به یکدیگر تعیین کند .

ـ وضع دو خط را نسبت به یکدیگر تعیین کند .

ـ وضع خط و صفحه را نسبت به یکدیگر تعیین کند .

ـ وضع صفحه و صفحه را نسبت به یکدیگر تعیین و قسمتهای مرئی و مخفی آن را معین کند .

مدت زمان آموزش

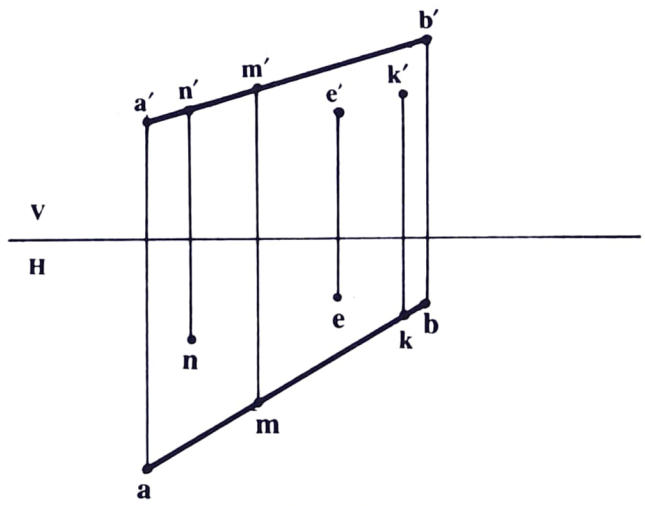
۴ ساعت

۴ ـ رابطه نقطه و خط و صفحه نسبت به یکدیگر

۱ ـ ۴ ـ بررسی وضع نقطه و خط

نقطه نسبت به خط دو حالت دارد : نقطه یا روی خط است و یا خارج آن . اگر نقطه روی خط باشد، لازم است تصویر قائم آن روی تصویر قائم خط و تصویر افقی آن نیز روی تصویر افقی خط باشد . در شکل ۱ ـ ۴ نقطه mm' روی خط $aba'b'$ است .

اگر نقطه در خارج خط باشد، یکی از تصاویر «یا هر دو تصویر» آن روی تصاویر خط قرار ندارد، مثل nn' و kk' و ee' (شکل ۱ ـ ۴).

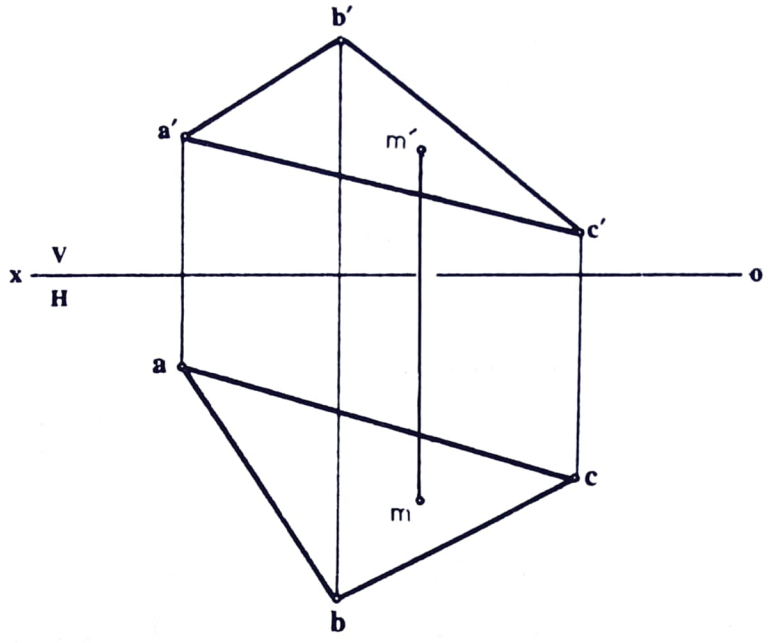


شکل ۱ ـ ۴

۲ ـ ۴ ـ بررسی وضع نقطه و صفحه

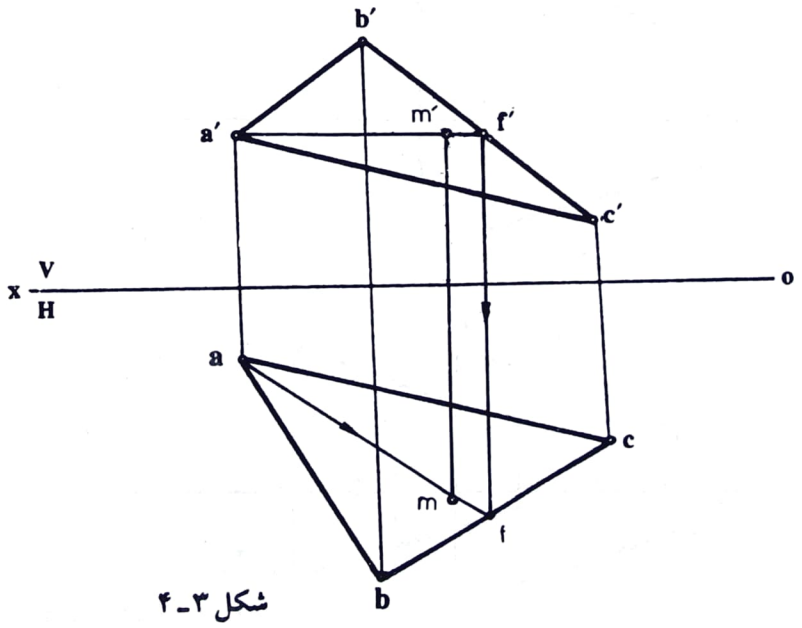
نقطه و صفحه نیـز نسبت به یکدیگر دو حالت دارند: نقطه یا روی صفحه است و یا خارج آن.

در شکل ۲ ـ ۴ صفـحه ABC و نقطه M هر یک در دو نما داده شده است.



شکل ۲ ـ ۴

برای تحقیق آن که نقطه M روی صفحه ABC قرار دارد یا نه، یکی از تصاویر صـفحه مـثلاً a′b′c′ را انتخاب می کنیم و خطی از صفحه را در نظر می گیریم (شکل ۳ ـ ۴) این خط باید از m′m بگذرد و البته تفـاوتی نمی کند که خط افقیه یا غیر مشخص باشد.



شکل ۳ ـ ۴

در شکل، خط a′m′ را در نظر گـرفـتـیم a′m′ در نقطه f′ ضلع b′c′ را قطع می کند. با تعیین f به کمک خط رابط روی ضلع bc ، تصویر افقی خط یعنی a واقع در صفحه تعیین می شود حال:

ـ اگر M روی AF واقع شد m′m در صفحه قرار دارد.

ـ اگر M روی AF واقع نشد m′m روی صفحه قرار ندارد.

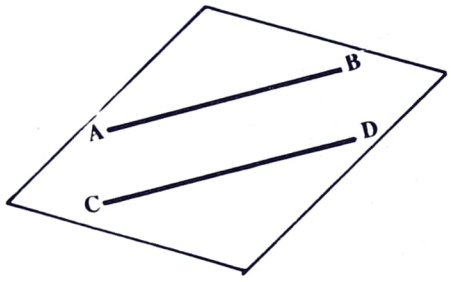
حل مسأله را از تصویر افقی نیز می توان شروع کرد.

۳ ـ ۴ ـ بررسی وضع دو خط نسبت به یکدیگر

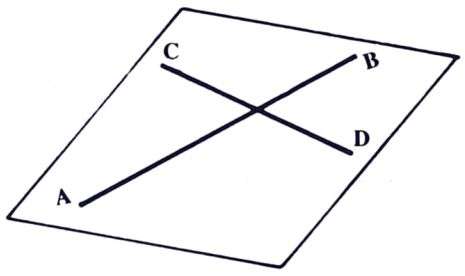
دو خط در صفحه تنها دو حالت دارد:

الف ـ متوازی (شکل ۴ ـ ۴)؛

ب ـ متقاطع (شکل ۵ ـ ۴).



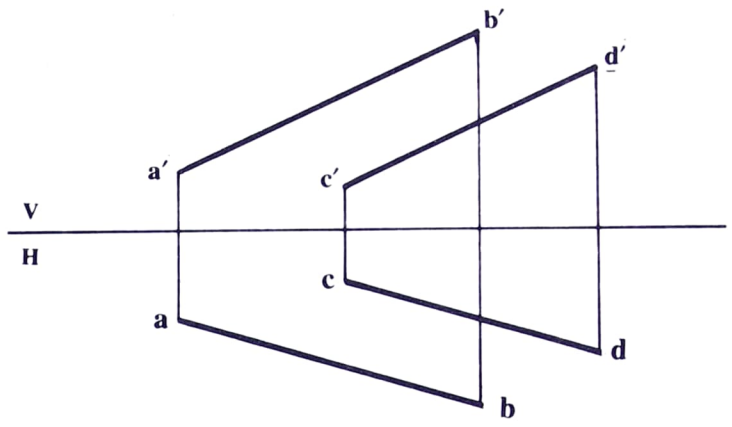
شکل ۴ ـ ۴



شکل ۵ ـ ۴

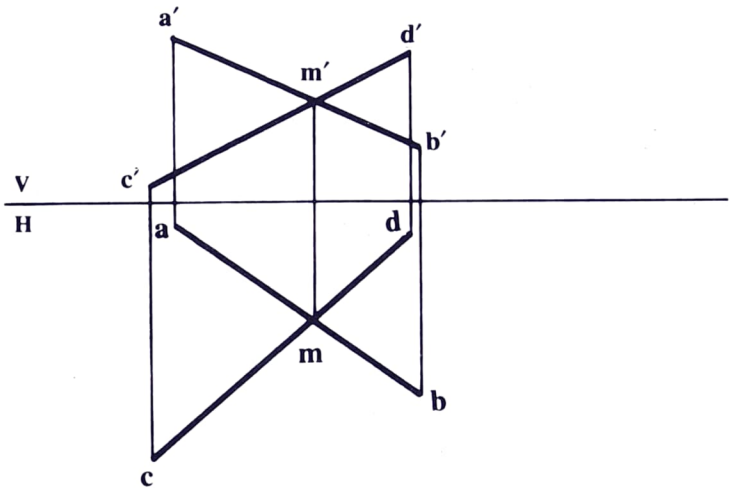
البتـه در فضا علاوه بر دو حـالت گفته شـده، حالت سـومی نیـز دارد؛ یعنی نه مـوازی و نه متـقـاطع است. این حالت را متنافر می گویند و در ملخص به شرح زیر نشان داده می شود.

۱ ـ ۳ ـ ۴ ـ دو خط موازی: دو خط در فـضا مـوازی است. در این حـالت تصاویـر قائم دو خط با هم مـوازی و تصـاویر افـقی آن دو خط نیـز با هم مـوازی است (شکل ۶ ـ ۴).



شکل ۶ـ۴

۲ـ۳ـ۴ـ دو خط متقاطع : چنانچه دو خط در فضا متقاطع باشد، تصاویر همنام در ملخص نیز متقاطع می شود و M نقطه تقاطع در دو تصـویر قائم و افقی درراسـتای یک خط رابط است (شکل ۷ـ۴).

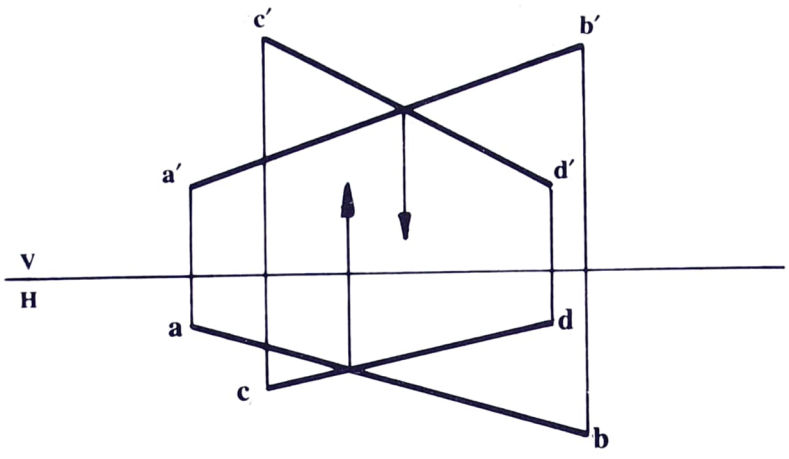


شکل ۷ـ۴

۳ـ۳ـ۴ـ دو خط متنافر : در صورتی که دو خط نه موازی و نه متقاطع باشد، متنافر خواهد بود که در تصاویر، ممکن است صـورت ظاهر دو خط متقاطع را داشـته باشد؛ البـته نـقطه تقاطـع ظاهری در راستـای یک خط رابط قـرار نمی گیرد (شکل ۸ـ۴).

مثال : خط AB و نقطه C مفـروض است. مطلوب است:

الف ـ رسـم مـوازی از نقـطه C با خط AB (چند جواب)

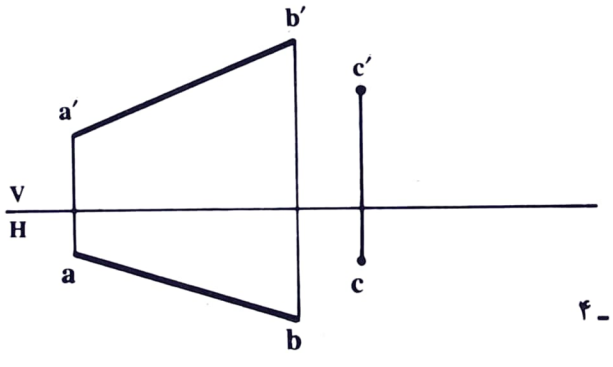


شکل ۸ـ۴

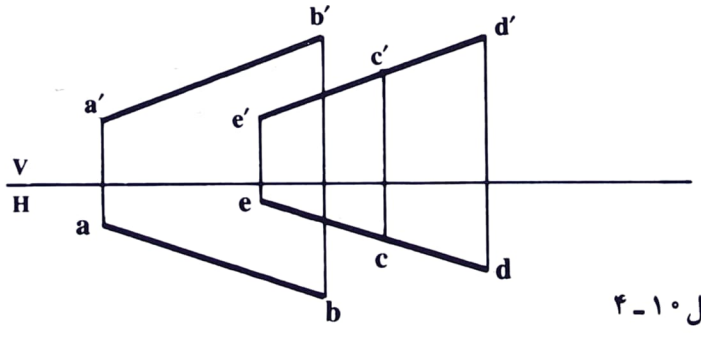
ب ـ رسم خطـی مـتـقـاطع AB از نقطه C (چند جواب؟)

حل:

الف ـ چون دو خط موازی دارای تصاویر قائم موازی با هم و تصاویر افـقی موازی با هم است، کـافی است که از تصویر قائم نقطه، خطی را روی تصویر قائم واز تصویر افقی نقطه، خطی مـوازی تصـویر افقی خط رسم کـرد. چون در صفحه از یک نقطه تنها یک موازی با خط دیگر می توان رسم کـرد، از این رو مـورد مـثـال تنهـا یـک پاسخ دارد (شکل ۱۰ـ۴).



شکل ۹ـ۴



شکل ۱۰ـ۴

ب ـ چون دو خط متقاطع در فضا دارای تصاویر همنام متقاطع بوده و از طرفی باید نقاط تقاطع تصاویر قائم وافقی دو خط در راستای یک رابط باشد، به شرح زیر عمل می کنیم:

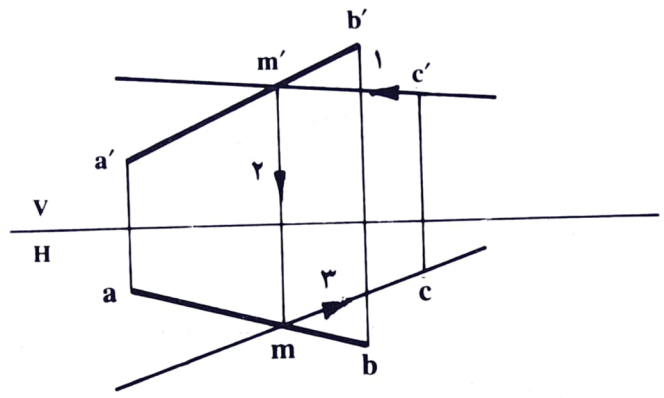
ـ از تصویر قائم نقطه یعنی c' خطی دلخواه، متقاطع با تصویر قائم خط رسم می کنیم و نقطه m' به دست می آید.

ـ m' را با خط رابط روی تصویر افقی خط منتقل کرده m مشخص می شود.

ـ m را به c تصویر افقی نقطه وصل می کنیم (شکل ۱۱ ـ ۴).

چون ازیک نقطه در صفحه، تعداد بیشماری خط متقاطع با خط دیگر می توان رسم کرد، پس مورد مثال بی نهایت پاسخ دارد.

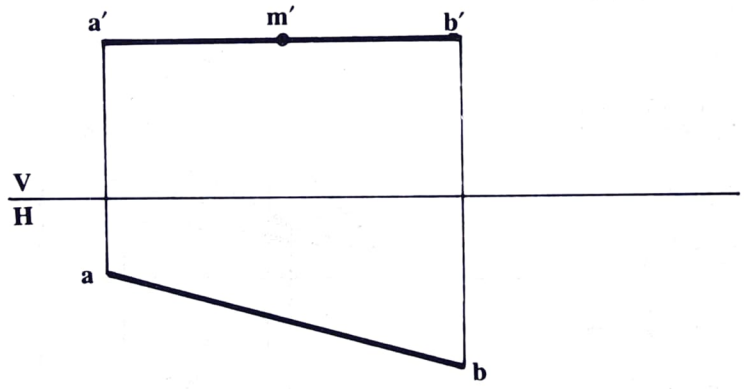
برای حل مثال می توان مراحل کار را از تصویر افقی نقطه و تصویر افقی خط شروع کرد.



شکل ۱۱ ـ ۴

تمرین

۱ ـ خط AB و تصویر قائم نقطه ای از آن در دست است؛ حال:



الف ـ خطی غیرخاص متقاطع با AB از نقطه M رسم کنید.

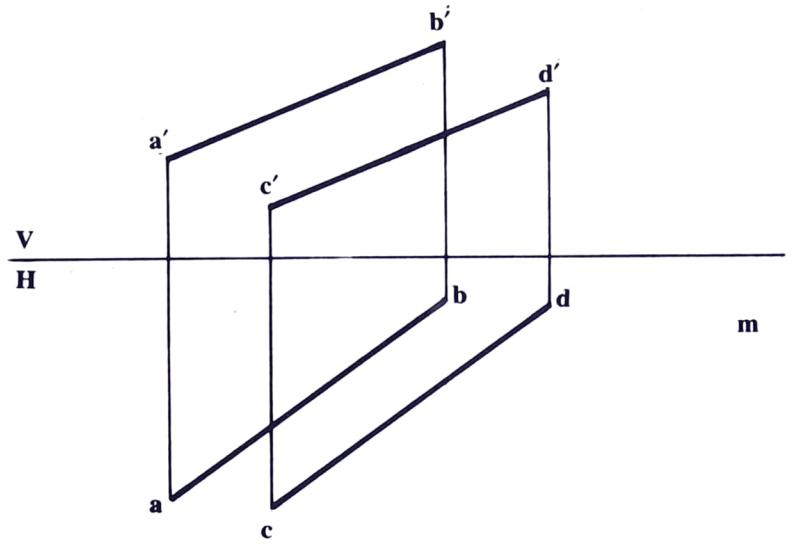
ب ـ خطی جبهیه متقاطع با AB از نقطه M رسم کنید.

پ ـ آیا می توان از نقطه M خطی مواجه متقاطع به AB رسم کرد؟

ت ـ خط قائم متقاطع با AB را رسم کنید.

ث ـ خط منتصب متقاطع با AB را رسم کنید.

۲ ـ تصاویر قائم و افقی دو خط موازی AB و CD و تصویر افقی نقطه M در دست است؛ مطلوب است :



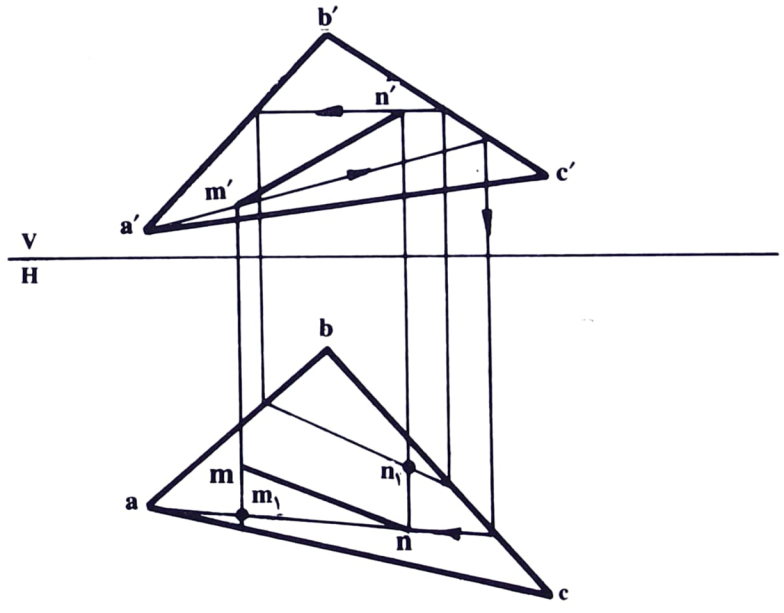
الف ـ رسم خطی متقاطع از نقطه M با دو خط موازی AB و CD؛

ب ـ رسم تصویر قائم نقطه M .

۴ ـ ۴ ـ بررسی وضع خط و صفحه نسبت به یکدیگر

در صورتی که خط از خطوط صفحه نباشد، با صفحه دو حالت خواهد داشت : یا با آن موازی است و یا متقاطع .

۱ ـ ۴ ـ ۴ ـ خط در صفحه قرار دارد : خط مستقیم وقتی می تواند از خطوط صفحه باشد که دو نقطه آن دو نقطه از صفحه باشد .



شکل ۱۲ ـ ۴

مثال : وضع خط MN و صفحه ABC را بررسی کنید (شکل ۱۲ ـ ۴).

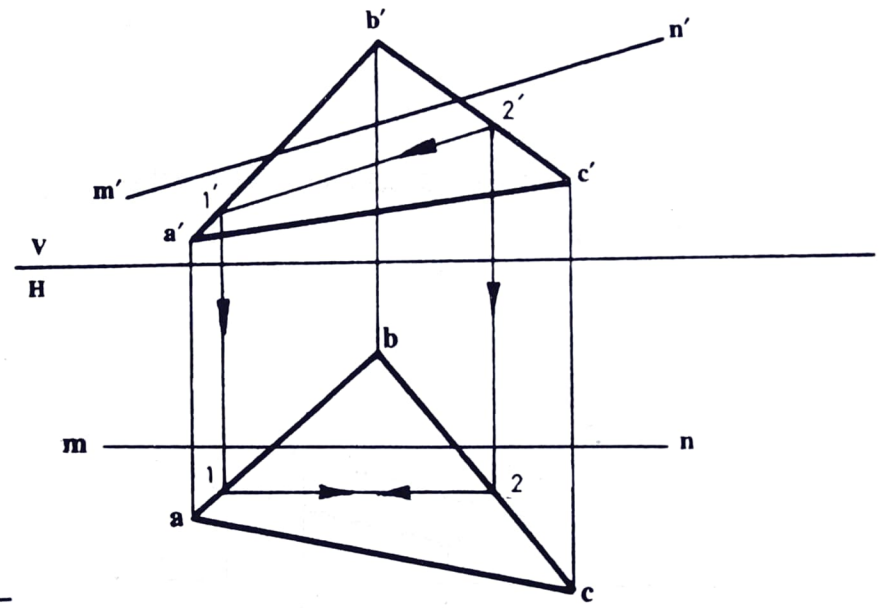
حل : در صورتی که خط MN در صفحه ABC باشد، باید تصویر قائم خط در تصویر قائم صفحه و تصویر افقی خط در تصویر افقی صفحه قرار گیرد و اصولاً خطی از بی نهایت خطوط آن صفحه باشد. پس با آگاهی از این مطلب به طریق زیر عمل می کنیم :

خط $m'm'$ را در تصویر قائم‌صفحه‌فرض‌کرده تصویر افقی آن را پیدا می کنیم .

با فرض این که تصاویر قائم دو نقطه از صفحه مثل m' و n' داده شده است، تصاویر افقی را پیدا می کنیم . پس از مشخص شدن نقاط m_1 و n_1 در تصویر افقی متوجه می شویم چون این دو نقطه بر دو نقطه m و n منطبق نیست، پس خط مزبور نمی تواند خطی از صفحه باشد. اگر دو نقطه : m_1 و n_1 به طور دقیق بر روی دو نقطه m و n می افتاد، دلیل بر آن بود که خط MN به طور دقیق در صفحه ABC قرار دارد .

چنانچه خط و صفحه متقاطع باشند، فصل مشترک فقط یک نقطه است؛ بنابراین در بررسی خط صفحه مطابق روشی که شرح آن گذشت، در صورتی که دو نقطه از خط در صفحه قرار نگیرد، آن خط از خطوط صفحه نبوده یا به کلّی خارج صفحه قرار دارد ویا اینکه با صفحه متقاطع است.

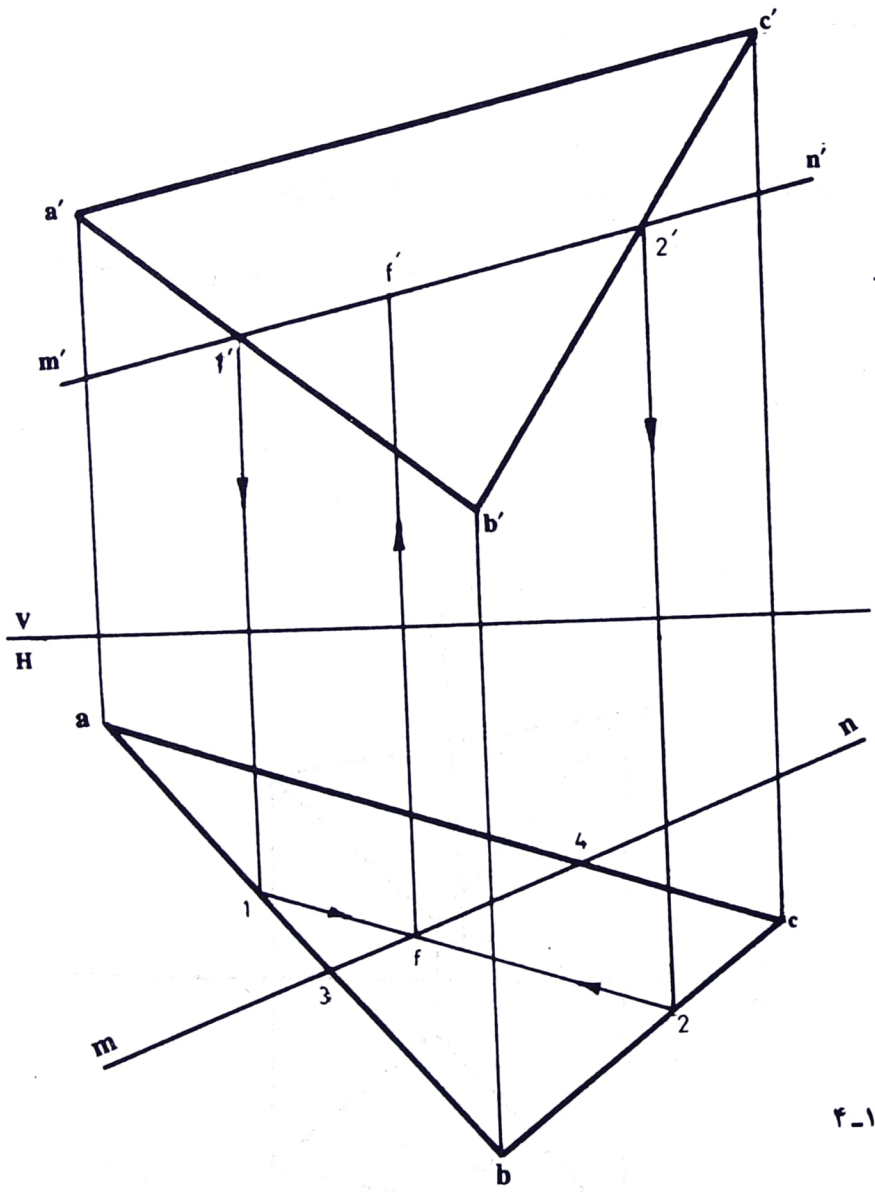
۲ـ۴ـ۴ـ خط و صفحه موازی است: برای آن که خطی با صفحه موازی باشد، کافی است که با خطی از خطوط صفحه موازی باشد. بدین ترتیب در یکی از دو تصویر، خطی در صفحهٔ موازی خط داده شده رسم می‌کنیم؛ سپس تصویر دوم خط رسم شده را مشخص می‌کنیم.



شکل ۱۳ ـ ۴

در صورتی که در تصویر دوم خط رسم شده و تصویر خط موازی شود، خط و صفحه موازی است (شکل ۱۳ ـ۴). همان طور که در شکل ملاحظه می شود، جهت بررسی وضع خط mn با صفحه abc در تصویر قائم خط ۱′۲′ را موازی خط m′n′ در صفحه a′b′c′ رسم کرده سپس تصویر افقی آن یعنی خط ۲ و ۱ را به کمک خطوط رابط به دست می آوریم. بدین ترتیب ملاحظه می شود که با تصویر افقی خط mn موازی می شود؛ پس خط و صفحه موازی هستند.

۳ـ۴ـ۴ـ خط و صفحه متقاطع هستند: صفحه abc و خط mn مفروض است. در صورت متقاطع بودن فصل مشترک آن دو را به دست آورید (شکل ۱۴ ـ ۴).

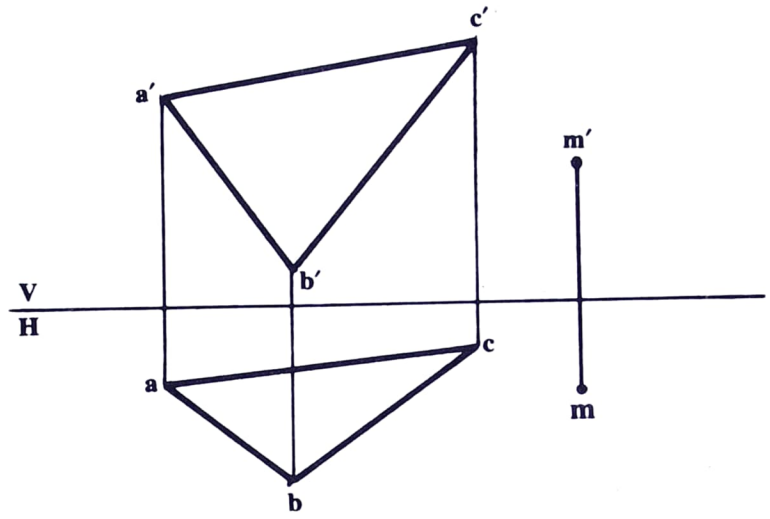


شکل ۱۴ـ۴

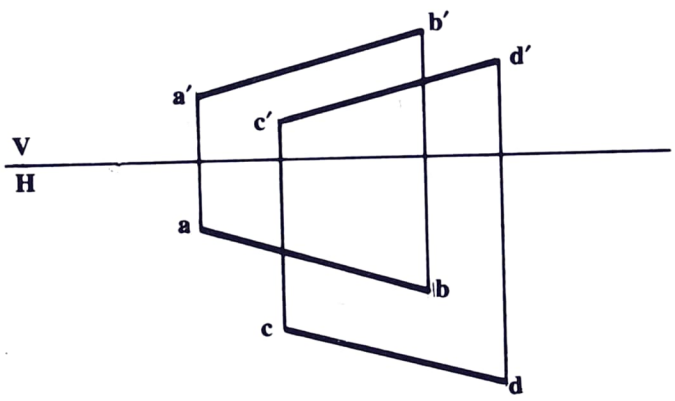
در این شکل ff′ داخل این صفحه محدوده واقع شده که ممکن است در خارج محدوده صفحه نیز واقع شود.

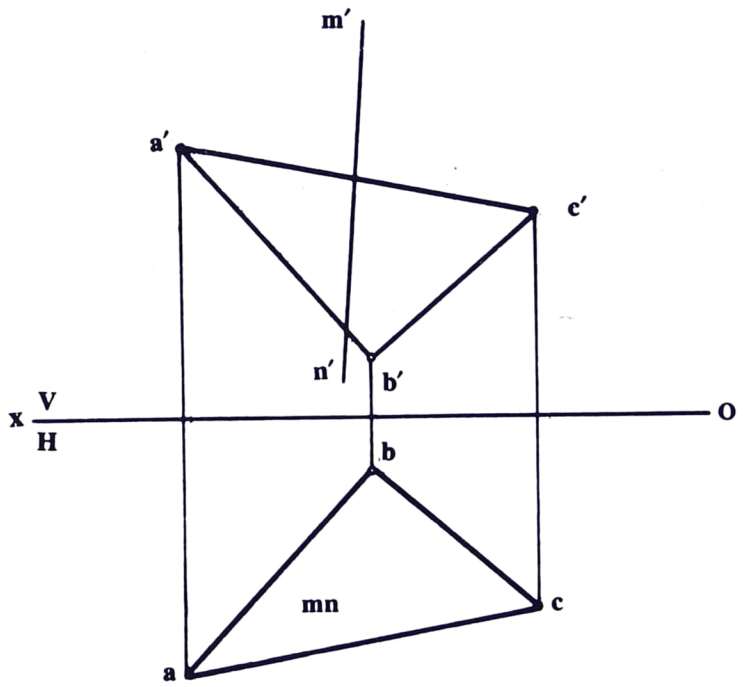
تمرین

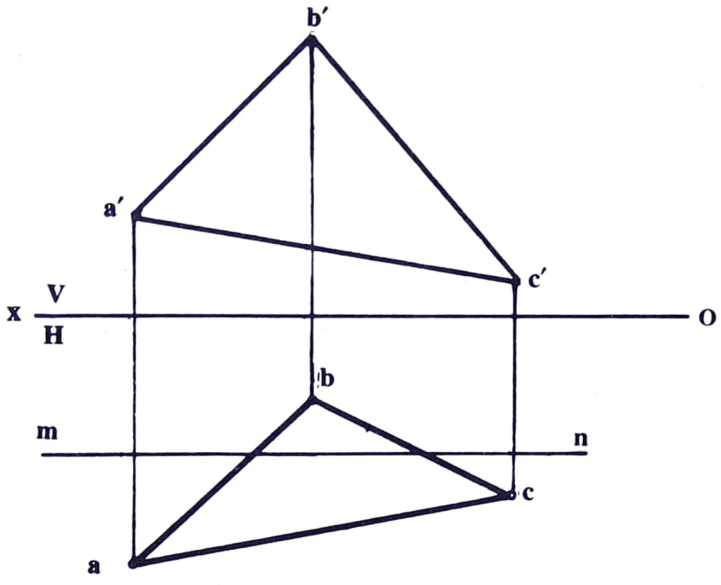
۱ ـ از نقطه M خطی دلخواه ولی موازی صفحه ABC رسم کنید.

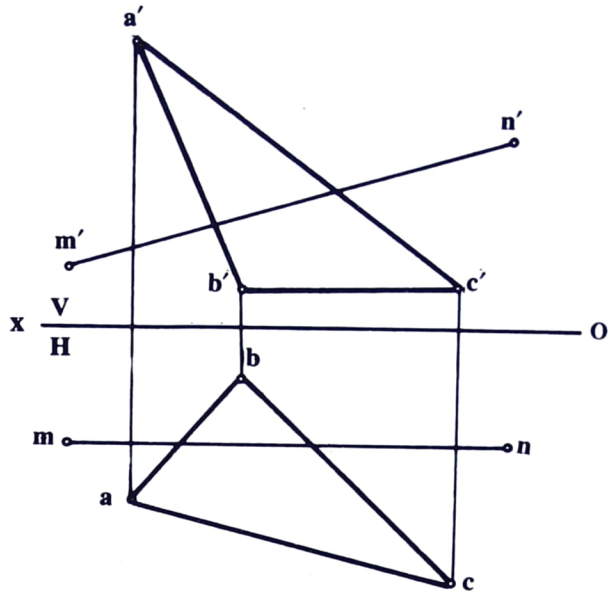


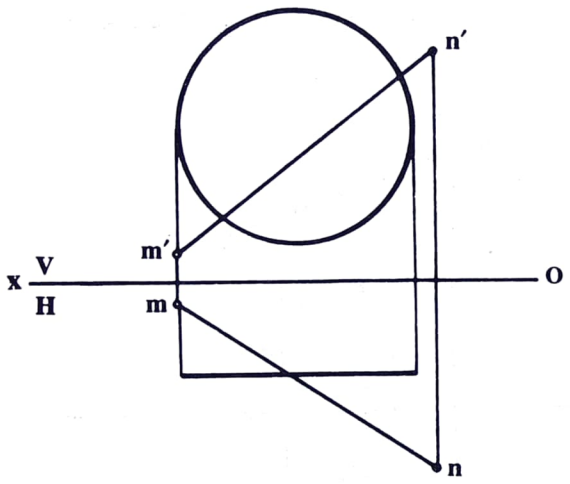
۲ ـ از نقطه M خطی دلخواه متقاطع با صفحه ای که با دو خط موازی AB و CD نمایش داده شده است ، رسم کنید.

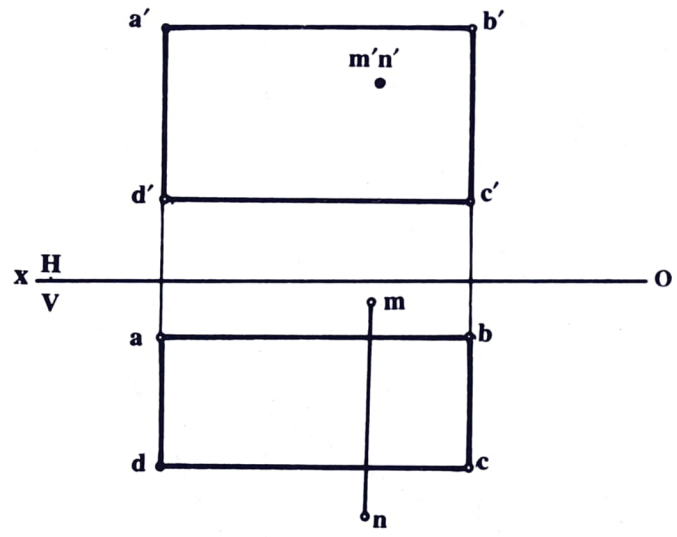


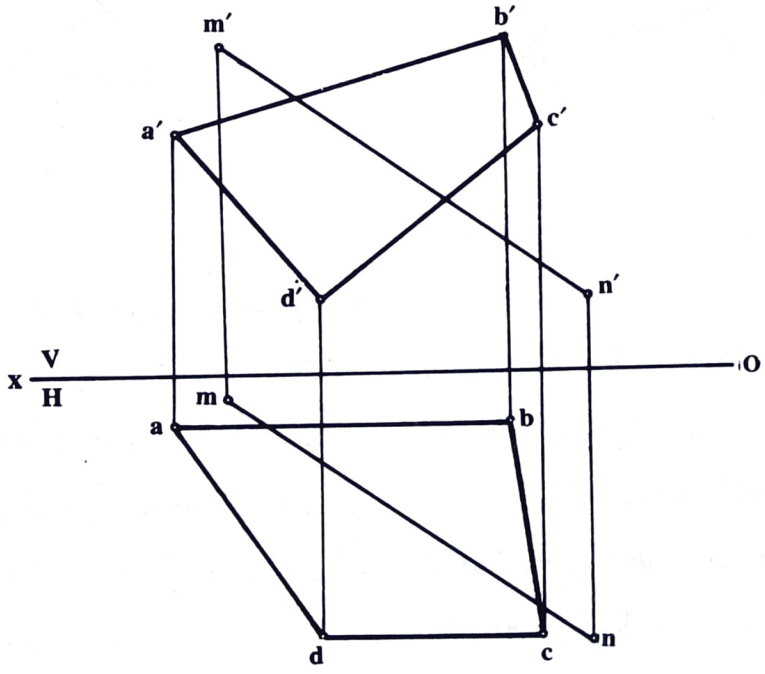










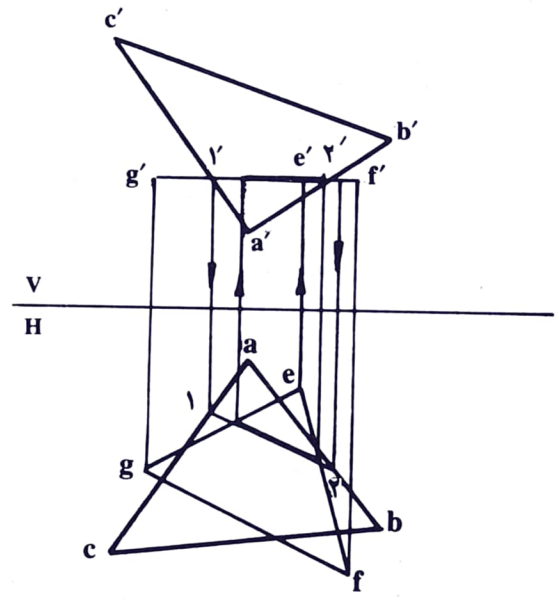


در شکلهـای بالا پس از شناسایی خطوط داده شـده، فصل مشترک آنها را با صفحات داده شده تعیین کنید.

۵ ـ ۴ ـ صفحه و صفحه

دو صفحـه اگر موازی نباشند، متقـاطع هستند که در این صورت فصل مشترک دو صفحه متقاطع، یک خط است و بدیهی است که فصل مشترک دو صفحه، در هر حال مرئی است.

۱ ـ ۵ ـ ۴ ـ فصل مشترک دو صفحه غیرخاص و افقی: (شکل ۱۵ ـ ۴). صفحهٔ افقی EFG که در تصویر قائم به صورت خطی موازی خط زمین است، با صفحه غیر خاص ABC در نقاط ۱′ و ۲′ متقاطع به نظر می‌رسد. نقاط مفروض را به کمک خط رابط به روی اضلاع همنام در تصویر افـقی یعنی AC و AB انتقـال می‌دهیم. بدین ترتیب نقـاط ۲ و ۱ به دست می‌آیـد کـه از اتصـال آن دو نـقطه به



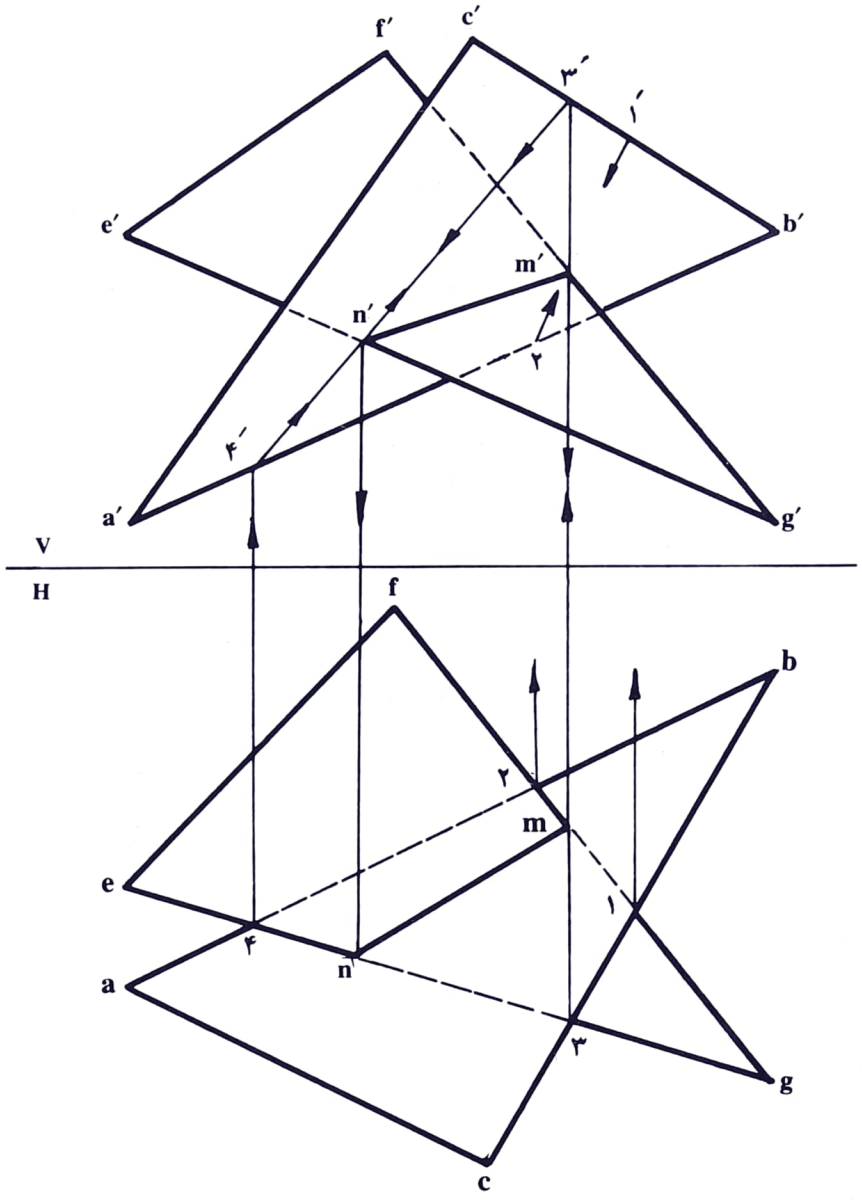
شکل ۱۵ ـ ۴

یکدیگر، آن قسمت از خط ۲ و ۱ که در هر دو صفحه وجود دارد، فصل مشـترک محسوب می‌شود؛ سـپس نقاط فصل مشترک را به کمک خط رابط به تصویر قائم انتقال می‌دهیم.

۲ ـ ۵ ـ ۴ ـ فصل مشترک دو صفحه غیرخاص و جبهیه: با همان روش فوق به دست می‌آید، با این تفاوت که اینجا شروع عملیات از تصویر افقی است.

به دست آوردن فصل مشترک صفحه غیرخاص یا صفحات قائم و منتصب نیز چنین است. برای بررسی وضع دو صفحه غیرخاص روشهای مختلفی وجود دارد که به توضیح یکی از آنها می‌پردازیم.

۳ ـ ۵ ـ ۴ ـ تقاطع دو صفحه غیرخاص: دو صفحه ABC و EFG مـفـروض اسـت (شکل ۱۶ ـ ۴). بررسی

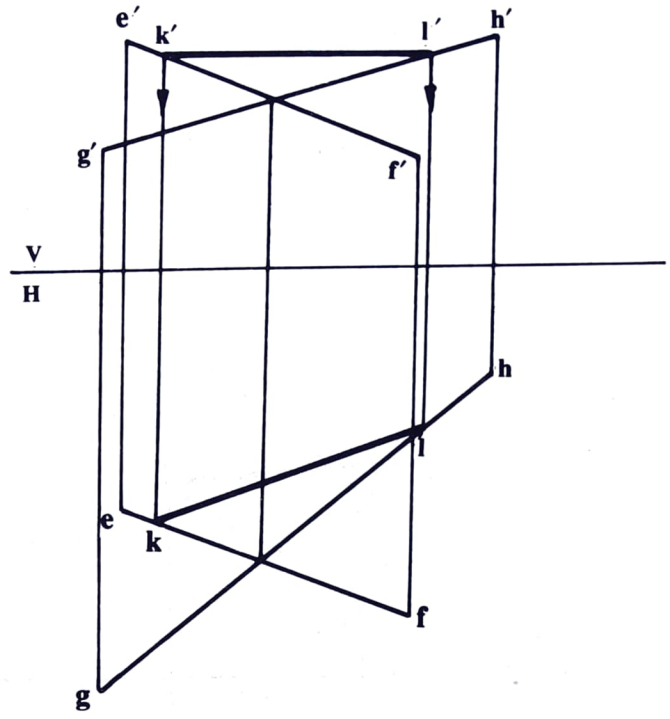


شکل ۱۶ ـ ۴

وضعیت دو صفحه را با استفاده از قاعده بررسی وضع خط و صفحه انجام می‌دهیم.

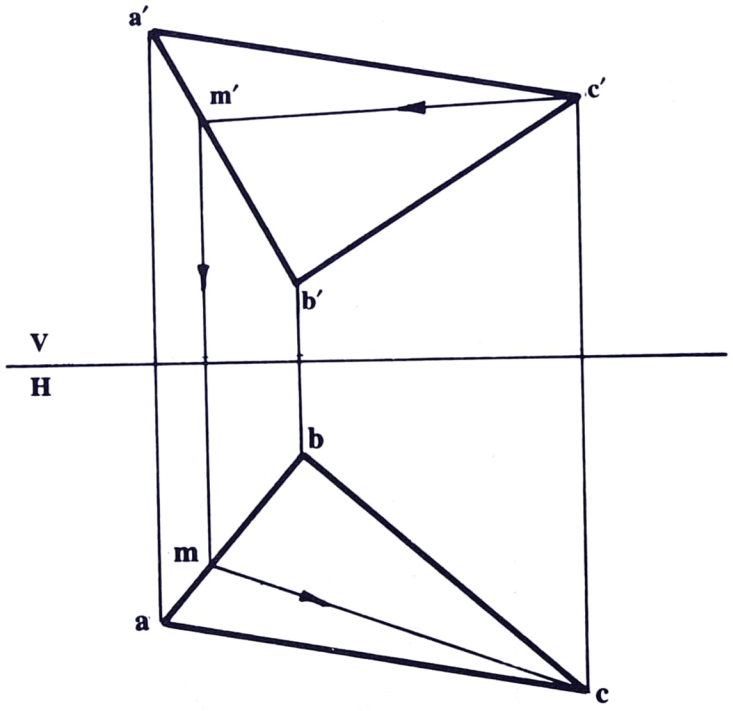
یکبـار صفـحه ABC و خط FG را بررسی می‌کنیم. نقاط تقـاطع ظاهری خط FG و صفـحه ABC را از تصویر افقی یعـنی نقاط ۱ و ۲ با رسم خط رابط بتـرتیب نقاط ۱′ و ۲′ را روی اضلاع صفـحه ABC یعنی BC و AC مشخص می‌کـنیـم. خط ۱′ و ۲′ خط f′y′ را در نقـطه m′ قطـع

می کند. دوباره همان صفحه را با خط EG بررسی می کنیم. همانند آنچـه که قبلاً انجام دادیم، نقـاط تقاطع ظاهری یعنی نقاط ۳ و ۴ از تصویر افـقی را به کمک خط رابط بـه تصویر قائم روی اضلاع $b'c'$ و $a'b'$ انتقال می دهیم. بدین ترتیب نقاط $3'$ و $4'$ به دست می آید. خط $3'$ و $4'$ تصویر قائمEG یعنی $e'g'$ را در نقـطه n' قطع مـی کند کـــه بدین ترتـیب مشـخص می شـود دو صفـحه ABC و EFG متـقاطع بوده



فصل مشترکشان خط MN است. تصویر قائم $m'n'$ را روی دو خط ۲ و ۱ و ۴ و ۳ انتقال داده بدین وسیله تصویر افقی فصل مشترک دو صفحه به دست می آید.

وضع دو صفحـه را که یکی به شکل دو خط موازی و دیگری به شکل ABC مـشـخص شـده اسـت، نسـبت به یکدیگر بررسی کنید (شکل ۱۷ ـ ۴).



شکل ۱۷ ـ ۴

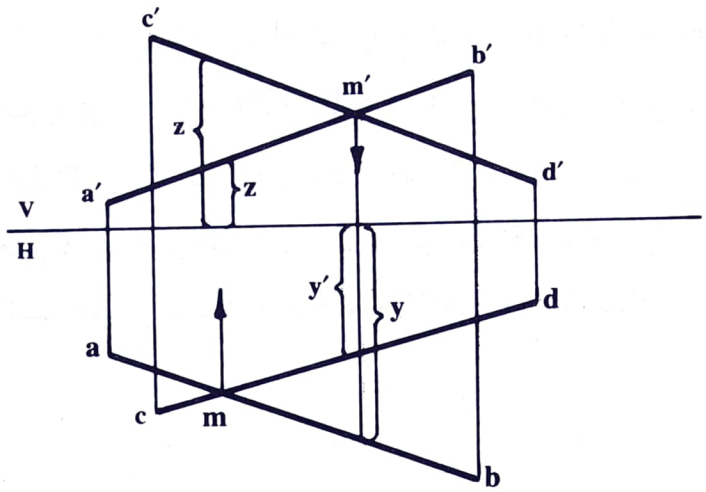
در صورتی که دو صفـحه موازی باشند، باید خطوط افقیه دو صفحه با هم و خطوط جبهیه هر دو صفحه نیز با هم موازی باشند؛ بدین جهت خط افقیه دلخواهی از هر کدام از صفـحات می کشیم. در صـورتی که تصاویر افـقی آنها با هم موازی شـوند، دوصفحه مـوازی هستند. از صفـحه ABC افقیه CM را رسم می کنیم که تصویر افقی آن cm به دست آمده است و از صفحه با دو خط متقاطع افقیه KL را رسم می کنیم که تصویر افقی آن kl به دست آمده است چون دو تصویر افقی cm و kl با هم موازی نیستند، پس دو صفحه موازی نبوده با هم متقاطع هستند.

۴ ـ ۵ ـ ۴ ـ مـرئی و مـخـفی کـردن: هر نقطه ای کـه دارای ارتفاع بیشتری باشد، به ناظر نزدیکتر است و همچنین هر نقطه ای کـه دارای عرض بیشـتری باشد به ناظـر نزدیکتر است. از همـین اصل بدیهی برای مرئی ومـخفی کـردن دو خط یا خط و صفحه و یا دو صفحه استفاده می کنیم. منظور از مرئی و مـخفی کـردن دو خط عبارت است از ایـنکه کدام یک از دو خط به ناظر نزدیکـتر است یا این کـه کـدام یک از خطها زیردیگری قرار دارد.

درشکل ۱۸ ـ ۴، m تقاطع ظاهری دو خط درتصویر افقی را به کمک خط رابط به تصویر قائم انتقال می دهیم.

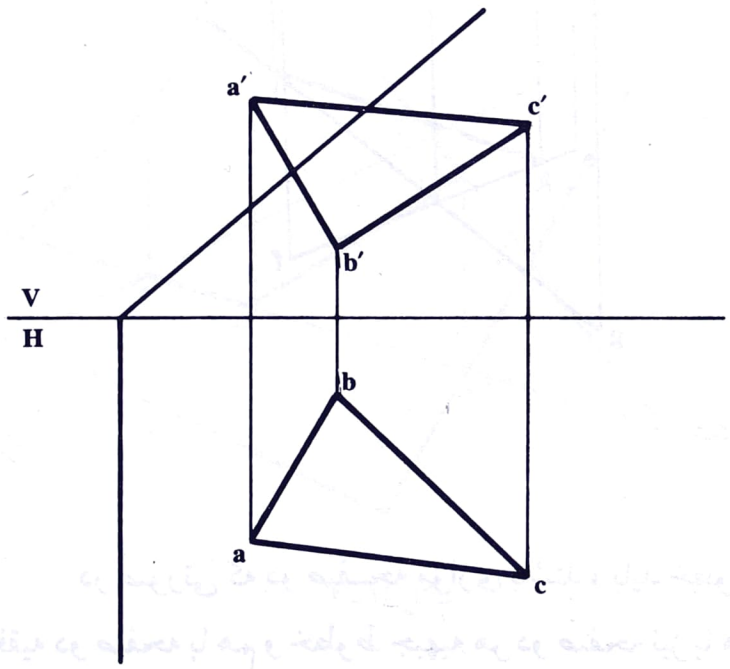
ابتـدا خط $a'b'$ را قطع کـــرده سـپس $c'd'$ را قطع می کند؛ به عبارت دیگر $za'b' < zc'd'$ پس در تصویر افقی خط ab زیر خط cd می افتـد. چنانچه عـمل فوق را از m' تقـاطع ظاهری تصـویر قـائم دو خط تکرار کنیم، خـواهیم داشت: $ycd < yab$؛ بنابراین در تـصـویر قـائم $c'd'$ زیر $a'b'$ قرار گرفـته است. در مورد خط و صفحه و صـفحه و صفحه نیز برنامه کار به همان شکل انجام می گیرد.

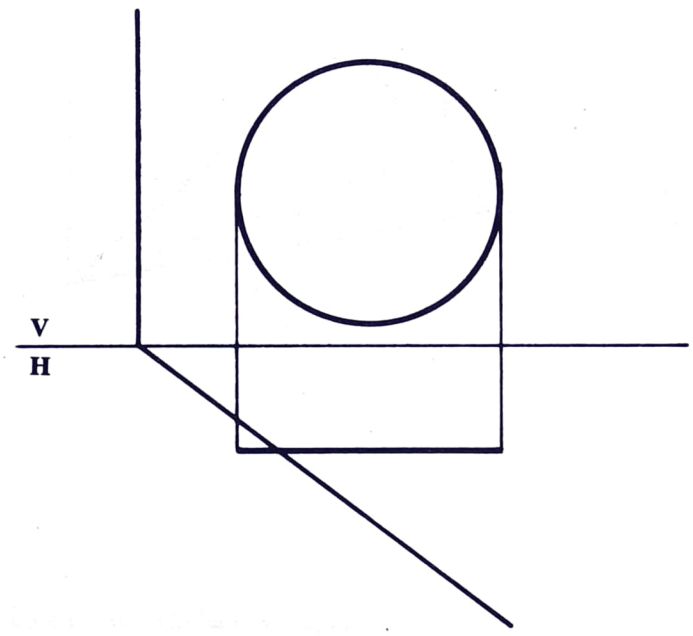
همان طورکه ملاحظه می شود خط و صفحه متقاطع است و باید پس از مشخص کردن فصل مشترک، محلهای مرئی و مخفی خط را مشخص کنیم.



شکل ۱۸ ـ ۴

تمرین





ـ در شکلهای بالا، مطلوب است فصل مشترک صفحات داده شده :

۱ ـ فصل مشترک دو صفحه جبهی و افقی عبارت است از یک خط . . . . . .

۲ ـ فصل مشترک دو صفحه جبهی و قائم عبارت است از یک خط . . . . . .

۳ـ فصل مشترک دو صفحه افقی و منتصب عبارت است از یک خط . . . . . .

۴ ـ فصل مشترک دو صفحه افقی و قائم عبارت است از یک خط . . . . . .

۵ ـ فصل مشترک دو صفحه جبهی و منتصب عبارت است از یک خط . . . . . .

فصل پنجم

ترسیمات هندسی

هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می رود که در پایان این فصل:

ـ از نقطه معلوم در خارج دایره بر آن مماس رسم کند.

ـ بر دو خط معلوم (معینی) دایره ای با شعاع معلوم رسم کند.

ـ بر یک خط و قوس معینی دایره ای با شعاع معلوم ترسیم کند.

ـ دایره ای با شعاع R مماس خارجی رسم کند.

ـ دایره یا قوسی را بر دو دایره به صورت مماس داخلی و خارجی رسم کند.

ـ با دو روش مختلف بیضی رسم کند.

ـ مارپیچهای صنعتی از قبیل مارپیچ ارشمیدس ترسیم کند.

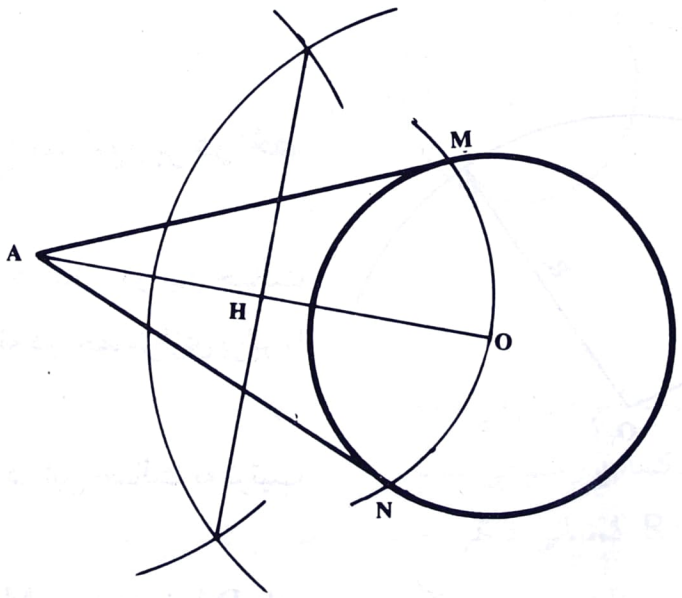
مدت زمان آموزش

۴ ساعت

۵ ــ ترسیمات هندسی

۱ ـ ۵ ـ رسم مماس بر دایره از نقطه معلوم A

الف ـ نقطه A خارج دایره قرار دارد. برای رسم مماس از نقطه A بر دایره به ترتیب زیر عمل می کنیم (شکل ۱ ـ ۵).



شکل ۱ ـ ۵

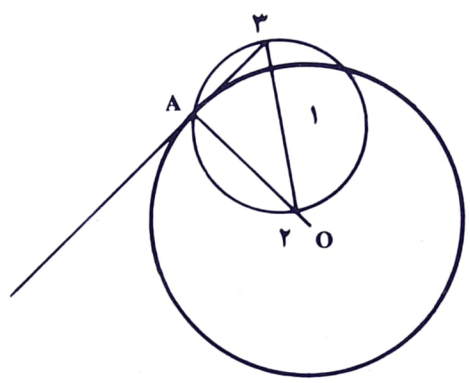
ـ نقطه A را به مرکز دایره وصل می کنیم.

ـ وسط OA را با رسم عمود منصف مشخص می کنیم. «H»

ـ به مرکز H و شعاع OH کمانی رسم می کنیم تا دایره را در نقاط M و N قطع کند.

ـ M و N نقاط تماس است. چنانچه از نقطه A به نقاط M و N وصل کنیم، AM و AN بر دایره مماس می شود. (چرا؟)

ب ـ نقطه A روی محیط دایره قرار دارد. (شکل ۲ـ۵).



شکل ۲ـ۵

ـ مرکز دایره O را به نقطه A وصل می کنیم $(\overline{OA})$.

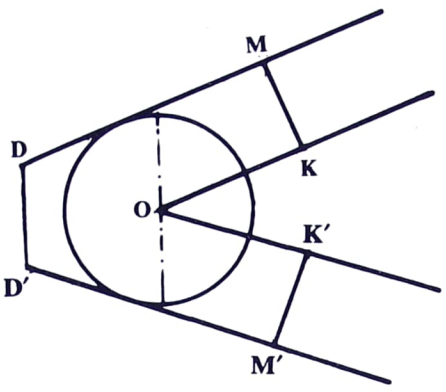
ـ از نقطه A عمودی بر OA اخراج می کنیم، «اخراج عمود از یکی از دو سر پاره خط» رسم می شود. عمود اخراج شده جواب است «چرا؟»

۲ ـ ۵ ـ رسم دایره ای با شعاع معلوم بر دو خط معین

الف ـ دو خط معین موازی هستند. در این حالت وقتی به پاسخ دست می یابیم که فاصله دو خط موازی برابر با قطر دایره باشد. «چرا؟»

ب ـ دو خط موازی نیستند. در این حالت به ترتیب زیر عمل می کنیم (شکل ۳ـ۵).

ـ انتخاب نقاط دلخواه M و M' روی دو خط D داده شده؛



شکل ۳ـ۵ $K'M' = KM = R$

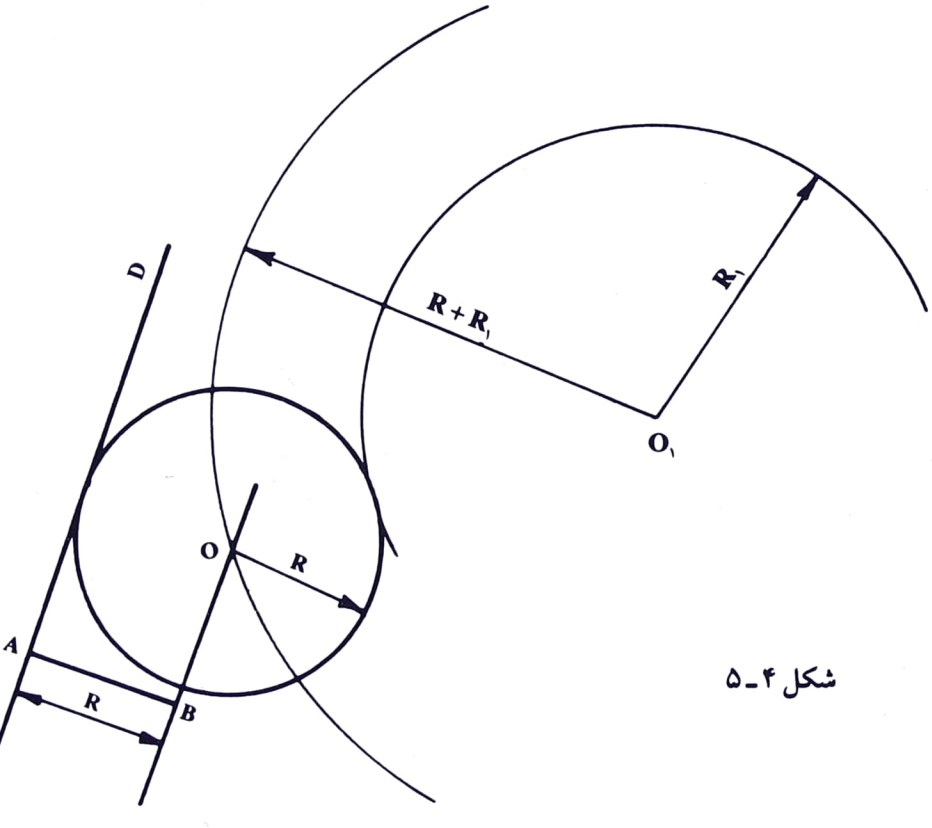
ـ اخراج عمود از نقاط دلخواه انتخابی M و M' بر دو خط D و D'؛

ـ انتقال اندازه شعاع دایره روی عمودهای اخراج شده $K'M' = KM = R$؛

ـ رسم خط موازی از نقاط K و K' به ترتیب با خطوط D و D' و تعیین محل برخورد دو خط موازی؛

ـ محل تقاطع دو خط موازی مرکز دایره ای است به شعاع R که بر دو خط D و D' مماس خواهد شد. برای پیدا کردن نقاط تماس کافی است از نقطه تقاطع عمودهایی بر دو خط D و D' رسم کنیم. پای عمودهای رسم شده نقاط تماس است.

۳ ـ ۵ ـ رسم دایره ای با شعاع معلوم R بر یک خط و یک قوس معین (شکل ۴ ـ ۵)



شکل ۴ـ۵

چنانچه مـرکز قوس معـلوم نباشد، ابتدا مـرکز آن را مشخص می کنـیم تا شعاع R_1 به دست آید؛ سپس به ترتیب زیر عمل می کنیم:

ـ به مرکـز قوس R_1 یعنی O_1 و شعـاع مجـموع دو شعاع $R + R_1$ قوسی می زنیم.

ـ نقطه دلخواه A را روی خط D انتخاب و عمودی از آن اخراج می کنیم.

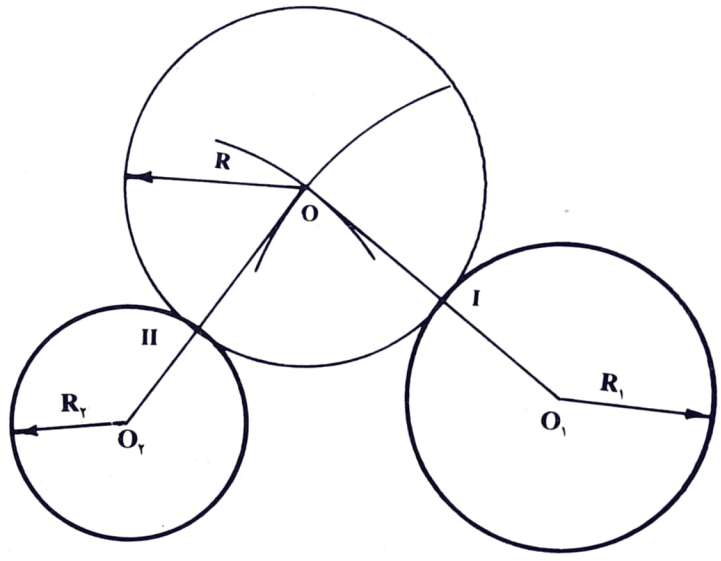
ـ اندازه شعاع دایره O یعنی R را روی عمـود اخراج شده انتقال می دهیم $\overline{AB} = R$.

ـ از B خطی موازی خط D رسم می کنیم تا کـمان به شعاع $R + R_1$ را قطع کند «نقطه O».

ـ دایره ای به مرکز O و شعاع R همان دایره مورد نظر خواهد بود که بر قوس و خط مماس خواهد شد.

۴ ـ ۵ ـ رسم دایره ای به شعاع R مماس خارجی

بر دو دایره به شعاعهای R_1 و R_2 (شکل ۵ ـ ۵) برای



شکل ۵ـ۵

پیدا کردن مرکز دایره به شعاع R به ترتیب زیر عمل می کنیم:

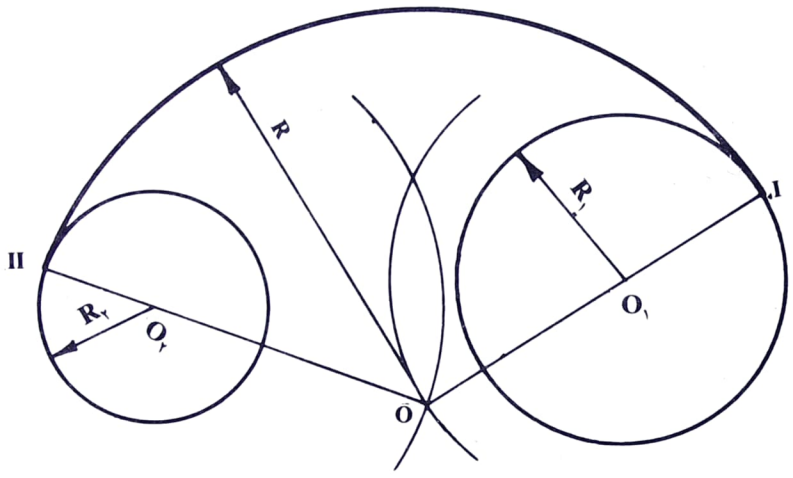
ـ به مرکز O_1 و شعاع $R + R_1$ کمانی رسم می کنیم.

ـ به مـرکز O_2 و شعـاع $R + R_2$ کمـانی دیگر رسم می کنیم.

ـ مـحل تقاطـع دو کمـان زده شـده مرکـز دایره ای به شعاع R است. کافی است مراکز O_1 و O_2 را به محل تقاطع دو کمان وصل کنیم تا نقاط تماس I و II مشخص شود.

۵ ـ ۵ ـ رسم دایره ای به شعـاع R مماس داخلی بر دو دایره به شعاعهای R_1 و R_2 (شکل ۶ ـ ۵)

در این حالت نـیز طی مراحلی مـرکز را مـشخص



شکل ۶ـ۵

می کنیم:

ـ به مـرکز O_1 و شـعاع تفـاضل $R - R_1$ کمـانی می زنیم.

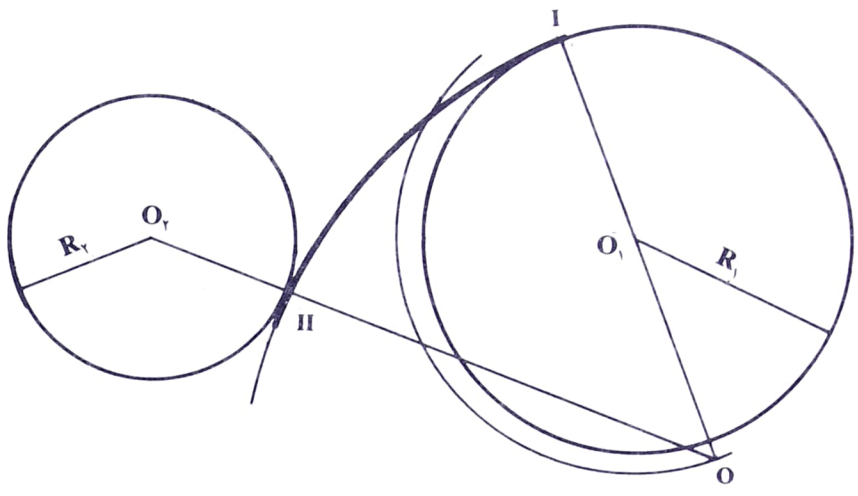
ـ به مـرکز O_2 و شعـاع $R - R_2$ کمـانی دیگر رسم می کنیم.

ـ محل تقاطع دو کمان زده شده مرکز کمان R است و نقاط تماس از وصل کردن نقطه تقاطع به مرکز دایره های O_1 و O_2 و ادامه آنهـا تا دایره های خـود را در نقاط I و II قطع کنند.

۶ ـ ۵ ـ ترسـیم مماس داخل و خـارج بر دو دایره معیّن

این حالت را مماس ترکیـبی نیز می گویند. برای رسم مماس ترکیبی به شرح زیر عمل می کنیم (شکل ۷ ـ ۵):

ـ به مرکز O_1 و شعاع تفاضل دو شعاع $R - R_1$ کمانی رسم می کنیم.



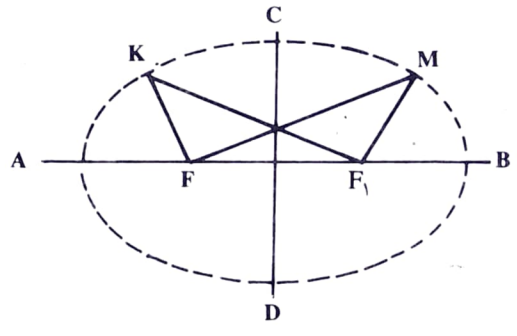
شکل ۷ـ۵

ـ به مرکز O_2 و شعاع مجموع دو شعاع $R + R_1$ کمانی دیگر رسم می کنیم .

محل تقاطع دو کمان زده شده مرکز کمان R است . برای پیدا کردن نقاط تماس کافی است محل تقاطع دو کمان زده شده یعنی نقطه O را به مراکز دایره ها وصل کرده ادامه دهیم . محل برخورد با دایره نقاط تماس است .

۷ـ۵ـ رسم بیضی

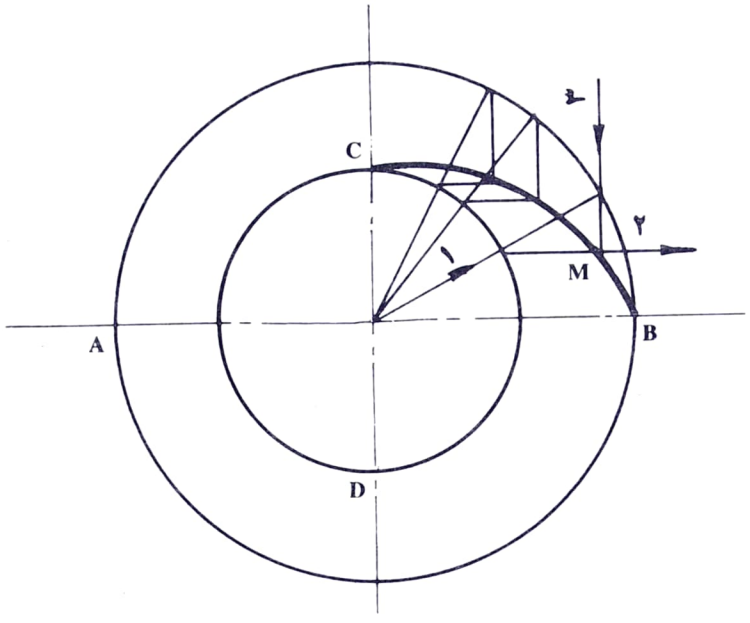
بیضی مکان هندسی نقاطی است که مجموع فواصل هر نقطه از آن از دو نقطه ثابت موسوم به کانونهای بیضی به یک اندازه باشد این اندازه برابر قطر بزرگ بیضی است . (شکل



شکل ۸ـ۵

۸ـ۵) . بیضی همچون دایره دارای بی نهایت قطر است ، اما از آنجا که مانند دایره قطرها با هم مساوی نیستند ، از میان بی نهایت Pقطرهای بیضی فقط دو قطر کوچکترین و بزرگترین را در نظر گرفته بیضی را با دو قطر بزرگ و کوچک آن شناسایی می کنند . دو طریق برای رسم بیضی شرح داده می شود .

۱ـ۷ـ۵ـ رسم بیضی از راه نقطه یابی : (شکل ۹ـ۵) برای این کار به شرح زیر عمل می شود :



شکل ۹ـ۵

ـ ابتدا دو قطر کوچک و بزرگ بیضی را رسم می کنیم .

ـ به مرکز محل تقاطع دو قطر کوچک و بزرگ دو دایره رسم می کنیم ، و به شعاعهای نصف قطرهای بزرگ و کوچک بیضی (به این دایره ها دایره های بیضی می گویند .)

ـ شعاع دلخواهی مثل ۱ رسم می کنیم .

ـ از محل برخورد آن با دایره کوچک ، خطی موازی قطر بزرگ می کشیم (۲) .

ـ از محل برخورد آن با دایره بزرگ خطی موازی قطر کوچک می کشیم (۳) .

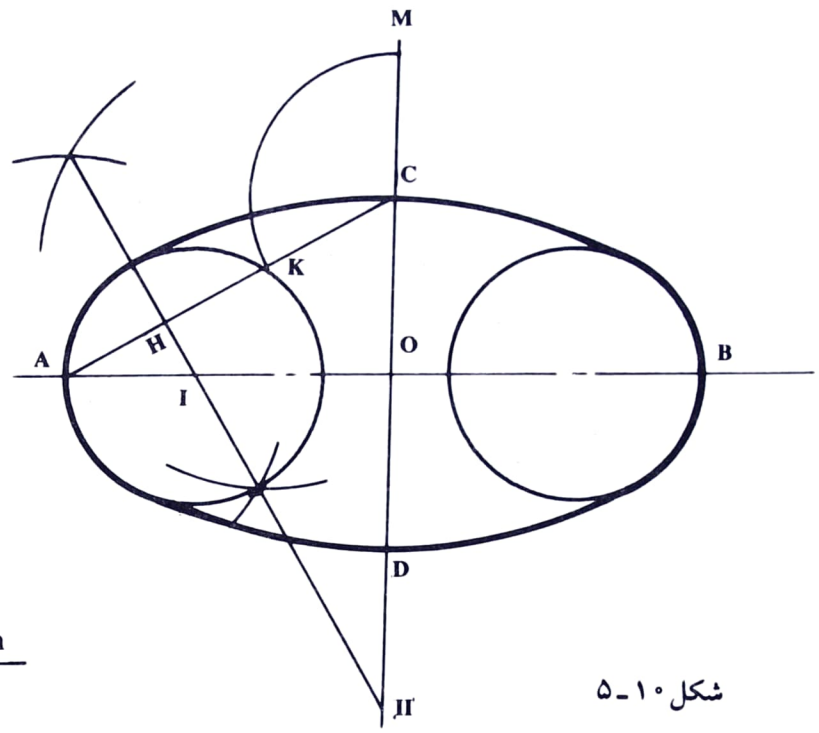
ـ محل برخورد دو موازی رسم شده نقطه M نقطه ای از بیضی خواهد بود .

با تکرار این عمل نقاط متعددی به دست می آید که از بهم پیوستن آن نقاط مزبور بیضی ساخته می شود . کافی است پس از رسم ربع بیضی ، نقاط آن را نسبت به دو قطر کوچک و بزرگ بیضی و همچنین مرکز بیضی قرینه سازی کرد .

۲ـ۷ـ۵ـ رسم شبه بیضی با پرگار : (شکل ۱۰ـ۵)

ـ ابتـــدا دو قطر بـزرگ و کـوچـک بیـــضی را رسم می کنیم.

ـ Aابتدا قطر بزرگ را به C ابتدای قطر کوچک وصل می کنیم.



شکل ۱۰ـ۵

ـ به مرکز C و شعاع $\overline{CM} = \overline{AO} - \overline{OC}$ کمانی رسم می کنیم. تا AC را در نقطه K قطع کند.

ـ عمود منصف AKرا رسم می کنیم تا قطر را در نقطه I و راستای قطر کوچک را در نقطه II قطع کند.

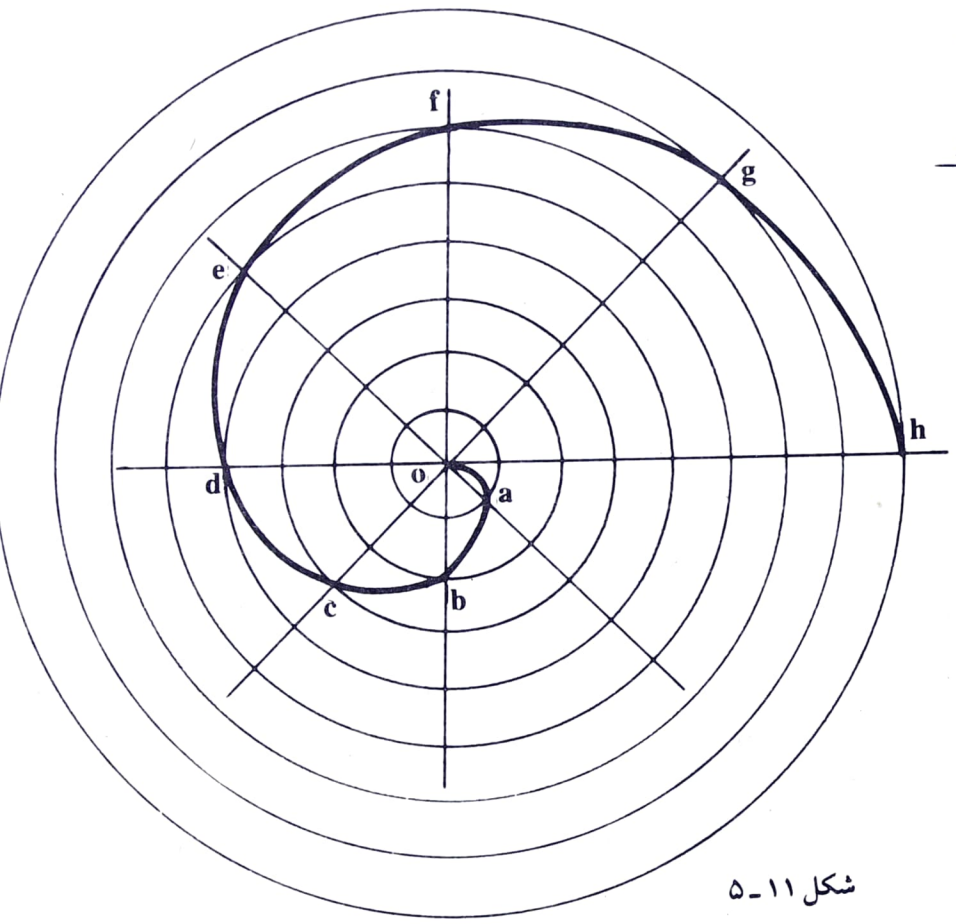
ـ چنانچه به مرکز I و شعاع IA و به مرکز II و شعاع IIC قوسی رسم کنیم، نیمه شبه بیضی به دست می آید.

ـ حال قرینه های I و II را نسبت به مرکز بیضی یعنی نقطه O پیدا کـرده دوبار به مرکز قرینـه ها و شعاعهـای نظیر قبلی کـمان های دیگری رسم می کـنیم تا نیمه دوم بـیضی به دست آید.

۸ـ۵ـ مارپیچ ارشمیدس

مارپیچ ارشمیدس از حرکت یکنواخت مستقیم الخط یک نقطه مثل A بر قوسی شـعاع OA به وجود می آید؛ در حالی که خود شـعاع حول نقطه O با سرعت زاویه ای ثابت دوران کند.

برای رسم مارپیچ ارشمیدس (شکل ۱۱ـ۵) با رعایت دو سرعت مورد بحث، ابتـدا محیط دایره ای را به n قسمت مســاوی تقسـیم کـرده و n طول مـساوی روی خط جـدا می کنیم؛ سپس با رعایت جـهت گردش خط نقاط مارپیچ را بآسانی به دست می آوریم.



شکل ۱۱ـ۵

مثال: درصورتی که سرعت نقطه O روی خط 5mm و سرعت زاویه[۱] $\omega = \frac{\pi}{۴}$ باشد، مارپیچ ارشـمیدس را رسم کنید.

حل: در لحظه صفر، نقطه O روی شعاع حامل OI و در لحظه دوم، شعـاع حامل به اندازه $\frac{\pi}{۴}$ حرکت کـرده و به صـورت OII در می آید و ســرعت خطـی به اندازه 5mm حرکت کرده در وضعیت a قرار می گیـرد و در لحظه سوم،

۱ـ واحد سرعت زاویه ای رادیان بر ثانیه با علامت $\frac{rad}{sec}$ و یا درجه بر ثانیه با علامت $\frac{\text{درجه}}{sec}$ است که در متن از ذکر آن خودداری شده است.

شعـاع حامل به اندازه $\frac{\pi}{۴}$ دیگر حرکت کـرده بصورت OIII در می آید و سرعت خطی به اندازه ۵mm دیگرحرکت کرده در وضعیت b در می آید و به همین ترتیب ادامه می یابد تا به زاویه صفر برسد. در این حالت مـارپیچ ارشمیدس به دست می آید. در اصطلاح یک دور کامل را گام می نامند.

تمرین

۱ ـ مارپیچ ارشمیدسی رسم کنید که سرعت خطی آن $V = ۱۰mm$ و سرعت زاویه ای آن $\omega = ۳۰$ باشد.

۲ ـ یک بیضی و شبه بیضی به قطرهای AB =۸۰ و CD =۵۰ رسم کنید.

فصل ششم

اثر برخورد صفحه و جسم در حالت خاص

هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می رود که در پایان این فصل:

ـ فصل مشترک برخورد صفحات خاص با چند وجهی ها را ترسیم کند.

ـ فصل مشترک برخورد استوانه با صفحات خاص را ترسیم کند.

ـ فصل مشترک برخورد صفحات خاص با هرم را رسم کند.

ـ فصل مشترک برخورد صفحات خاص با مخروط را رسم کند.

ـ فصل مشترک برخورد صفحات خاص باکره را رسم کند.

مدت زمان آموزش

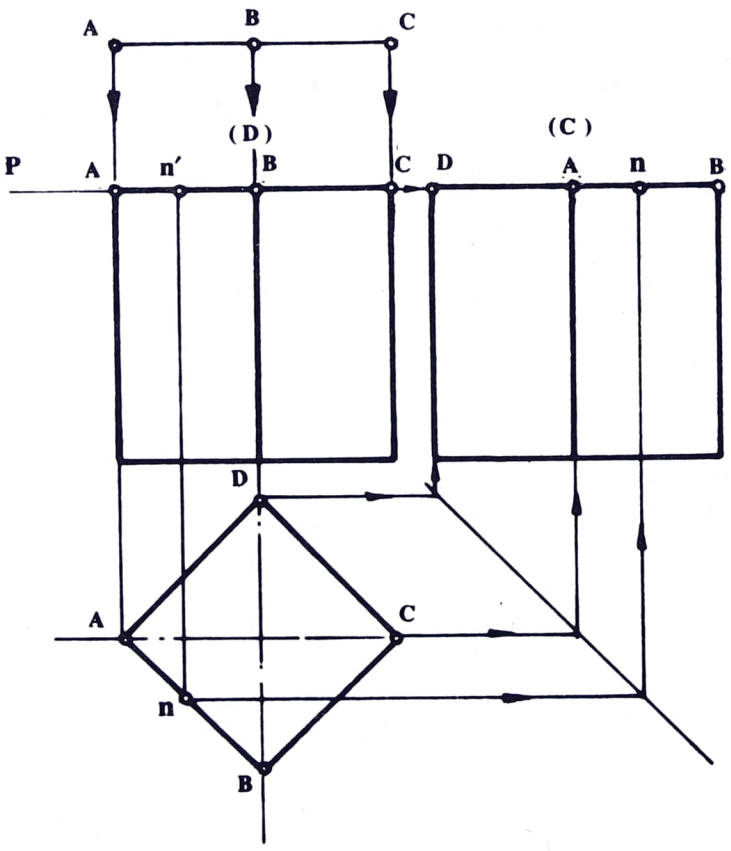
۱۲ ساعت

۶ـ ترسیم اثر برخورد صفحه و جسم در حالت خاص

۱ ـ ۶ـ ترسیم فصل مشترک برخورد صفحات خاص با چند وجهی ها

۱ ـ ۱ ـ ۶ـ ترسیم فصل مشترک برخورد صفحه افقی با چند وجهی: در شکل ۱ ـ ۶ صفحه افقی P در ارتفاع ۱۵ میلیمتری از منشور مربع القاعده مرور داده شده است؛ درنتیجه نقاط A و B و C و D بدون تغییر موقعیت درمحور Xها، در امتداد یالهای خود به مقداری به پایین کشیده شده اند؛ بنابراین تصاویرشان در نمای سطحی به محل اولیه خود منطبق خواهند شد.

نمای جانبی را با استفاده از روش محور یابی رسم می کنیم. تصاویر نقاط A و B و C و D و همچنین نقطه n در روی سطح قاعده بالایی منشور قرار می گیرد (شکل ۱ـ۶).



شکل ۱ـ۶ـ برخورد صفحه افقی با منشور

می توان گفت که در نتیجه محور صفحه افقی از چند وجهی، جز کاهش ارتفاع تغییرا ت دیگری در نماها ایجاد نمی شود. در ضمن هر نقطه ای که در سطح جانبی منشور (چند وجهی) فرض شود، می توان از آن نقطه صفحه افقی مرور داده تصاویر نقطه را مثل روش بالا در نمای سطحی و جانبی پیدا کرد.

نتیجه نهایی این که تصاویر کلیه نقاط واقع در روی سطح جانبی چند وجهی روی محیط قاعده قرار دارد و موقعیت آنها با رابط کردن نقاط روی سطح قاعده معین می شود (شکل ۱ ـ ۶).

۲ ـ ۱ ـ ۶ـ روش تعیین فصل مشترک برخورد صفحهٔ منتصب با چند وجهی: در شکل ۲ ـ ۶ صفحه منتصب P از چند وجهی مرور داده شده است. به طوری که مشاهده می شود، نقاط A و B و C و D و E و F محل برخورد یالها با سطح قاعده بالایی، درامتداد یالهای خود به طور نامساوی به پایین کشیده شده و روی سطح مورب قرار گرفته اند.

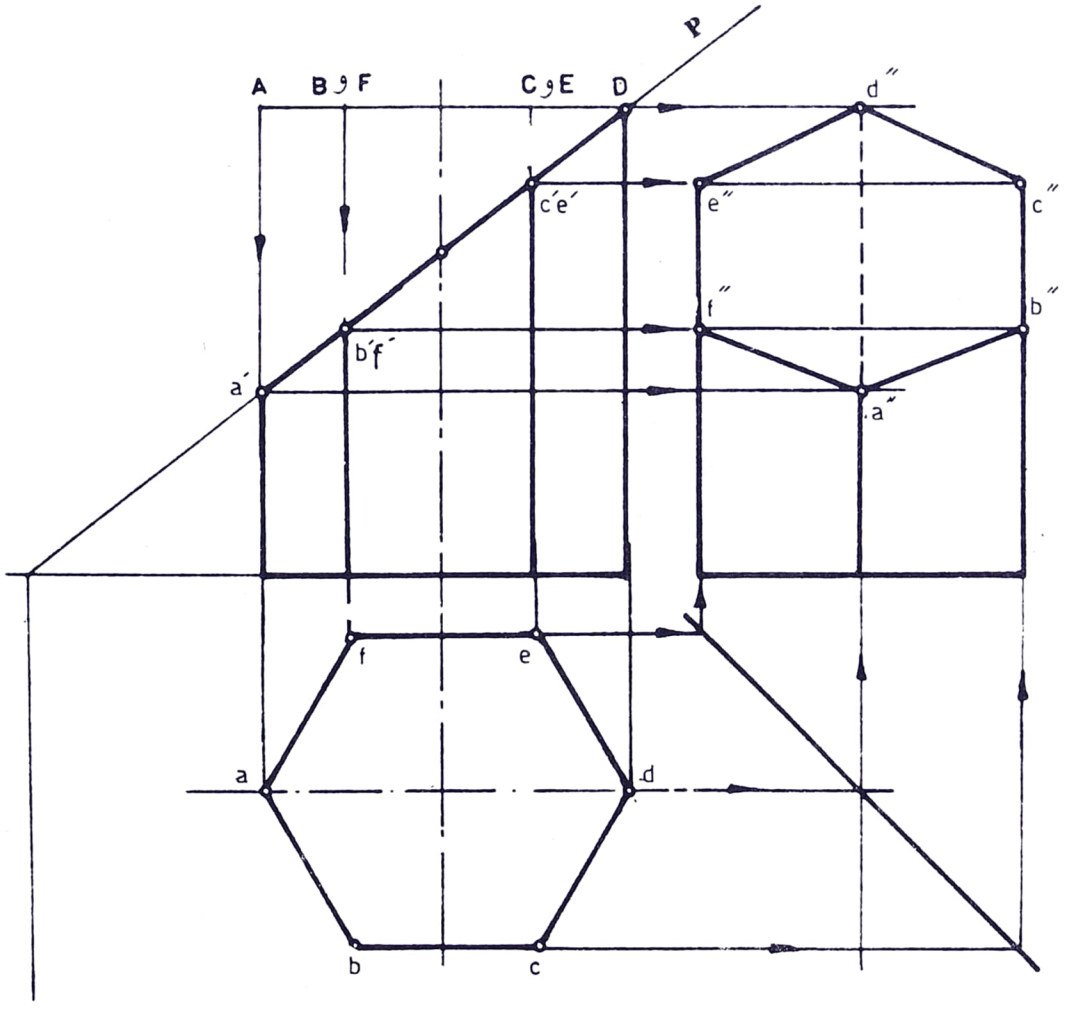
روش ترسیم:

۱ ـ محل برخورد یالها با فصل مشترک صفحه را مشخص می کنیم. (A و B و C و D و E و F).

۲ ـ نقاط مشخص شده را روی نمای سطحی رابط می کنیم تصاویر نقاط بدون تغییر مکان بر روی تصاویر قبل از برش منطبق می شود.

۳ ـ به کمک خطوط کمکی و 45° نمای جانبی را ترسیم می کنیم. امتداد هر یک از یالها در نمای جانبی معلوم است. شماره یا حروف مربوط را در روی آنها می نویسیم.

۴ ـ ارتفاع باقیمانده یالها در نمای اصلی را به کمک خط رابط به نمای جانبی انتقال داده نقاط برخورد با یالهای مربوط را مشخص و دو به دو به همدیگر وصل می کنیم.

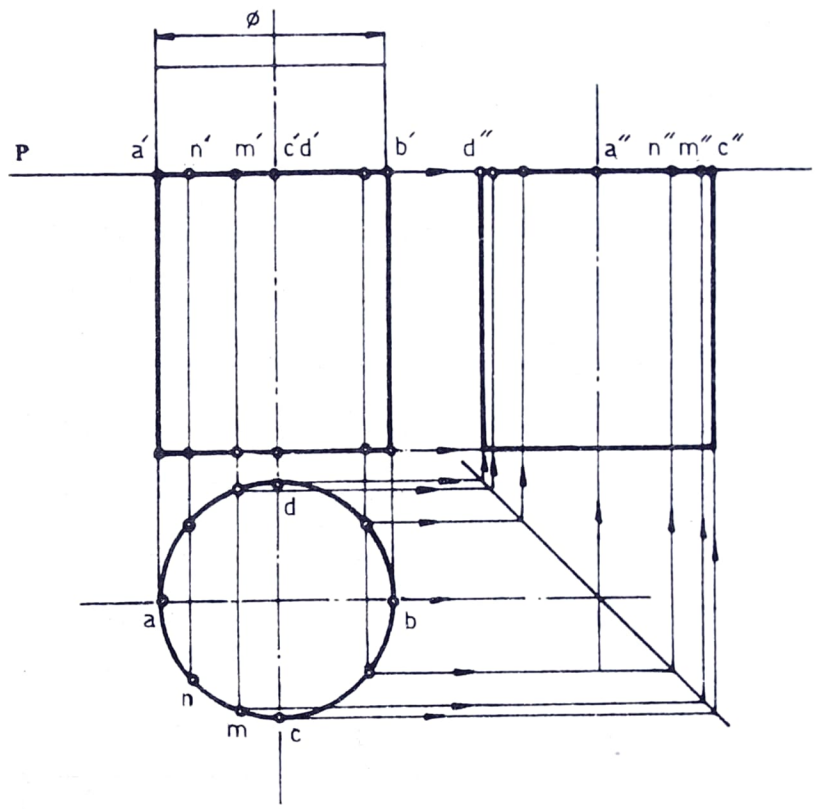


شکل ۲ ـ ۶ ـ روش ترسیم فصل مشترک برخورد صفحه منتصب با منشور

۲ ـ ۶ ـ ترسیم فصل مشترک برخورد صفحات خاص با استوانه

۱ ـ ۲ ـ ۶ ـ تعیین فصل مشترک برخورد صفحه افقی با استوانه: در شکل ۳ ـ ۶ استوانه قائم با صفحه افقی P برش داده شده است.

۱ ـ خط $a'b'$ اثر برخورد صفحه و استوانه، فصل مشترک، در نمای اصلی است. این خط موازی و مساوی با قطر قاعده استوانه است (شکل ۳ ـ ۶).

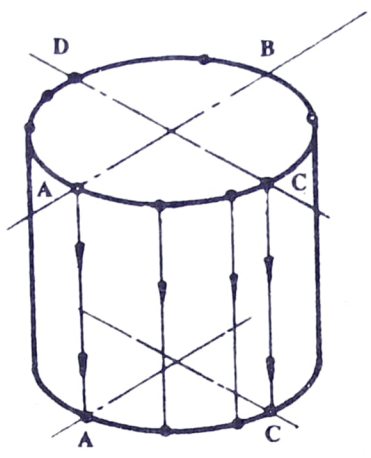


شکل ۳ ـ ۶ ـ برش استوانه به وسیله صفحه افقی

۲ ـ نقاط دیگری نیز در روی فصل مشترک برش انتخاب کرده تصاویرشان را در نمای سطحی معیّن می کنیم.

به طوری که در شکل ۴ ـ ۶ نشان داده شده است، وقتی نقاط در امتداد قائم و مماس با سطح جانبی به پایین حرکت کنند، در سطح قاعده (روی دایره) جمع خواهند بود.

بنابراین می توان گفت: تصاویر کلیه نقاط موجود در روی فصل مشترک حاصل از برخورد صفحه و استوانه، روی دایره در نمای سطحی قرار می گیرد. «در حالت خاص



شکل ۴ ـ ۶ ـ تصویرگیری

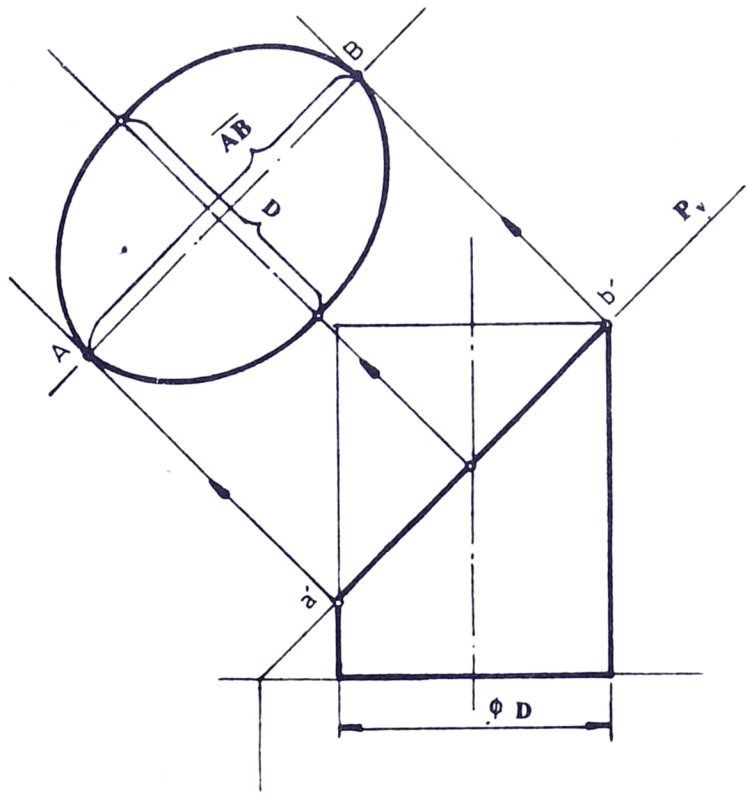
وقتی صفحه افقی باشد، شکل حقیقی دایره کامل و هم قطر سطح قاعده و در سایر حالتها، شکل حقیقی بیضی و تصویر آن دایره کامل خواهد بود.»

۳ ـ با در دست داشتن مکان هندسی نقاط در نمای اصلی و سطحی، به کمک خطوط رابط و خطّ 45° اثر فصل مشترک برش را در نمای جانبی پیدا می کنیم. به طوری که مشاهده می کنید، فصل مشترک برش در نمای جانبی خط مستقیم $\overline{CD}$ است که برابر و موازی قطر قاعده است.

۲ ـ ۲ ـ ۶ ـ ترسیم فصل مشترک برخورد صفحهٔ منتصب با استوانهٔ قائم: در شکل ۵ ـ ۶ استوانه به وسیلهٔ صفحهٔ منتصب P_V برش داده شده است.

الف ـ اثر صفحه در نمای اصلی خط مورب $a'b'$ است که فصل مشترک برش نامیده می شود. در اینجا فصل مشترک به موازات قاعده استوانه نیست؛ بنابراین شکل واقعی آن دایره کامل نبوده به شکل بیضی با قطر بزرگ برابر طول خط AB و قطر کوچک برابر با قطر قاعده استوانه در خواهد آمد (شکل ۵ ـ ۶).

ب ـ طبق تعریفی که در برخورد صفحهٔ افقی با استوانه داشتیم، کلیه نقاط موجود در روی سطح مورّب، روی محیط قاعده استوانه تصویر می شوند؛ بنابراین در نمای سطحی تغییری نخواهیم داشت.



شکل ۵ـ۶ ـ برش استوانه با صفحهٔ منتصب

پ ـ تعیین اثر برش استوانه در نمای جانبی :

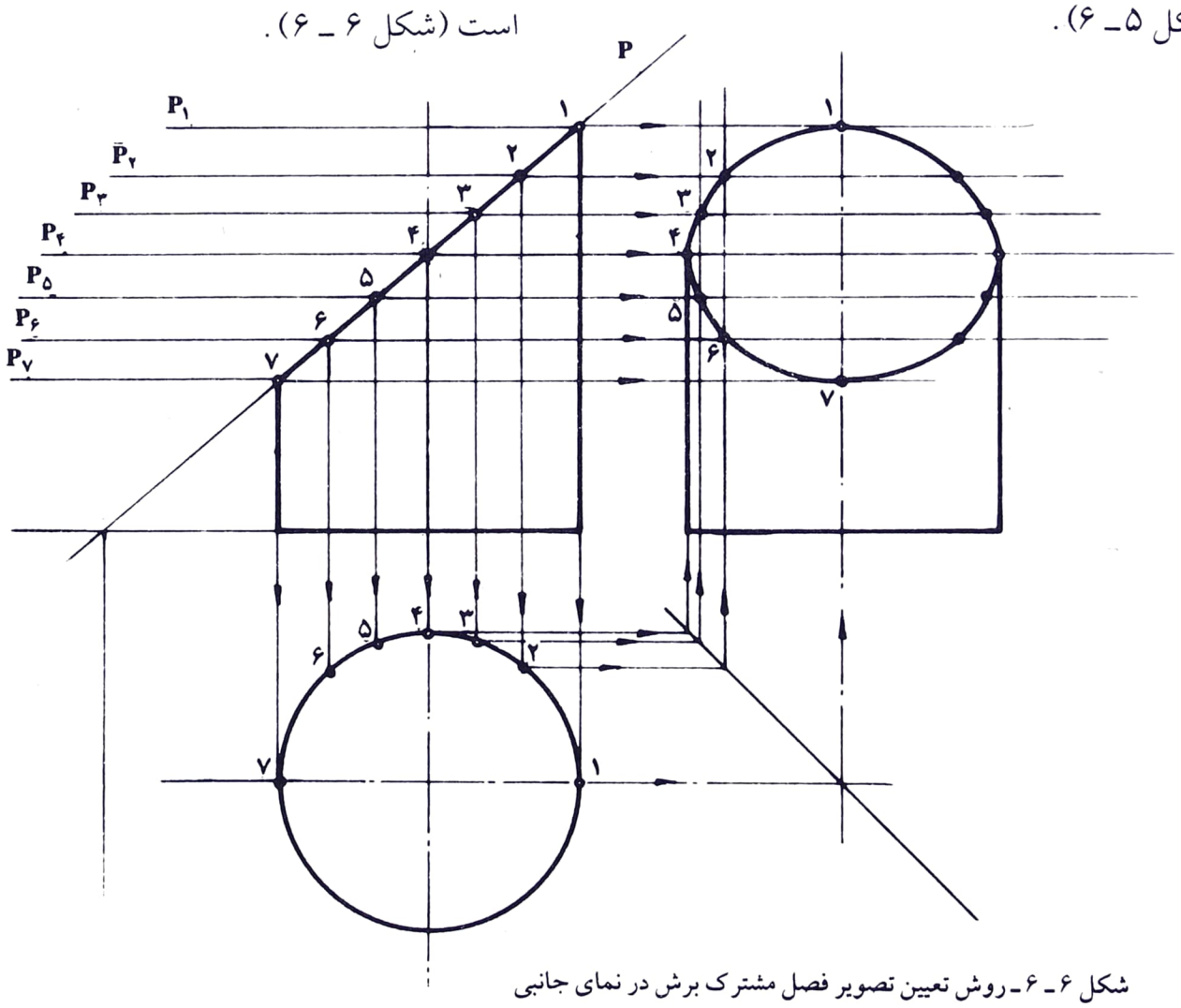
۱ ـ فصل مشترک برش را به قسمتهای مساوی تقسیم کرده و شماره گذاری می کنیم ؛ به شرطی که ابتدا و انتها و محل برخورد خط محور با فصل مشترک جزو نقاط انتخابی باشد (شکل ۵ـ ۶).

۲ ـ از نقاط مشخص شده در روی فصل مشترک برش صفحات افقی مرور می دهیم. می دانیم که تصویر هر نقطه در روی محیط دایره ایجاد شده به وسیله مرور صفحه قرار گرفته است. چون قطر کلیه دوایر ایجاد شده به وسیله مرور صفحات افقی به یک اندازه است، بنابراین دایره سطح مقطع را مبنا قرار داده نقاط واقع در روی فصل مشترک برش را بر آن تصویر و شماره گذاری می کنیم.

۳ ـ موقعیت نمای جانبی را با خط نازک تعیین کرده صفحات افقی را امتداد می دهیم تا از آن بگذرند.

۴ ـ با استفاده از خط 45° و خطوط رابط تصویر هر یک از نقاط را که مکان هندسی شان در روی نمای اصلی و سطحی کاملاً معیّن است، در محدوده نمای جانبی به دست می آوریم.

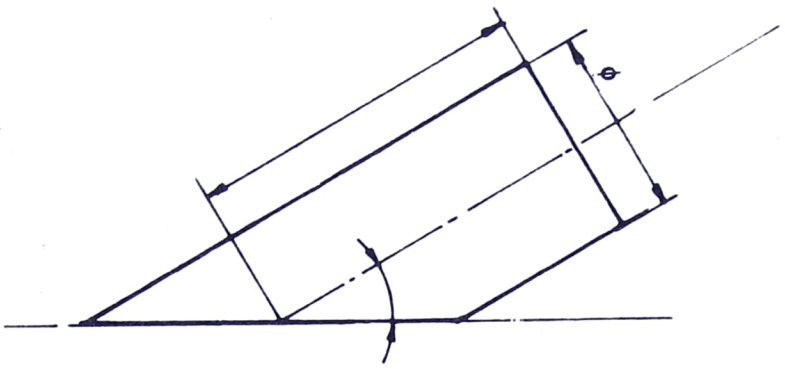
۵ ـ نقاط تعیین شده را به یکدیگر وصل می کنیم. شکل حاصل تصویری است از مقطع حاصل از برخورد صفحه و استوانه که معمولاً به شکل بیضی و در مورد خاص که زاویه صفحه و استوانه 45° باشد، به شکل دایره کامل است (شکل ۶ ـ ۶).



شکل ۶ ـ ۶ ـ روش تعیین تصویر فصل مشترک برش در نمای جانبی

توجه: کافی است که تصویر نقاط را جهت دقت لازم در سمت چپ (کمترین فاصله) مشخص کرده و قرینه آنها را در سمت راست منتقل کنید.

۳ـ۲ـ۶ـ روش ترسیم تصاویر مقاطع مورّب استوانه در نماهای مختلف: در شکل ۷ ـ ۶ استوانه ای پس از انحراف ۳۰° نسبت به سطح افقی به وسیله صفحهٔ افقی P برش داده شده است. جهت ترسیم تصاویر مقاطع حاصل در نماهای جانبی یا سطحی، از روش خط کشی سطح جانبی که در مبحث گسترش نیز مورد استفاده بیشتری دارد استفاده می کنیم. روش فوق در اصل استفاده از مرور صفحات خاص از جسم است که به طریق زیر مدوّن شده است.



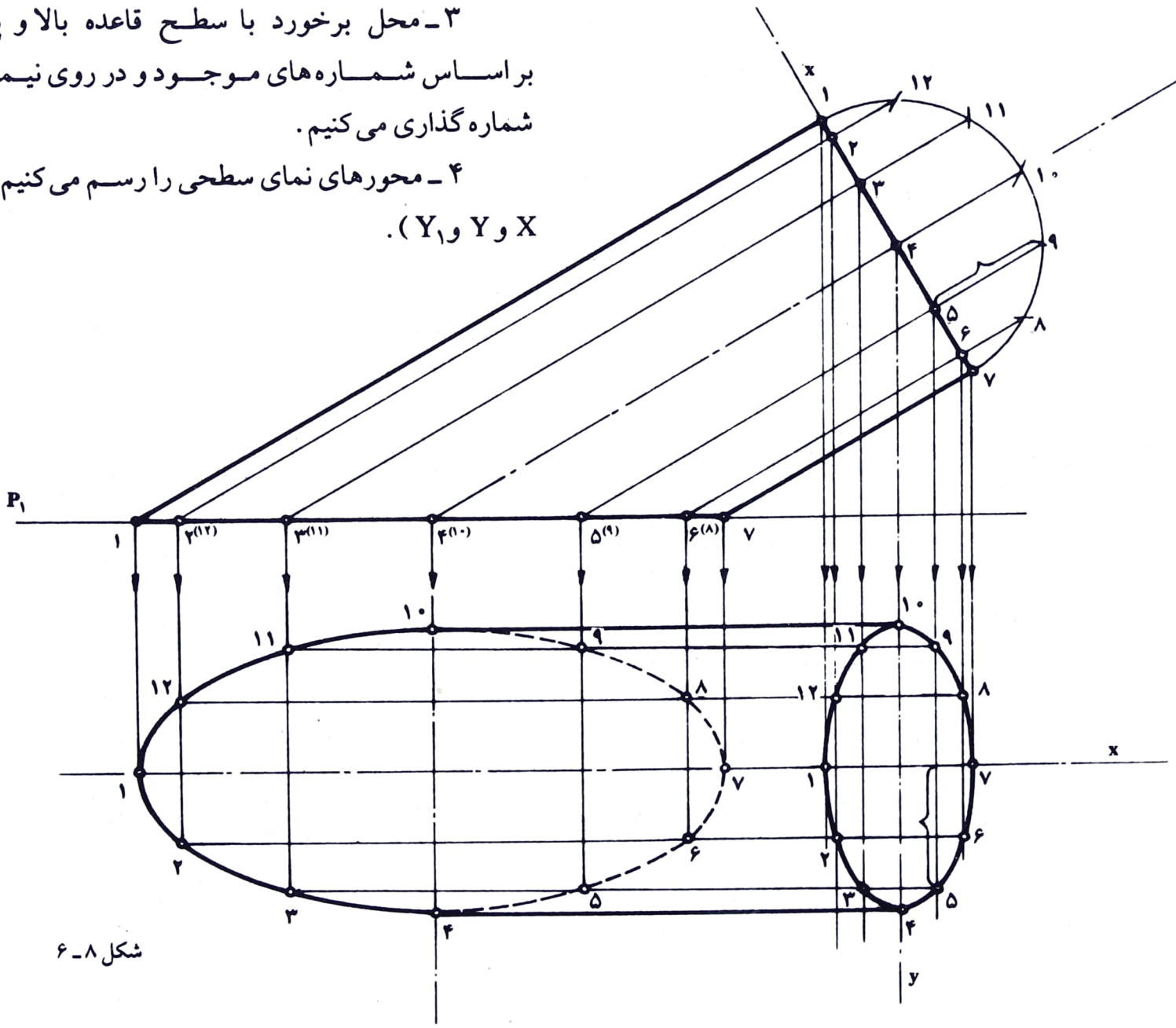
شکل ۷ـ ۶

۱ ـ نیمدایره یا دایره کامل کمکی در امتداد خط محور اصلی استوانه سمت راست رسم کرده به دوازده قسمت مساوی تقسیم می کنیم. (در اینجا از نیمدایره استفاده شده و به شش قسمت تقسیم شده است).

۲ ـ نقاط تقسیم را پس از شماره گذاری به موازات محور اصلی به بدنه استوانه انتقال می دهیم.

۳ ـ محل برخورد با سطح قاعده بالا و پایین را بر اساس شماره های موجود و در روی نیمدایره شماره گذاری می کنیم.

۴ ـ محورهای نمای سطحی را رسم می کنیم (محور X و Y و Y_1).



شکل ۸ـ ۶

با توجه به شکل ۸ ـ ۶ مشاهده می کنیم که فواصل موجود، بین شماره های ۱ تا ۷ در مقطع بالایی به علت قرار گرفتن در یک سطح شیب دار، موجب کاهش طول یکی از قطرهای دایره شده و در نتیجه تصویر مقطع به صورت بیضی که قطر کوچک آن به موازات محور Xها و قطر بزرگش در امتداد محور yها در نمای سطحی قرار می گیرند، درآمده است.

۵ ـ با علم به نکته بالا نقاط واقع در روی سطح مقطع بالایی را به موازات محور قائم امتداد می دهیم تا محور X در نمای سطحی را قطع کند. نقاط ۱ و ۷ بعُدی ندارند و روی محور Xها قرار می گیرند. این فاصله حاصل جمع تصاویر فواصل و ترهایی است که در سطح شیب دارقرار گرفته است و درنمای سطحی قطر کوچک بیضی را ایجاد می کند.

۶ ـ طول واقعی وترها در روی دایره کمکی را به نمای سطحی انتقال داده نقاط حاصل را دو به دو به یکدیگر وصل می کنیم.

۷ ـ نقاط موجود در روی بیضی را به بدنهٔ استوانه در نمای سطحی انتقال می دهیم. با کمی دقت متوجه می شویم که صفحهٔ افقی P هر یک ازخطوط واقع درسطح جانبی استوانه را در نقطه ای قطع کرده است. در نهایت با مراعات شماره خطوط، مرحله نهایی را اجرا می کنیم.

۸ ـ از نقاط واقع در روی سطح قاعده پایین خطوطی عمود بر نمای سطحی فرود می آوریم و محل برخورد آنها را با خطوط مربوطه مشخص می کنیم. نقاط حاصل را دو به دو به یکدیگر وصل می کنیم. بیضی حاصل از این برش برعکس بیضی بالایی به علت انطباق در روی سطح افق دارای اندازه واقعی است (شکل ۸ ـ ۶).

مسأله ۱ (شکل ۹ ـ ۶):

قطعه فرزکاری شده با فصل مشترک صفحات برش در نمای اصلی مفروض است. تصویر فصل مشترک شکاف با استوانه را درنمای جانبی ترسیم کنید.

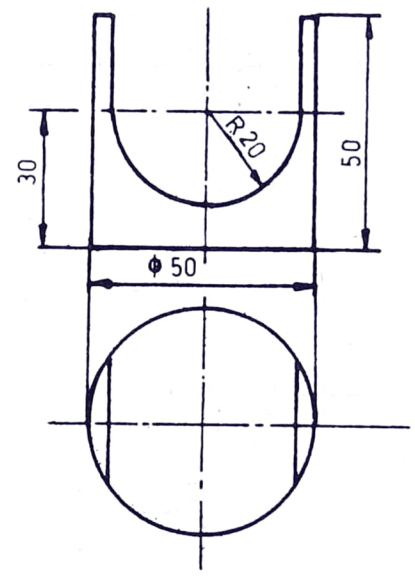
حل:

۱ ـ نماهای داده شده را با ابعاد واقعی رسم می کنیم.

۲ ـ موقعیت نمای جانبی را با خط نازک با استفاده از خطوط رابط و خط ۴۵° تعیین می کنیم.

۳ ـ نقاطی چند در روی فصل مشترک برش انتخاب و شماره گذاری می کنیم ۱ـ۲ ـ ۳ـ۴ـ ۵ ابتدا و انتها و نقاط

شکل ۱۰ ـ ۶



شکل ۹ ـ ۶

برخورد محورها با فصل مشترک کاملاً ضروری است.

۴ ـ می دانیم که تصاویر کلیه نقاط مفروض در روی محیط دایره در نمای سطحی قرار می گیرد؛ بنابراین از نقاط بالا خطوطی بر نمای سطحی رابط کرده محل برخورد آنها را از طریق خط °۴۵ به نمای جانبی منتقل می کنیم.

۵ ـ نقاط موجود در روی فصل مشترک را به ترتیب به سمت نمای جانبی امتداد می دهیم تا خطوط مربوط از طرف خط °۴۵ را در نقاطی قطع کنند؛ نقاط "۱ ـ "۲ ـ "۳ ـ "۴ ـ "۵ . نقاط وصل را دو به دو به یکدیگر وصل می کنیم. کاستی حاصل در طرفین استوانه تصویر فصل مشترک برش در نمای جانبی است (شکل ۱۰ ـ ۶).

مسأله ۲ (شکل ۱۱ ـ ۶):

استوانه با سوراخ خارج از مرکز مفروض است. تصویر فصل مشترک برش را در نمای جانبی رسم کنید.

حل:

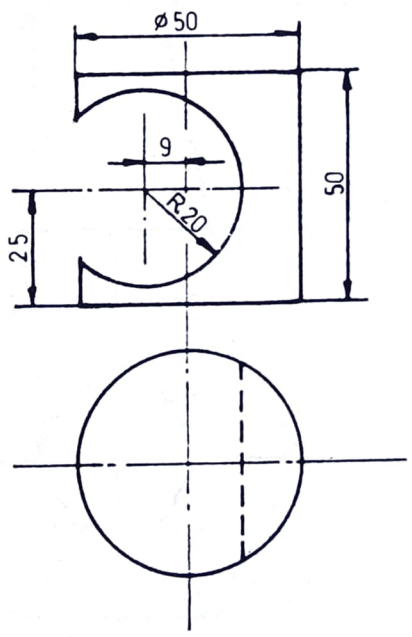
۱ ـ نماهای داده شده را با مقیاس اصلی رسم می کنیم.

۲ ـ موقعیت نمای جانبی را با خط نازک با استفاده از خطوط کمکی و خط °۴۵ تعیین می کنیم.

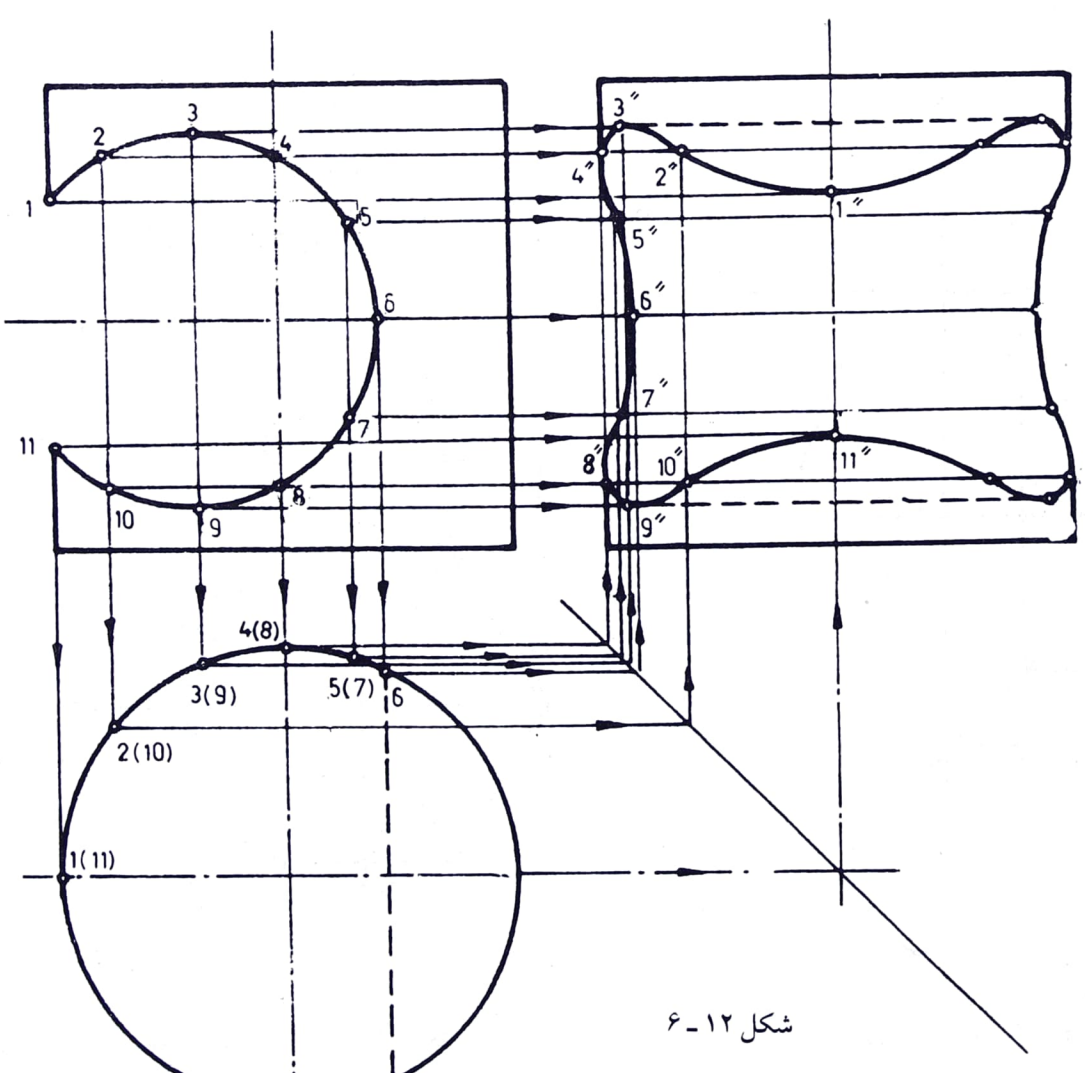
۳ ـ فصل مشترک برش را که دهانه سوراخ خارج از محور است به چند قسمت تقسیم کرده شماره گذاری می کنیم (۱ الی ۱۱). ابتدا و انتهای فصل مشترک و محل برخورد آن با محورها جزء تقسیمات است.

۴ ـ تصویر نقاط مشخص شده را در نمای سطحی پیدا کرده به کمک خط رابط و °۴۵ به نمای جنبی انتقال می دهیم.

۵ ـ از نقاط ۱ الی ۱۱ در نمای اصلی خطوطی به موازات محور Xها به طرف نمای جانبی رسم می کنیم. این خطوط در مسیر خود امتدادهای مربوط برگشتی از خط °۴۵ را قطع می کنند. نقاط وصل را دو به دو به یکدیگر وصل می کنیم. شکل حاصل تصویر فصل مشترک برخورد ابزار برشی با استوانه است (شکل ۱۲ ـ ۶).



شکل ۱۱ ـ ۶



شکل ۱۲ ـ ۶

۳ ـ ۶ ـ ترسیم فصل مشترک برخورد صفحات خاص با هرم قائم

۱ ـ ۳ ـ ۶ ـ روش ترسیم فصل مشترک برخورد صفحهٔ افقی با هرم قائم: در شکل ۱۳ ـ ۶ هرم شش ضلعی با صفحه افقی برش داده شده است. فصل مشترک برش خط a′b′ جسم را به دو قسمت تقسیم کرده است. قسمت بالا هرم کوچکی است که با هرم بزرگ متشابه است؛ بنابراین سطح قاعده آن شش ضلعی منظم خواهد بود.

برای ترسیم تصویر مقطع در نمای سطحی کافی است که:

۱ ـ محل برخورد یالهای هرم با فصل مشترک را شماره گذاری کنیم.

۲ ـ چون شش ضلعی متشابه است، بنابراین محل برخورد یکی از یالها مثلاً نقطه ۴ را بر روی یال خود در نمای سطحی رابط می کنیم و به موازات سایر اضلاع دور می زنیم.

شکل حاصل شش ضلعی منظم و سطح حاصل از برش صفحه افقی با هرم در نمای سطحی است.

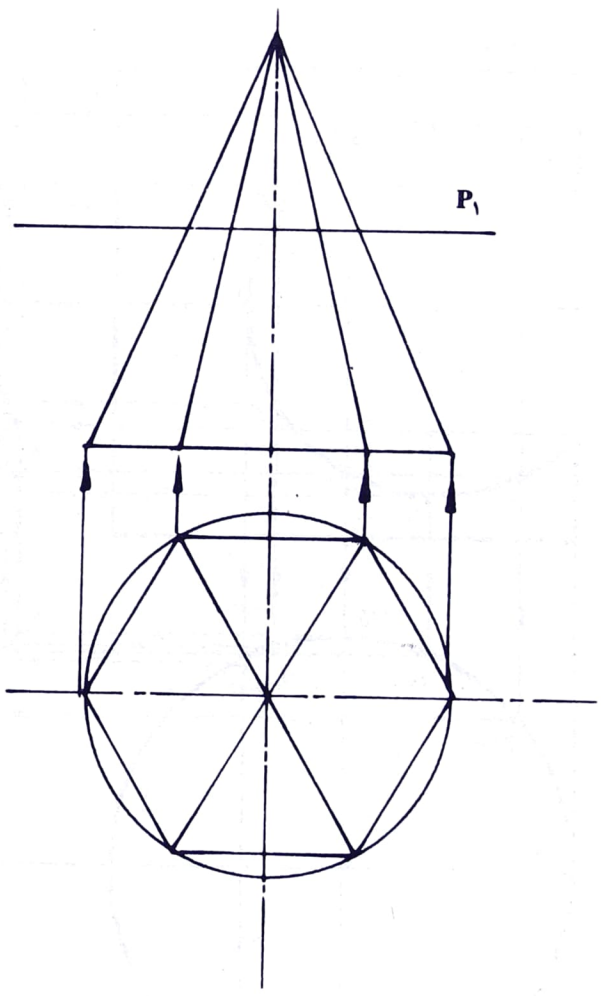
نمای جانبی را به کمک خطوط رابط ۴۵° رسم می کنیم. اثر برش صفحهٔ افقی در نمای جانبی خطی مستقیم در امتداد صفحه برش است (شکل ۱۴ ـ ۶).

۲ ـ ۳ ـ ۶ ـ روش ترسیم تصاویر برخورد صفحه منتصب با هرم: در شکل ۱۵ ـ ۶ صفحه منتصب P تحت زاویه ۳۰° هرمی با قاعده پنج ضلعی منتظم را قطع کرده است.

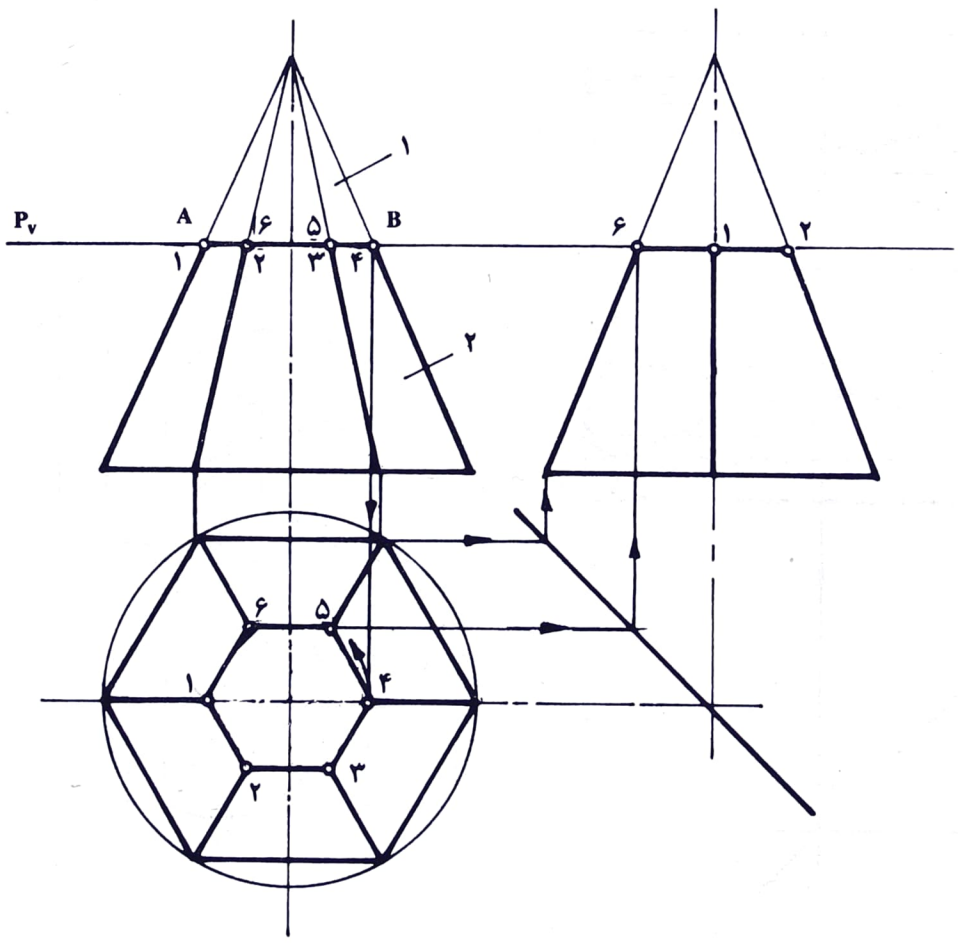
فصل مشترک برخورد صفحه و هرم خط مورب a′b′ (مقطع جدید) در نمای اصلی است. جهت تعیین اثر آن در نماهای دیگر به طریق زیر عمل می کنیم.

۱ ـ یالهای هرم را در نمای سطحی و اصلی شماره ـ گذاری می کنیم.

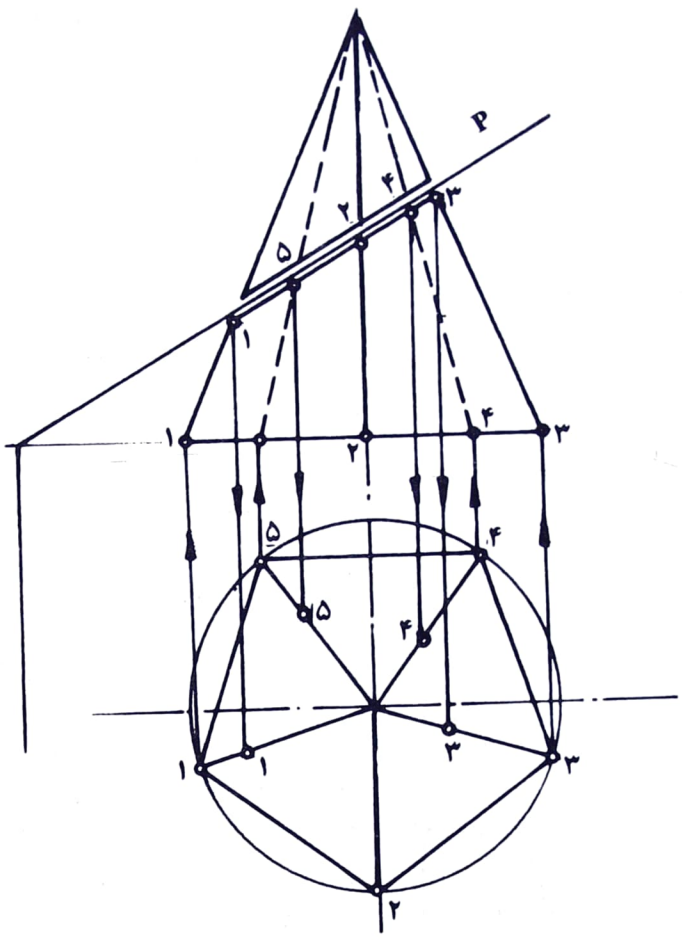
۲ ـ شماره های مربوط را به محل برخورد یالها با



شکل ۱۳ ـ ۶ ـ برخورد صفحهٔ افقی با هرم



شکل ۱۴ ـ ۶ ـ روش ترسیم اثر برش صفحهٔ افقی در نمای سطحی



شکل ۱۵ ـ ۶ ـ برخورد صفحهٔ منتصب با هرم

فصل مشترک انتقال می دهیم.

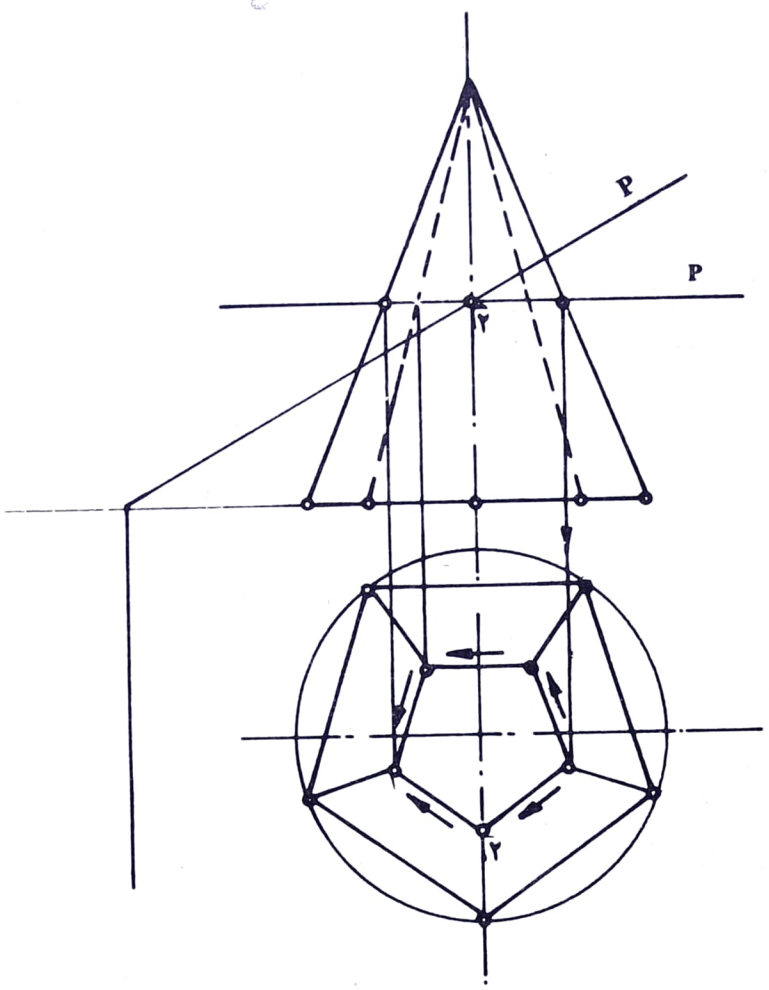
۳ ـ نقاط برخورد یالها با فصل مشترک را به ترتیب بر روی تصاویر یالهایشان عمود کرده محل برخوردشان را مشخص می کنیم.

توجه: در صورتی که یک یا چند یال در امتداد تصاویر خود قرار گرفته باشند، مکان هندسی تصویر نقاط واقع بر آن به این ترتیب امکان ندارد؛ مثل نقطه شماره ۲ در روی یال شماره ۲.

برای تعیین تصویر این گونه نقاط از دو روش زیر می توان استفاده کرد:

روش اول: از نقطه مورد نظر در نمای اصلی صفحه افقی مرور می دهیم. می دانیم که تصویر یا اثر برش این صفحه تصویری است مشابه سطح قاعده؛ بنابراین با اانتقال نقاط به نمای سطحی و اتصال آنها به همدیگر نمای سطحی کامل می شود.

نقطه مورد نظر در روی محیط سطح تصویر شده قرار دارد(شکل ۱۶ ـ ۶).



شکل ۱۶ ـ ۶ ـ روش اول تصویر گیری از نقطه شماره ۲

روش دوم: ۱ ـ نمای جانبی را به طور کلی و با خط نازک طرح کرده سپس شماره یالهای مربوط را روی آنها مشخص می کنیم.

۲ ـ نقطه مورد نظر (شماره ۲) را به سمت راست امتداد می دهیم تایال مربوط در نمای جانبی را قطع کند.

۳ ـ محل تقاطع را به کمک خطوط رابط و خط کمکی 45° به نمای سطحی منتقل می کنیم.

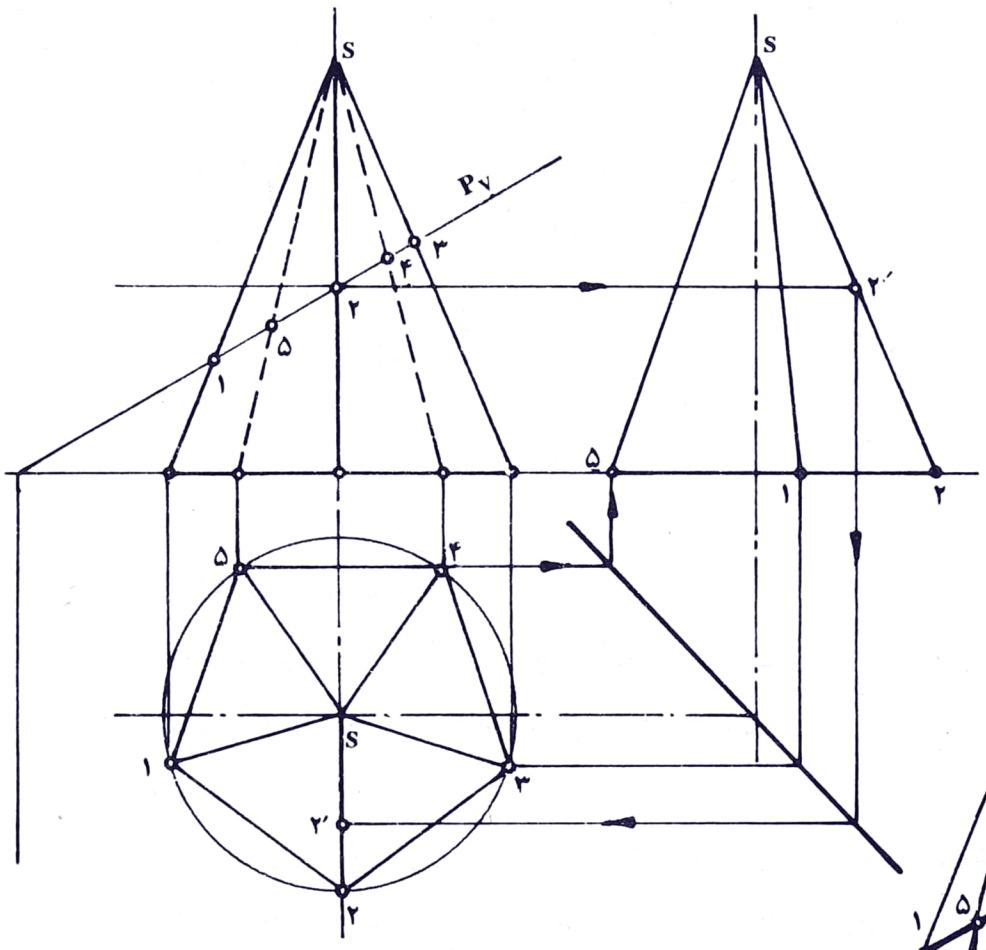
۴ ـ محل برخورد این خط با تصویر یال مربوط در نمای سطحی تصویر نقطه مورد نظر (شماره ۲) است. حال با توجه به دو روشی که ذکر شد، ترسیم تصاویر برخورد صفحهٔ منتصب با هرم ادامه می دهیم.

۵ـ پس از تعیین موقعیت تصویر نقاط مورد بحث در اینجا (نقطه شماره ۲)، نقاط به دست آمده را دو به دو به یکدیگر وصل می کنیم (شکل ۱۷ـ ۶).

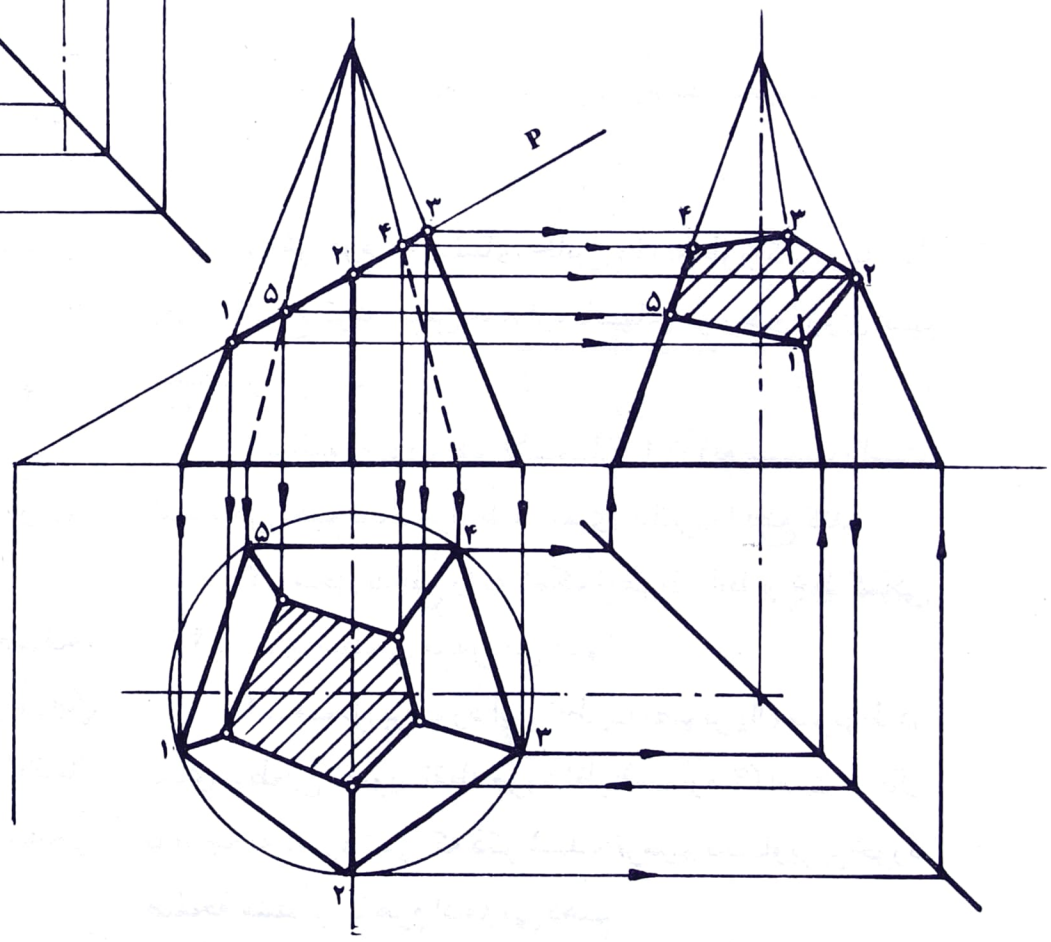
برای ترسیم تصویر فصل مشترک در نمای جانبی کافی است که نمای جنبی را به طور کلی و با خط نازک طرح کرده یالهای مربوط را شماره گذاری کنیم: در شماره گذاری یالها باید دقت کافی به کار ببریم.

به دلیل مشخص بودن امتداد یالها در نمای جانبی می توانیم بدون استفاده از خط کمکی ۴۵° نقاط واقع در روی فصل مشترک را به ترتیب به سمت راست امتداد بدهیم. محل برخورد هر یک از خطوط با یال مربوط، تصویر نقطه در نمای جانبی است.

از بهم پیوستن نقاط به دست آمده تصویر سطح پنج ضلعی غیر منتظم (فصل مشترک برش) در نمای جانبی بدست می آید (شکل ۱۸ـ ۶).



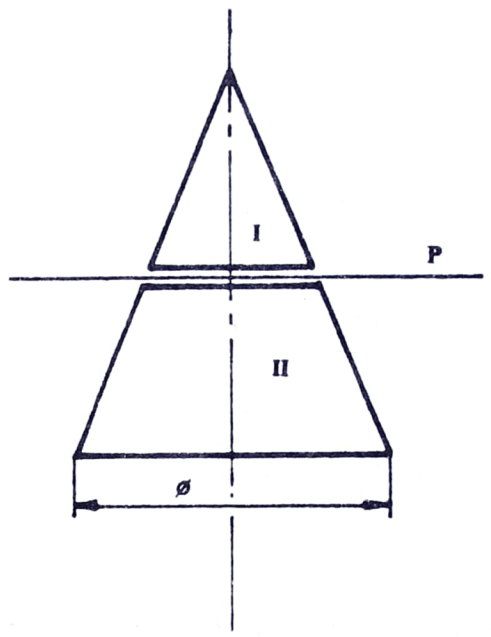
شکل ۱۷ـ ۶ـ روش دوم تعیین نقطه شماره ۲



شکل ۱۸ـ ۶ـ روشی از بدست آوردن فصل مشترک صفحه منتصب با هرم

۴ ـ ۶ ـ ترسیم فصل مشترک حاصل از برخورد صفحه افقی و مخروط قائم

در شکل ۱۹ ـ ۶ مخروط قائم به وسیله صفحه افقی P برش داده شده است. اثر قائم آن خطی مستقیم و موازی با سطح افقی است که مخروط را به دو قسمت (مخروط قائم



شکل ۱۹ ـ ۶ ـ مخروط قائم با صفحهٔ افقی بریده شده است

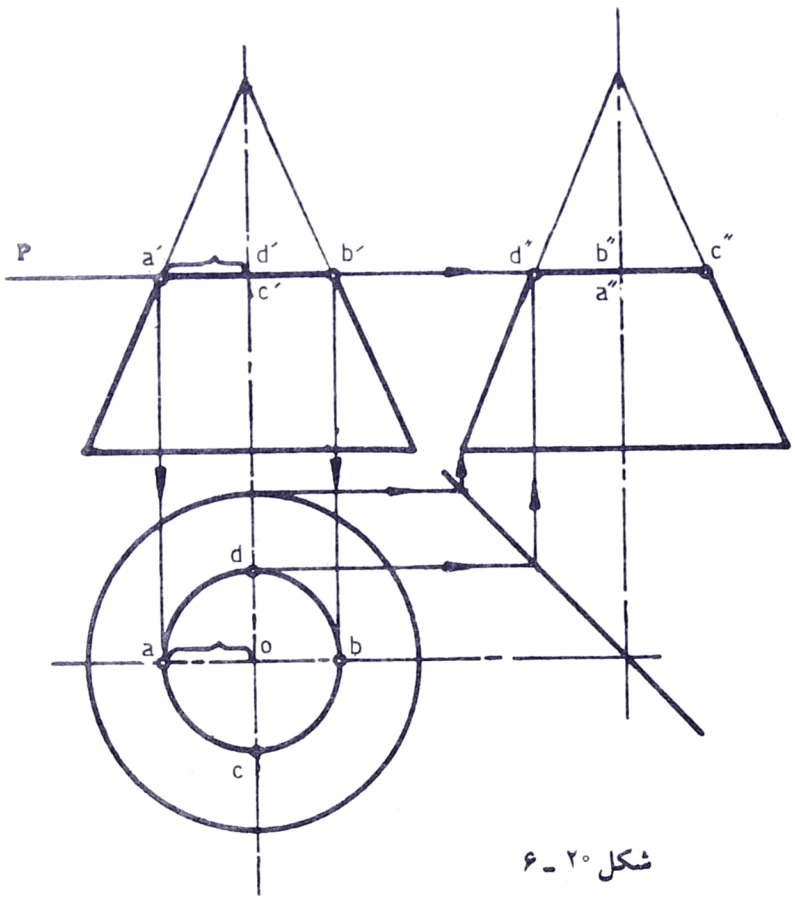
کوچک و مخروط ناقص) تقسیم می‌کند. سطح قاعده مخروط قائم کوچک دایره کامل است، زیرا صفحه برش به موازات سطح قاعده بزرگ مخروط مرور داده شده و سطحی مشابه آن ایجاد کرده است؛ بنابراین تصویر فصل مشترک برش صفحه افقی و مخروط قائم در نمای افقی (نمای سطحی) دایره کاملی است که با رابط کردن نقطه a و به شعاع $o'a$ رسم می‌شود. به این ترتیب کلیه نقاط واقع بر فصل مشترک در نمای قائم در روی محیط قاعده کوچک قرار خواهند گرفت.

نمای جانبی مخروط ناقص که با کمک خط 45° ترسیم شده کاملاً شبیه نمای اصلی است و به همان اندازه ترسیم می‌شود (شکل ۲۰ ـ ۶).

تغییرات حاصل در این رابطه عبارتند از:

۱ ـ تبدیل مخروط قائم به مخروط ناقص قائم؛

۲ ـ ایجاد سطح قاعده کوچک و به تبع آن ترسیم دایره

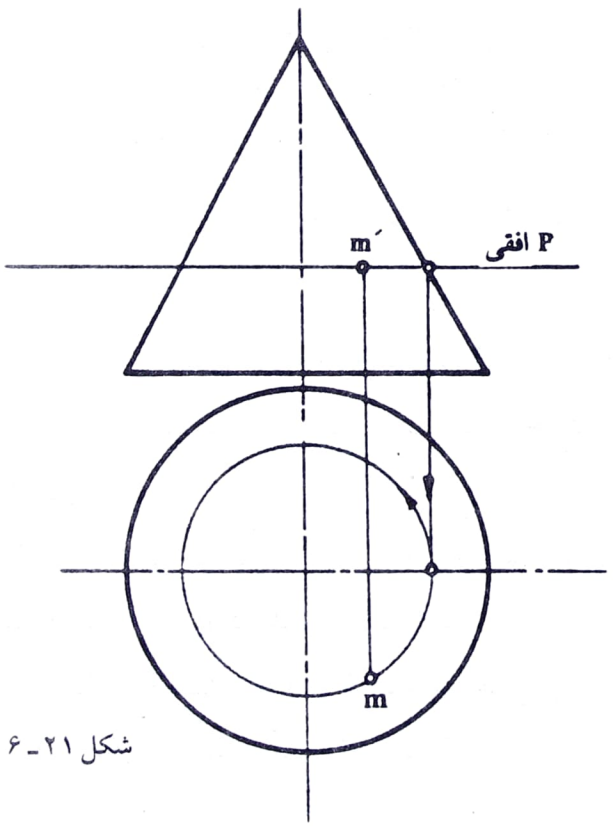


شکل ۲۰ ـ ۶

کوچکتر در نمای سطحی.

۱ ـ ۴ ـ ۶ ـ روش تعیین تصویر نقطه واقع در سطح جانبی مخروط

الف ـ با بهره‌گیری از خواص صفحه افقی می‌توان تصویر یا تصاویر نقاط واقع بر سطح جانبی مخروط را در نماهای سطحی و جانبی به دست آورد. بدین ترتیب در شکل ۲۱ ـ ۶ نقطه m مفروض است.



شکل ۲۱ ـ ۶

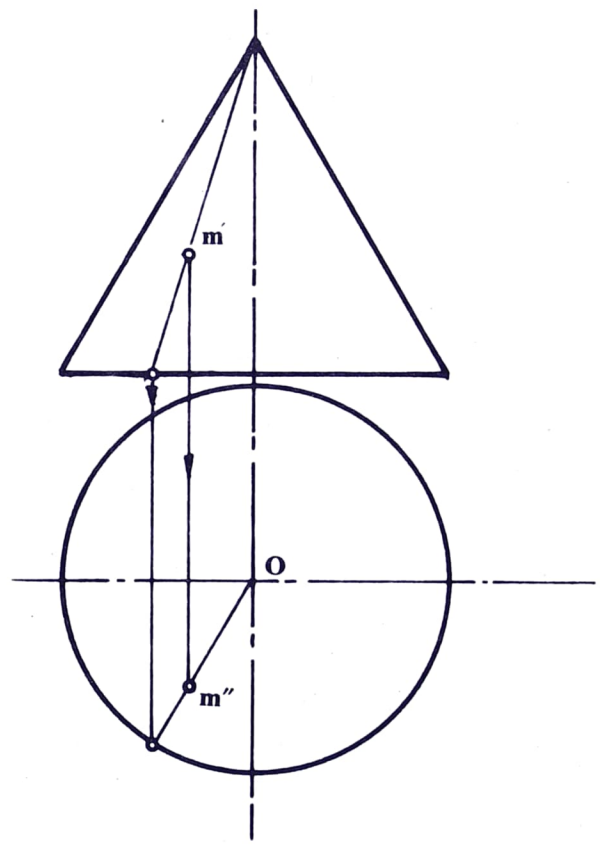
۱ ـ صفحه افقی را از نقطه مورد نظر m، مرور می‌دهیم.

۲ ـ با علم به این که اثر صفحه در نمای سطحی دایره کاملی است به شعاع از خط محور تا محل برخورد صفحه بایال اصلی مخروط، دایره ای به مرکز رسم می کنیم.

۳ ـ نقطه m را رابط می کنیم تا دایره مقطع را در نقطه m′ قطع کند. نقطه جدید تصویر m در نمای سطحی است.

ب ـ با استفاده از یالهای کمکی نیز می توان تصویر یا تصاویر نقاط واقع بر سطح جانبی مخروط را به دست آورد.

بدین ترتیب در شکل ۲۷ ـ ۶ نقطه m در روی سطح جانبی مخروط مفروض است.



شکل ۲۲ ـ ۶

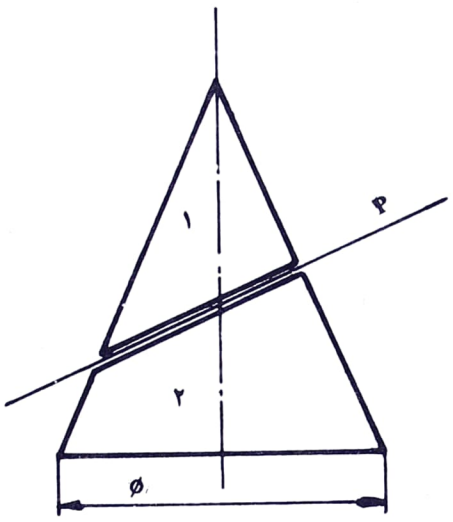
۱ ـ از نقطه S′ رأس مخروط یال کمکی به قاعده مخروط رسم می کنیم، به شرطی که در مسیر خود از نقطه m′ بگذرد.

۲ ـ محل برخورد با سطح قاعده را به سمت پایین امتداد می دهیم تا محیط قاعده را قطع کند.

۳ ـ نقطه حاصل را به مرکز دایره وصل می کنیم. تا تصویر یال کمکی به دست آید و تصویر نقطه m نیز در روی آن قرار گیرد.

۴ ـ از نقطه m در نمای اصلی خطی رابط می کنیم تا m تعیین شود.

۲ ـ ۴ ـ ۶ ـ ترسیم فصل مشترک حاصل از برخورد صفحه منتصب با مخروط قائم: در شکل ۲۳ ـ ۶ مخروط



شکل ۲۳ ـ ۶

قائم به وسیله صفحه P برش داده شده و در نتیجه به دو قسمت تقسیم شده است. به طوری که مشاهده می شود، ارتفاع نقاط C و B و A واقع در روی سطح شیبدار (فصل مشترک برش) تا سطح قاعده مخروط به یک اندازه نیست؛ در نتیجه تصاویرشان نیز در نمای سطحی روی یک دایره قرار نخواهد گرفت. در این مورد ضروری است که تصاویر هر یک از نقاط را به طور جداگانه مشخص کرده دو به دو به یکدیگر وصل کنیم.

روش کار:

۱ ـ فصل مشترک برش را به چند قسمت تقسیم کرده شماره گذاری می کنیم و به شرطی که نقاط ابتدا و انتهای فصل مشترک و محل برخورد آن با محور قائم جزو نقاط مفروض باشند.

۲ ـ با استفاده از خواص صفحه افقی به ترتیب از نقاط مشخص شده صفحات افقی مرور می دهیم.

۳ ـ به شعاع از مرکز تا یال مخروط، دوایری در نمای سطحی رسم می کنیم تا مقاطع حاصل از عبور صفحات در نمای سطحی تعیین شود.

۴ ـ از نقاط واقع در روی صفحات (روی فصل مشترک برش) خطوطی بر دوایر مربوط در پایین عمود می‌کنیم تا دوایر مربوط را در یک یا دو نقطه قطع کنند. نقاط حاصل را شماره گذاری کرده و به یکدیگر وصل می‌کنیم. به تصاویر نقاط ۳ و ۵ دقت کنید.

۵ ـ با استفاده از خطوط کمکی، تصاویر نقاط موجود در روی فصل مشترک را در نمای جانبی مشخص می‌کنیم (شکل ۲۴ ـ ۶).

۳ ـ ۴ ـ ۶ ـ ترسیم فصل مشترک حاصل از برخورد صفحه نیمرخ با مخروط: در شکل ۲۵ ـ ۶ مخروط قائم به وسیله صفحه قائم P برش داده شده است. اثر برخورد صفحه در نمای جانبی و سطحی را رسم کنید.

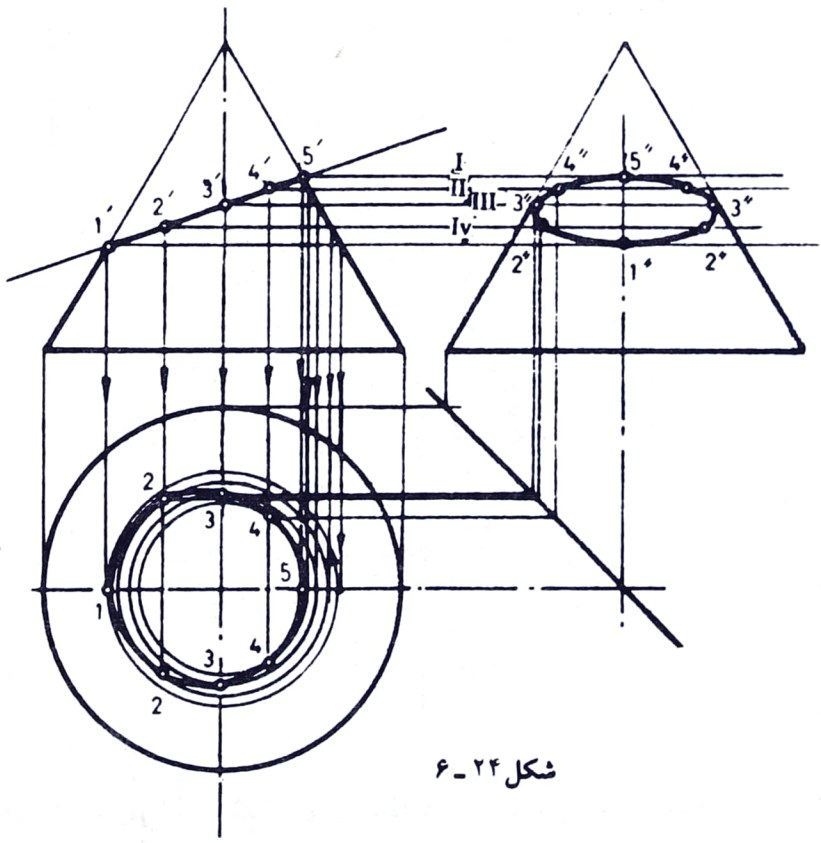
حل:

ـ ضمن تعریف خواص صفحات خاص دیدیم که اثر صفحه نیمرخ در نمای اصلی و سطحی خط مستقیم و در نمای جانبی سطحی است که از اتصال نقاط حاصل از برخورد امتدادهای تصاویر نقاط موجود در نمای اصلی و سطحی به دست می‌آید. برای این منظور از فصل مشترک برش صفحه و نمای اصلی (خط $\overline{BC}$) صفحات افقی مرور داده به شعاع از محور تا محل برخورد صفحات با مواد مخروط، دوایری در نمای سطحی ترسیم می‌کنیم.

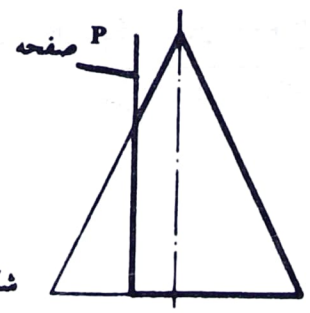
ـ محل برخورد دوایر با خط مولد ۵ و ۵ (فصل مشترک صفحه و جسم در نمای سطحی) را به کمک خطوط رابط و خط 45° به نمای جانبی انتقال می‌دهیم.

ـ خطوط انتقالی، امتداد صفحات مربوط را در یک نقطه قطع می‌کنند (″۱ ، ″۲ ، ″۳ ، ″۴ ، ″۵ و قرینه‌های آنها).

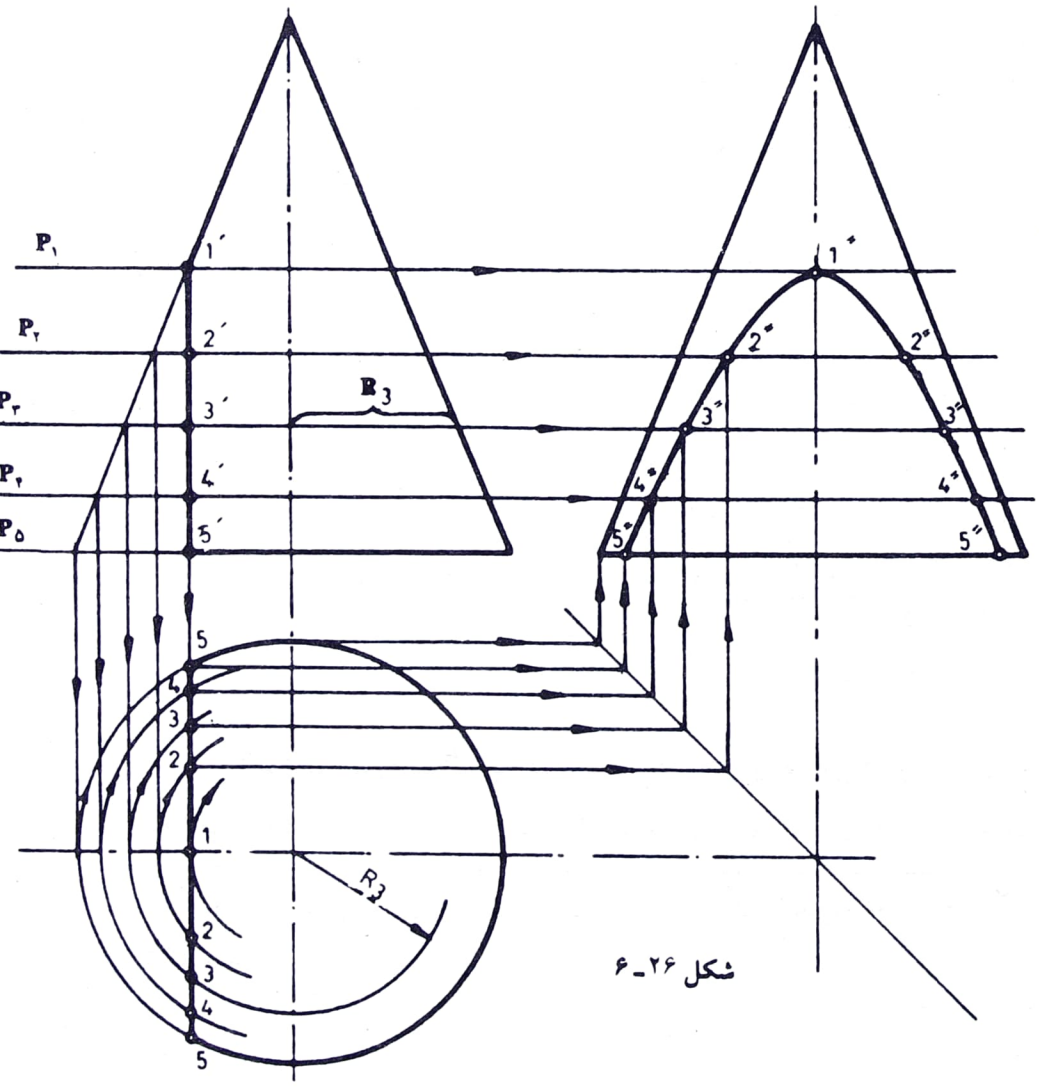
ـ نقاط حاصل را به یکدیگر وصل می‌کنیم. شکل حاصل سطحی است که در اثر تقاطع صفحه نیمرخ و مخروط حاصل شده است (شکل ۲۶ ـ ۶).



شکل ۲۴ ـ ۶



شکل ۲۵ ـ ۶



شکل ۲۶ ـ ۶

مسأله: مخروط قائم با فصل مشترک برخورد با صفحهٔ منتصب مفروض است (شکل ۲۷ـ۶).

برای ترسیم اثر برخورد صفحه در نماهای دیگر به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

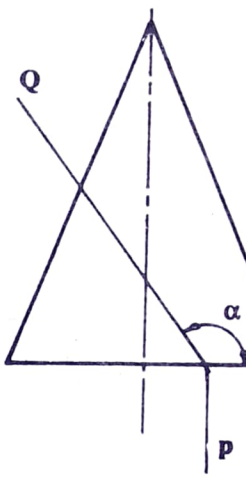
۱ـ با استفاده از روش مرور صفحه از فصل مشترک برش چندین صفحهٔ افقی مرور داده دوایر حاصل از آنها را در نمای سطحی رسم می‌کنیم.

۲ـ از نقاط واقع در روی صفحات افقی بر دایره مربوط، رابط رسم می‌کنیم.

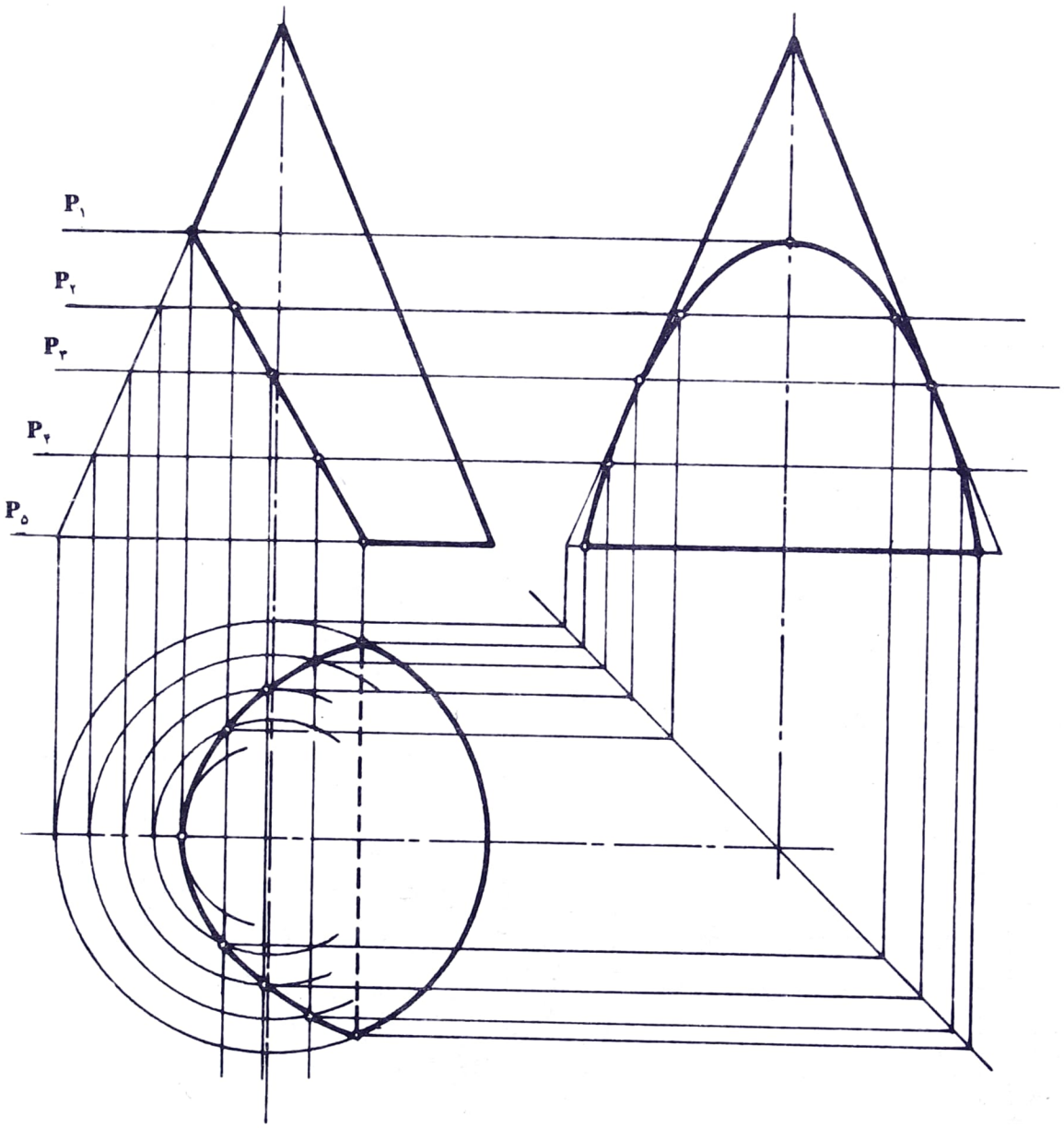
۳ـ محل برخورد خطوط رابط با دوایر را به یکدیگر وصل می‌کنیم. منحنی حاصل اثر برخورد صفحه در نمای افقی خواهد بود.

۴ـ با استفاده از خطوط رابط و کمکی 45° منحنی حاصل از برخورد صفحه در نمای جانبی را نیز ترسیم می‌کنیم.

لازم به تذکر است که هیچ کدام از منحنیهای به دست آمده اندازه واقعی خود را ندارند، بلکه به صورت تصویراند (شکل ۲۸ـ۶).



شکل ۲۷ـ۶



شکل ۲۸ـ۶

۴ـ۴ـ۶ـ رسم اثر برخورد صفحه با سطوح دو انحنایی* :شکلهای ۲۹ ـ ۶ و ۳۰ ـ ۶ سطوحی را نشان **می‌دهدکه معمولاً در شاتونها یا میله‌های محور بندی شده ایجاد می‌شود. براده برداری از این سطوح به مثابه مرور**

* : سطوح دو انحنایی سطوحی هستند که به صورت محدب و مقعر به همدیگر رسیده باشند مانند سطح خارجی تنگ بلوری یا کوزه (صفحه ۹۷ شکل شکل سمت راست از شماره شکل ۴ ـ ۸).

صفحات جبهی یا قائم است. اثر مرور صفحات معمولاً منحنی های نامشخصی هستند که به وسیلهٔ نقطه یابی به روش مرور صفحه ترسیم می شوند.

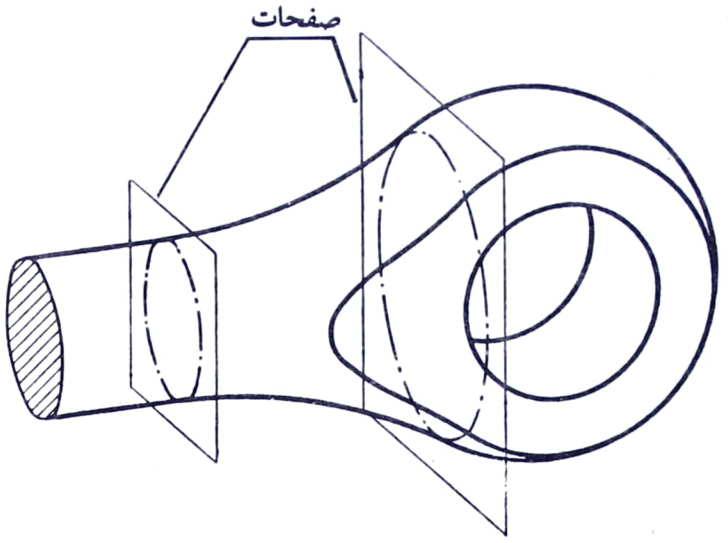
روش ترسیم این نوع منحنی ها را در مثال زیر بررسی کنیم.

در شکل ۳۱ ـ ۶ قسمتی از دسته پیستون که از سه قسمت؛ استوانه بالایی ساق دسته پیستون، قسمت میانی مخروط فرمی (سطح دو انحنایی) و قسمت پایین استوانه (کپه، بالایی شاتون) تشکیل شده و به وسیلهٔ صفحات جبهی از روبرو و پشت سر برش داده شده است، نشان داده می شود.

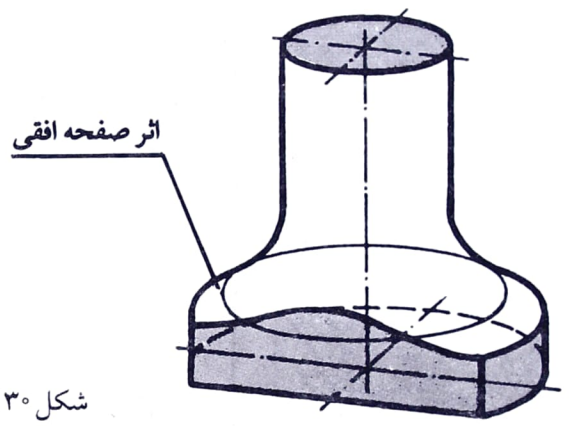
ـ برای ترسیم فصل مشترک از قسمت دو انحنایی (محل برخورد دو منحنی) جسم صفحات افقی مرور می دهیم.

اثر برخورد صفحات در نمای سطحی دایره است، زیرا جسم مخروط فرمی منتظم است.

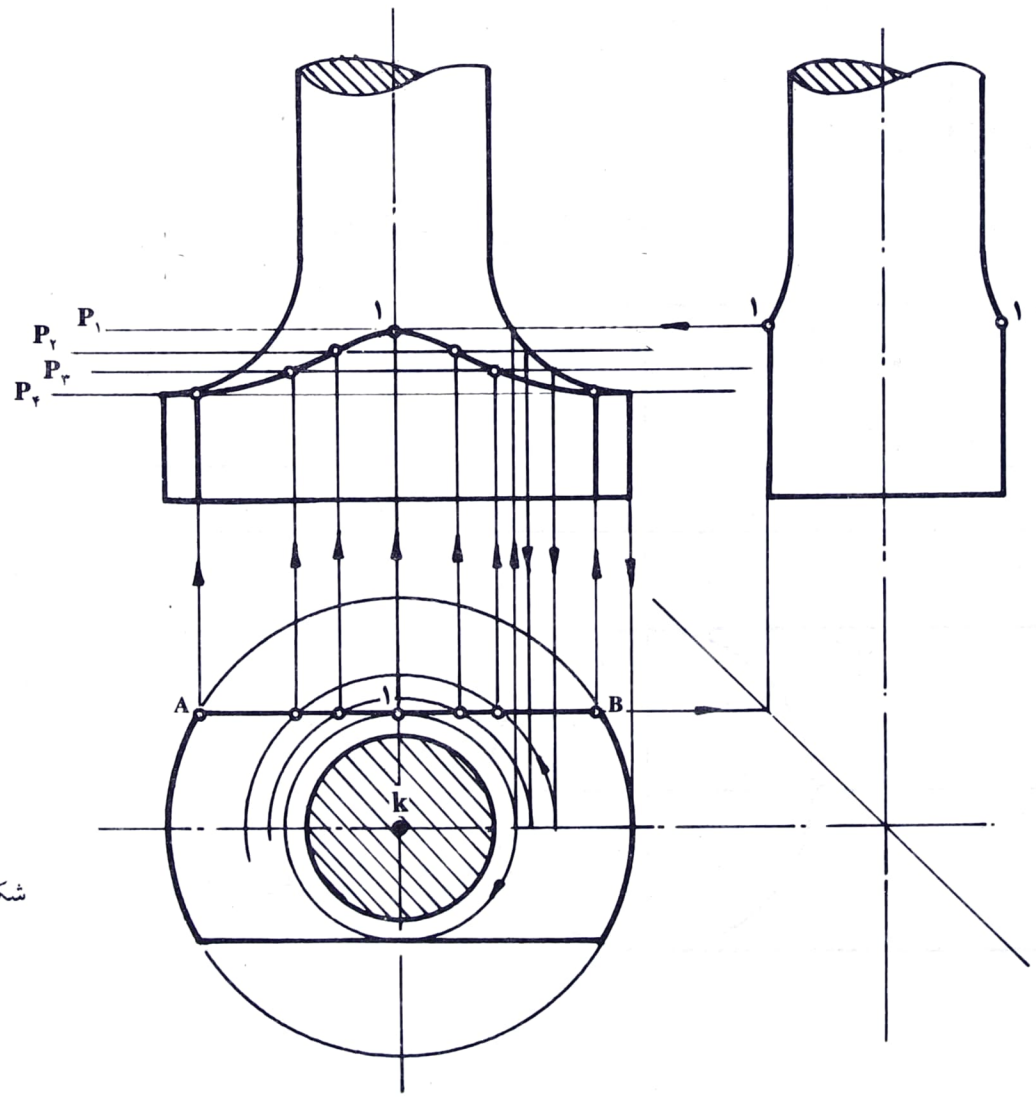
ـ به شعاع از مرکز تا برخورد صفحات با قوسهای طرفین در نمای سطحی دایره می زنیم.



شکل ۲۹ ـ ۶



شکل ۳۰ ـ ۶



شکل ۳۱ ـ ۶

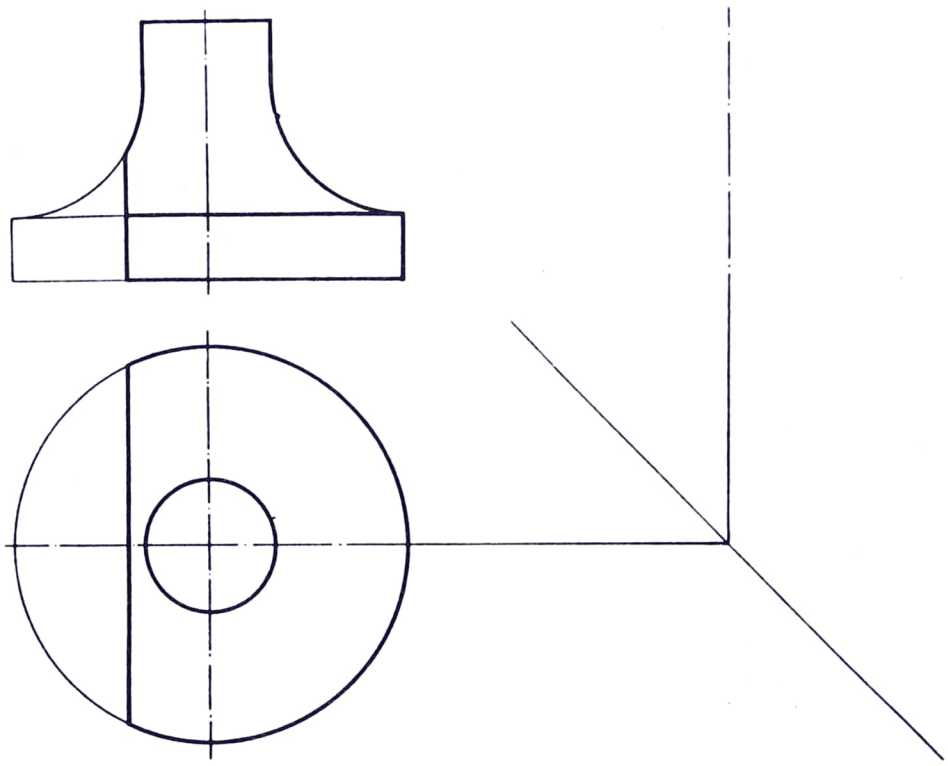
این دوایر اثر برش صفحه در نمای سطحی را در نقاطی قطع می کند:

محل تقاطع را به صفحات مربوط در نمای اصلی منتقل کرده و به یکدیگر وصل می کنیم.

توجه: در این نوع نقشه ها محل مرور اولین صفحه را که نقطه برگشت منحنی است، بدون کمک از نمای جانبی نیز می توان تعیین کرد، بدین ترتیب که: به مرکز O در نمای سطحی دایره ای مماس بر خط برش AB رسم کرده محل برخورد آن با خط محور را به نمای اصلی منتقل می کنیم. محل برخورد خط رابط با قوس پایان مخروط محل مرور اولین صفحه خواهد بود.

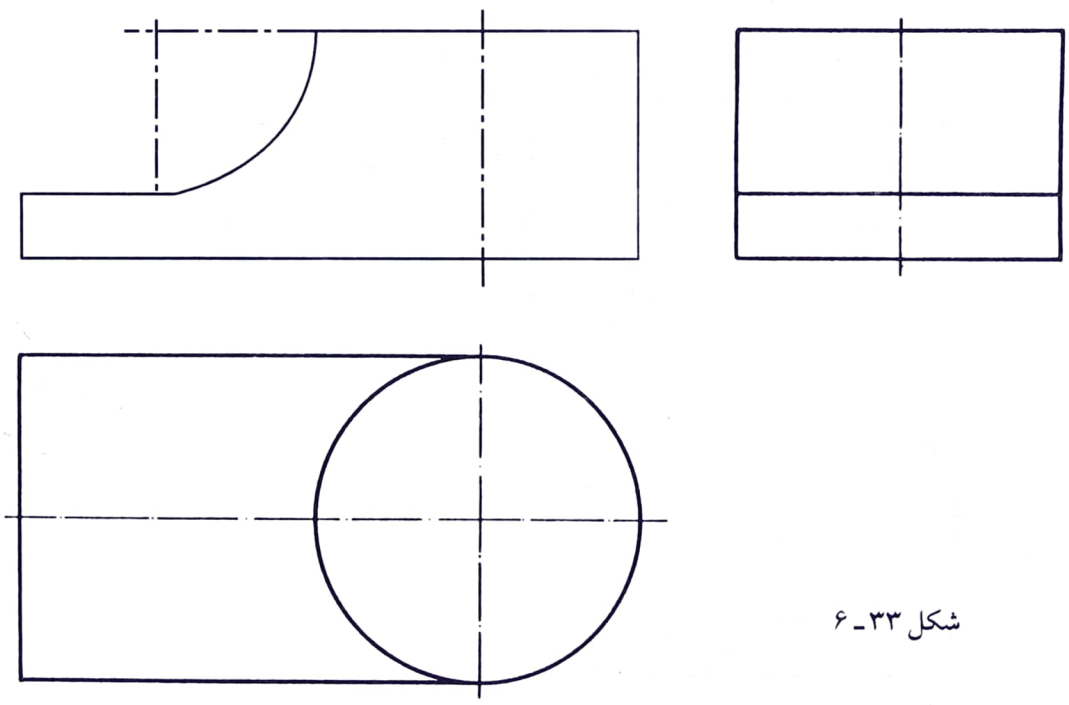
تمرین

۱ ـ در نقشه داده شده نمای جانبی را ترسیم کنید (شکل ۳۲ ـ ۶).



شکل ۳۲ ـ ۶

۲ ـ در سه نمای داده شده نمای اصلی را تکمیل کنید (شکل ۳۳ ـ ۶).



شکل ۳۳ ـ ۶

۵ـ۶ـ ترسیم فصل مشترک برخورد صفحات خاص با کُره

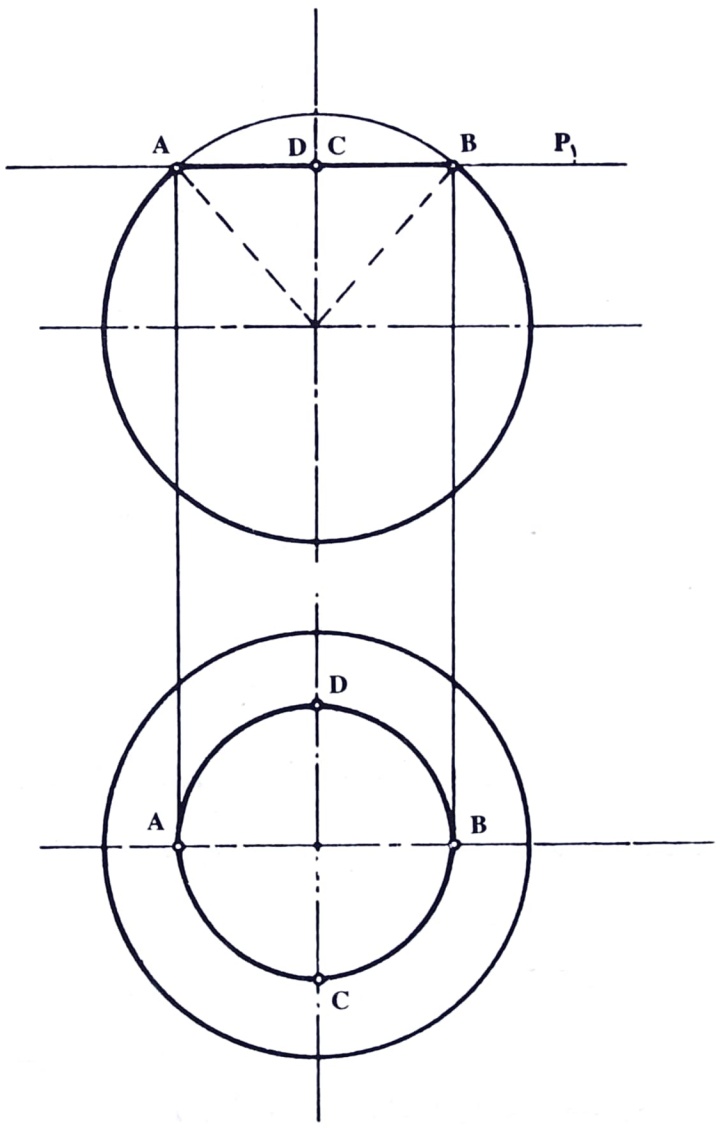
۱ـ۵ـ۶ـ برخورد صفحه افقی با کره: به طوری که می دانیم کره جسم دواری است که فاصلهٔ کلیه نقاط واقع بر سطح جانبی آن تا مرکز کره به یک اندازه است (شکل ۳۴ـ۶). برخورد صفحه افقی P_1 و کره را نشان می دهد. هرگاه نقاطی مانند A، B، C و D واقع بر روی محیط سطح حاصل از برش را به مرکز کره وصل کنیم، مخروطی حاصل خواهد شد که رأس آن در مرکز کره و سطح قاعده آن برسطح جانبی کره واقع شده است (شکل۳۵ـ ۶).

نتیجه: سطح حاصل از برخورد صفحه مستوی در حالتهای مختلف با کُره، دایره است.

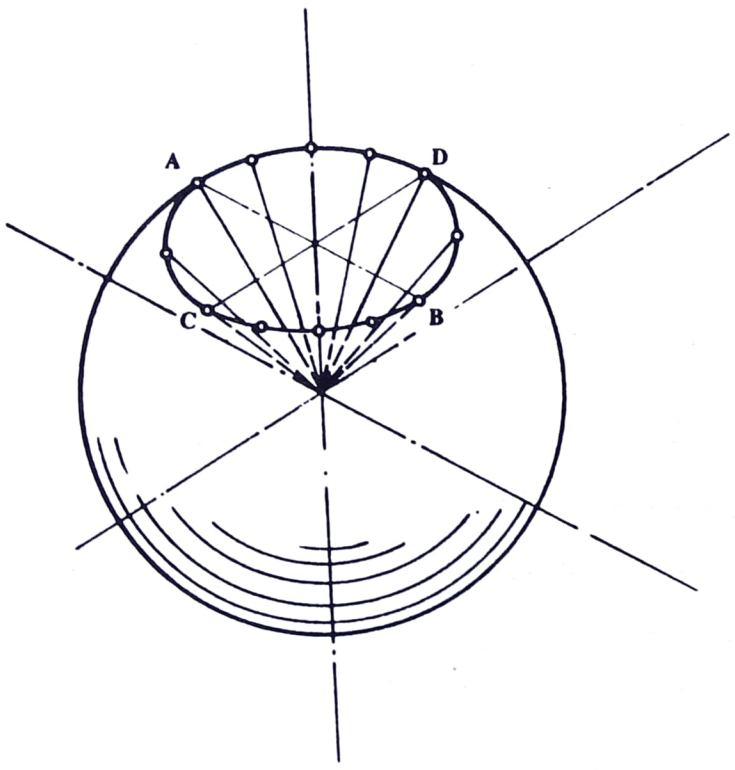
به این ترتیب تصاویر حاصل از برخورد صفحات خاص با کُره در نماهای مختلف بدین قرار است:

۱ ـ اثر برخورد صفحه افقی با کره، دایره کامل در نمای سطحی است.

۲ ـ اثر برخورد صفحه نیمرخ با کره، دایره کامل در نمای جانبی است.



شکل ۳۴ـ۶

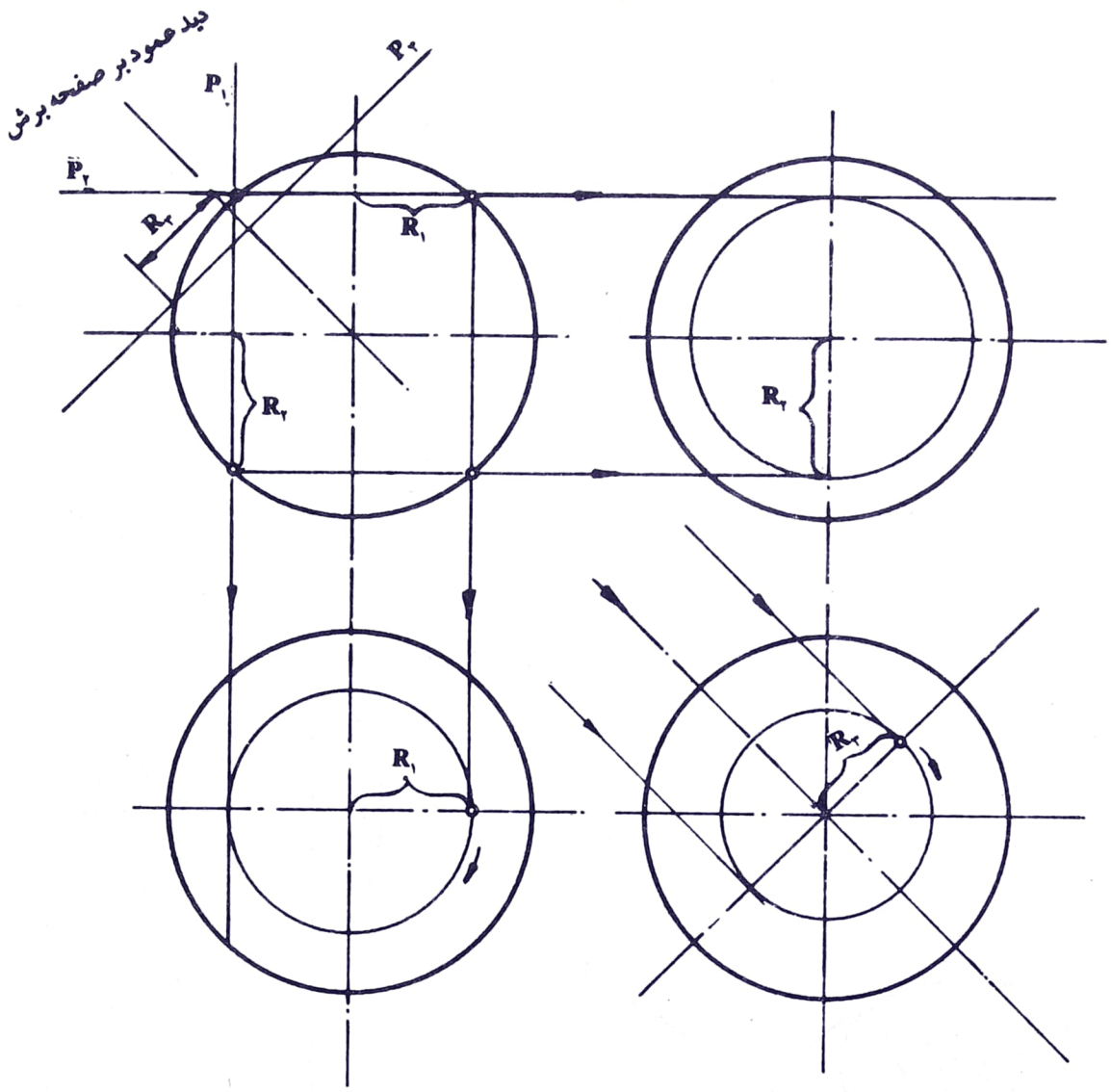


شکل ۳۵ـ۶

۳ ـ اثر برخورد صفحه جبهی با کره، دایره کامل در نمای اصلی است.

۴ ـ اثر برخورد صفحه منتصب با نمای اصلی، بیضی در دو نمای دیگر و دایره در نمای کمکی در امتداد عمود در سطح برش است (شکل ۳۶ ـ ۶).

در شکل زیر، P_1 صفحه نیمرخ، P_2 صفحه افقی و P_3 صفحه منتصب می باشد.



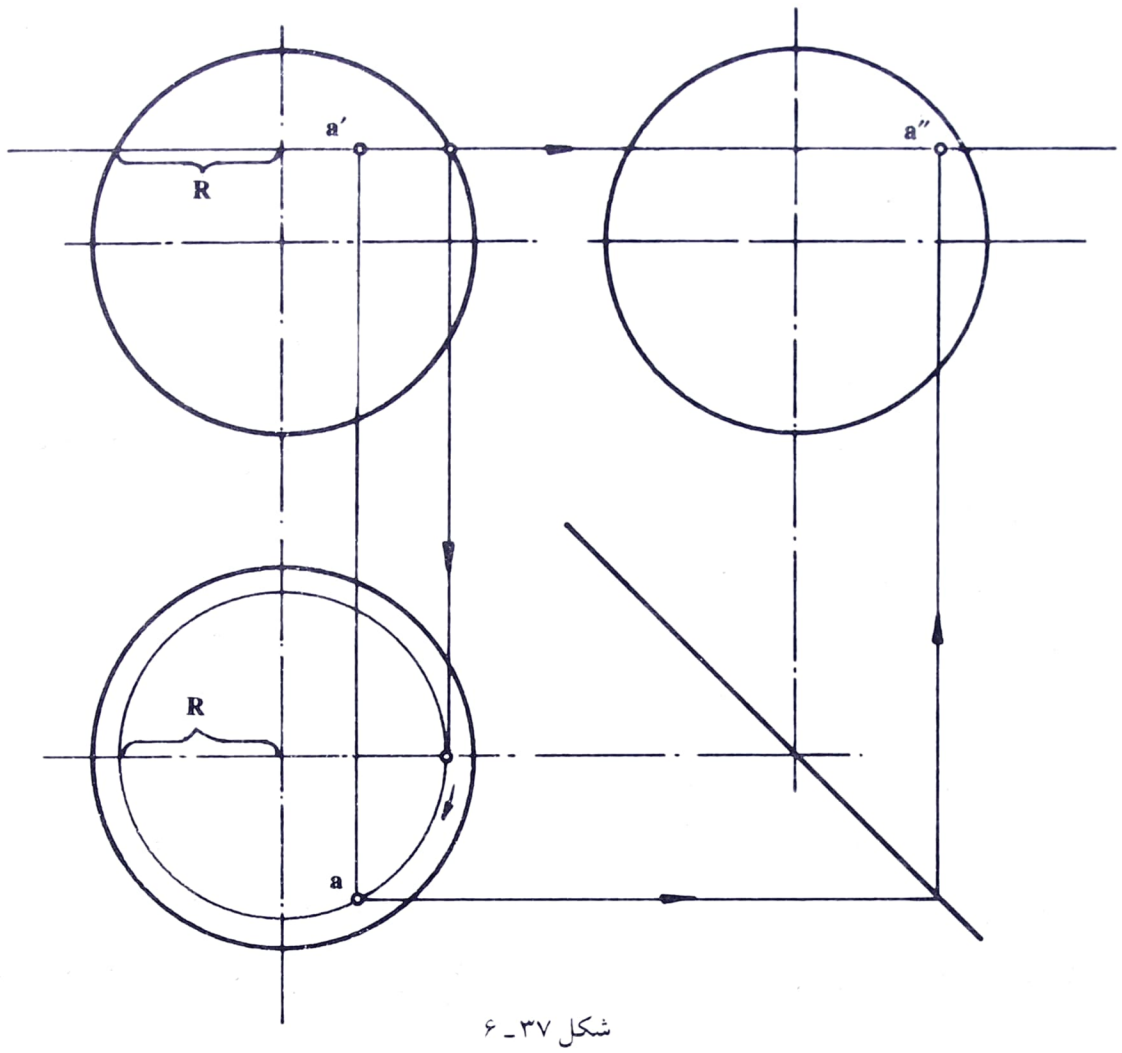
شکل ۳۶ ـ ۶

۲ ـ ۵ ـ ۶ ـ تعیین تصویر نقطه فضایی در روی نماهای کره: در شکل ۳۷ ـ ۶ نقطه a' تصویر قائم نقطه فضایی A در سطح کره است. برای تعیین تصویر آن در دو نمای دیگر کافی است از نقطه a' صفحهٔ افقی مرور بدهیم. حال تصویر حاصل از مرور صفحه را که دایره کامل است در نمای افقی رسم می کنیم. نقطه a' را رابط می کنیم؛ محیط دایره را در نقطه a قطع می کند. نقطه a در روی دایره ای به شعاع R در روی کره قرار گرفته است. با رابط کردن آن به نمای جانبی موقعیت نقطه (تصویر) در نمای جانبی نیز به دست می آید. نقطه a'' (شکل ۳۷ ـ ۶).

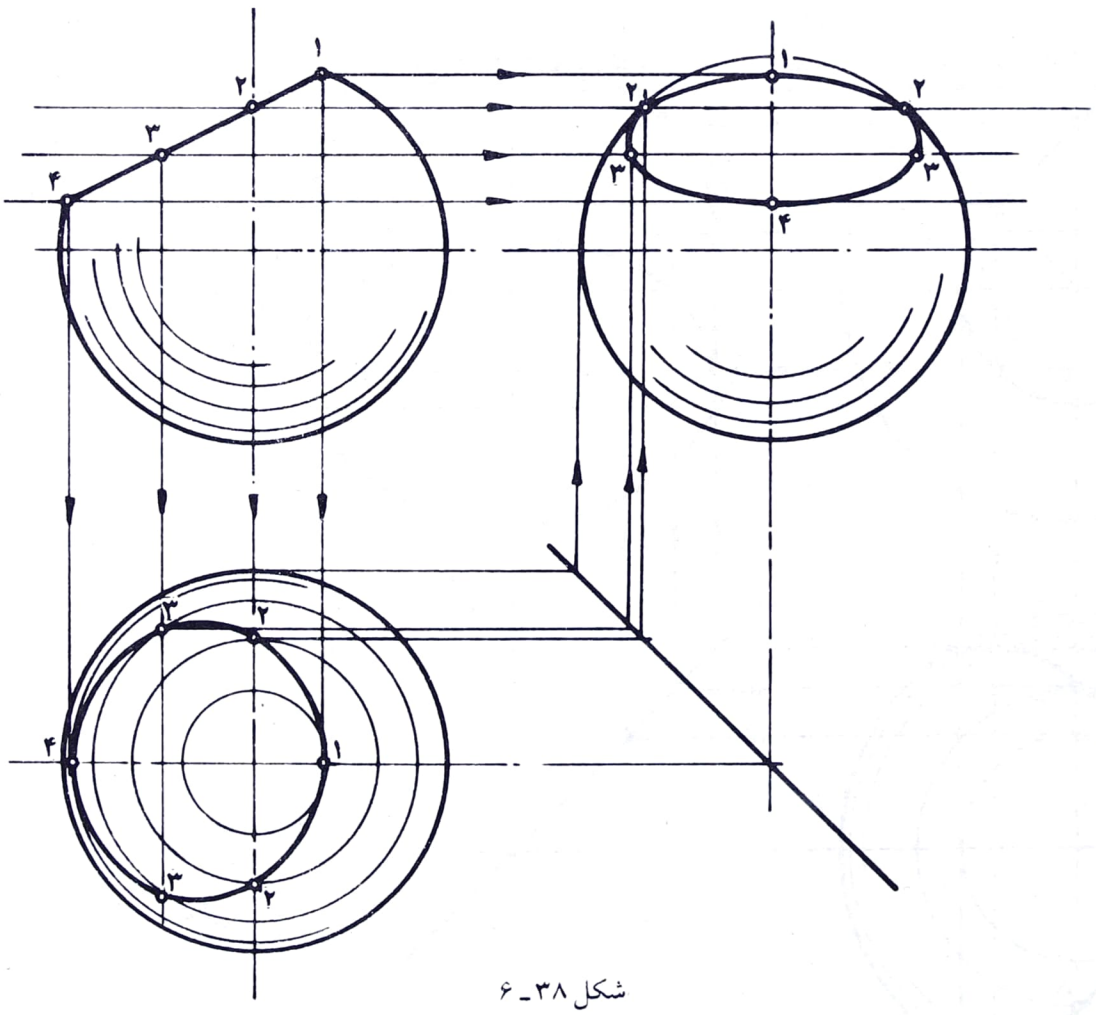
۳ ـ ۵ ـ ۶ ـ روش ترسیم فصل مشترک صفحهٔ منتصب با کُره: در شکل ۳۸ ـ ۶ برخورد صفحه منتصب با کره مفروض است. برای رسم سایر تصاویر به ترتیب زیر عمل می کنیم:

۱ ـ با در نظر گرفتن نقاط ابتدا و انتهای فصل مشترک و محل برخورد آن با محور قائم کره، آن را به چند قسمت تقسیم و شماره گذاری می کنیم.

۲ ـ از نقاط معین شده صفحات افقی مرور داده دوایر



شکل ۳۷ـ۶



شکل ۳۸ـ۶

مربوط را که اثر بر خورد صفحهٔ افقی و کره است، در نمای سطحی رسم می کنیم.

۳ ـ نقاط مربوط به هر یک از صفحات را به نمای سطحی رابط می کنیم ومحل تلاقی آنها را به یکدیگر وصل می کنیم: بیضی حاصل تصویر فصل مشترک در نمای سطحی است.

۴ ـ با استفاده از خط کمکی 45° و امتداد صفحات مرور داده شده در نمای اصلی به طرف نمای جانبی، تصاویر نقاط مشخص شده را در نمای جانبی به یکدیگر وصل می کنیم (شکل ۳۸ ـ ۶).

ازاین روش برای ترسیم تصاویر کلیه فصل مشترکهای حاصل از برخورد صفحات با کره استفاده می کنیم.

مسأله: (شکل ۳۹ ـ ۶)

جسم کروی با فصل مشترک U شکل حاصل از فرزکاری مفروض است. تصاویر فصل مشترک در نماهای جانبی و سطحی را ترسیم کنید.

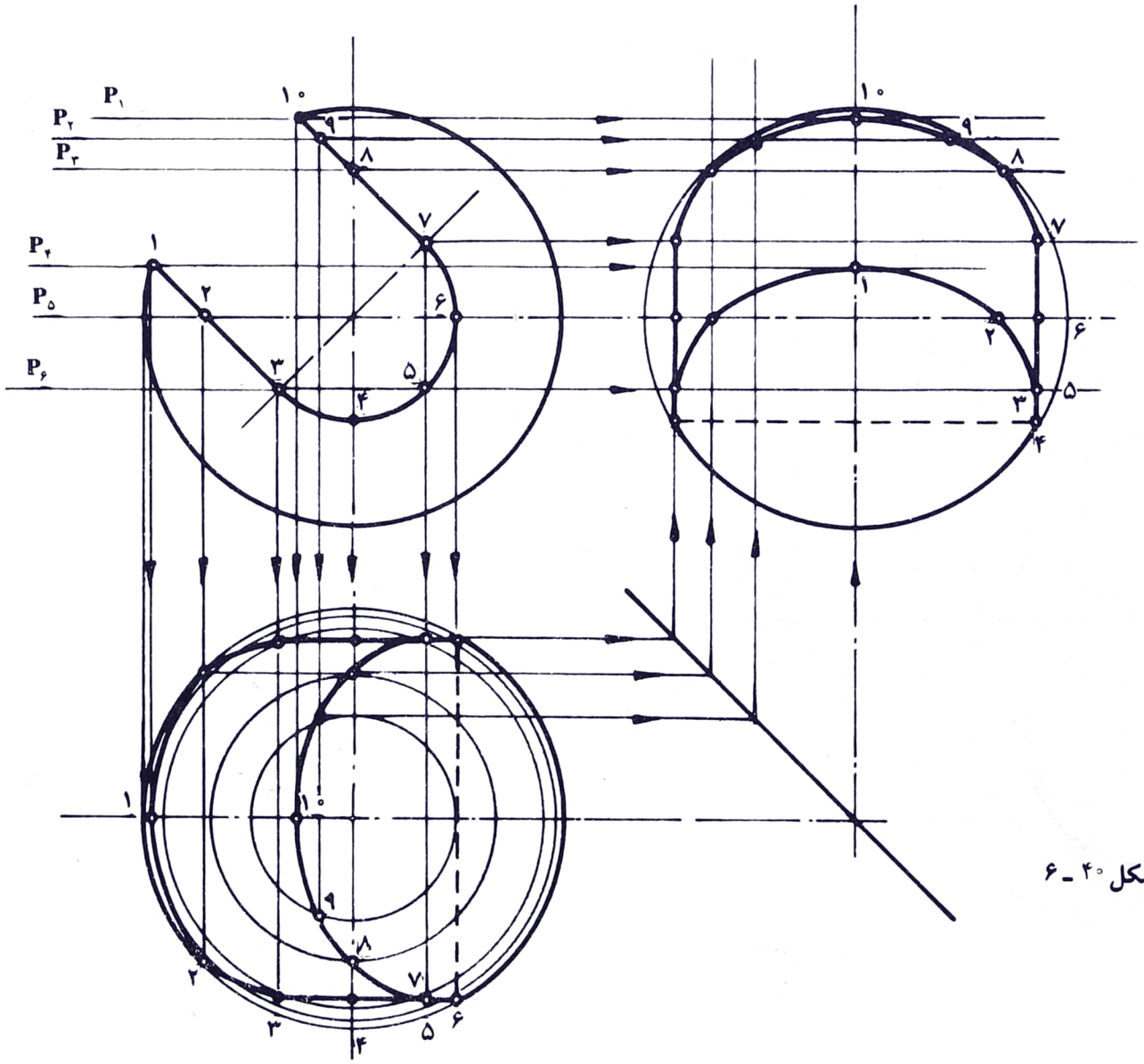
روش کار: پس از ترسیم نمای اصلی و تعیین موقعیت نماهای سطحی وجانبی با مقیاس داده شده به ترتیب زیر عمل می کنیم.

۱ ـ فصل مشترک U فرم اثر فرزکاری را به چند قسمت تقسیم و شماره گذاری می کنیم (از ۱ ـ ۱۰).

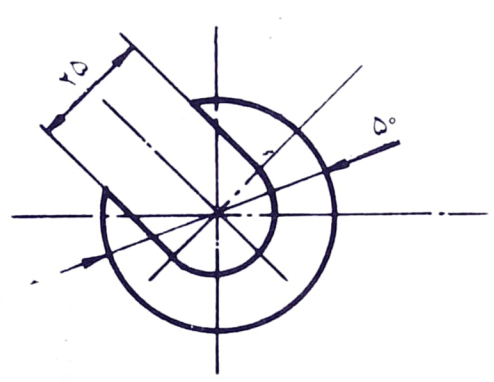
۲ ـ از نقاط مفروض ۱ الی ۱۰ به ترتیب صفحات افقی مرور می دهیم. به نحوی که نمای جانبی را نیز قطع کند.

۳ ـ دوایر حاصل از برخورد صفحات با کره را در نمای سطحی رسم می کنیم و نقاط واقع در روی هر صفحه را بر دایره مربوط رابط کرده و نقاط حاصل را به یکدیگر وصل می کنیم.

۴ ـ با استفاده از خطوط رابط و خط 45° و تصاویر نقاط نمای جانبی را نیز تکمیل می کنیم (شکل 40° ـ ۶).



شکل ۴۰ ـ ۶



شکل ۳۹ ـ ۶

مسأله (شکل ۴۱ ـ ۶):

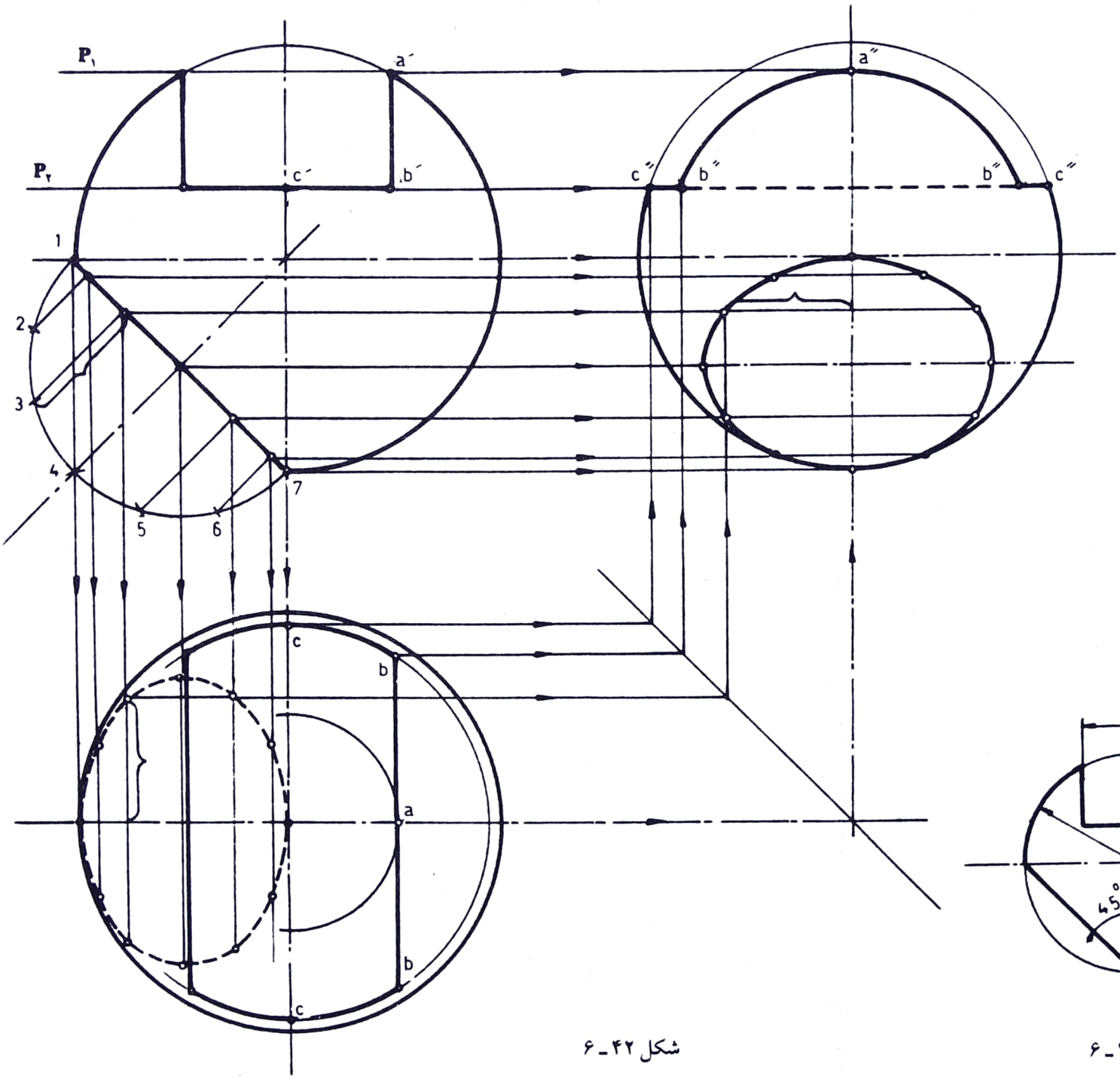
جسم کروی با فصل مشترکهای حاصل از عملیات براده برداری مفروض است. مطلوب است ترسیم تصاویر حاصل ازفصل مشترکهای برش درنماهای سطحی وجانبی.

حل: پس از ترسیم نمای اصلی با مقیاس داده شده، موقعیت نماهای جانبی و سطحی را با خط نازک تعیین می کنیم. با استفاده از روش تقسیم بندی مقطع دایره جهت ترسیم بیضی حاصل از مورّب قرار گرفتن آن :

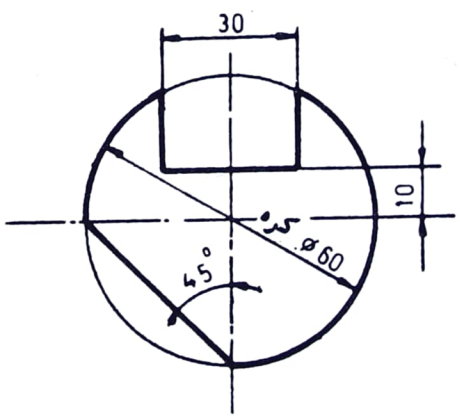
۱ ـ نیمدایره کمکی اثر صفحه در کره را به ۶ قسمت مساوی تقسیم کرده وترهای آن را رسم می کنیم. (وتر ۳)

۲ ـ با استفاده از روشی که در مبحث برخورد صفحه با استوانه داشتیم، بیضی نمای سطحی و نمای جانبی را رسم می کنیم.

۳ ـ با استفاده از روش مرور صفحه اثر برخورد شکاف در نمای اصلی را به کمک ترسیم دوایر وخطوط رابط و خط 45° نمای جانبی را تکمیل می کنیم (صفحات P_1 و P_2) (شکل ۴۲ ـ ۶).



شکل ۴۲ ـ ۶

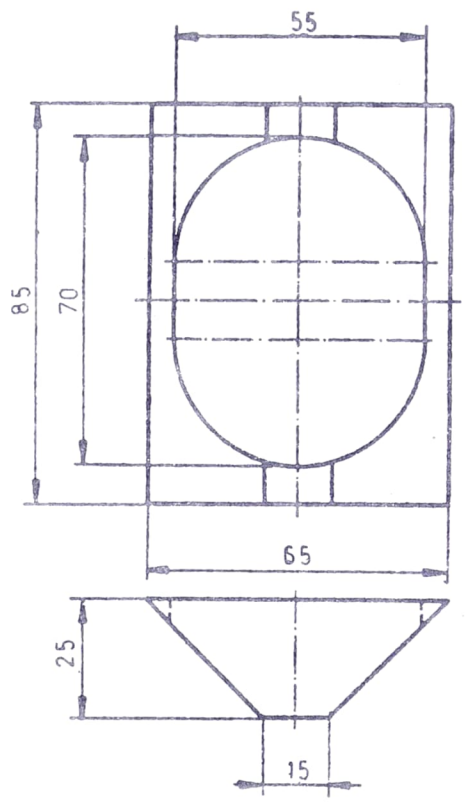


شکل ۴۱ ـ ۶

تمرین

از نقشه پایین مطلوب است:

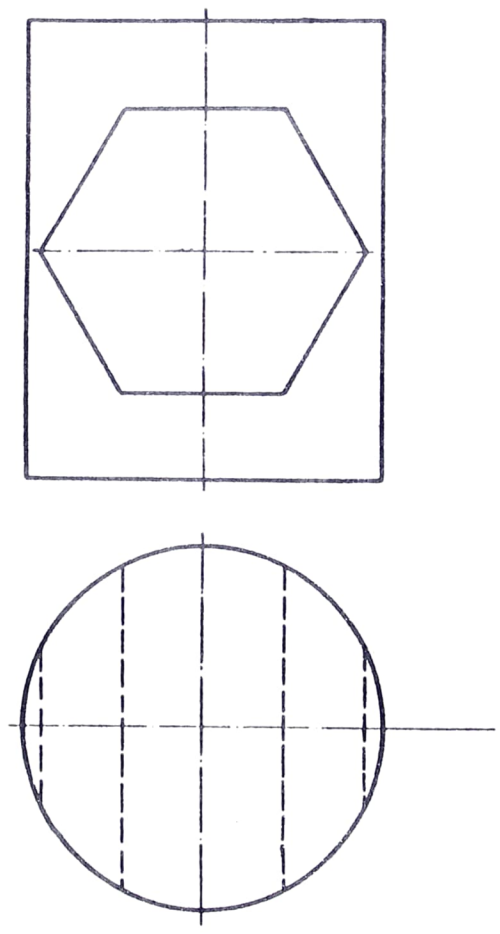
۱ ـ رسم نمای جانبی به مقیاس ۱ : ۱ (شکل ۴۳ ـ ۶).



شکل ۴۳ ـ ۶

از دو نمای داده شده مطلوب است:

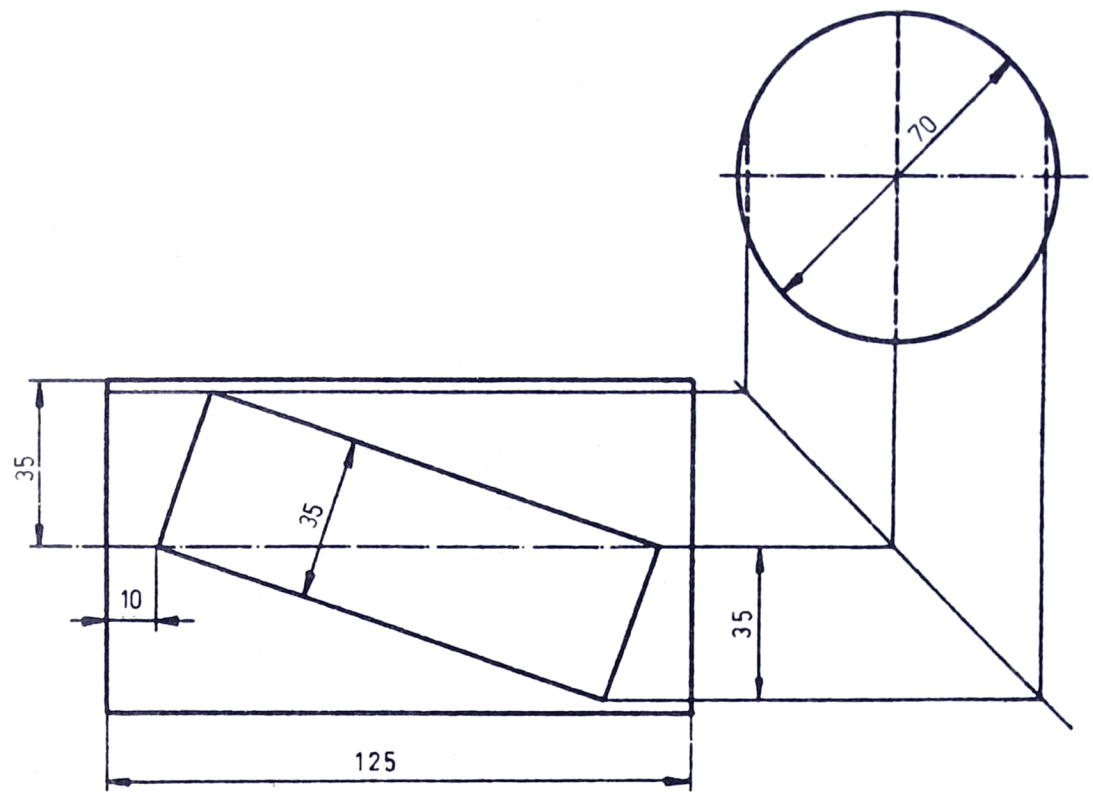
۱ ـ رسم نمای جانبی به مقیاس ۱ : ۱ (شکل ۴۴ ـ ۶).



شکل ۴۴ ـ ۶

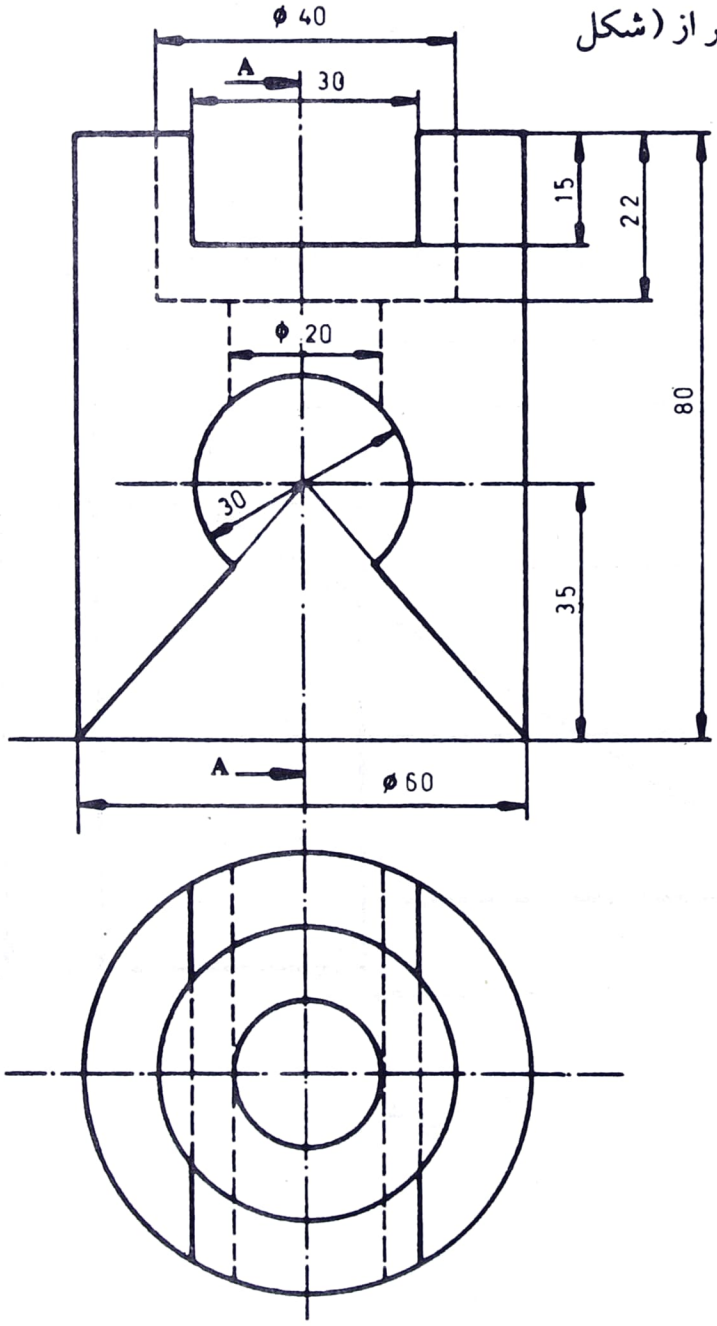
از دو نمای داده شده در سمت چپ مطلوب است :

۱ ـ رسم نمای اصلی (از شکل ۴۵ ـ ۶) . مقیاس ۱ : ۱ .



شکل ۴۵ ـ ۶

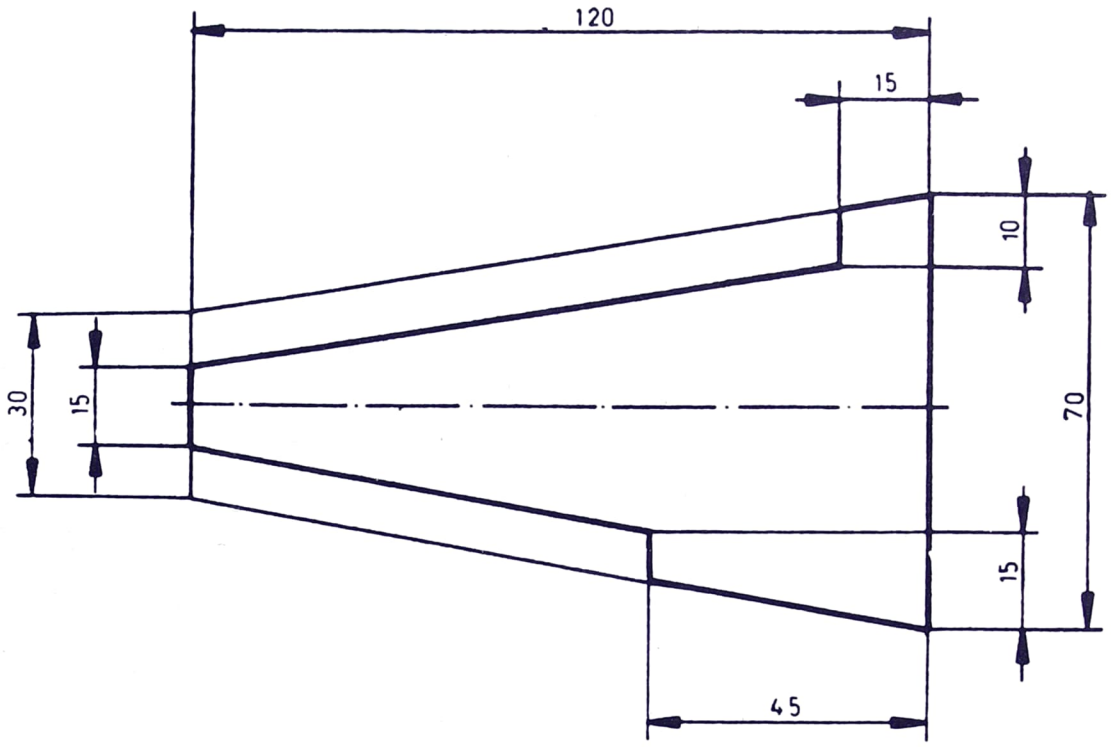
مطلوب است : رسم و تکمیل سه تصویر از (شکل ۴۶ ـ ۶) . مقیاس ۱ : ۱ .



شکل ۴۶ ـ ۶

مطلوب است:

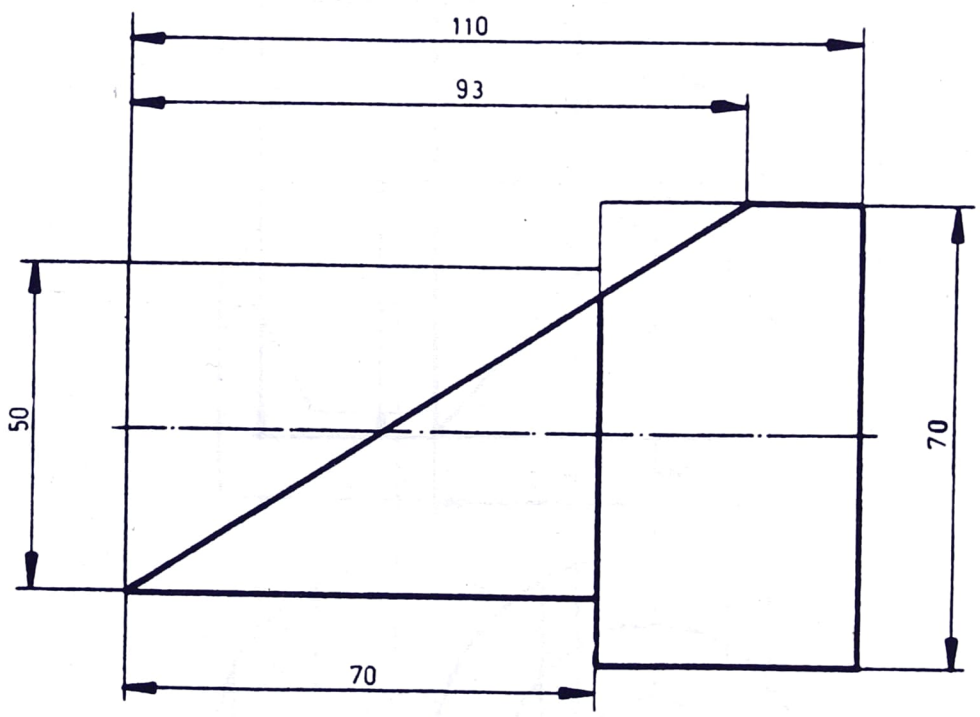
۱ ـ رسم و تکمیل سه تصویر از شکل ۴۷ ـ ۶ مقیاس ۱ : ۱ .



شکل ۴۷ ـ ۶

مطلوب است:

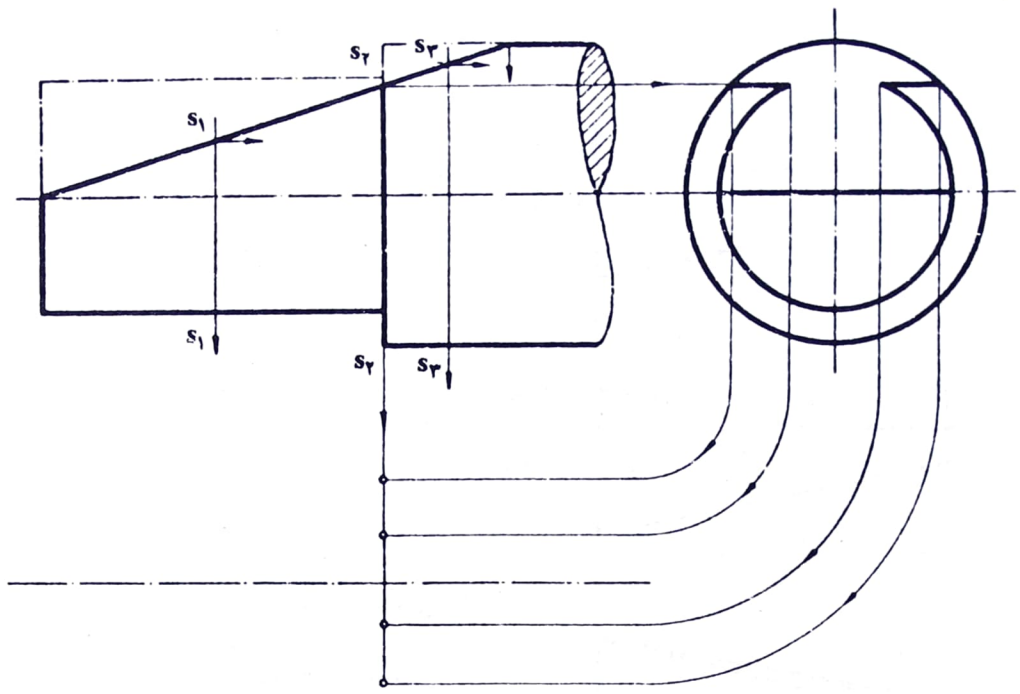
رسم و تکمیل سه تصویر از شکل ۴۸ ـ ۶ مقیاس ۱ : ۱ .



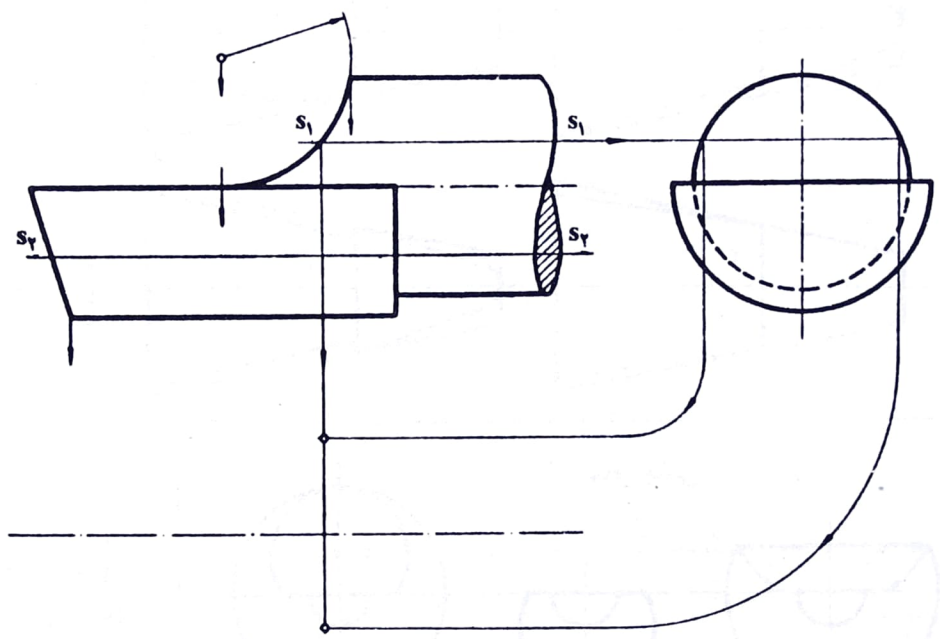
شکل ۴۸ ـ ۶

مطلوب است :

رسم و تکمیل سه نما از شکلهای ۴۹ ـ ۶ و ۵۰ ـ ۶ مقیاس ۱ : ۲ اندازه گیری از روی نقشه .



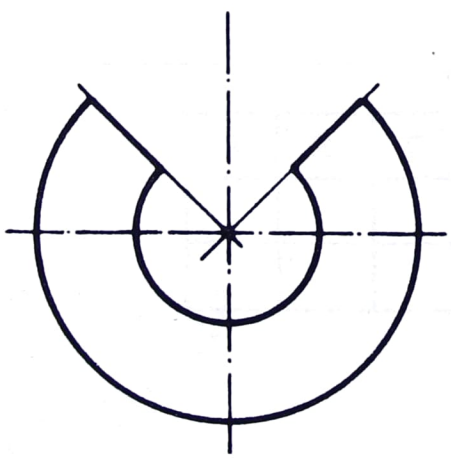
شکل ۴۹ ـ ۶



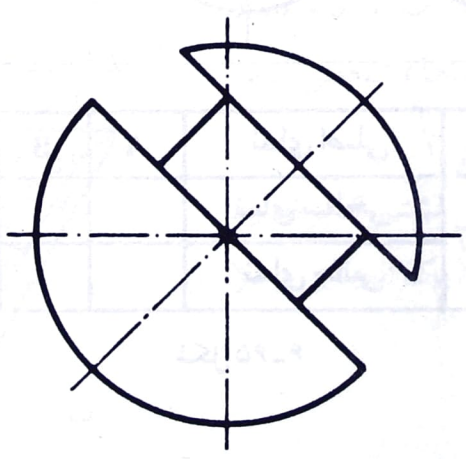
شکل ۵۰ ـ ۶

مطلوب است :

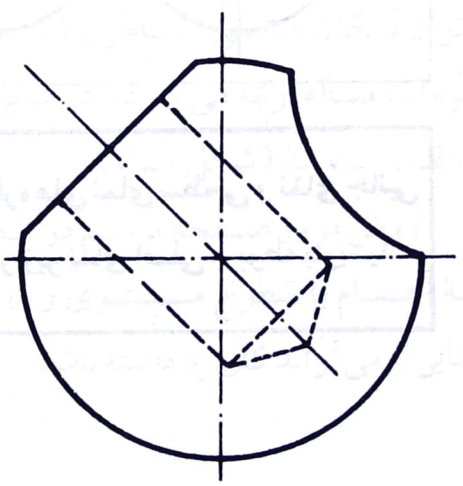
رسم و تکمیل سه نما از اجسام کروی (شکلهای ۵۱ ـ ۶ و ۵۲ ـ ۶ و ۵۳ ـ ۶). به مقیاس ۱ : ۲ (اندازه گیری از روی نقشه های داده شده) .



شکل ۵۱ ـ ۶



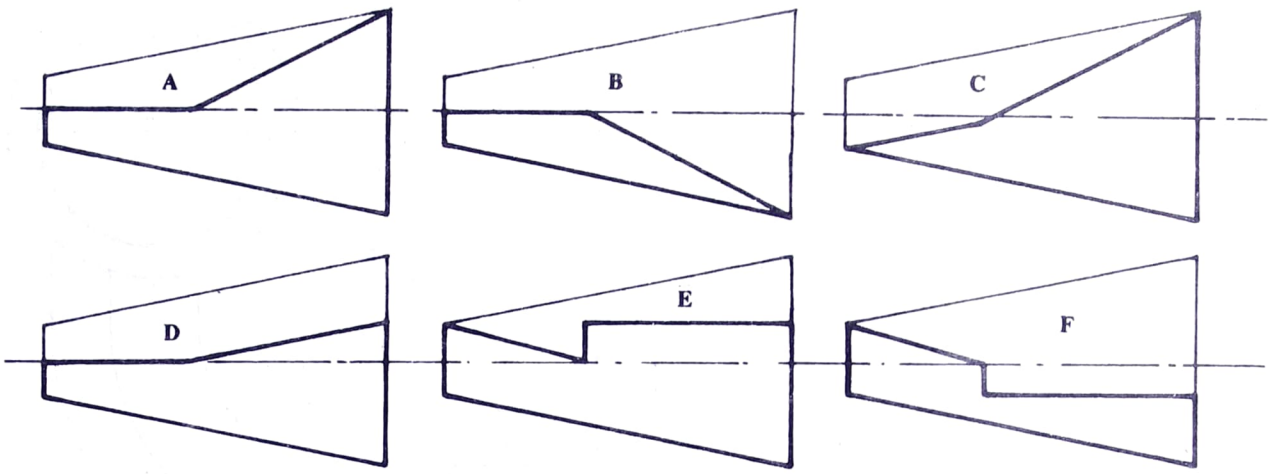
شکل ۵۲ ـ ۶



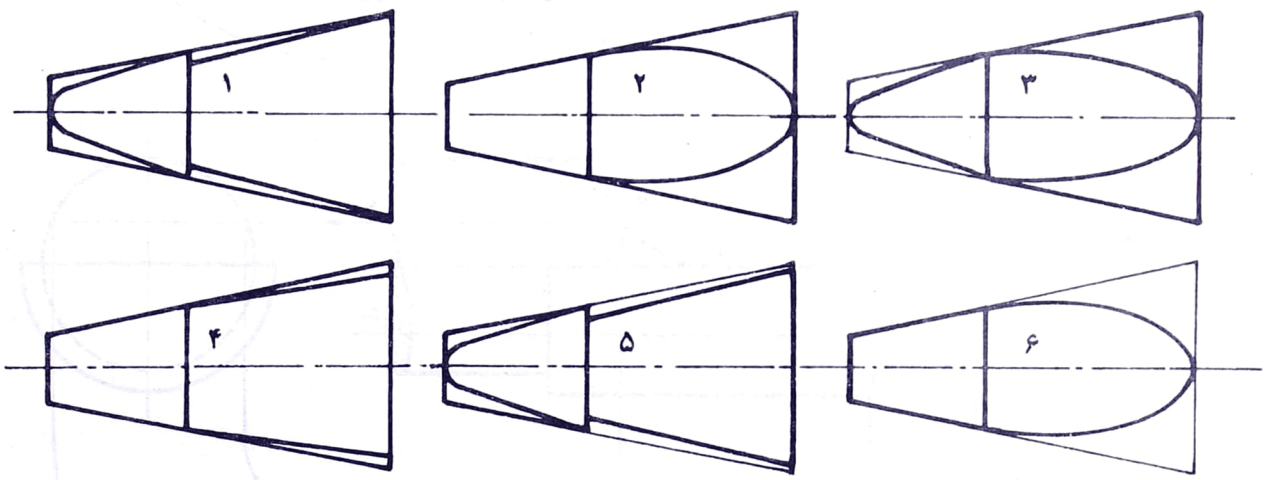
شکل ۵۳ ـ ۶

ـ طبق دستورات مندرج در جدول زیر عمل کنید :

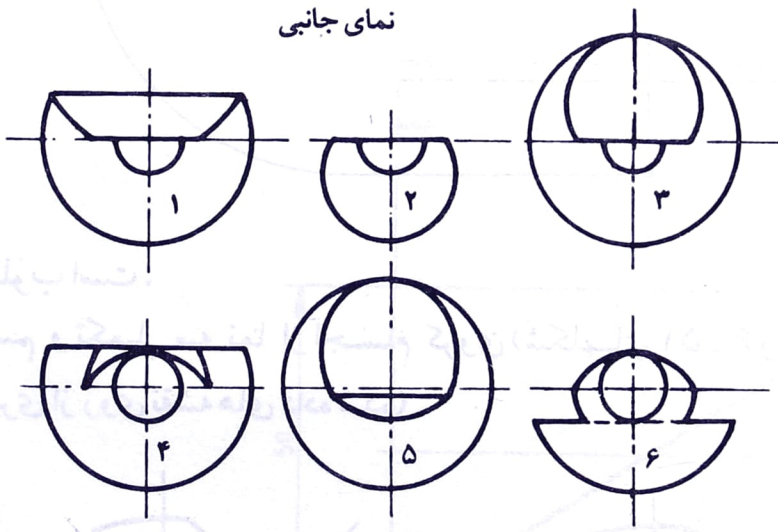
نمای اصلی



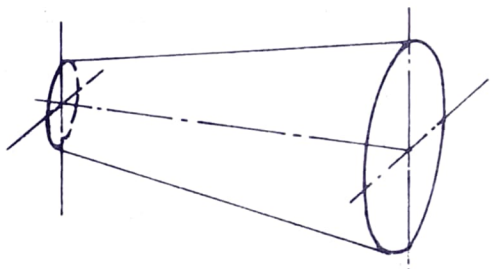
نمای سطحی



نمای جانبی



فرم اولیه



شماره های نمای سطحی و نمای جانبی را در زیر نمای اصلی مربوطه بنویسید.	نمای اصلی	A	B	C	D	E	F
	نمای سطحی						
	نمای جانبی						

شکل ۶۵ـ۶

فصل هفتم

ترسیم فصل مشترک برخورد اجسام (احجام)

هدفهای رفتاری : از فراگیر انتظار می رود که در پایان این فصل :

ـ فصل مشترک برخورد استوانه با استوانه درحالتهای مختلف را به روش مرور صفحه ترسیم کند .

ـ روش دوایر مرکزی را توضیح دهد .

ـ فصل مشترک برخورد استوانه با استوانه در حالت خاص را به روش دوایر مرکزی رسم کند .

ـ فصل مشترک برخورد مخروط با مخروط و احجام دیگر در حالت خاص را به روش دوایر مرکزی رسم کند .

ـ فصل مشترک برخورد کره با کره و احجام دیگر را به روش مرور صفحه رسم کند .

مدت زمان آموزش

۱۶ ساعت

۷ ـ ترسیم فصل مشترک برخورد اجسام

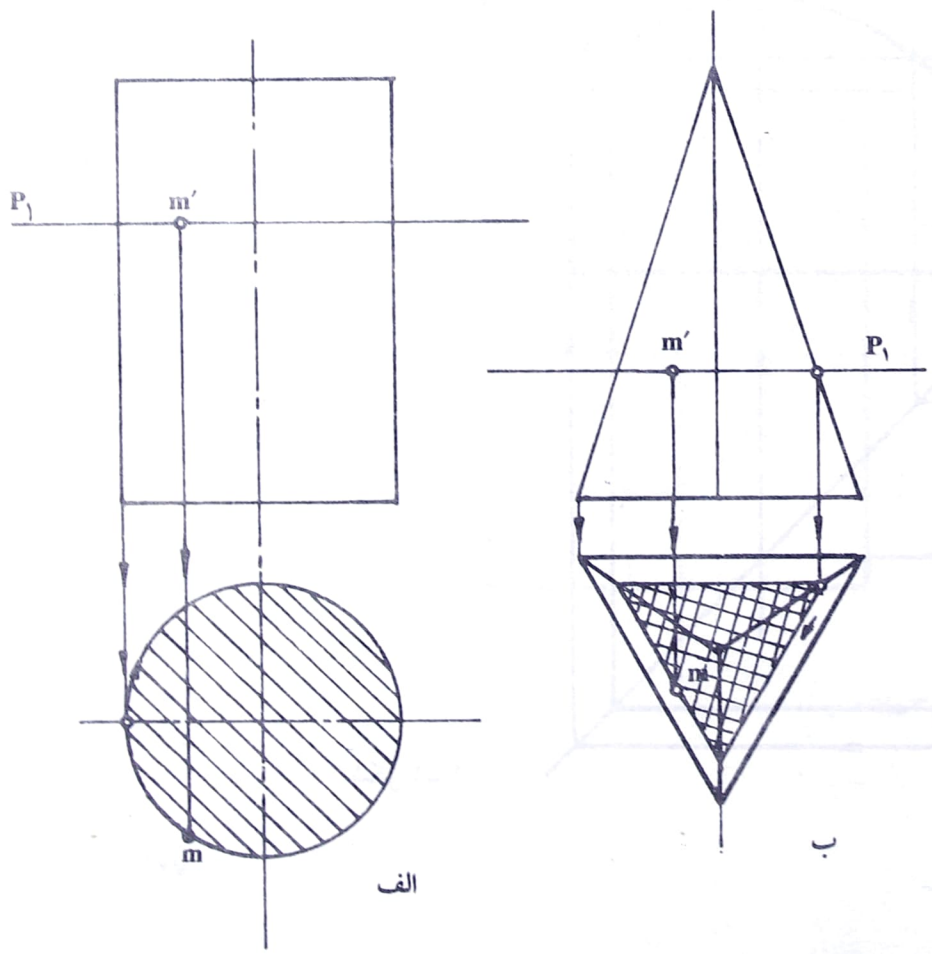
در این درس فصل مشترک اجسام را به دو روش بررسی می کنیم :

الف ـ روش مرور صفحه (روش عام) .

ب ـ روش ترسیم دوایر مرکزی (روش خاص) .

روش مرور صفحه : در این روش با استفاده از مشخصات صفحات خاص تصویر که در مباحث قبل دیدیم، می توان مکان هندسی نقاطی را که در یک نما به عنوان معلومات مسأله ارائه می شود، در سایر نماها مشخص کرد . بند الف، ب، پ (شکل ۱ ـ ۷) .

روش مرور صفحه ترسیم در فصل مشترک برخورد کلیهٔ اجسام با سطوح مستوی و دوار (یک انحنایی و دو انحنایی) می تواند کاربرد داشته باشد .



۱ ـ ۷ ـ ترسیم فصل مشترک برخورد استوانه با استوانه (متقارن) با استفاده از روش مرور صفحه

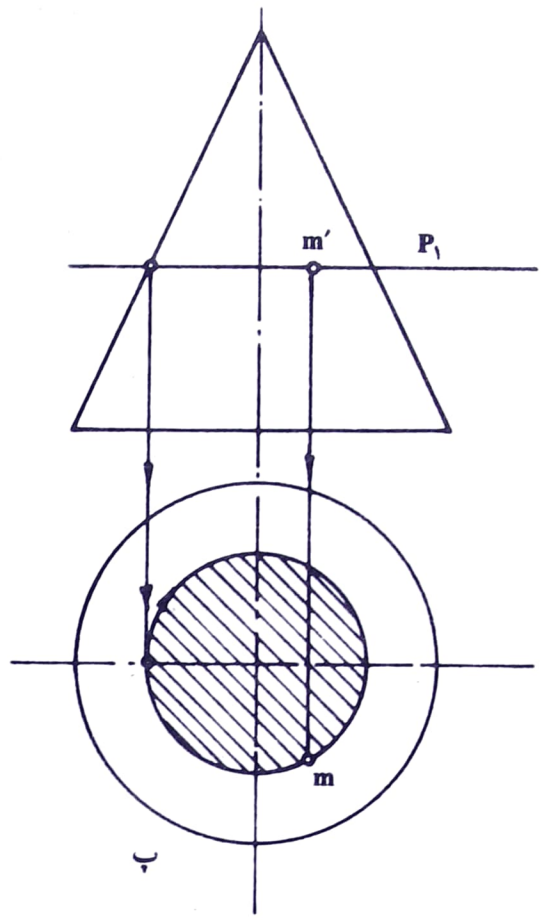
در شکل ۲ ـ ۷ قوس AB اثر برخورد دو استوانه متقارن مشخص شده است . روش ترسیم تصویر فصل مشترک مذکور در نماهای دیگر بدین قرار است :

۱ ـ قوس AB را به چند قسمت تقسیم و نقاط تقسیم را شماره گذاری می کنیم .

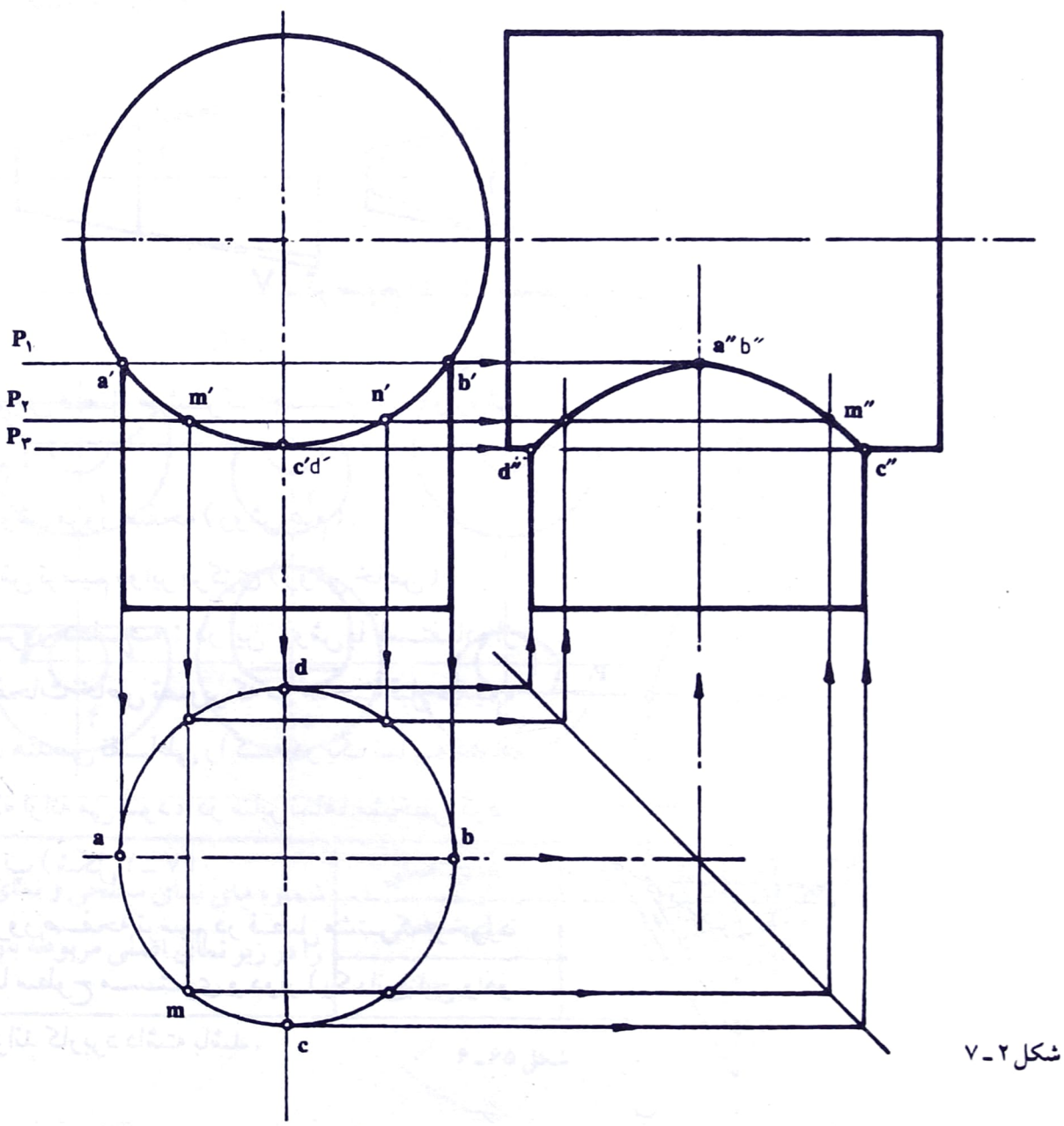
۲ ـ از نقاط منتخب صفحات افقی مرور می دهیم .

در مباحث قبل دیدیم که اثر صفحات افقی در استوانه دوایری است که بر روی سطح قاعده منطبق می شود .

۳ ـ تصاویر حاصل از مرور صفحات را به کمک خط 45° به نمای جانبی انتقال می دهیم تا به ترتیب امتداد صفحات مربوط را قطع کند (d'', c'', m'', a'')



شکل ۱ ـ ۷



شکل ۲ ـ ۷

۴ ـ نقاط حاصل را به یکدیگر وصل می کنیم. منحنی حاصل تصویر فصل مشترک برخورد دو استوانه در نمای جانبی است.

توجه : مرور صفحه از محل برخورد خط محور و فصل مشترک و همچنین ابتدا و انتهای آن کاملاً ضروری است (شکل ۲ ـ ۷).

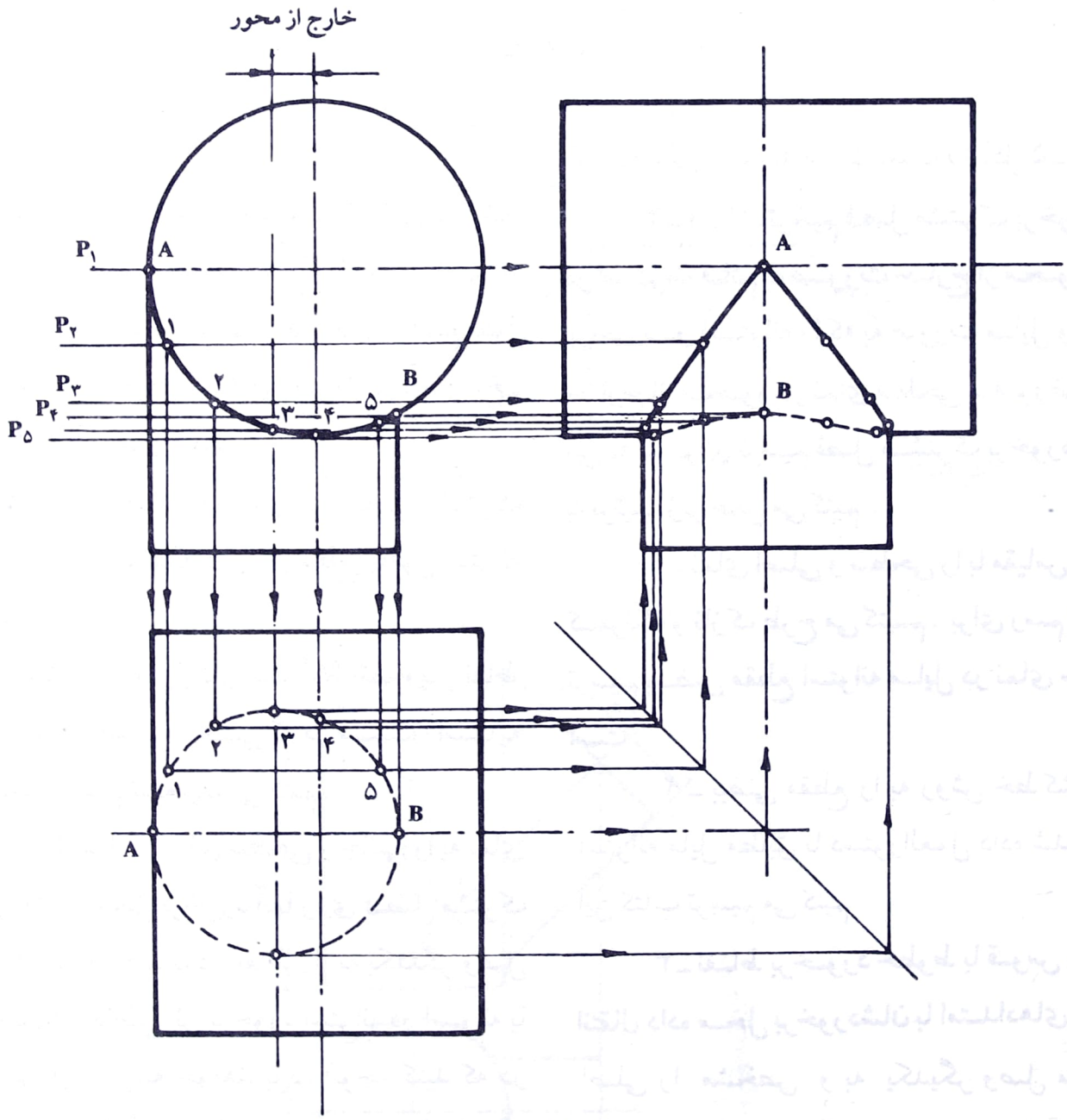
۱ ـ ۱ ـ ۷ ـ ترسیم فصل مشترک برخورد استوانه با استوانه (خارج از محور) با استفاده از روش مرور صفحه :

در شکل ۳ ـ ۷ قوس AB اثر برخورد دو استوانه به صورت **خارج از محور (غیر متقارن) مشخص شده است. روش ترسیم تصویر فصل مشترک مذکور در نمای جانبی بدین قرار است :**

۱ ـ فصل مشترک برش قوس AB را به چند قسمت تقسیم کرده نقاط تقسیم را شماره گذاری می کنیم (۱ ـ ۵).

۲ ـ صفحات p_1 الی p_5 را از نقاط مذکور مرور داده امتداد می دهیم تا نمای جانبی را قطع کند.

۳ ـ با استفاده از خطوط رابط و خط کمکی 45° مطابق روشی که در حالت قبلی توضیح داده شد، تصاویر نقاط ۱ الی ۵ را در نمای جانبی پیدا کرده و به یکدیگر وصل می کنیم. نقاط a' و b' شروع و خاتمه فصل مشترک در نمای

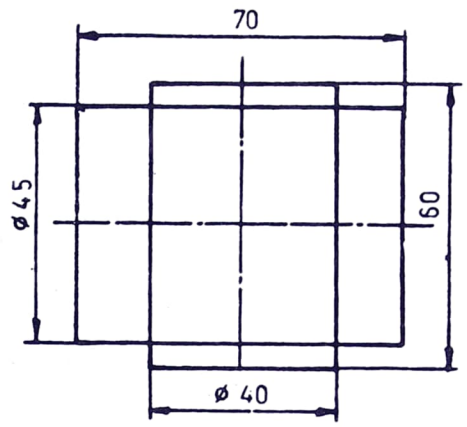


شکل ۳ـ۷

اصلی، جزء نقاطی هستند که صفحات افقی از آنها مرور داده شده است (شکل ۳ـ۷).

ممکن است مسائل برخورد استوانه با استوانه به نحوی مطرح شود که فصل مشترک برش در نمای اصلی مشخص نباشد، مانند مسأله زیر.

مسأله : شکل ۴ـ۷ برخورد دو استوانه به صورت متقارن در نما را نشان می دهد. مطلوب است ترسیم فصل مشترک در نمای اصلی :



شکل ۴ـ۷

حل :

۱ ـ نمای اصلی و سطحی را مطابق مقیاس داده شده ترسیم می کنیم. در نمای سطحی مقطع استوانه قائم اثر برخورد دو استوانه است ؛ به مفهوم دیگر دایره مقطع فصل مشترک عبور مته ای است به قطر ۴۰ میلیمتر تاپس ازسوراخ‌ـ کاری استوانه قائم از آن عبور کند.

۲ ـ نقاطی چند (۱ـ۵) در روی این فصل مشترک انتخاب می کنیم. این چند نقطه در روی سطح جانبی استوانه افقی قرار دارند.

۳ ـ به کمک خطوط رابط و خط ۴۵° تصاویر نقاط مفروض را در مقطع استوانهٔ افقی که در سمت راست به عنوان دایره کمکی ترسیم شده پیدا می کنیم.

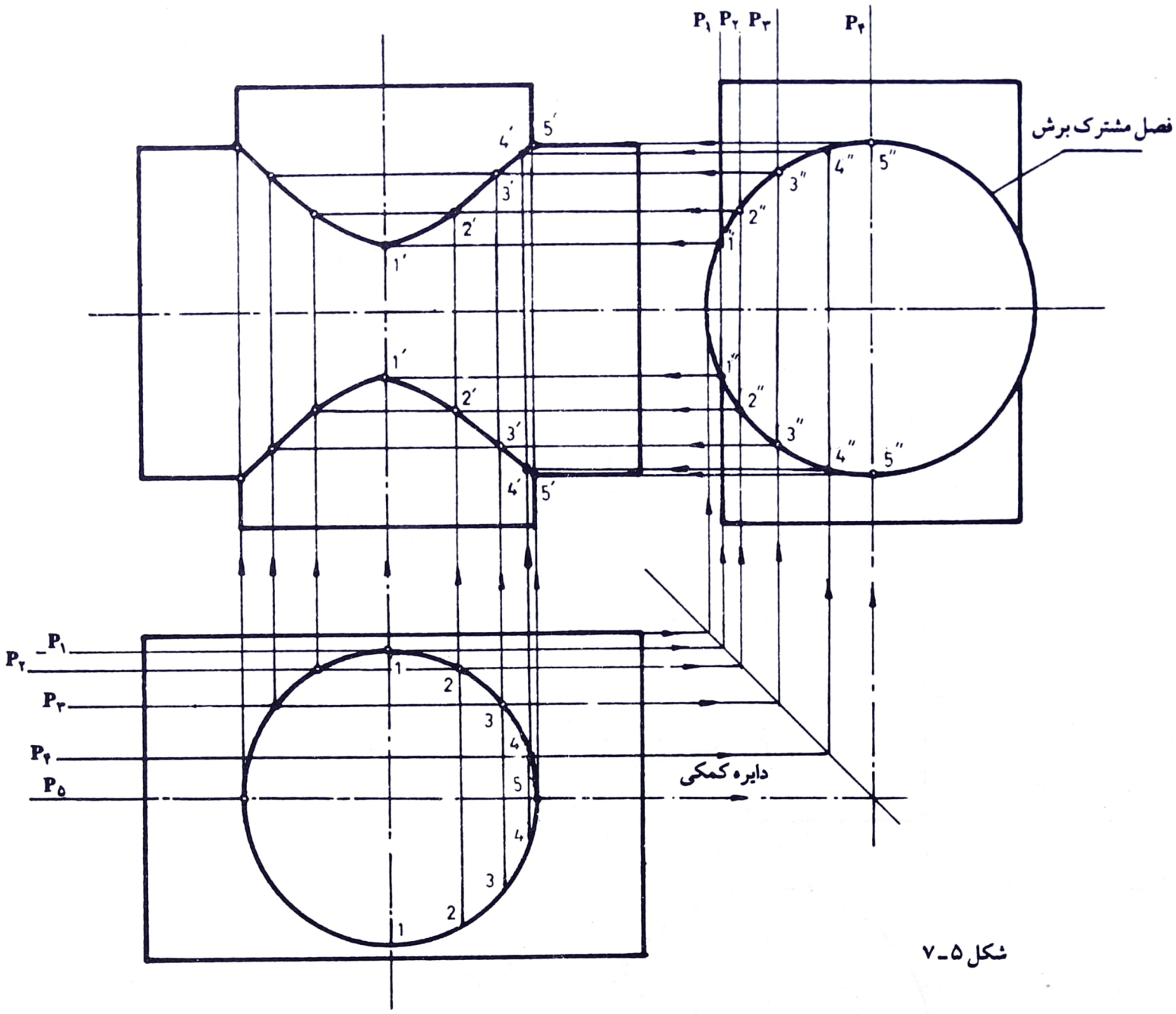
۴ ـ تصاویر نقاط در نمای سطحی و جانبی را به نمای اصلی رابط می کنیم. محل برخورد آنها روی فصل مشترک برخورد دو استوانه خواهند بود. نقاط را به یکدیگر وصل می کنیم. منحنیهای حاصل اثر برخورد استوانه در استوانه یا عبور ابزار برش از استوانه خواهد بود. توجه کنید که در واقع نقاط انتخابی محل عبور صفحات جبهی از نمای اصلی بوده که آثار آنها در نمای سطحی و جانبی خط مستقیم و در نمای اصلی منحنیها حاصل است (شکل ۵ ـ ۷).

۲ ـ ۱ ـ ۷ـ ترسیم فصل مشترک برخورد استوانه مایل در استوانه قائم به صورت خارج از محور : شکل ۶ـ۷ برخورد دو استوانه را که به صورت مایل و با پنج میلیمتر خارج از محور در نمای سطحی مفروض است، نشان می دهد. برای ترسیم فصل مشترک برخورد دو نمای اصلی به ترتیب زیر عمل می کنیم .

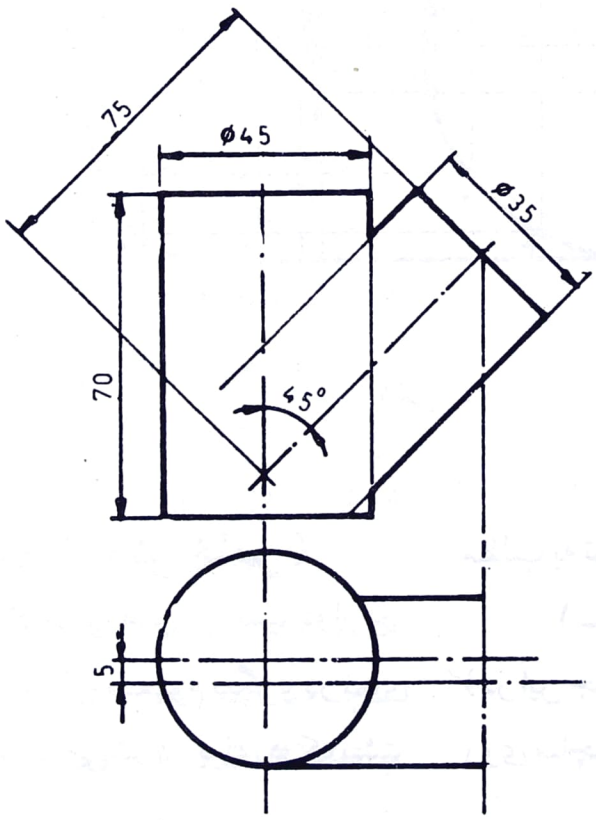
۱ ـ نمای اصلی و سطحی را با مقیاس داده شده با خط کمرنگ و نازک طرح می کنیم. برای رسم فصل مشترک ترسیم بیضی مقطع استوانه مایل در نمای سطحی ضروری است.

۲ ـ بیضی مقطع را به روش خط کشی سطح جانبی استوانه مایل مطابق با دستورالعمل داده شده در بند ۳ـ۲ـ۶ این کتاب ترسیم می کنیم.

۳ ـ نقاط برخورد خطوط با قوس را به نمای اصلی انتقال داده محل برخوردشان با امتدادهای موجود در نمای اصلی را مشخص و به یکدیگر وصل می کنیم. منحنی حاصل فصل مشترک برخورد در نمای اصلی است (شکل ۷ـ ۷).

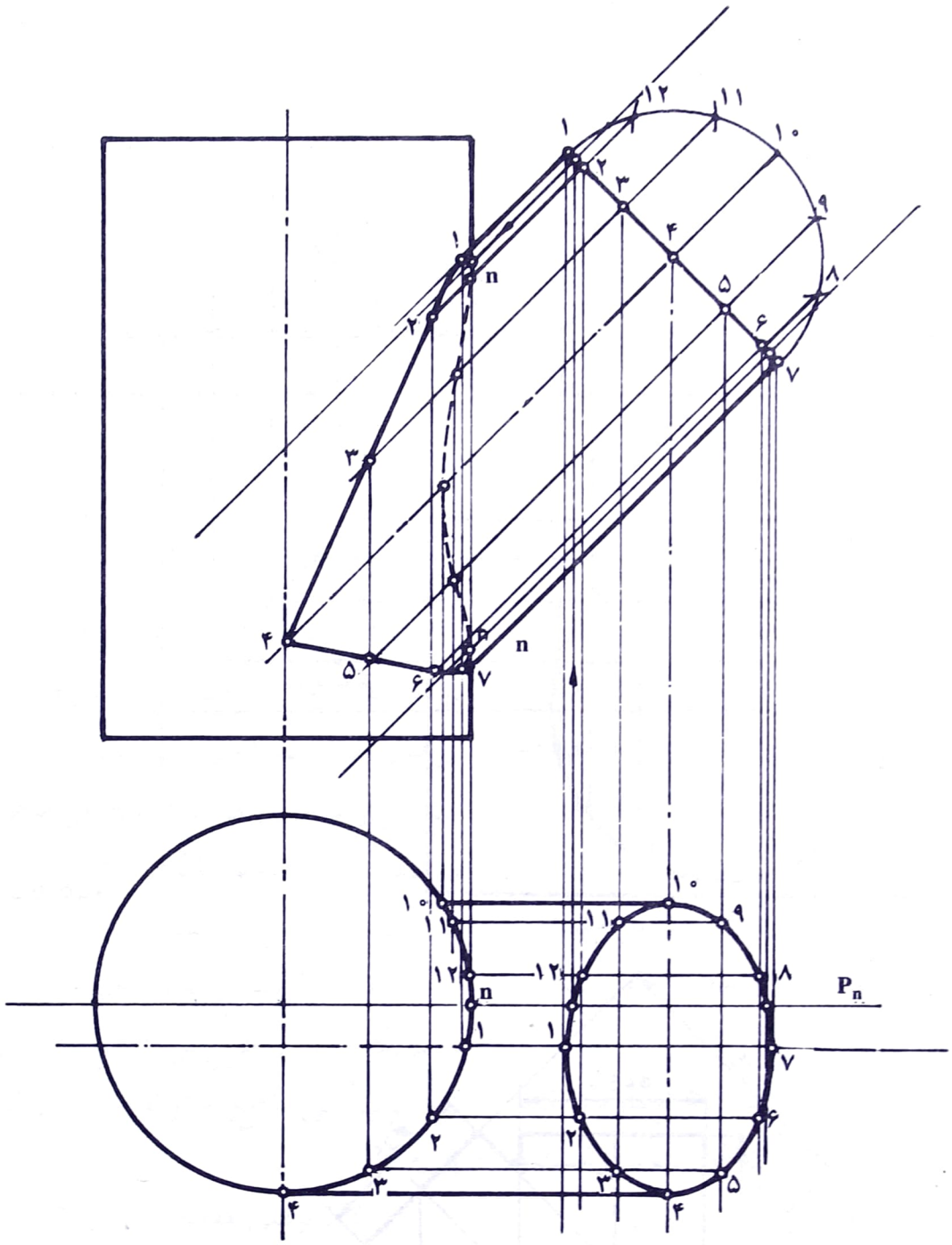


شکل ۵ـ۷



شکل ۶ـ۷

توجه : در این جا علاوه بر خطوط موجود که اثر صفحات منتصب P_1 تا P_7 است، صفحهٔ کمکی دیگری را نیز (P_n) طوری مرور دادیم که از مرکز استوانه قائم بگذرد و نقطه n محل برگشت منحنی در قسمت بالا و پایین را مشخص کند (شکل ۷ـ۷).

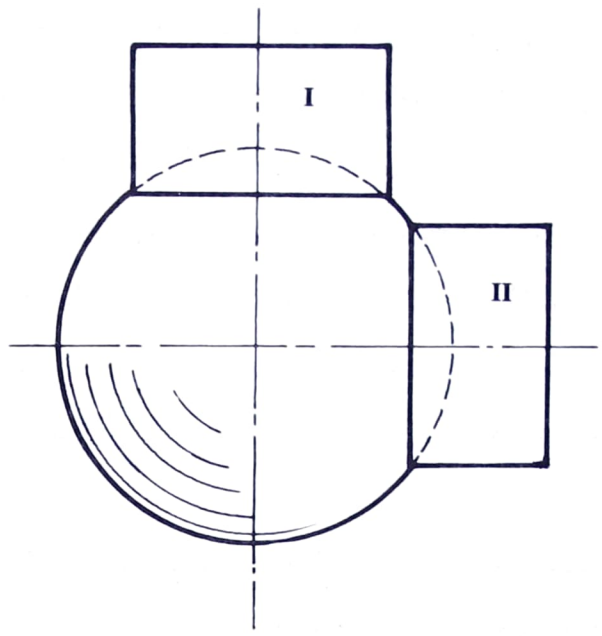


شکل ۷ـ۷

۲ ـ ۷ ـ روش دوایر مرکزی (روش خاص)

از این روش در مواردی که محورهای دو جسم دوار در داخل جسم همدیگر را قطع کنند یا به مفهوم دیگر، در نمای سطحی تقارن داشته باشند استفاده می شود. برای درک بیشتر مطلب به توضیح زیر توجه کنید.

۱ ـ در شکل ۸ـ۷ دو استوانه توخالی جدار نازک را (در این جا ضخامت صفر فرض شده است) با ۹۰° اختلاف روی ساچمه کروی قرار داده ایم. قسمتی از عدسی کره در

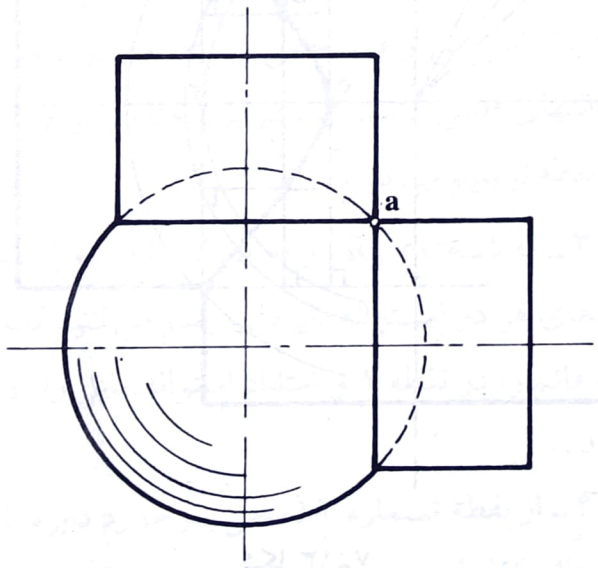


شکل ۸ـ۷

داخل استوانه قرار گرفته است و دهانه لوله بدون تغییر به صورت خط صاف در روی ساچمه دیده می شود. به طوری که مشاهده می شود، استوانه های I و II هیچ گونه ارتباطی با همدیگر ندارند شکل (۸ـ۷).

۲ ـ در شکل ۹ـ۷ ساچمه کمی کوچکتر انتخاب شده است (قطر استوانه ها ثابت مانده است)؛ به طوری که قسمت بیشتری از عدسی کره داخل استوانه ها نفوذ کرده امکان رسیدن دو استوانه را به همدیگر فراهم کرده است.

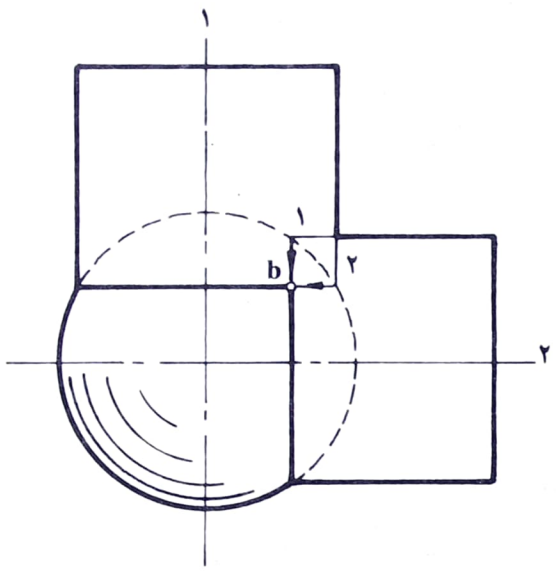
نقطه a اولین نقطه ارتباط، مابین دو استوانه است که در روی دایره عظیمه ساچمه کُروی قرار گرفته است.



شکل ۹ـ۷

از طرفی نقطه a محل برخورد مقاطع استوانه های I و II است که در آن نقطه نسبت به همدیگر و مراکزشان عمود هستند (شکل ۹ـ۷).

۳ ـ در شکل ۱۰ـ۷ قطر ساچمه کُروی را باز هم کوچکتر انتخاب می کنیم (قطر استوانه ها ثابت است).



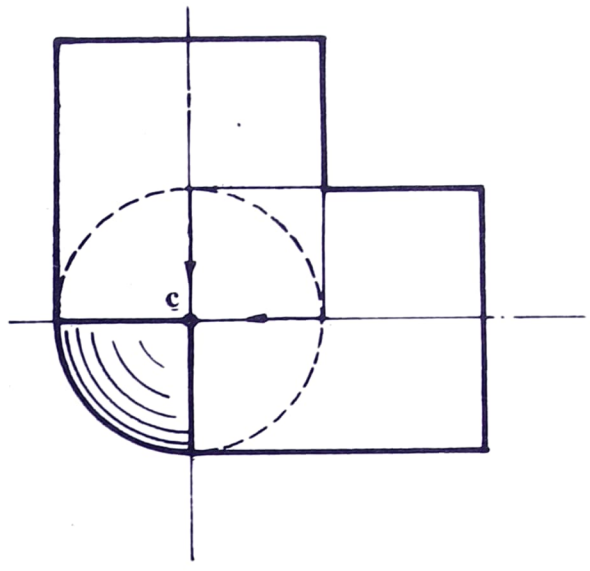
شکل ۱۰ـ۷

ملاحظه می شود که این بار ساچمه به مقدار بیشتری در داخل استوانه ها نفوذ کرده با ادغام قسمتی از گوشه های دو استوانه I و II در همدیگر، نقطه جدیدی در روی ساچمه به وجود آمده است. **نقطه b محل برخورد مقاطع دو استوانه در روی سطح جانبی ساچمه کروی است.**

علاوه بر آن، نقطه b محل برخورد خطوطی است که از نقاط ۱ و ۲ حاصل از برخورد دایره عظیمه با امتداد استوانه هاست. خطوط اخراج شده از نقاط ۱ و ۲ به ترتیب عمود بر محور استوانه های مربوط است.

در نهایت، نقطه b محل برخورد یالهای ۱ و ۲ از دو استوانه بوده در روی سطح جانبی ساچمهٔ کروی قرار گرفته است (شکل ۱۰ـ۷).

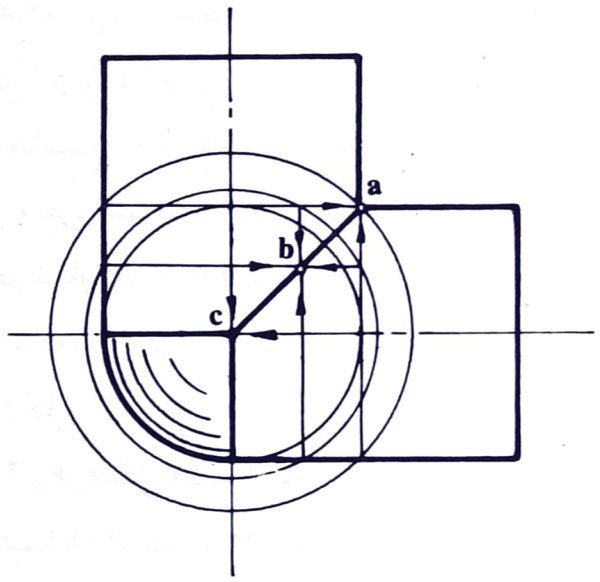
۴ ـ در شکل ۱۱ـ۷ قطر ساچمه به اندازه قطر استوانه انتخاب شده است. ملاحظه می شود که در این مرحله ساچمه تا نصف دایره عظیمه داخل استوانه ها نفوذ کرده است و نقطه C محل برخورد دو سطح قاعده استوانه های I و II در



شکل ۱۱ـ۷

روی مرکز ساچمه قرار گرفته است. کلیه مشخصات و توضیحات در مورد مرحله ۳ در این مرحله نیز صادق است (شکل ۱۱ـ۷).

نتیجه : با کمی دقت درمی یابیم که نقاط c,b,a واقع بر روی فصل مشترک برخورد استوانه های I و II در مراحل سه گانه ، محل برخورد خطوطی است که از نقاط تلاقی دوایر عظیمه با امتداد استوانه ها بر محورهای مربوط عمود اخراج شده اند (شکل ۱۲ـ۷).



شکل ۱۲ـ۷

۳ـ۷ـ ترسیم فصل مشترک محل برخورد استوانه در استوانه (حالت خاص) به روش دوایر مرکزی (ساچمه ای)

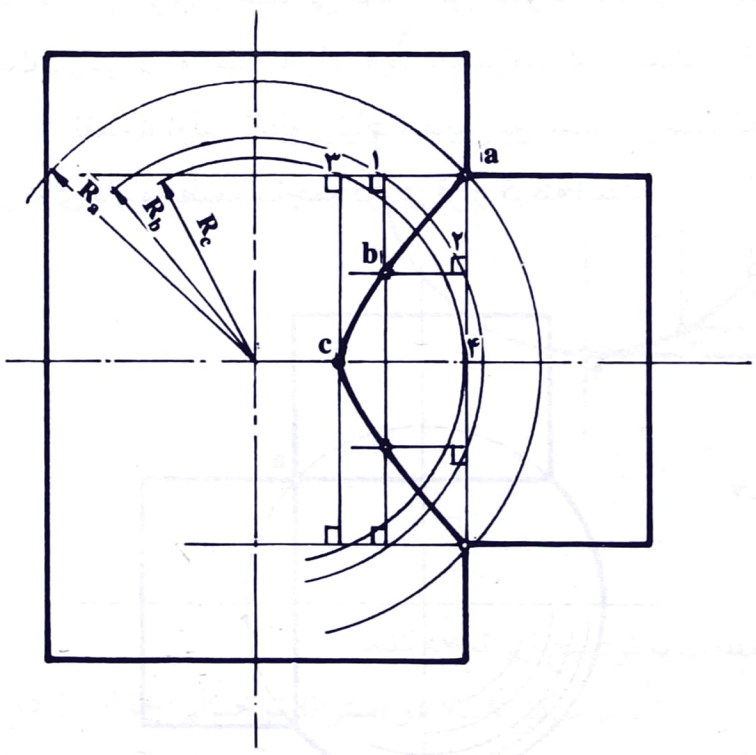
با بهره گیری از توضیحات مندرج در مراحل I و II و III ، فصل مشترک برخورد دو استوانه شکل ۱۳ـ۷ را ترسیم می کنیم.

۱ ـ یالهای هر دواستوانه را با خط نازک امتداد می دهیم.

۲ ـ به مرکز O (محل برخورد محورهای هر دو استوانه) و به شعاع R_a دایره ای رسم می کنیم (بزرگترین دایره مفید). این قوس امتداد یالهای استوانه I و II را در یک نقطه قطع می کند. این نقطه روی صفحه قائم تصویر قرار دارد و اولین نقطه از فصل مشترک برخورد دو استوانه است.

۲ ـ به مرکز O و به شعاع R_b دایره ای رسم می کنیم. این دایره به مثابه دایره عظیمه ساچمه کروی بوده امتداد یالهای هر دو استوانه را در نقاط ۱ و ۲ قطع می کند.

۳ ـ از نقاط برخورد دایره با یالهای استوانه به ترتیب



شکل ۱۳ـ۷

خطوطی عمود بر محورهایشان اخراج می کنیم. این دو خط همدیگر را در نقطه b قطع می کنند. نقطه b در روی فصل مشترک برخورد و روی سطح ساچمه قرار دارد.

۴ ـ به مرکز O و به شعاع R_c دایره ای رسم می کنیم. این دایره با امتداد یال استوانه قائم مماس بوده امتداد یالهای استوانه افقی را در نقاط ۳ و ۴ قطع می کند.

۵ ـ از نقاط برخورد دایره سومی با یالهای استوانه، خطوطی بر محورهایشان اخراج می کنیم. این دو خط همدیگر را در نقطه c قطع می کنند. نقطه b در روی فصل مشترک برخورد دو استوانه و روی سطح ساچمه کروی به شعاع R_c قرار دارد. نقاط را به یکدیگر وصل می کنیم. منحنی حاصل اثر برخورد دو استوانه در حالت خاص است (شکل ۱۳ ـ ۷).

۱ ـ ۳ ـ ۷ ـ ترسیم فصل مشترک محل برخورد استوانه مایل در استوانه قائم (حالت خاص) به روش دوایر مرکزی :

شکل ۱۴ ـ ۷ برخورد استوانه مایل و قائم را نشان می دهد.

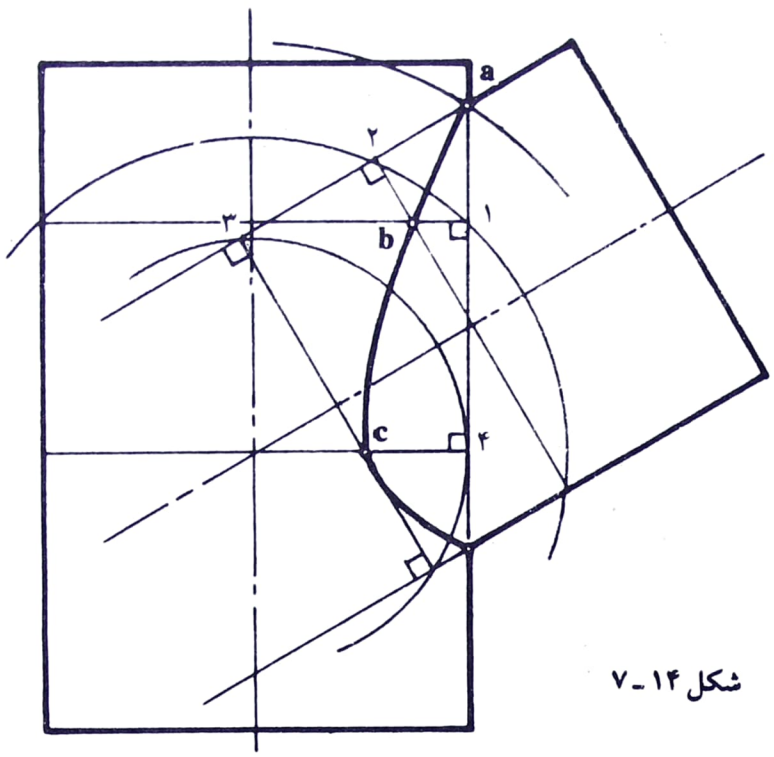
در این جا هدف ترسیم فصل مشترک است و نماهای دیگر ضرورتی ندارد.

۱ ـ یالهای هر دو استوانه را با خط نازک امتداد می دهیم.

۲ ـ جهت تعیین نقاط a و f به دلیل متقارن بودن برخورد دو استوانه و درنتیجه قرار گرفتن آن نقاط در روی سطح قائم تصویر، ضرورتی برای ترسیم دوایر مرکزی وجود ندارد؛ بنابراین پس از مشخص کردن این دو نقطه به عنوان ابتدا و انتهای فصل مشترک، دوایر مختلفی در فاصله مابین این دو نقطه ترسیم می کنیم.

۳ ـ به شعاع R_b و به مرکز O محل برخورد محورهای هر دو استوانه دایره ای رسم می کنیم که امتداد استوانه قائم را در نقطه ۱ و امتداد استوانه مایل را در نقطه ۲ قطع کند.

۴ ـ از نقطه شماره ۱ (محل برخورد دایره با امتداد استوانه قائم) خطی عمود بر محور استوانه قائم و از نقطه ۲



شکل ۱۴ ـ ۷

(محل برخورد دایره با امتداد استوانه مایل) خطی عمود بر محور استوانه مایل اخراج می کنیم.

این دو خط عمود همدیگر را در نقطه b قطع می کنند، اما بر همدیگر عمود نیستند، بلکه به محورهای خود عمودند. نقطه b روی فصل مشترک برخورد قرار دارد.

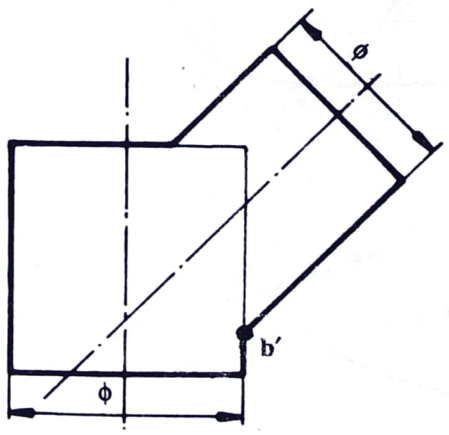
۵ ـ عمل را در مورد نقاط ۳ و ۴ تکرار می کنیم تا نقطه e بدست آید و در نهایت نقاط حاصل را به یکدیگر وصل می کنیم. قوس حاصل فصل مشترک برخورد دو استوانه بالا است.

توجه : کوچکترین دایره (کوچکترین ساچمه) مماس بر امتداد قائم در نقطه ۴ و قاطع با امتداد استوانه مایل در نقطه ۳ است.

مسأله : مطلوب است :

۱ ـ تکمیل نمای اصلی به روش دوایر مرکزی در شکل (۱۵ ـ ۷).

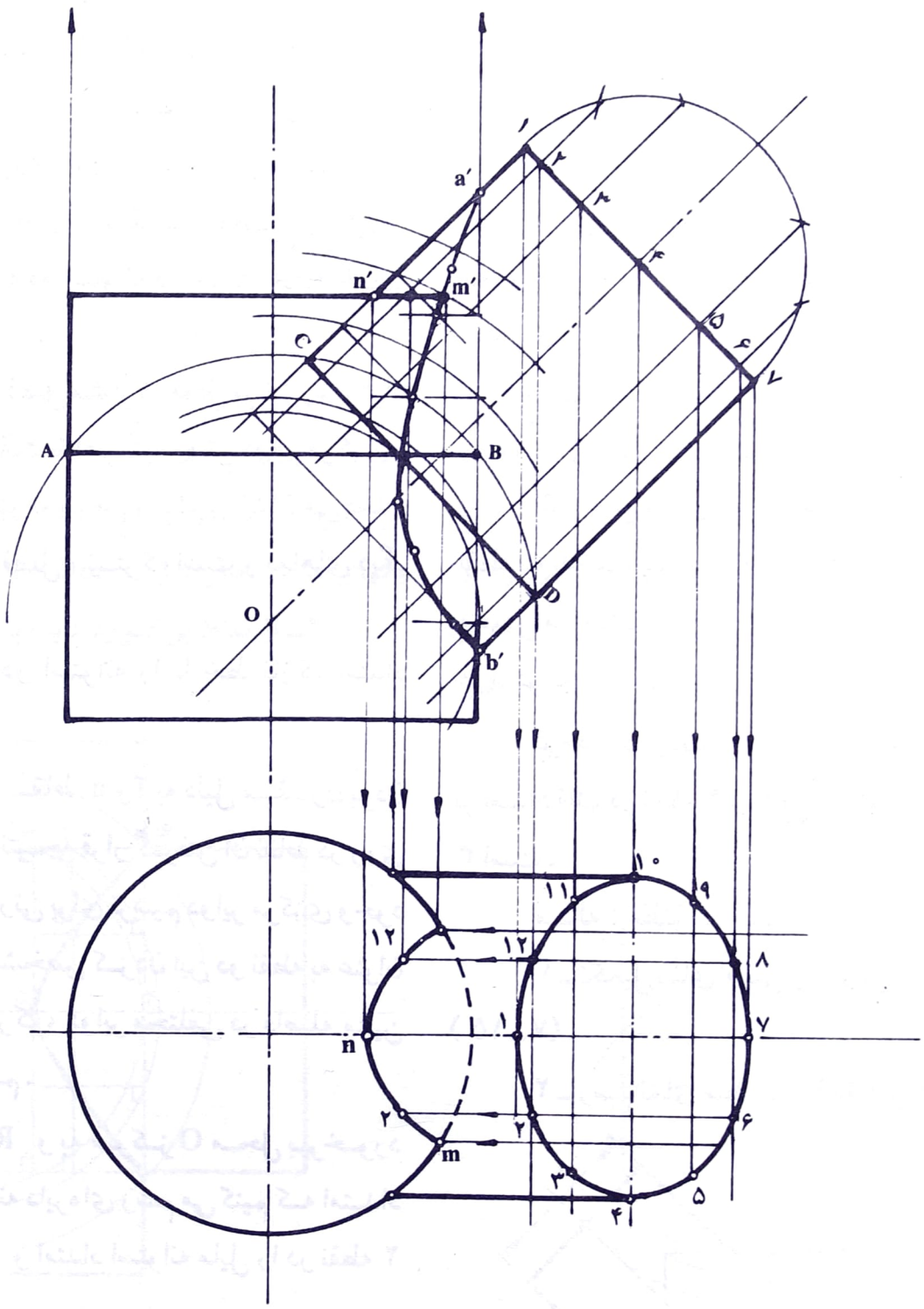
۲ ـ رسم نمای سطحی. (مقیاس ۱ : ۲)



شکل ۱۵ ـ ۷

حل : برخورد استوانه با محـور مایل و استوانه قائم به نحوی است کـه استـوانه اولی بر سطح قاعـدهٔ دومی مسلط می‌شود و در نتیـجه، امتداد دو استوانه در روی صفـحه قائم تصـویر با همـدیـگر تلاقی نمی‌کند ؛ بنابـراین نقطه شـروع منحنی مـثل نقطه b′ کـه نقطه انتهـایی آن است، مشـخص نیست.

برای حل این مسأله I : یال سمت راستی استوانه قائم را به طرف بالا ادامه می‌دهیم تا جایی کـه امتدادها با همدیگر تلاقی کنند. نقطه a′ محل تلاقی دو امتـداد (استوانه مایل و قائم) ابتدای فصل مشترک برخورد است (شکل ۱۶ـ۷).



شکل ۱۶ـ۷

II ـ با این فرض که ارتفاع استوانه قائم بلندتر است، طبق قواعد ذکر شده در مورد استفاده از روش دوایر مرکزی، فصل مشترک برخورد را پیدا کرده و قبل از پررنگ کردن امتداد سطح قاعده اصلی استوانه قائم را به منحنی حاصل وصل و قسمت بالا را پاک می کنیم.

III ـ بیضی پیشانی استوانه مایل را طبق روشهای گذشته رسم کرده سطح جانبی آن را خط کشی می کنیم.

با استفاده از نقاط برخورد امتدادها با پاره خط $\overline{n'm'}$ منحنی حاصل از نفوذ استوانه اولی بر سطح قاعده استوانه قائم در نمای سطحی را رسم می کنیم (شکل ۱۶ ـ ۷).

۴ ـ ۷ ـ ترسیم فصل مشترک مخروط در مخروط در حالت خاص

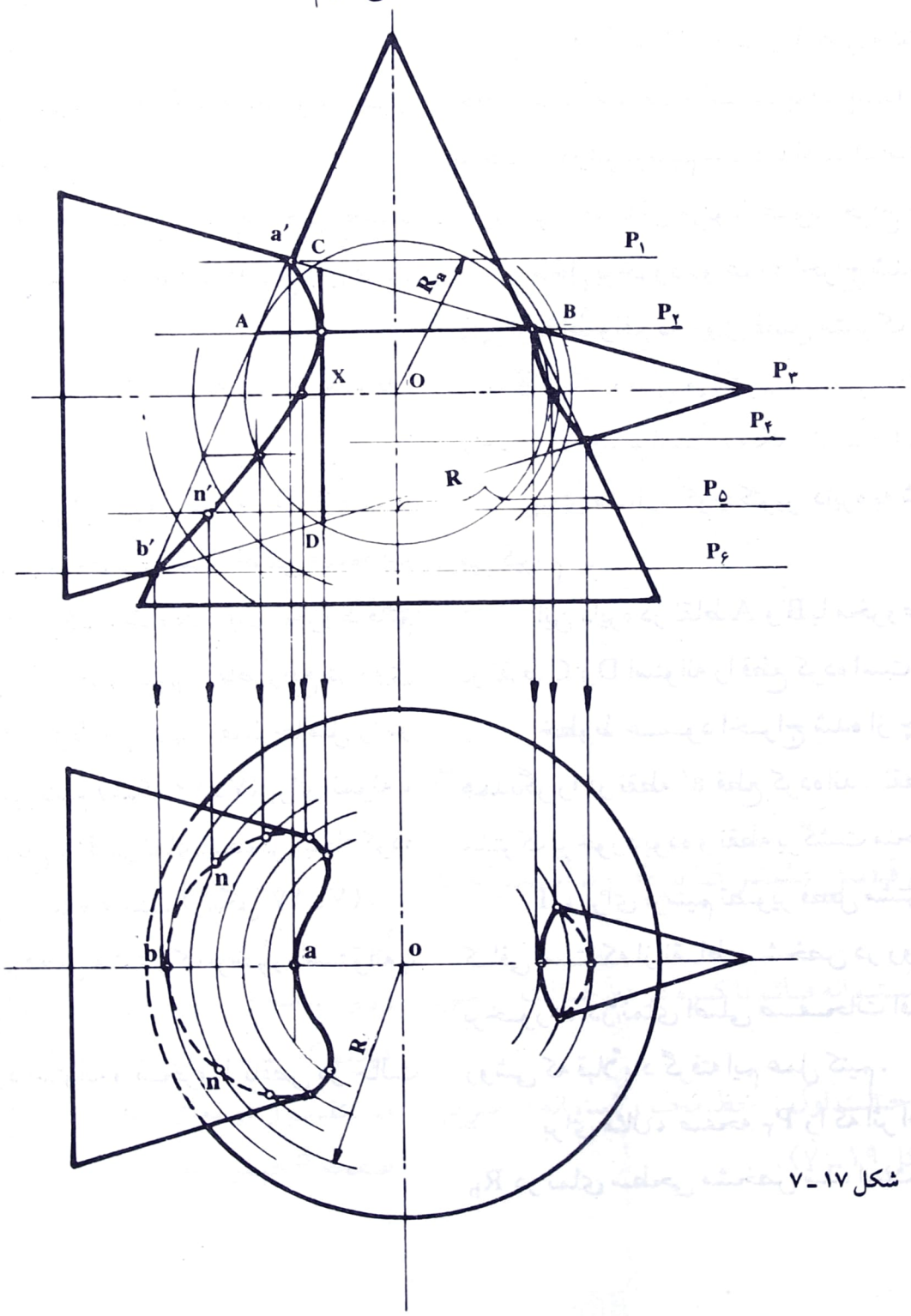
مسأله :

از برخورد دو مخروط در حالت خاص (شکل ۱۷ ـ ۷)؛ مطلوب است :

۱ ـ رسم و تکمیل فصل مشترک برخورد در نمای اصلی به روش دوایر مرکزی ؛

۲ ـ رسم و تکمیل تصویر فصل مشترک برخورد در نمای سطحی به روش استفاده از مرور صفحه.

حل : امتدادهای هر دو مخروط را با خط نازک رسم می کنیم.



شکل ۱۷ ـ ۷

به مرکز O محل برخورد محورها دوایری رسم می‌کنیم، به نحوی که کوچکترین دایره یکی از دو حالت را داشته باشد :

الف ـ با امتداد یکی از مخروطها مماس و با امتداد دیگری قاطع باشد.

ب ـ با امتدادهای هر دو مخروط مماس باشد.

۱ ـ با علم به این که محل برخورد امتدادها ابتدا و انتهای فصل مشترک را تعیین می‌کند، نقاط دیگر را با استفاده از دوایر ترسیم شده مشخص می‌کنیم. برای مثال، دایره‌ای به شعاع R_a را در نظر می‌گیریم که با امتداد یالهای مخروط قائم در نقاط A و B مماس بوده یالهای مخروط افقی را در نقاط C و D قطع کرده است.

حال از محل برخورد نقاط ذکر شده بر محور مخروطهای مربوط عمود اخراج می‌کنیم.

به طوری که مشاهده می‌کنید، خطوط اخراج شده همدیگر را در نقطه X قطع کرده‌اند. این نقطه در روی فصل مشترک برخورد قرار دارد.

سایر نقاط را نیز به همین ترتیب به دست آمده به یکدیگر وصل می‌کنیم.

۲ ـ با استفاده از روش مرور صفحه، از نقاط مشخص فصل مشترکهای موجود در نمای اصلی صفحات افقی مرور داده به شعاع از مرکز مخروط تا یال مخروط قائم دوایری در نمای سطحی رسم می‌کنیم. نقاط واقع در روی صفحات را به طرف دوایر رابط می‌کنیم. نقاط حاصل را دو به دو به یکدیگر وصل می‌کنیم (شکل ۱۶ـ۷) برای نمونه، صفحهٔ P_5 دایره‌ای به شعاع R_5 در نمای سطحی ایجاد کرده نقطه n تصویر n' در روی صفحه است (شکل ۱۷ـ۷).

۱ ـ ۴ ـ ۷ ـ ترسیم فصل مشترک برخورد استوانه با مخروط در حالت خاص :

مسأله : از برخورد استوانه و مخروط ناقص در حالت خاص (شکل ۱۸ـ۷).

مطلوب است :

۱ ـ رسم و تکمیل فصل مشترک برخورد در نمای اصلی به روش دوایر مرکزی ؛

۲ ـ رسم و تکمیل تصویر فصل مشترک برخورد در نمای سطحی به روش مرور صفحه.

حل : ابتدا امتداد هر دو جسم را با خط نازک مشخص می‌کنیم. به مرکز O محل برخورد محور در جسم دوایری رسم می‌کنیم ؛ به نحوی که کوچکترین آنها یکی از شرایط زیر را داشته باشد :

الف ـ با امتداد یکی از دو جسم مماس بوده دیگری را قطع کند.

ب ـ با امتدادهای هر دو جسم مماس باشد.

I، نقاط ابتدا و انتهای فصل مشترک به دلیل حالت خاص مسأله معلوم است. برای پیدا کردن سایر نقاط از برخورد دوایر ترسیم شده با امتداد استوانه و مخروط به ترتیب بر محورهای مربوط عمود اخراج می‌کنیم.

محل برخورد دو عمود اخراج شده مربوط به یک دایره یکی از نقاط واقع در روی فصل مشترک است. نقاط حاصل را به یکدیگر وصل می‌کنیم. منحنی حاصل فصل مشترک برخورد دو جسم است (شکل ۱۸ـ۷).

برای مثال، کوچکترین دایره به شعاع R_k را در نظر می‌گیریم.

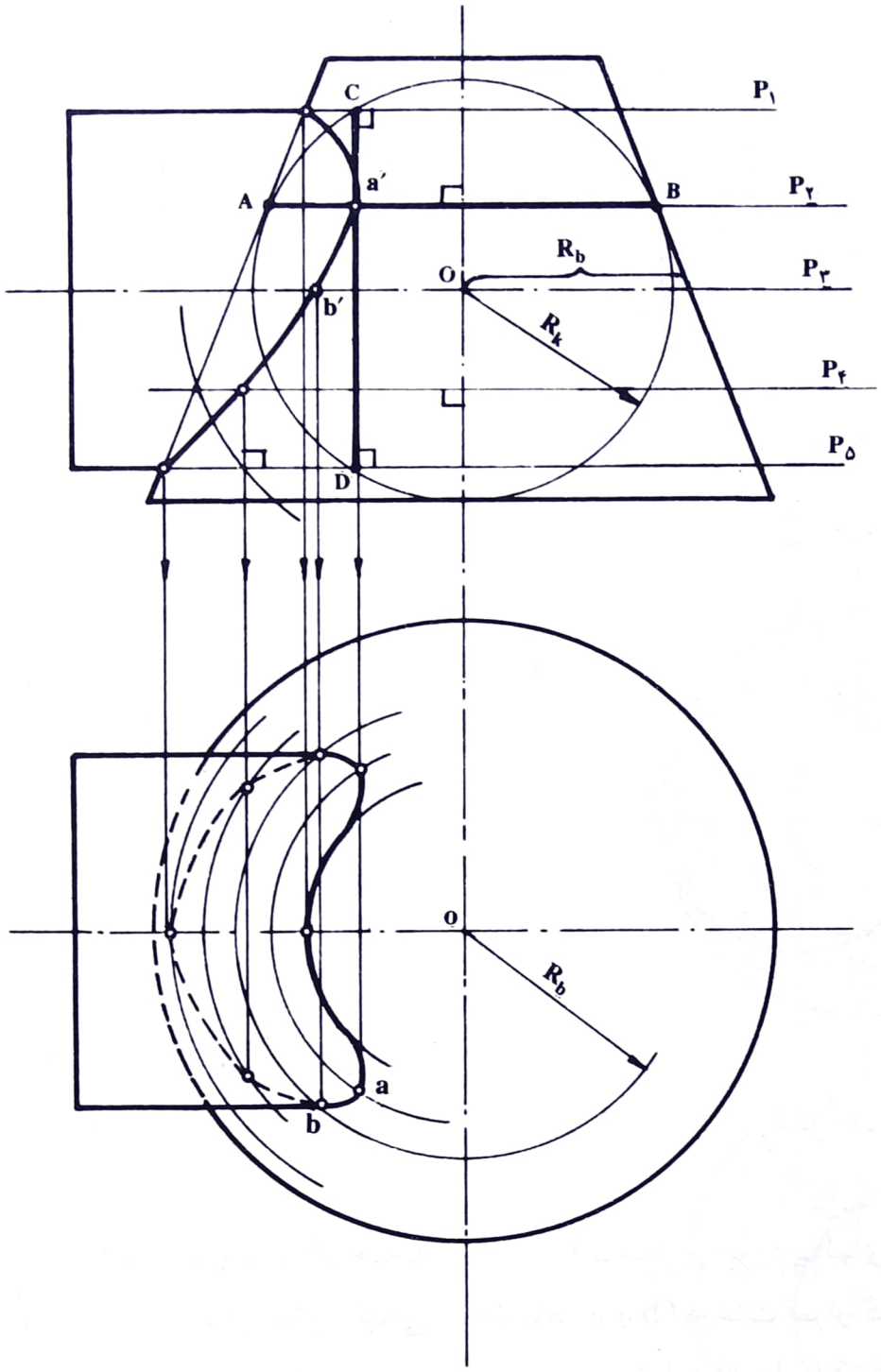
این دایره در نقاط A و B با مخروط ناقص مماس بوده در نقاط C و D استوانه را قطع کرده است.

خطوط عمود اخراج شده از چهار نقطه مذکور همدیگر را در نقطه a' قطع کرده‌اند. نقطه a' در روی فصل مشترک برخورد بوده و نقطه برگشت منحنی نیز است.

II، برای ترسیم تصویر فصل مشترک در نمای سطحی کافی است که از نقاط مشخص در روی فصل مشترک برخورد، در نمای اصلی صفحات افقی مرور داده طبق روشی که قبلاً یاد گرفته‌ایم عمل کنیم.

برای مثال، صفحه P_3 را که اثر آن با دایره‌ای به شعاع R_b در نمای سطحی مشخص شده است، در نظر می‌گیریم.

نقطه b تصویر نقطه b′ در روی صفحه P_3 است. سایر نقاط می‌شوند (شکل ۱۸ـ۷).
نیز به همین ترتیب ترسیم شده و دو به دو به یکدیگر وصل



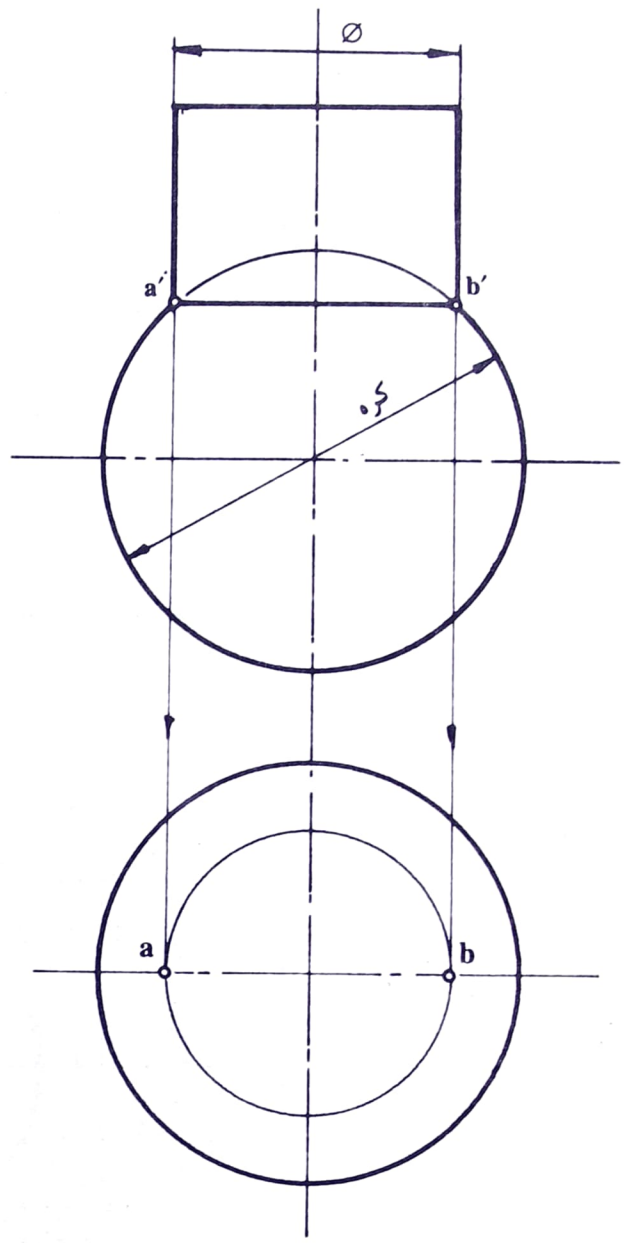
شکل ۱۸ـ۷

۵ـ۷ـ ترسیم فصل مشترک برخورد استوانه با کُره

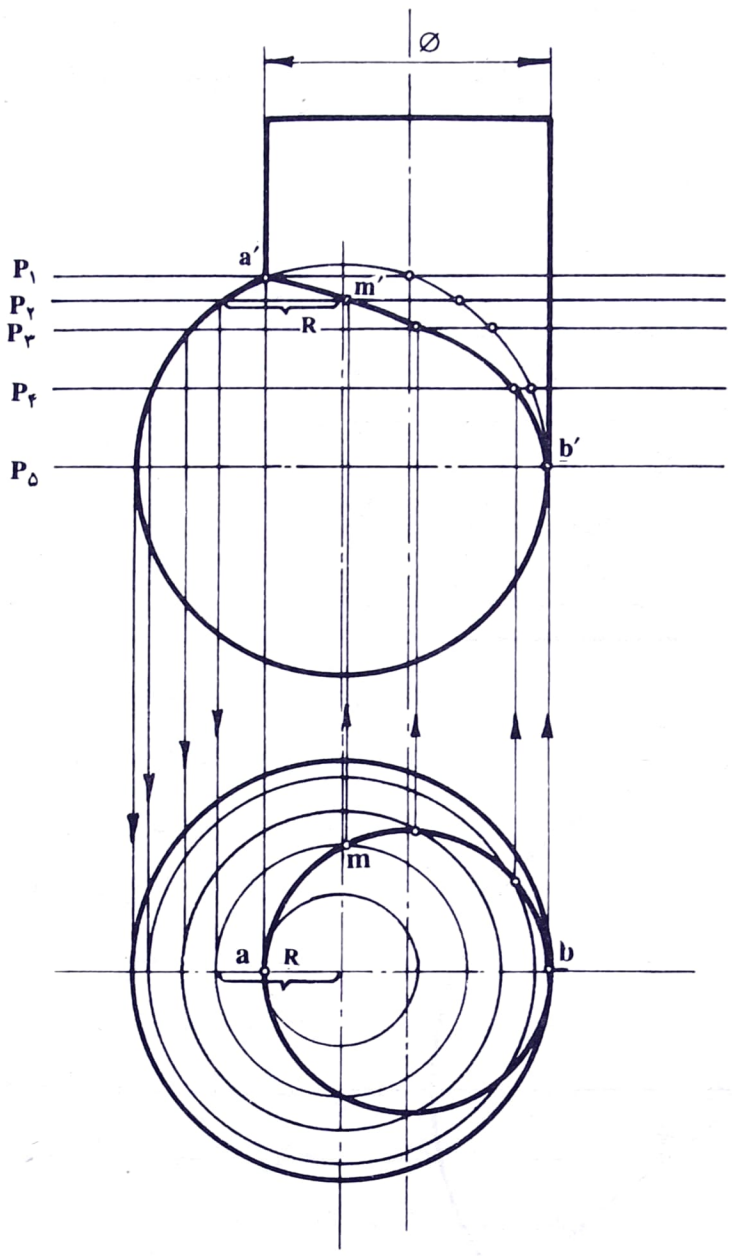
برخورد استوانه قائم با کره در دو حالت بررسی می‌شود:

۱ـ۵ـ۷ـ حالت اوّل: خط محور استوانه از مرکز کره می‌گذرد (شکل ۱۹ـ۷).

۱ـ با استفاده از روش مرور صفحه، صفحه افقی P را از نقطه a (محل برخورد سطح جانبی استوانه و کره) واقع در روی صفحه قائم تصویر مرور می‌دهیم. درفصلهای قبل دیدیم که اثر برخورد صفحه افقی با کره در نمای اصلی خط مستقیم و در نمای سطحی دایره کامل است. از طرفی اثر صفحه P ضمن عبور از استوانه در نمای اصلی، خط مستقیم



شکل ۱۹ ـ ۷



شکل ۲۰ ـ ۷

و در نمای سطحی، دایره کامل خواهد بود. با توجه به (شکل ۱۹ ـ ۷)، این دو دایره هم قطر بوده در نمای سطحی روی همدیگر منطبق هستند. در نمای اصلی نیز هر دو اثر برخورد خط مستقیم و رویهم منطبق اند (خط $\overline{ab}$).

نتیجه : فصل مشترک حاصل از برخورد استوانه و کره در حالتی که محور طولی استوانه از مرکز کُره بگذرد، خطی مستقیم است.

۲ ـ ۵ ـ ۷ ـ حالت دوم : خط محور استوانه از مرکز کره نمی گذرد. در این حالت دو مورد را بررسی می کنیم:

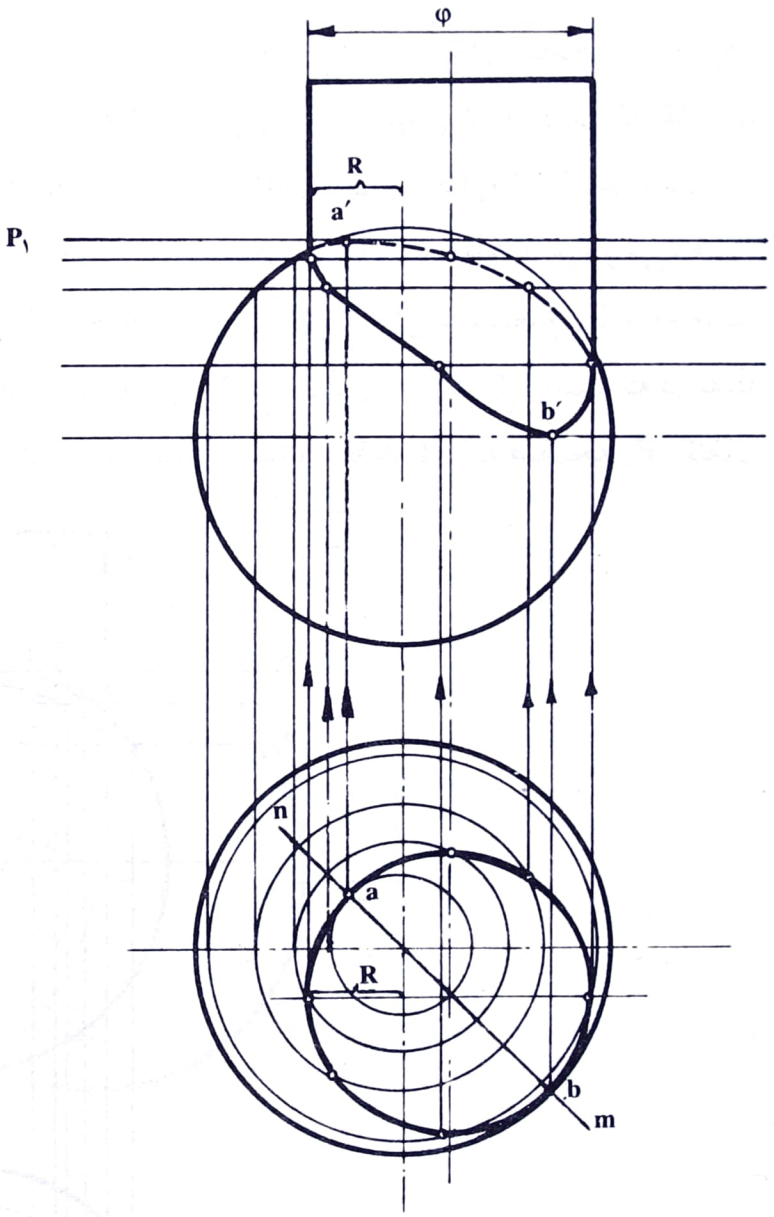
مورد اوّل : تصویر افقی استوانه و کره مطابق شکل ۲۰ـ۷.

۱ ـ محل برخورد یالهای استوانه و دایره عظیمه کره (نقاط a و b) به علت قرار گرفتن در روی سطح قائم تصویر، می توانند ابتدا و انتهای فصل مشترک برخورد استوانه و کره باشند. برای تعیین نقاط بعدی در فاصله ما بین این دو نقطه صفحات افقی مرور می دهیم. صفحات مذکور به ترتیب دوایری به مرکز استوانه و به مرکز کره در نمای سطحی ایجاد می کند. برای مثال، صفحهٔ P_2 از کره دایره ای به شعاع R در نمای سطحی ایجاد می کند.

محل برخورد این دو دایره نقاط m را به روی صفحهٔ P_2 منعکس می کنیم. نقطه m'_2 یکی از نقاط فصل مشترک است.

این عمل را در مورد صفحات بعدی تکرار می کنیم. نقاط حاصل را به یکدیگر وصل می کنیم. منحنی حاصل فصل مشترک برخورد استوانه با کره خواهد بود (شکل ۲۰ـ۷).

مورد دوم : تصویر افقی استوانه و کره مطابق شکل ۲۱ـ۷.



شکل ۲۱ـ۷

در این حالت نقاط ابتدا و انتهای فصل مشترک مشخص نیست و ضروری است که در ابتدا این دو نقطه مشخص بشود.

۱ ـ پاره خط $\overline{mn}$ را از مرکز کره و استوانه در نمای سطحی مرور می دهیم. نقطه a محل برخورد پاره خط با مقطع دایره است.

۲ ـ به شعاع oa و به مرکز کره دایره‌ای رسم می کنیم. این دایره با دایره مقطع استوانه مماس داخلی است و در نقطه a همدیگر را قطع کرده اند. از طرفی این دایره اثر صفحه ای می تواند باشد که از استوانه و کره مرور داده شده است.

برای تعیین محل عبور اولین صفحه کافی است که از محل برخورد دایره مماس داخلی با محور Xها خطی به نمای اصلی رسم کنیم. محل برخورد این خط با دایره عظیمه کره محل عبور اولین صفحه است.

۳ ـ صفحه P_1 را از نقطه مشخص شده مرور داده نقطه تماس دو دایره در نمای سطحی (a) را بر روی آن انتقال می دهیم. نقطه a' اولین نقطه از منحنی (فصل مشترک برخورد) به دست می آید.

۴ ـ نقطه b محل برخورد پاره خط $\overline{nm}$ درنمای سطحی نقطه تماس دو دایره (از کره و از استوانه) است که در اثر عبور آخرین صفحه از دو جسم به وجود آمده است. برای مشخص کردن نقطه b' طبق روش بالا عمل می کنیم.

با مرور دادن چندین صفحه در فاصله مابین نقاط a' و b' و تکرار روش بالا منحنی دقیقتری از اثر برخورد دو جسم بالا به دست می آید (شکل ۲۱ ـ ۷).

۳ـ۵ـ۷ـ ترسیم فصل مشترک اثر برخورد منشورها با کُره : جهت تعیین فصل مشترک برخورد اجسام بالا از روش مرور صفحات خاص تصویراستفاده می کنیم. در (شکل ۲۲ـ۷) به دلیل عدم انطباق یالها روی محور Xها در نمای سطحی، محلّ شروع مرور صفحات جهت تعیین اولین و آخرین نقطه فصل مشترک در نمای اصلی مشخص نیست ؛ بنابراین ضروری است که اثر اولین و آخرین صفحه را که به صورت دایره در نمای سطحی است، ترسیم کرده با انتقال قطر دوایر به نمای اصلی از محل برخورد آنها با دایره

عظیمه کره، محل عبور صفحات را تعیین کنیم. بدین ترتیب :

۱ ـ به شعاع oa کوچکترین دایره مماس با اضلاع منشور را رسم می کنیم. دایره در سه نقطه بر مثلث مماس است (a ـ b ـ c). این نقاط تصاویر نقاطی هستند که در روی اولین صفحه (P_1) قرار دارند.

۲ ـ با انتقال قطر دایره کوچک به نمای اصلی محل برخورد آن را با دایره عظیمه کره مشخص کرده صفحهٔ P_1 را از آن نقطه مرور می دهیم.

نقاط a و b و c را بر صفحهٔ P_1 منتقل می کنیم (a′ ـ b′ ـ c′). نقاط برگشت سه منحنی به دست می آید.

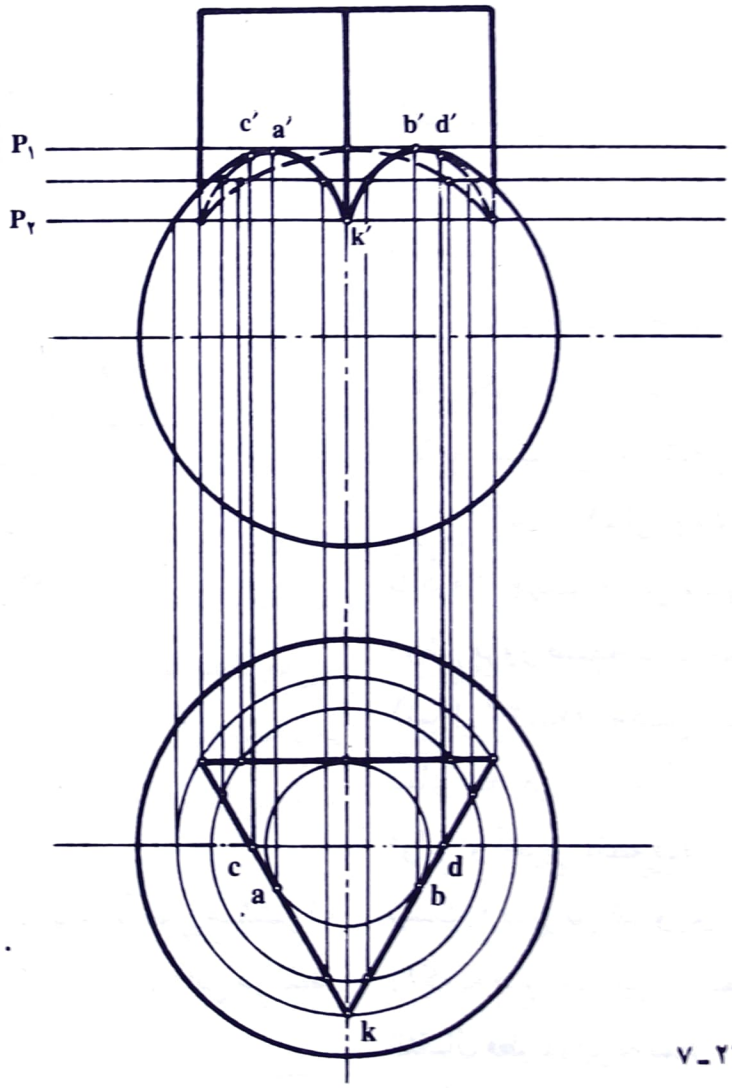
۳ ـ به شعاع Ok در نمای اصلی منتقل کرده از نقطه برخورد آن با دایره عظیمه کره، آخرین صفحه (P_2) را مرور می دهیم. محل برخورد صفحه با امتداد یالهای منشور آخرین نقاط فصل مشترک است.

۴ـ قطر دایره مذکور را به نمای سطحی دایره رسم می کنیم تا از هر سه گوشهٔ مثلث بگذرد.

۵ ـ در فاصلهٔ مابین دو صفحه صفحاتی مرور داده و طبق روشهای قبل عملی می کنیم (شکل ۲۲ ـ ۷).

۴ ـ ۵ ـ ۷ ـ ترسیم فصل مشترک اثر برخورد مخروط با کُره : برای تعیین فصل مشترک برخورد مخروط و کُره، از روش مرور صفحات خاص تصویر (معمولاً صفحهٔ افقیه) استفاده می کنیم. در شکل مقابل یالهای مخروط و قطر دایره عظیمه کره در امتداد محور X ها در نمای سطحی قرار گرفته است ؛ به همین دلیل از همان ابتدا می توان گفت که نقاط a′ و b′ در نمای اصلی ابتدا و انتهای فصل مشترک هستند.

۱ ـ اولین صفحه (P_1) را از نقطه a′ مرور می دهیم. اثر این صفحه دو عدد دایره، اولی به شعاع R_1 و به مرکز مخروط و دومی به شعاع R_2 و به مرکز کره است که در نقطه a با همدیگر مماس هستند. نقطه a را به صفحهٔ P_1 انتقال



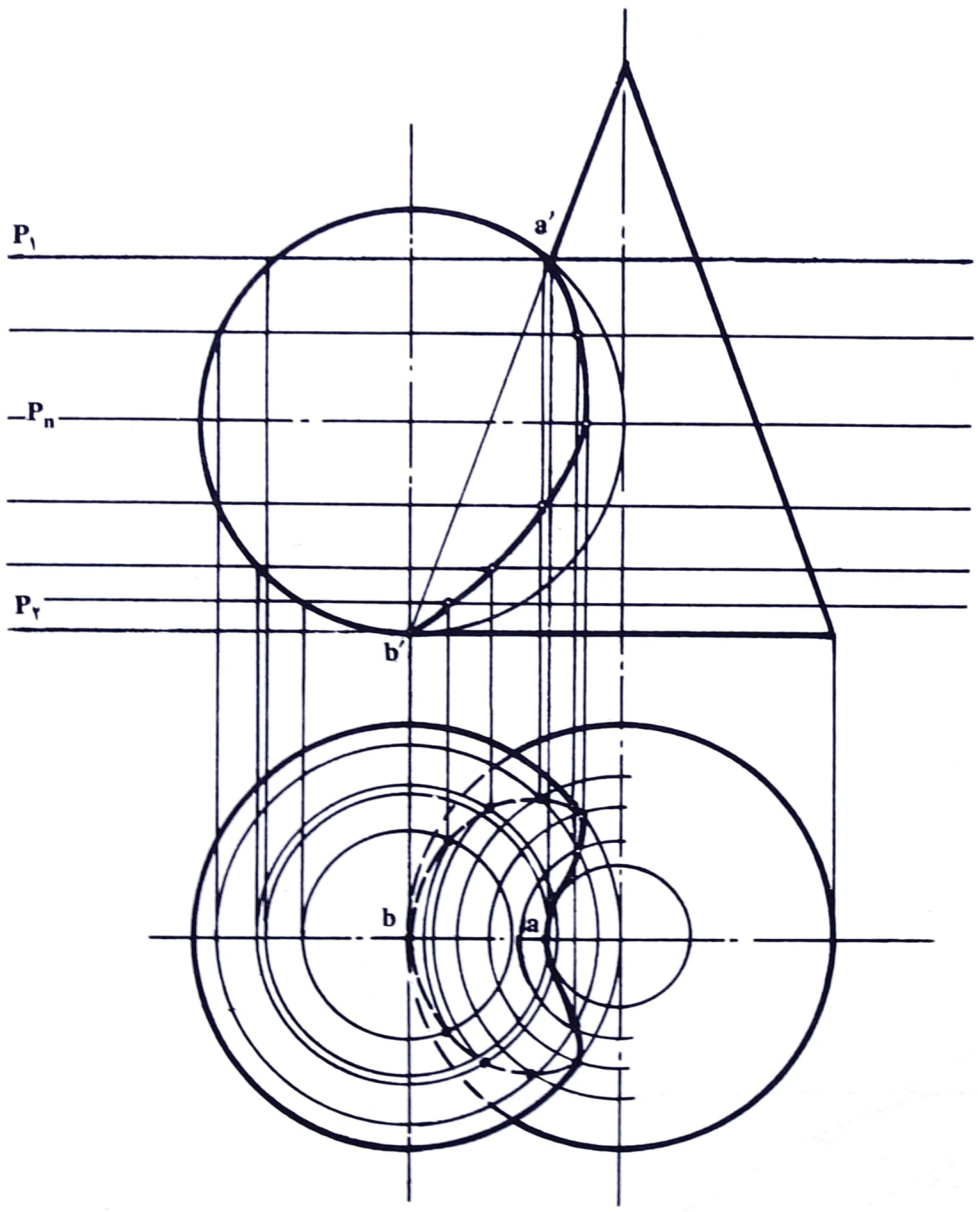
شکل ۲۲ـ۷

می دهیم ؛ نقطه a′ تأییـد می شـود که اولین نـقطه از منحنی است .

۲ ـ آخرین صفحه ($P_۲$) بر سطح قاعده مخروط و یک نقطه از کره مماس است که برخـورد آنها در نمای سطح نقطه b است .

نقطه b را بر روی صفحهٔ ($P_۲$) انتقال می دهیم . نقطه b′ آخرین نقطه فصل مشترک به دست می آید .

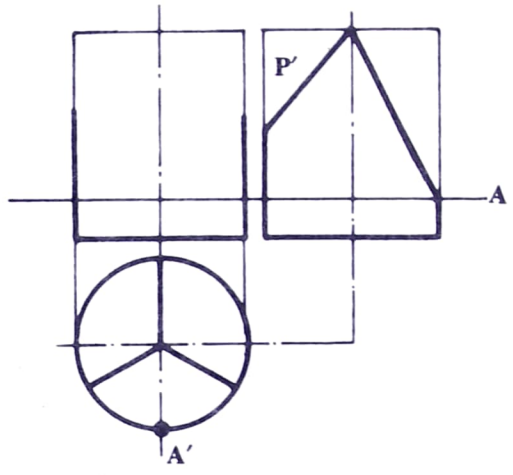
۳ ـ در فاصله مابین اولین و آخرین صفـحه ، صفحات دلخواهی را به شـرطی که خط محـور افقی کـره یکی از آنها باشـد ، مـرور داده طبق روش بـالا عـمل می کنـیم (شکل ۲۳ـ۷) .



شکل ۲۳ ـ ۷

مسأله :

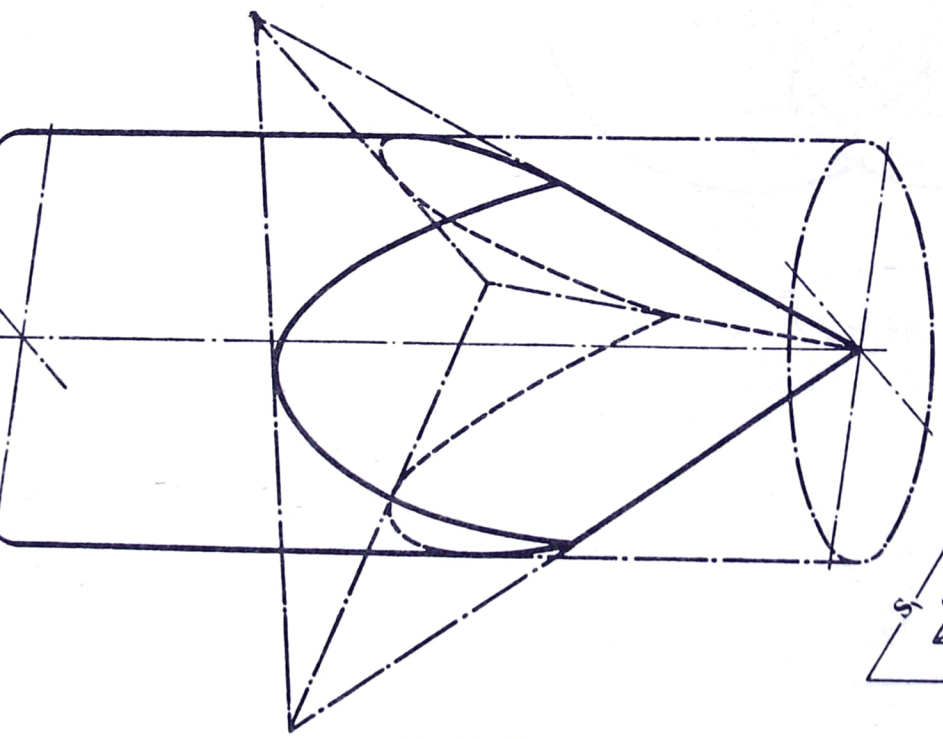
میلهٔ استوانه ای مطابق شکل براده برداری شده و قسمت بالای آن به صورت هرم مثلث القاعده در آمده است (شکل ۲۴ـ۷). اثر برخورد صفحات در نمای اصلی و جانبی را ترسیم کنید.



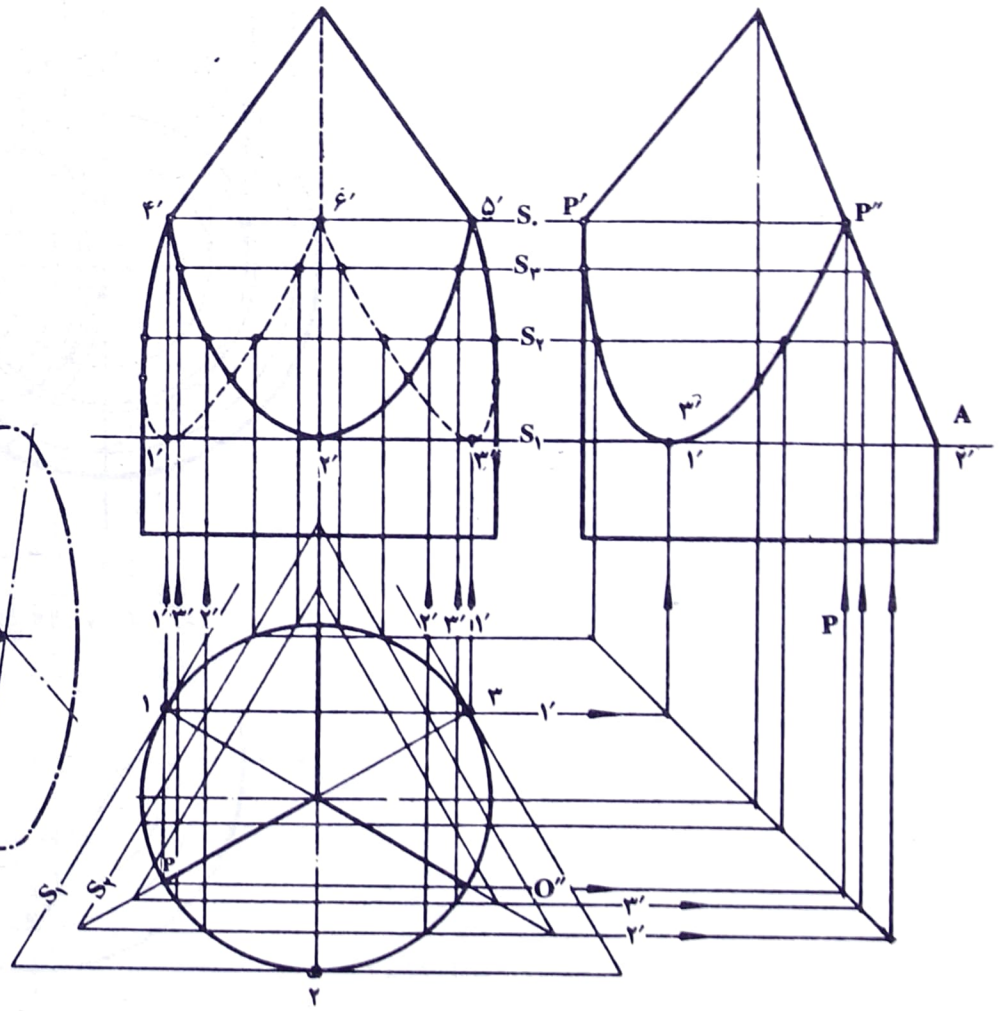
شکل ۲۴ـ۷

حل : به طوری که در شکل ۲۵ ـ ۷ نشان داده شده، ازنقطه A به پایین استوانه کامل بوده و به طرف بالا درمعرض برش صفحات (براده برداری) قرار گرفته است؛ بنابراین پس از ترسیم نماهای داده شده با مقیاس اصلی، صفحه S_1 را در نقطه A مرور می دهیم. با فرض به این که از صفحه S_1 به بالا هرم مثلث القاعده بوده قسمتی از آن به وسیله براده برداری به شکل استوانه در آمده است، اولین مثلث محیطی (S_1) را در نمای سطحی رسم می کنیم. این مثلث در نقاط ۱ و ۲ و ۳ دایره را قطع می کند. نقاط حاصل را به نمای اصلی و جانبی رابط می کنیم. محل تلاقی خطوط رابط با صفحهٔ S_1 نقاط برگشت منحنی ها در نمای اصلی و جانبی خواهند بود. به ترتیب صفحات S_2 و S_3 و S_4 را از نماهای اصلی وجانبی مرور می دهیم تا مثلث های متشابهی حاصل شده دایره را قطع کند. بر طبق صفحهٔ قبلی عمل کرده نقاط کمکی برای رسم منحنی ها به دست می آوریم.

آخرین صفحه S_5 کوچکترین مثلث را ایجاد کرده است که به دایره محاط شده و در سه نقطه ۴ و ۵ و ۶ آن را لمس کرده و درنتیجه نقاط انتهایی منحنی ها را مشخص کرده است (شکل ۲۶ ـ ۷).



شکل ۲۶ـ۷



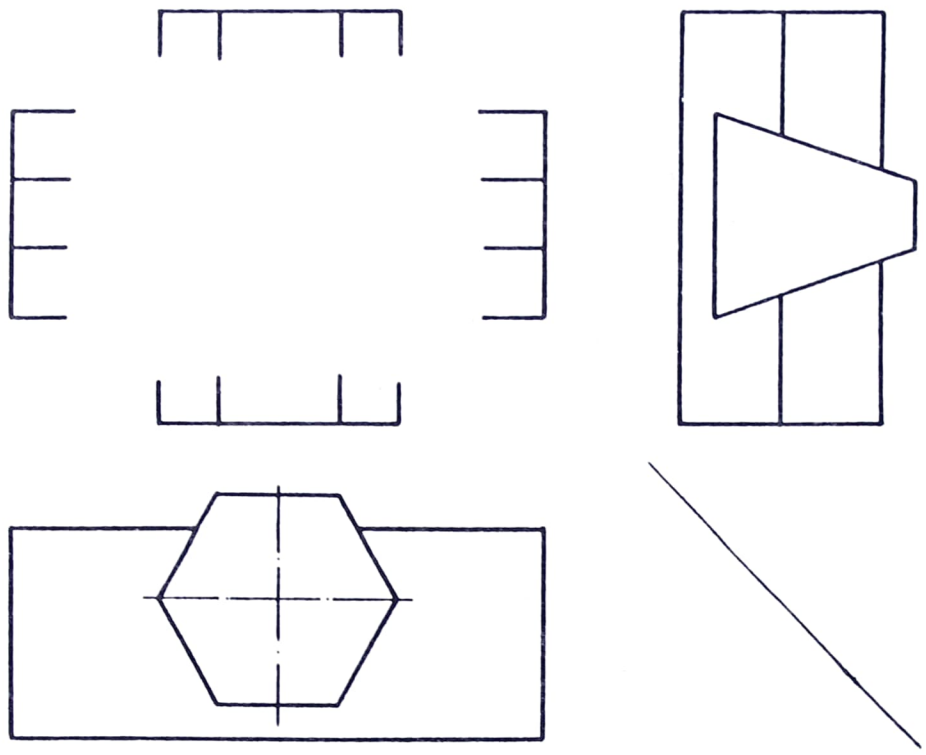
شکل ۲۵ـ۷

تمرین

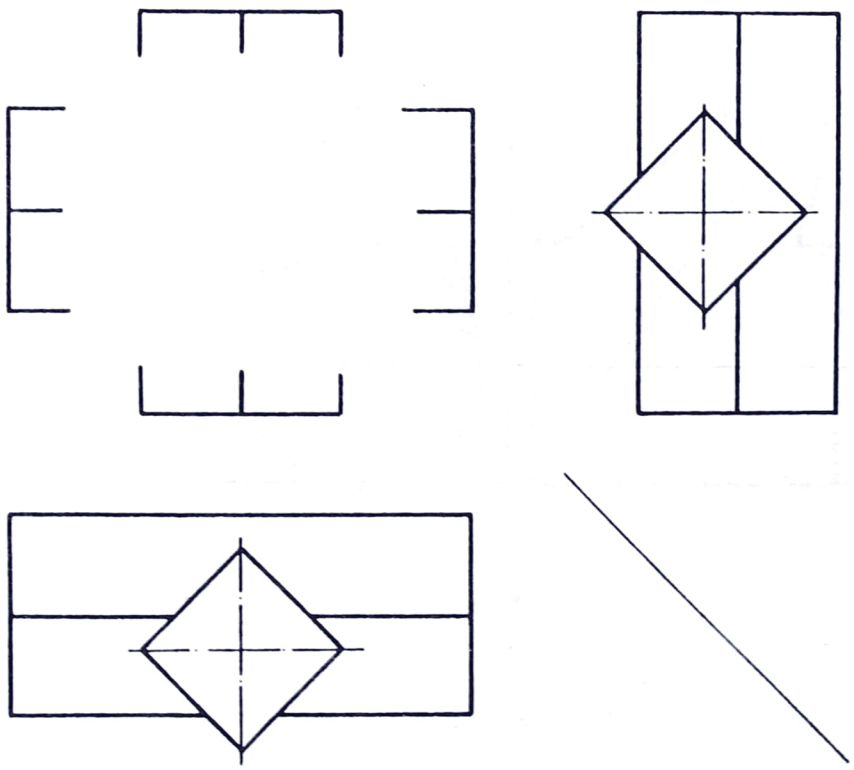
مطلوب است:

۱ ـ رسم و تکمیل نمای اصلی برخورد منشورها در شکلهای ۲۷ ـ ۷ و ۲۸ ـ ۷.

مقیاس ۱ : ۲ (اندازه از روی نقشه داده شده منتقل شود).



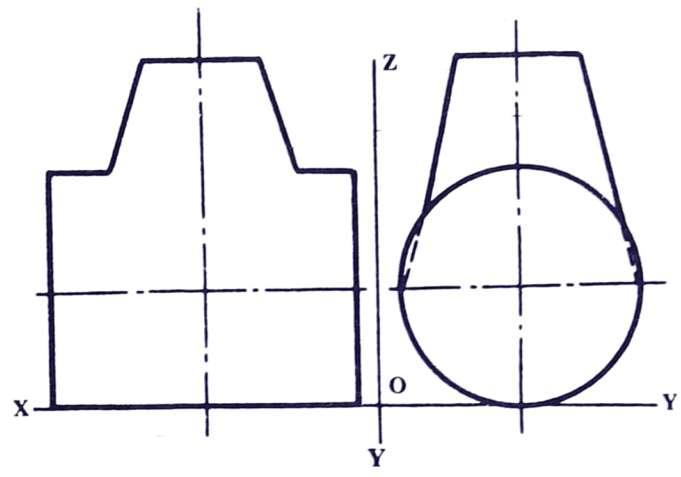
شکل ۲۷ ـ ۷



شکل ۲۸ ـ ۷

مطلوب است:

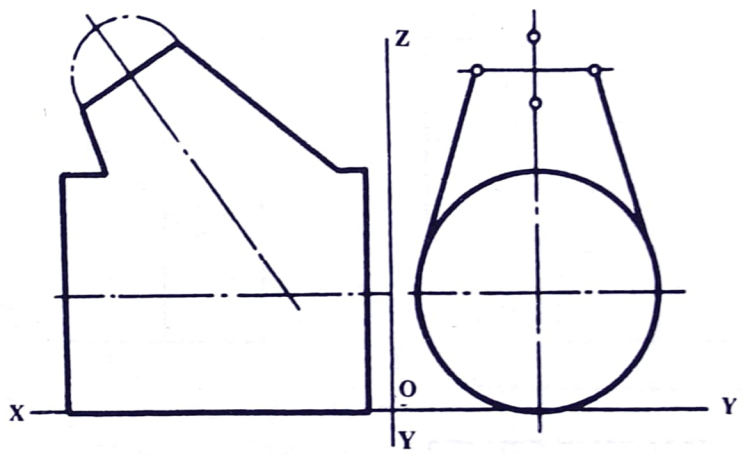
۱ ـ رسم و تکمیل سه نما از برخورد استوانه و مخروط ناقص به روش دوایر مرکزی (شکل ۲۹ـ۷) مقیاس ۱ : ۲.



شکل ۲۹ـ۷

مطلوب است:

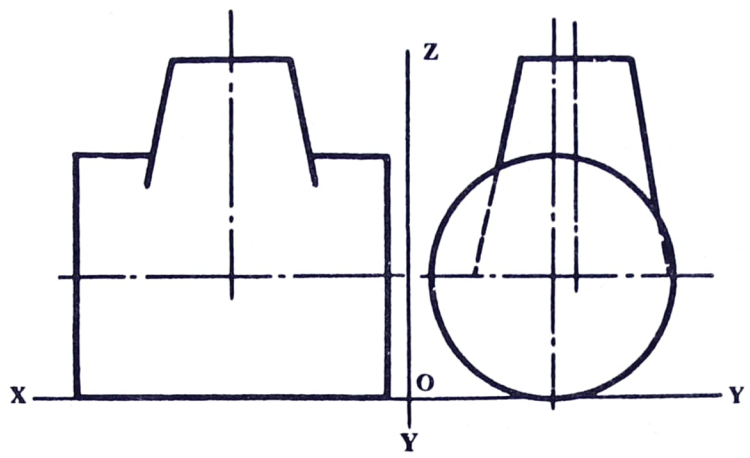
۱ ـ رسم و تکمیل سه نما از برخورد استوانه و مخروط ناقص به روش دوایر مرکزی (شکل ۳۰ـ۷) مقیاس ۱ : ۲.



شکل ۳۰ـ۷

مطلوب است:

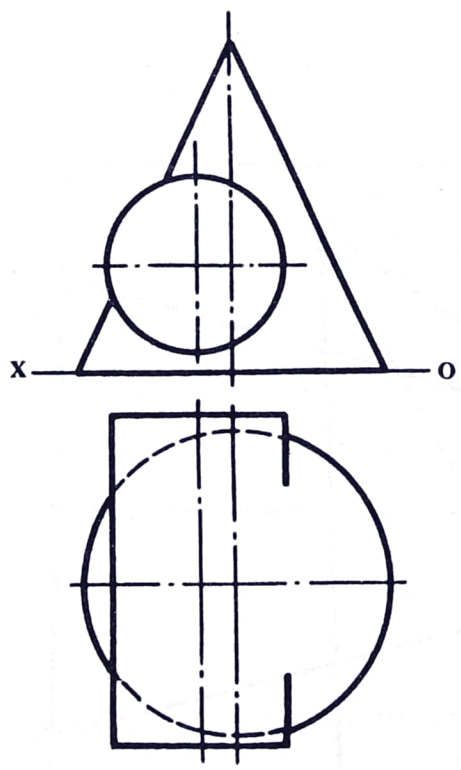
۱ ـ رسم و تکمیل سه نما از برخورد مخروط ناقص و استوانه به صورت خارج از محور (شکل ۳۱ـ۷) مقیاس ۱ : ۲.



شکل ۳۱ـ۷

مطلوب است:

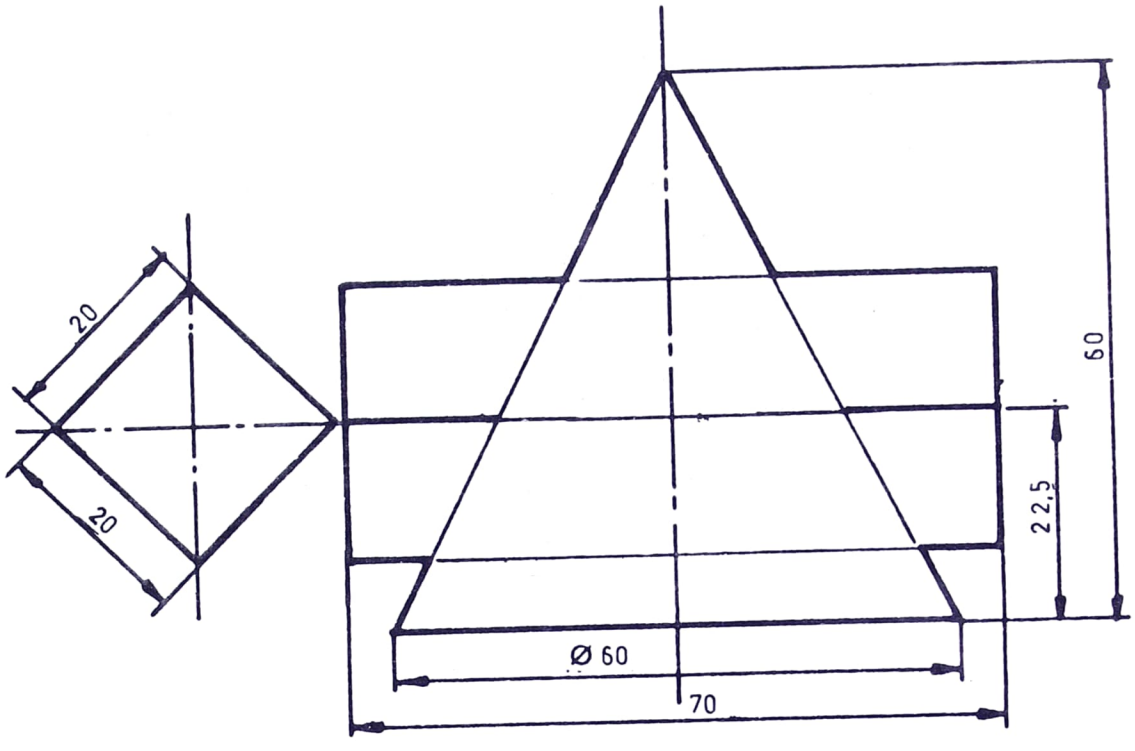
۱ ـ رسم و تکمیل سه نما از برخورد استوانه و مخروط به صورت خارج از محور (شکل ۳۲ـ۷) مقیاس ۱ : ۲.



شکل ۳۲ـ۷

مطلوب است :

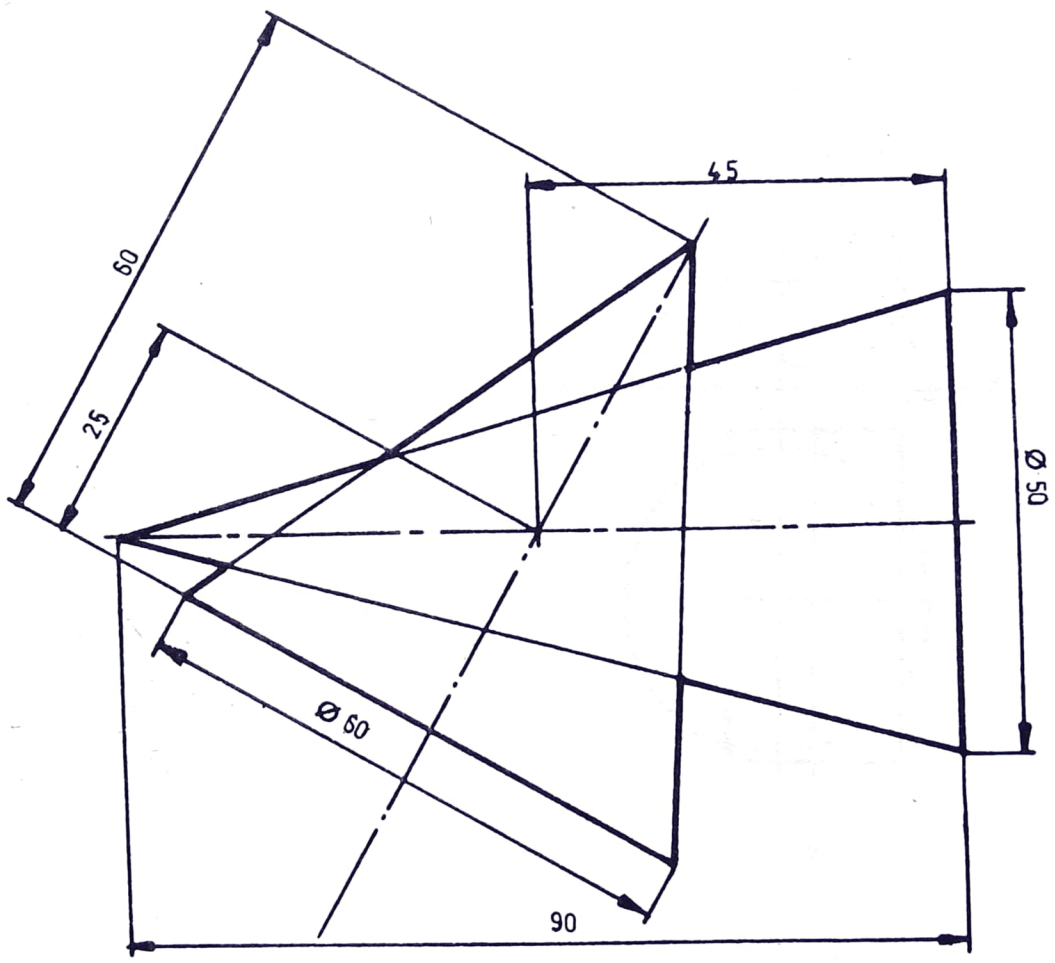
۱ ـ رسم و تکمیل سه نما از برخورد مخروط و منشور (شکل ۳۳ ـ ۷) مقیاس ۱ : ۱ .



شکل ۳۳ـ۷

مطلوب است :

۱ ـ رسم و تکمیل سه نما از برخورد مخروط در مخروط از (شکل ۳۴ ـ ۷) مقیاس ۱ : ۱ .



شکل ۳۴ـ۷

فصل هشتم

گسترش اجسام توخالی مستوی، یک انحنایی و دوانحنایی

هدفهای رفتاری : از فراگیر انتظار می رود که در پایان این فصل :

ـ مفهوم از گسترش را بیان کند.

ـ احجام منشوری را گسترش داده ترسیم کند.

ـ احجام هرمی را گسترش بدهد.

ـ احجام استوانه ای قائم را گسترش داده ترسیم کند.

ـ استوانه های زانویی چند پارچه را طراحی و گسترش دهد.

ـ احجام مخروطی را گسترش داده ترسیم کند.

ـ احجام کروی را گسترش داده ترسیم کند.

مدت زمان آموزش

۱۶ ساعت

۸ ـ گسترش احجام مستوی و یک انحنایی و دو انحنایی

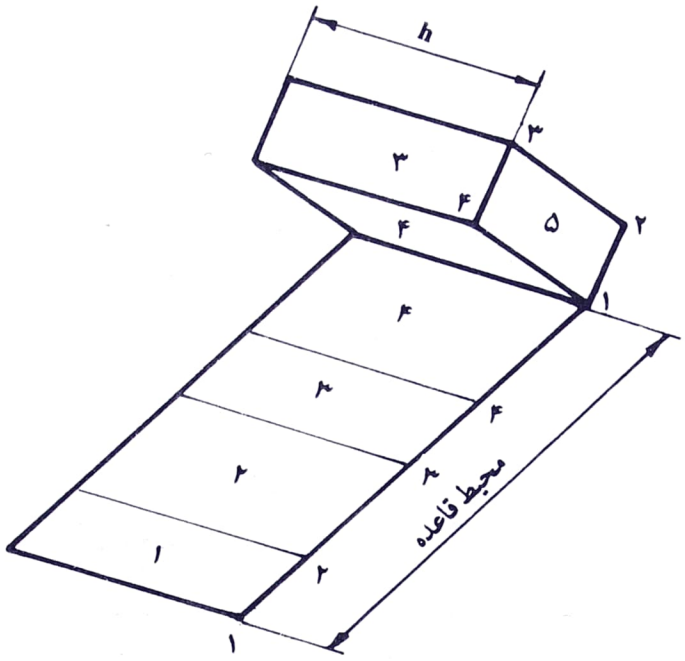
۱ ـ ۸ ـ تعریف

هرگاه جسمی به شکل مکعب مستطیل یا استوانه را پس از آغشته کردن با رنگ، روی سطح صافی خوابانیده یک دور بغلتانیم، اثر آن در روی صفحه شکل مربع مستطیلی خواهد بود که طول آن مساوی با محیط قاعده جسم و عرض آن مساوی با ارتفاع جسم است. این شکل را «گسترده سطح جانبی جسم» و عمل انجام یافته را «گسترش» می نامند (شکلهای ۱ـ۸ و ۲ـ۸).

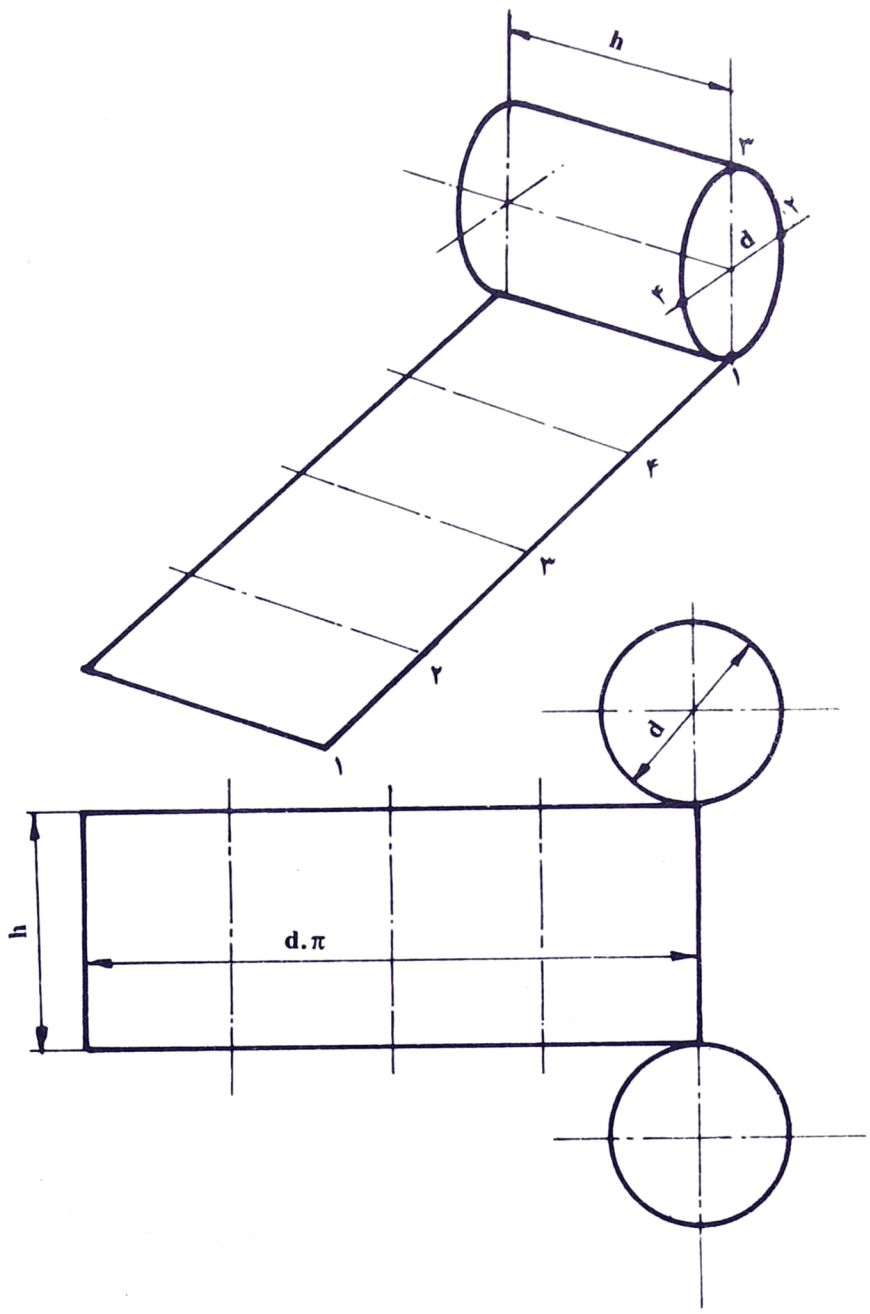
گسترش یکی از فصلهای مهم نقشه کشی صنعتی بوده کاربرد زیادی درماکت سازی، در ورقکاری نازک و ضخیم، کانالهای انتقال مواد و مخازن فشار ضعیف و قوی دارد.

برای انجام عمل گسترش از روی مدلها یا اندازه های داده شده به وسیلهٔ نقشه (نماکشی)، روشها و اصول متعددی موجود است که به ترتیب در بحثهای بعدی خواهد آمد.

به طور کلّی عمل گسترش، در مورد اجسامی با سطوح مستوی مانند مکعب مستطیل، منشورها، هرمها و همچنین اجسام با سطوح یک انحنایی مانند استوانه ها و مخروطها، با روشها و قواعد مربوط به خودشان به طور کاملاً دقیق انجام می گیرد؛ اما در مورد اجسام با سطوح دو انحنایی مانند کره و شکلهای گنبدی و کوزه ای و غیره با روشهای خاص و به طور تقریب انجام پذیر است.

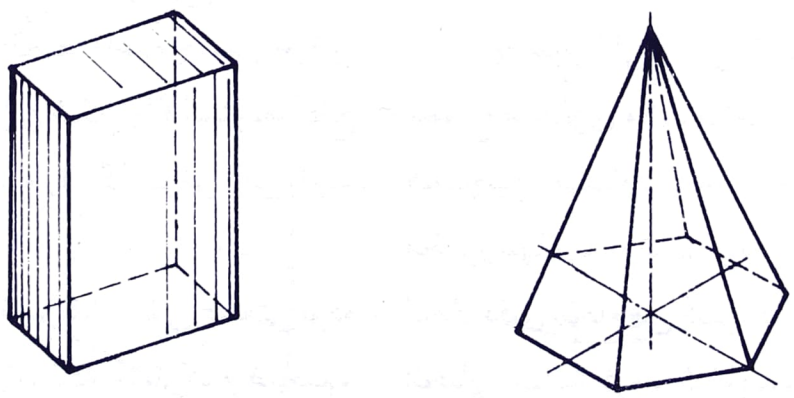


شکل ۱ـ۸

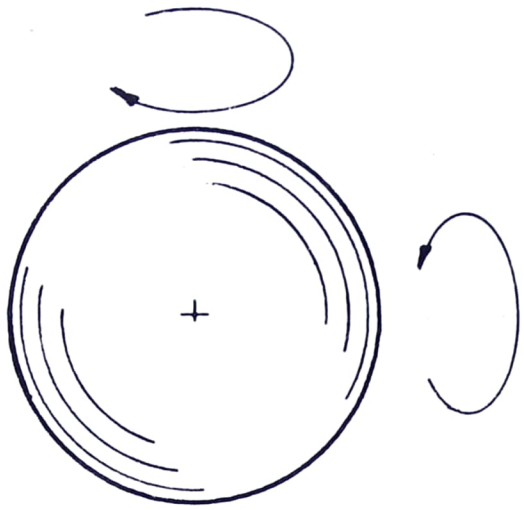


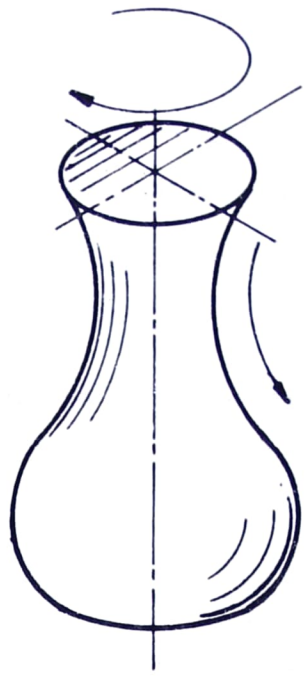
شکل ۲ـ۸

در شکلهای ۳ـ۸ ، ۴ـ۸ و ۵ـ۸ گروههای مختلف اجسام نشان داده شده است .

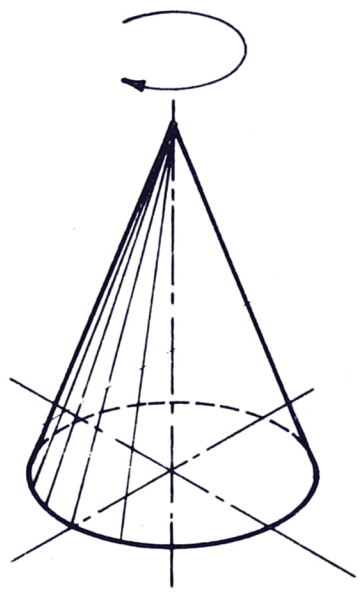


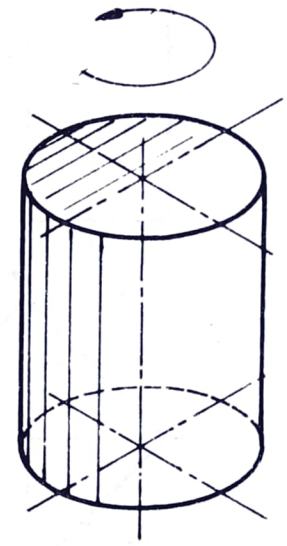
شکل ۳ـ۸





شکل ۴ـ۸





شکل ۵ـ۸

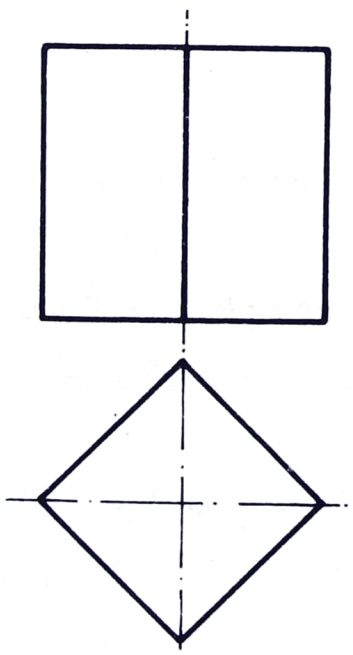
۲ـ۸ـ گسترش منشورها

به علت موازی بودن یالهای اجسام منشوری با یکدیگر و داشتن اندازه واقعی در نمای اصلی، از ساده‌ترین روش برای ترسیم گسترده آنها استفاده می‌شود. در این جا منشور مربع القاعده‌ای جهت ترسیم گسترش در نظر گرفته شده است (شکل ۶ـ۸).

روش کار :

۱ـ گوشه‌های موجود در نمای سطحی را که نماینده یالهای جسم است، شماره گذاری می‌کنیم.

۲ـ ارتفاع جسم را به وسیله دو خط نازک و موازی به



شکل ۶ـ۸

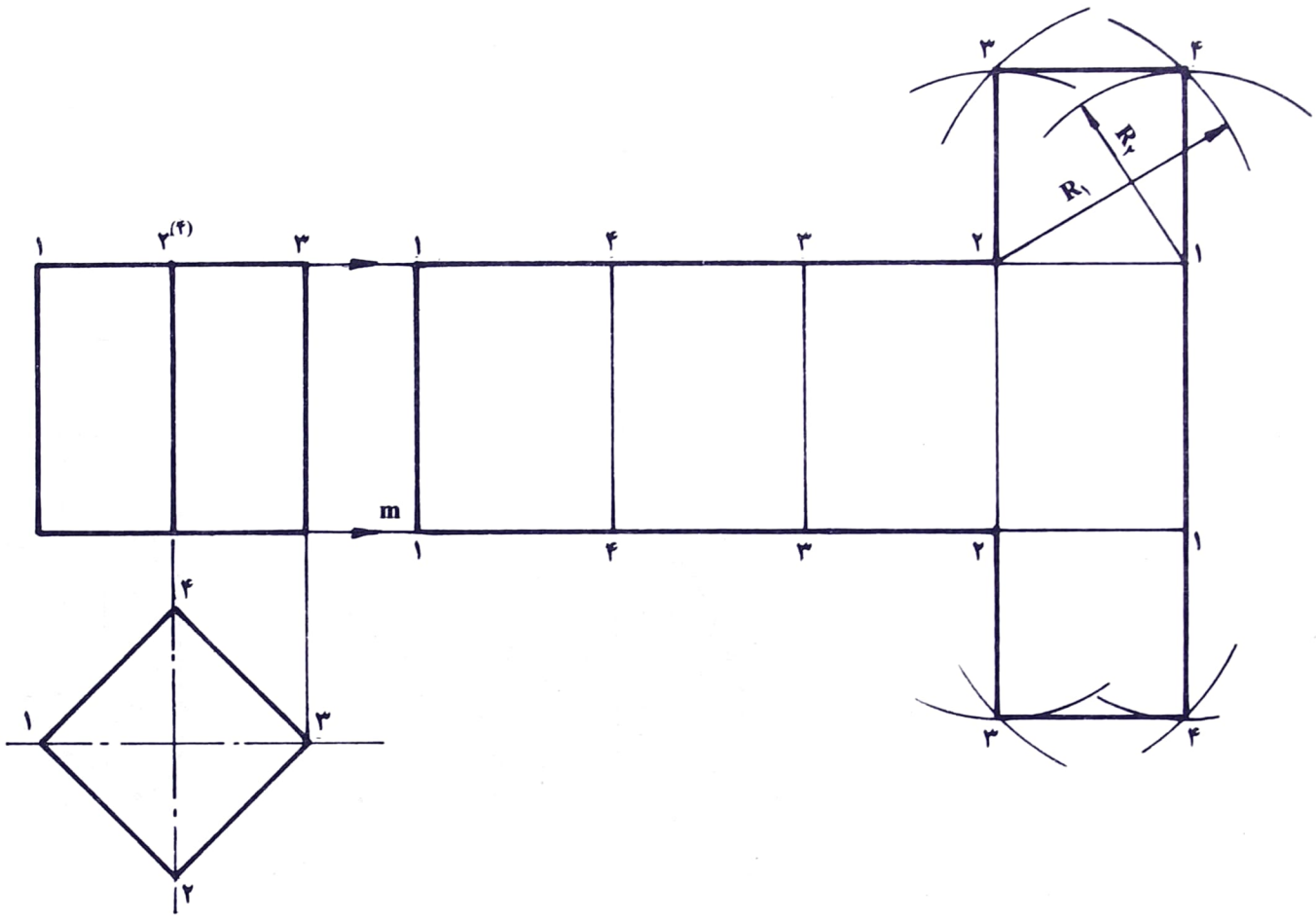
سمت راست امتداد می دهیم.

۳ ـ نقطه m آغاز گسترش را مشخص می کنیم.

۴ ـ پوستهٔ جسم را در امتداد یال شماره ۱ برش فرضی داده با ثابت نگاه داشتن گوشهٔ شماره ۱ روی نقطه m، پوسته را به سمت راست باز می کنیم.

۵ ـ اندازه های اضلاع را به ترتیب $\overline{۴-۱}$ و $\overline{۳-۴}$ و $\overline{۲-۳}$ و $\overline{۱-۲}$ از نقطه m به سمت راست جدا می کنیم.

۶ ـ از نقاط مشخص شده به ترتیب خطوطی به موازات محور قائم اخراج می کنیم تا خط موازی بالا را قطع کند. نتیجه کار مربع مستطیلی است که عرض آن برابر با ارتفاع جسم و طول آن برابر با محیط قاعده منشور است (شکل ۷ـ ۸).



شکل ۷ـ ۸

جهت تکمیل گسترش، درپوش بالا و پایین را نیز روی گسترده سطح جانبی انتقال می دهیم.

روش انتقال درپوش به روی گسترده سطح جانبی :

۱ ـ قطرهای مربع را ترسیم می کنیم. هدف این است که درپوشها را روی ضلع ۱ـ۲ منتقل کنیم.

۲ ـ برای تعیین نقطه ۴ از مربع کافی است به شعاع $R_۱$ برابر $\overline{۴-۲}$ در نمای سطحی و از نقطه شماره ۲ قوسی در سمت راست بزنیم.

۳ ـ به شعاع $\overline{۴-۱}$ و از نقطه ۱ قوسی $(R_۲)$ در قسمت بالا و سمت راست می زنیم تا قوس قبلی را در نقطه ۴ قطع کند.

۴ ـ برای تعیین نقطه ۳ از مربع کافی است به شعاع $\overline{۳-۱}$ قوسی $(R_۳)$ به مرکز نقطه ۱ در سمت چپ بزنیم. در ادامه به شعاع $\overline{۳-۲}$ $(R_۴)$ و به مرکز نقطه ۲ قوسی رسم می کنیم که قوس قبلی را در نقطه ۳، قطع کند. با به هم پیوستن این چهار نقطه، در پوش بالایی به گسترش انتقال داده شده است.

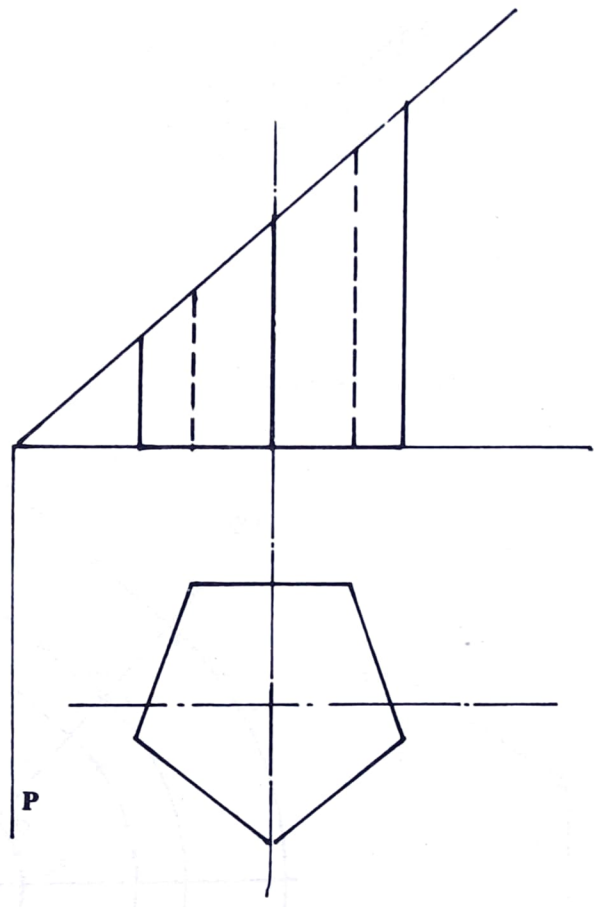
همین عمل را در درپوش پایینی تکرار می کنیم.

ضروری است که پس از خاتمه کـار ترسیم گسترش، خطوط دور ترسیم را با خط پر ضخیم و خطوط داخل ترسیم را که نماینده یالهای مـوجود در جسم است، با خط پرنازک تکمیل کنیم (شکل ۷ـ۸).

۱ ـ ۲ ـ ۸ ـ گسترش منشورهای متقاطع با صفحات خاص : روش ترسیم گسترش منشور مـتقاطع با صـفحهٔ P شکل (۸ـ ۸) به این ترتیب است :

الف.

۱ ـ گوشه های مـوجود در نمای سطحی را که نماینده یالهای جسم است، شماره گذاری می کنیم.



شکل ۸ـ۸

۲ ـ ارتفاع جسم را به وسیلهٔ دو خط نازک و موازی با محـور Xها به سـمت راست امتـداد داده نقطه m را جهت شروع گسترش در روی خط مشخص می کنیم.

۳ ـ پوستهٔ جسم را در امتداد یال شماره ۱ قیچی کرده با ثابت نگاه داشتن یک طرف آن روی نقطه (m)، پوسته را به سمت راست باز می کنیم.

۴ ـ اندازه های اضلاع را به ترتیب از نقطه m به سمت راست جدا کرده و سپس از نقـاط مشخص شده، خطوطی به موازات محور قـائم ترسیم می کنیم تا خط موازی بالا را قطع کند.

۵ ـ به علت عبور صفـحهٔ منتصب P از جسم، ارتفاع مولّـدهای منشور از یکنواختـی خارج شـده است ؛ بنابراین کافی است که پس از شـماره گذاری یالها در نمای گـسترده، اندازه واقعی هر کدام را از نمای اصلی به نمای گسترده منتقل کنیم ؛ سپس نقاط حاصل از برخورد امتدادهای مربوط را دو به دو به یکدیگر وصل می کنیم (شکل ۹ـ۸).

شکل حاصل گسـترش سطح جانبی منشور است که با اضافه کردن یا انتقال درپوشـهای بالا و پایین به آن، گسترش کامل منشور به دست خواهد آمد.

ب . به طوری که ملاحظه می شود، درپوش پایینی به علت توازی بـا مـحـور افق، با اندازه ای واقـعی در نمای سطحی رسم شده است ؛ اما درپوش بالایی به علت استقرار در یک سطح مورّب، در نمای سطحی تصـویر شده است و ابعاد آن اندازه حقیـقی را ندارند. به این جهت ضروری است که ابتدا طبق روش قبلی (شکل ۱۰ـ۸) اندازه واقعی درپوش را تعیین و ترسیم کرده سپس به گسترش منتقل کنیم.

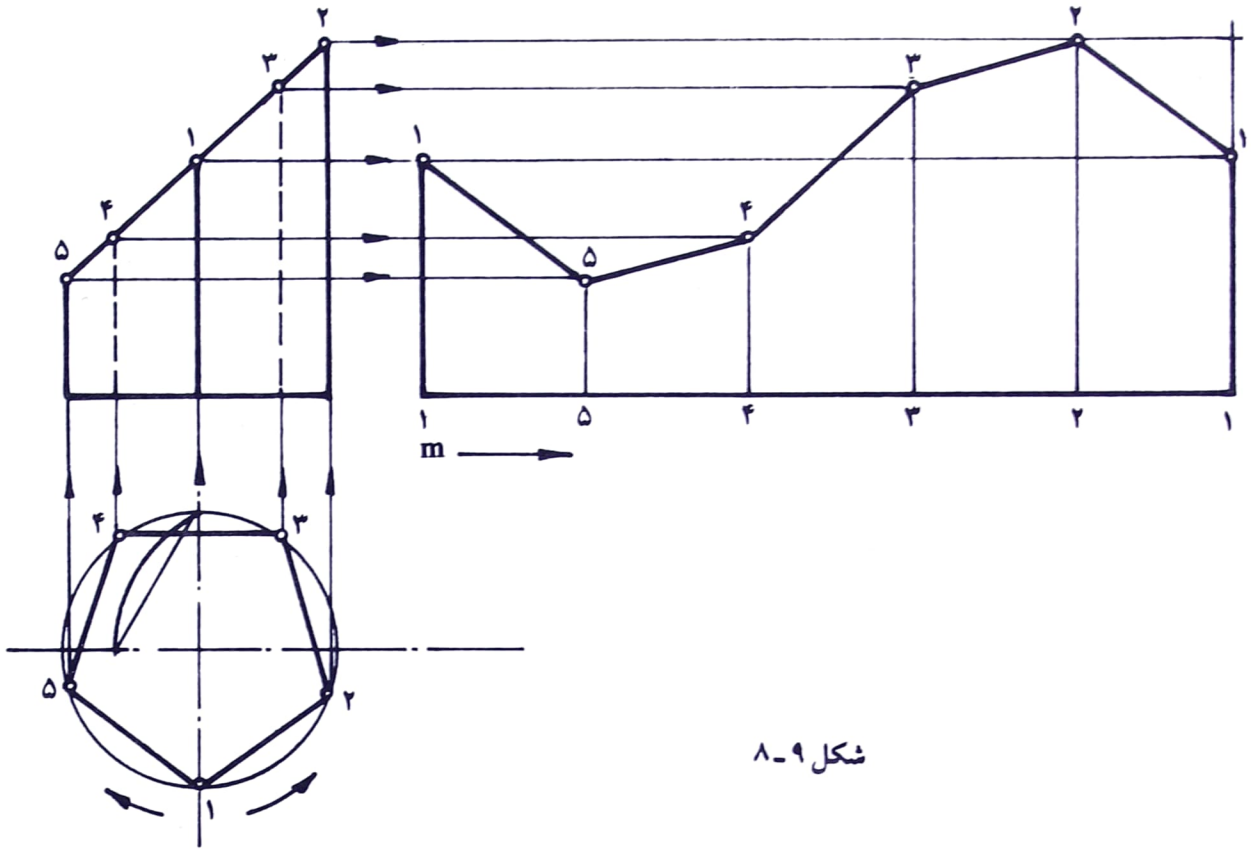
۲ ـ ۲ ـ ۸ ـ رسم درپوش در اندازه واقعی : جسم مورد نظر منشور پنج ضلعی در شکل ۱۰ـ۸ است.

۱ ـ ملخص صـفحـه منتـصب را رسم کرده و نقـاط برخورد یالها با اثـر قائم صفحه در ملخص را شـماره گذاری می کنیم.

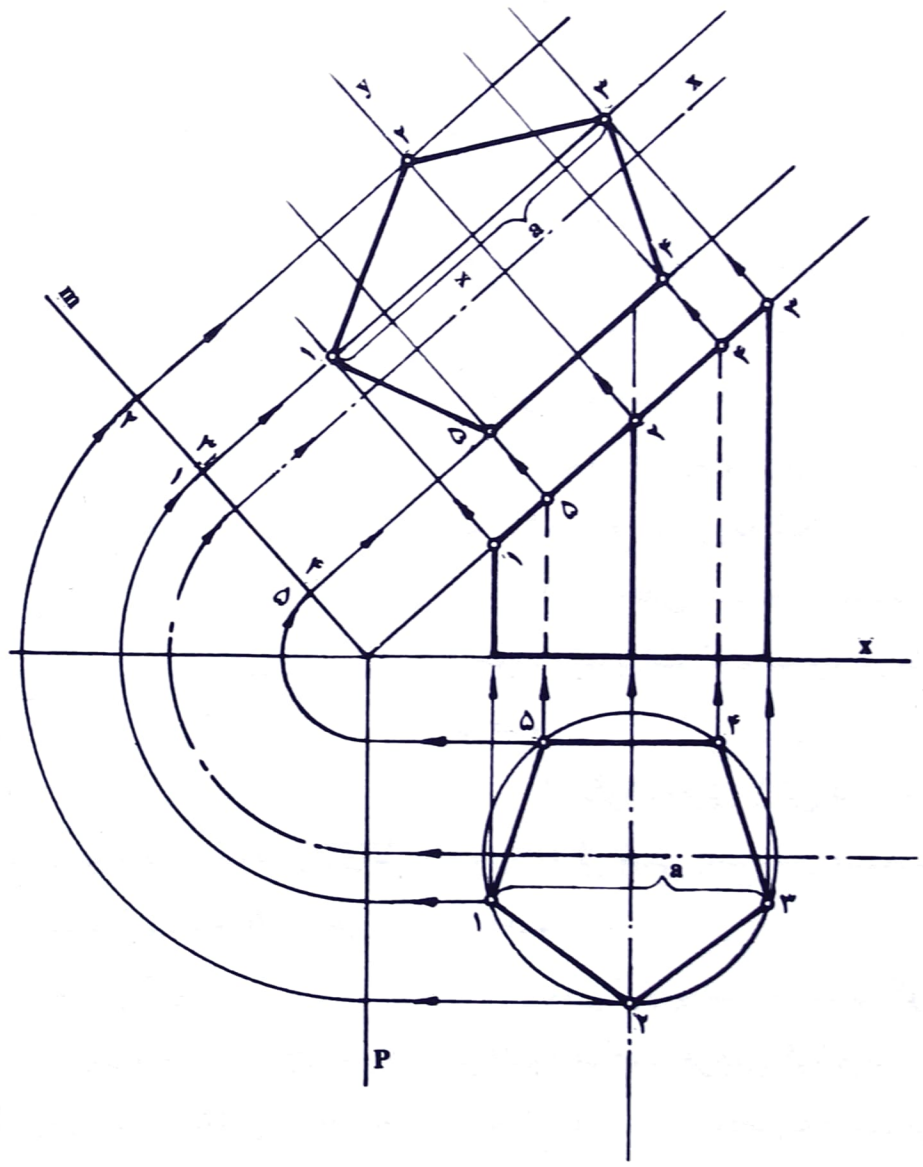
۲ ـ گوشـه های ۱ الی ۵ را به موازات مـحور Xها به خط oy (اثر افـقی صـفحـهٔ منتـصب در ملخص) انتـقـال می دهیم.

به این ترتیب فـاصله طولی گوشه هـا از همدیگر روی اثر قائم و فـاصله عرضی گوشه ها از همـدیگر روی اثر افقی صفحهٔ منتصب در ملخص به دست می آید.

۳ ـ خط y (اثر افقی صفحه درملخص)را حول نقطه



شکل ۹ـ۸



شکل ۱۰ـ ۸ـ ترسیم درپوش با ابعاد واقعی

∞ دوران داده در امتداد قائم بر سطح شیبدار قرار می دهیم. به این ترتیب صفحه منتصب روی صفحه قائم تصویر تسطیح شده است.

۴ ـ نقاط برخورد گوشه ها در روی اثر افقی صفحه منتصب در ملخص را به وسیلهٔ قوسهایی (به مرکز ∞) روی خط قائم m ∞ منتقل کرده به موازات سطح شیبدار امتداد می دهیم.

۵ ـ حال نقاط موجود در روی اثر قائم صفحه منتصب در ملخص را عمود بر سطح شیبدار طوری امتداد می دهیم که امتدادهای عرضی خود را در یک نقطه قطع کند. به این ترتیب مکان هندسی گوشه های پنج ضلعی در روی سطح قائم تصویر مشخص می شود.

۶ ـ نقاط حاصل را دو به دو به یکدیگر وصل می کنیم. نتیجه کار پنج ضلعی با ابعاد واقعی خواهد بود (شکل ۱۱ ـ ۸).

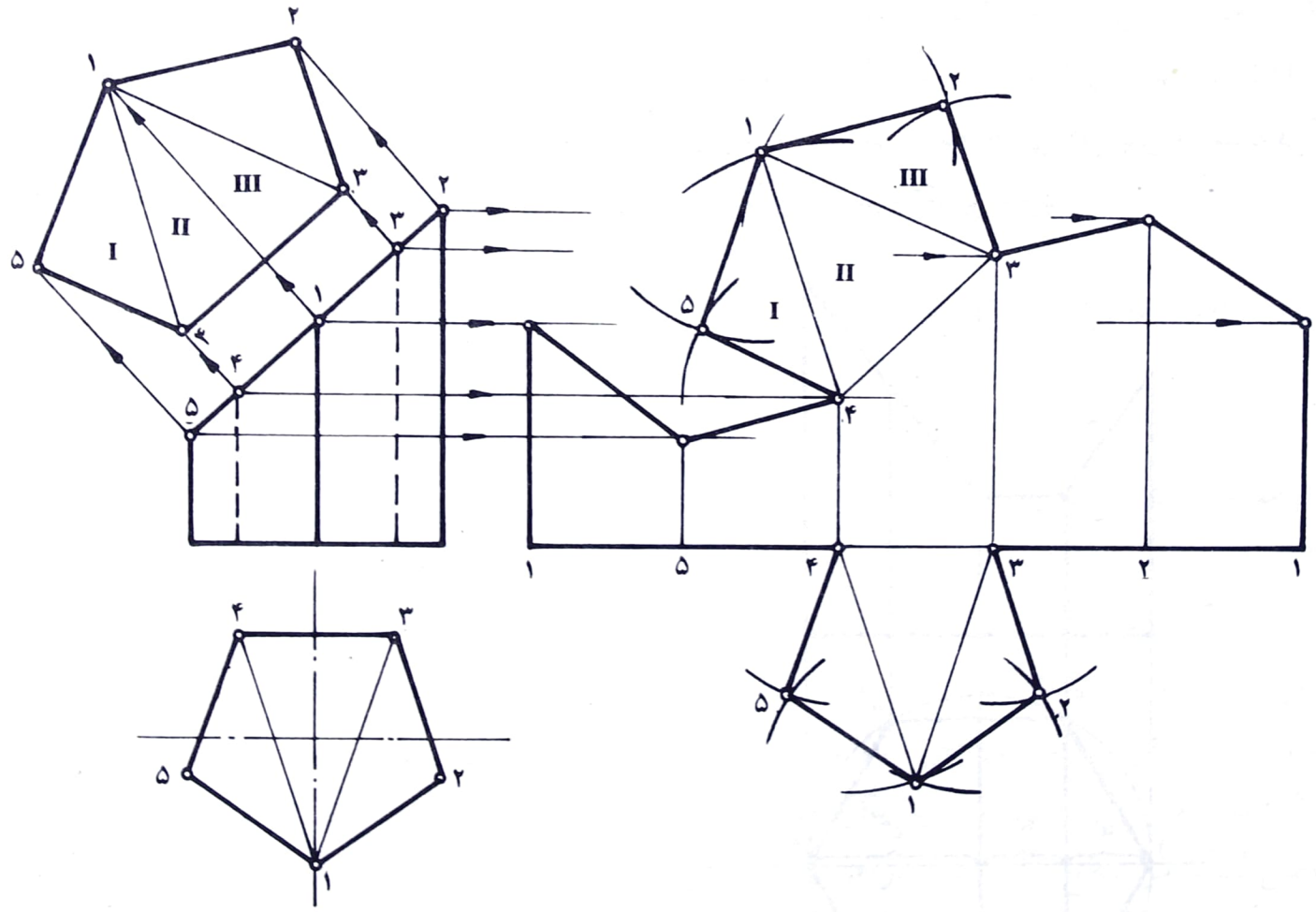
۳ ـ ۲ ـ ۸ ـ انتقال درپوشها به گسترش : فرض این است که درپوش بالایی روی ضلع $\overline{۴-۳}$ مربوط در گسترش انتقال داده شود.

۱ ـ سطح مقطع واقعی را به چند مثلث تقسیم می کنیم (مثلثهای I و II و III).

۲ ـ نقاط ۳ و ۴ از مثلث (شماره II) در روی گسترش معلوم است. حال به شعاع $\overline{۱-۳}$ از نقطه شماره ۳ و به شعاع $\overline{۱-۴}$ از نقطه شماره ۴، در روی گسترش قوسهایی در بالای خط $\overline{۴-۳}$ ترسیم می کنیم. (محل تلاقی دو قوس موقعیت گوشه شماره ۱ ازمثلث II را معلوم می کند.) نقاط حاصل را دو به دو به یکدیگر وصل می کنیم.

۳ ـ با داشتن دو گوشه از مثلثهای I و III، گوشه های ۵ و ۲ را نیز به روش بالا مشخص کرده و نقاط حاصل را دو به دو به یکدیگر وصل می کنیم (شکل ۱۱ ـ ۸).

۴ ـ درپوش پایینی را نیز که یک پنج ضلعی منتظم است، پس از تقسیم به مثلثهایی، طبق روش بالا، روی یکی از اضلاع در قسمت پایین گسترش انتقال می دهیم (شکل



شکل ۱۱ ـ ۸ ـ گسترش

۱۱ـ۸).

در شکل ۱۲ـ۸ خطوط a و b و c در نمای اصلی به ترتیب اثر برخورد صفحات منتصب و افقی با منشور است که در نمای سطحی تصاویر آنها با حروف a′ و b′ و c′ نشان داده شده است.

می دانیم که اثر صفحات فوق با منشور در نمای قائم خطوط a و b و c و در نمای افقی (سطحی) تصویری است که ابعاد آن در امتداد محور yها با اندازه حقیقی و در امتداد محور Xها به صورت تصویر نشان داده می شود (شکل ۱۲ـ۸).

به این ترتیب برای ترسیم درپوش بالایی جسم که از سه سطح تشکیل شده، کافی است که ابعاد موجود به موازات محور y در نمای سطحی را ثابت نگاه داشته ابعاد موازی با محور Xها را پس از تعیین اندازه حقیقی به نمای مربوط انتقال دهیم.

برای ترسیم این نما به مراحل کار در شکل ۱۳ـ۸ توجه کنید.

درپوش بالا را به علت مشابهت زیاد با نمای سطحی می توان با فاصله مناسبی در زیر نمای سطحی رسم کرد.

۱ ـ گوشه های موجود در نمای سطحی و گوشه های مربوط در نمای اصلی را شماره گذاری می کنیم.

۲ ـ به فاصله دلخواهی از نمای سطحی، دو خط به موازات محور Xها و به فاصله عرض نمای سطحی که در اثر برخورد صفحات تغییری در آن حاصل نشده است ترسیم می کنیم.

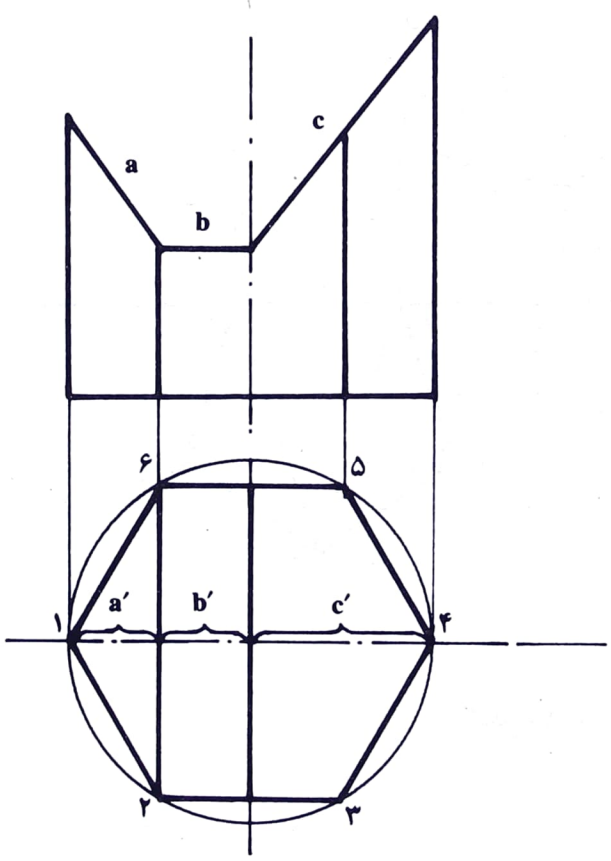
۳ ـ گوشه های ۱، ۴، ۵ و ۶ را به کمک پرگار به مراکز نقاط ۲ و ۳ روی صفحه افقی منتقل می کنیم تا طول واقعی جهت انتقال به نمای گسترش به دست آید.

۴ ـ محل برخورد قوسها با محور افقی را به موازات محور yها به نمای گسترش امتداد می دهیم تا امتدادهای عرضی خود را قطع کند.

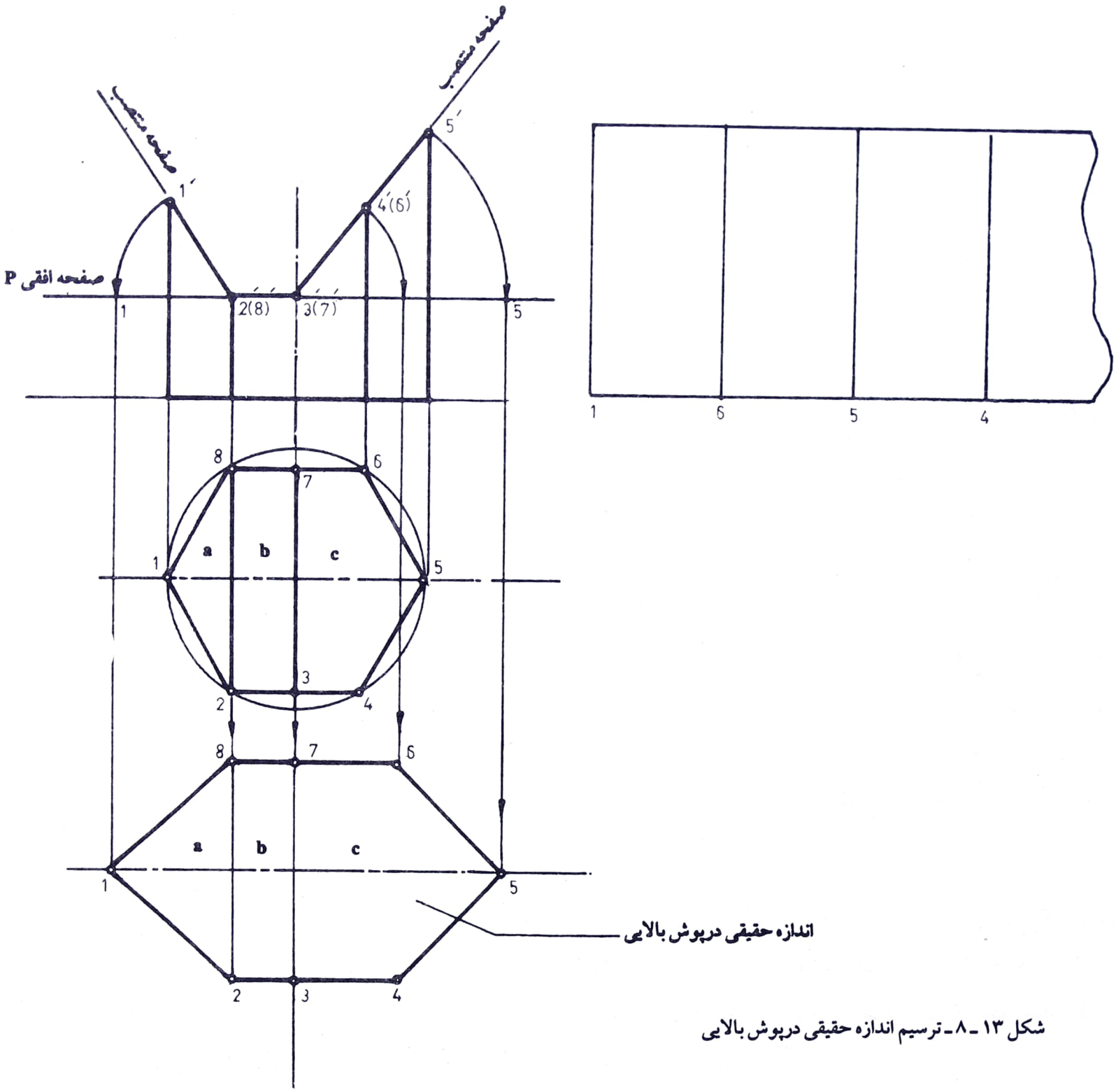
۵ ـ نقاط حاصل را دو به دو به یکدیگر وصل می کنیم تا شش ضلعی با ابعاد واقعی به دست آید.

به طوری که مشاهده می شود، سطوح a و b و c در گسترش و نمای سطحی از نظر عرض با همدیگر مساوی و از نظر طول کاملاً متفاوت هستند (شکل ۱۳ـ۸).

تذکر: علاوه بر ترسیم روش فوق در سر کلاس، گسترش سطح جانبی و علاوه بر ترسیم اندازه واقعی درپوش، گسترش سطح جانبی کل نیز به وسیله فراگیران در سر کلاس ترسیم و تکمیل شود.



شکل ۱۲ـ۸ـ منشور برش خورده به وسیله صفحات افقی و منتصب



شکل ۱۳ ـ ۸ ـ ترسیم اندازه حقیقی درپوش بالایی

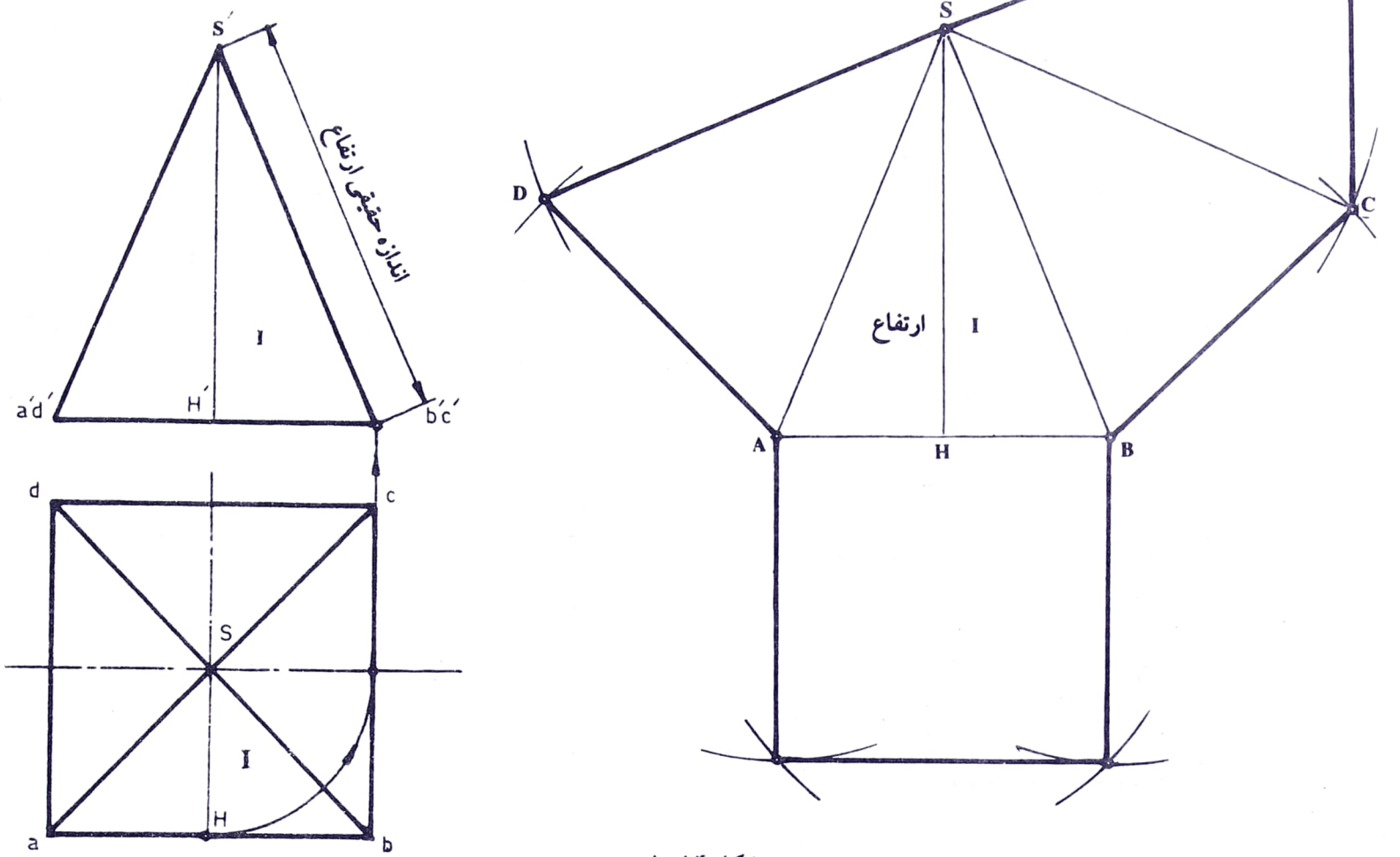
۳ ـ ۸ ـ ترسیم گسترش هرم قائم

دراینجادوروش برای گسترش هرم قائم رابررسی می‌کنیم:

الف . به طوری که در شکل ۱۴ ـ ۸ دیده می شود، سطح جانبی هرم از چندین مثلث مساوی یا نامساوی تشکیل شده است . در صورتی که اندازه واقعی مثلثها را بر روی کاغذ انتقال داده از طریق وتر مثلثها به همدیگر وصل کنیم، سطح حاصل گسترش سطح جانبی هرم خواهد بود . در این شکل هر چهار مثلث با همدیگر مساوی هستند .

طریقهٔ ترسیم :

الف ـ مثلث ASB را در سمت راست ترسیم می کنیم . در این مثلث ضلع قاعده $\overline{AB}$ به اندازه حقیقی و ارتفاع $\overline{SH}$ به صورت تصویر است . برای تعیین اندازه حقیقی $\overline{SH}$ کافی است که آن را حول محور قائم دوران دهیم و پس از برخورد با محور Xها به نمای سطح قاعده عمود کرده به رأس S وصل کنیم . خط $\overline{SB}$ اندازه واقعی ارتفاع است . با انتقال ابعاد واقعی مثلث I در سمت راست و تکرار



شکل ۱۴ـ۸

آن به تعدادچهار بار به کمک پرگار و اضافه کردن مربع سطح قاعده، گسترش هرم را تکمیل می کنیم (شکل ۱۴ـ۸).

ب ـ با کمی دقت متوجه می شویم که گسترش ترسیم شده در شکل ۱۴ـ۸ قطاعی از دایره ای است که به شعاع مولد هرم و به مرکز O رسم شده و حد فاصله نقاط A ، B ، C و D با خط مستقیم به همدیگر ارتباط داده شده است. در این روش از دایره محیطی که به شعاع یکی از یالها رسم می شود استفاده می کنیم.

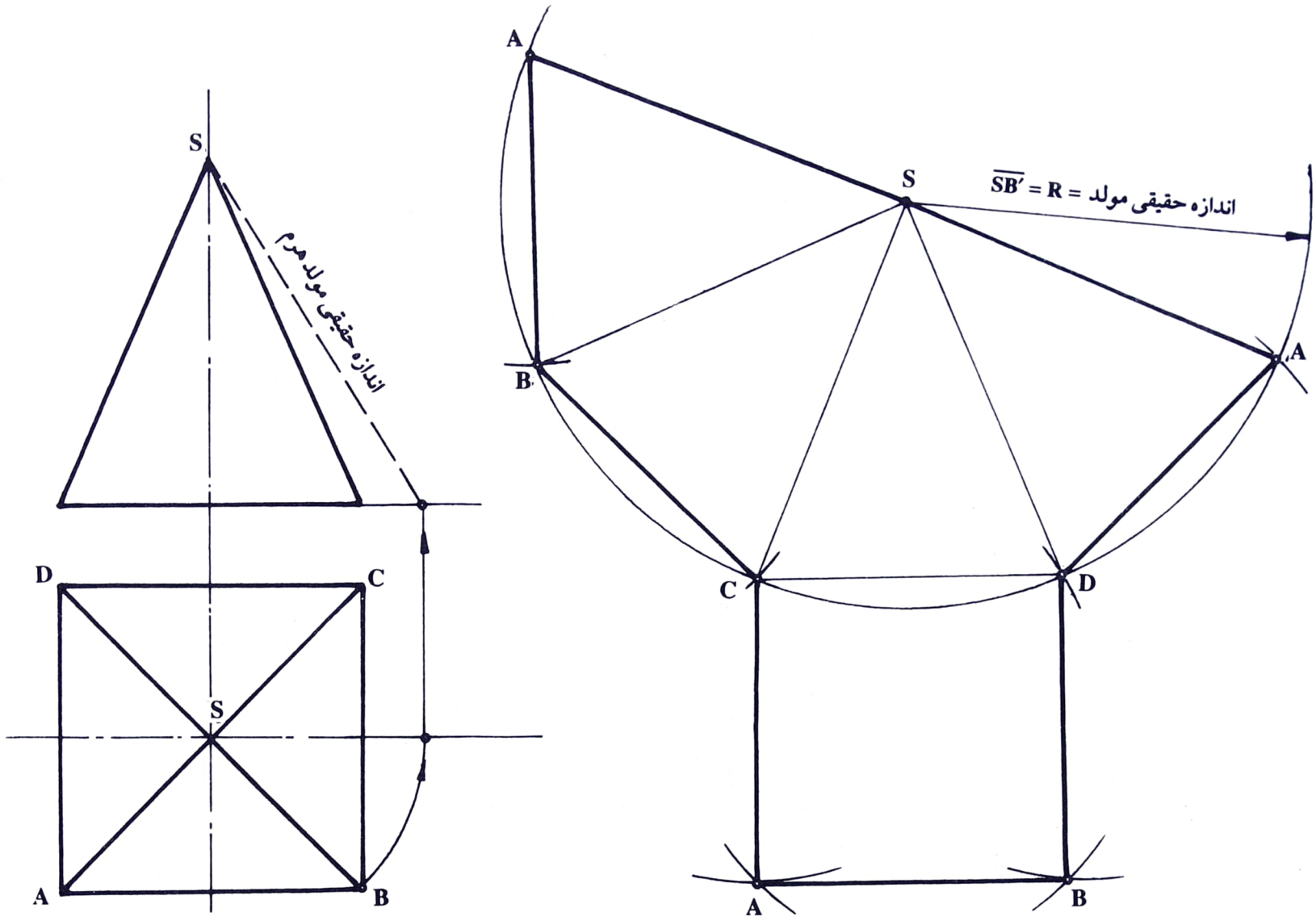
در شکل ۱۵ـ۸ یالهای هرم در نمای اصلی و سطحی به صورت تصویر نشان داده شده است؛ بنابراین اولین قدم تعیین اندازه واقعی یالها است. یال $\overline{SB}$ وتر مثلث $\overset{\Delta}{SOB}$ است. برای تعیین اندازه واقعی آن مثلث $\overset{\Delta}{SOB}$ را دوران می دهیم.

۱ ـ نقطه B در نمای سطحی را به کمک پرگار به مرکز O روی خط محور Xها منتقل کرده، با خط کمکی به بالا انتقال می دهیم. تا امتداد سطح قاعده را در نقطه B' قطع کند.

۲ ـ نقطه b' را به رأس S وصل می کنیم. خط Sb' اندازه حقیقی یال هرم است.

۳ ـ به شعاع SB' قوسی رسم کرده، طول اضلاع قاعده را که دارای اندازه حقیقی است، به وسیلهٔ پرگار روی قوس منتقل و نقاط برخورد را به رأس S وصل می کنیم.

۴ ـ درپوش پایین را با استفاده از روش انتقال مثلث، بر روی یکی از اضلاع منتقل کرده خطوط خارجی گسترش را پررنگ می کنیم (شکل ۱۵ـ۸). (خطوط داخلی که محل تاکردن گسترش است، با خط نازک مشخص می شود.)



شکل ۱۵ـ۸

۱ـ۳ـ۸ـ ترسیم گسترش هرم با فصل مشترک برش :

۱ ـ در شکل ۱۶ـ۸ پس از تکمیل نمای سطحی طبق روشی که در مبحث برخورد صفحه و هرم داشتیم، اندازه واقعی درپوش بالایی را ترسیم می کنیم.

۲ ـ یال SC در نمای سطحی را دوران می دهیم و نقطه C'_1 اثر برخورد آن با امتداد سطح قاعده را به نقطه S وصل می کنیم.

۳ ـ به شعاع SC' اندازه حقیقی یال هرم قوسی می زنیم.

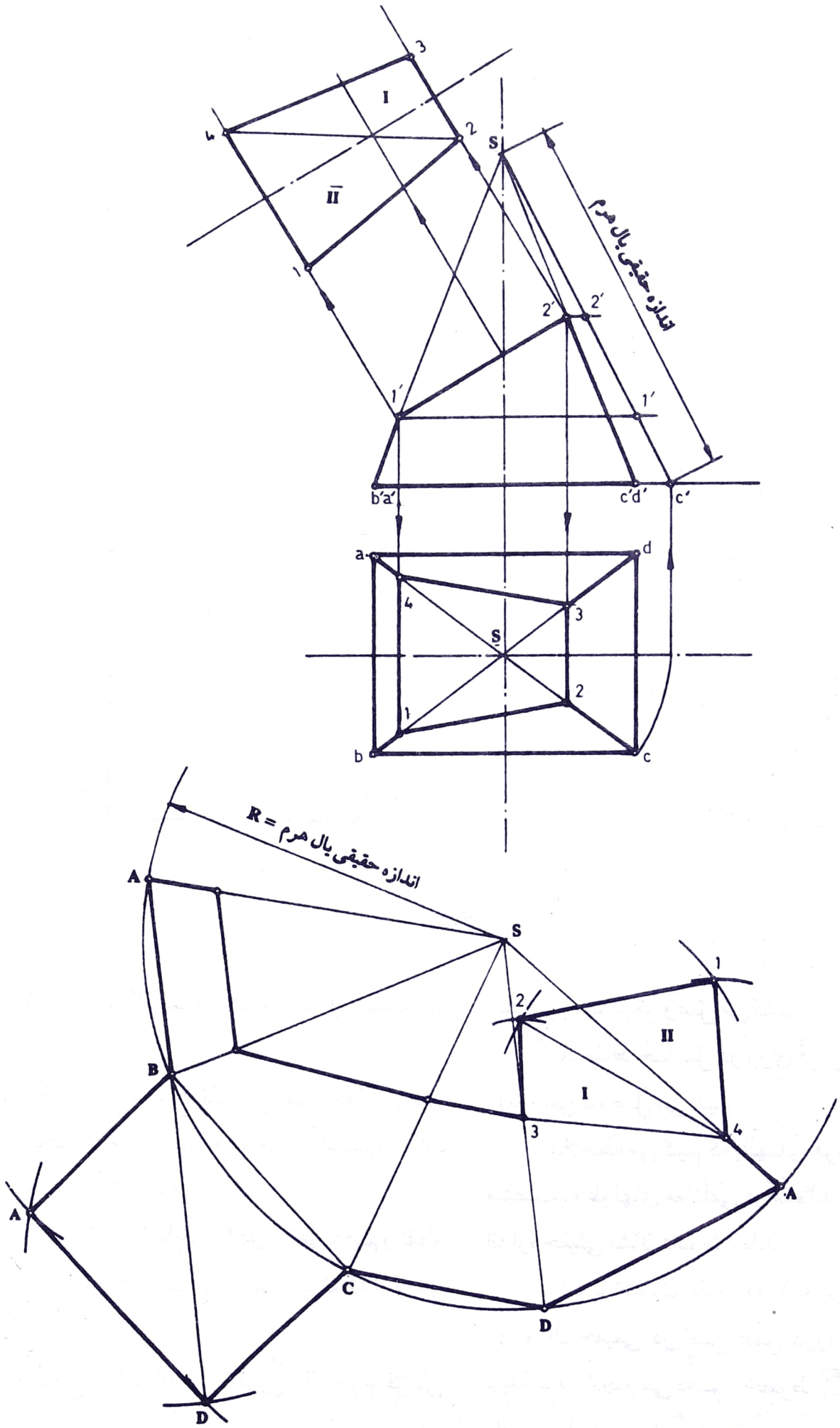
۴ ـ طول اضلاع قاعده را به کمک پرگار روی قوس منتقل و به همدیگر وصل می کنیم.

۵ ـ نقاط حاصل در روی قوس (A . D . C . B . A) را به رأس S وصل می کنیم.

ملاحظه می کنیم که یالهای هرم در اثر برش با صفحهٔ منتصب به طولهای مختلفی درآمده اند که هیچ کدام از آنها در اندازه حقیقی نشان داده نشده اند.

۶ ـ با انتقال نقاط ۱ و ۲ به موازات سطح قاعده بر روی یال حقیقی در اصل عمل دوران را در مورد یالهای بریده شده انجام می دهیم. خطوط $\overline{2'C'_1}$ و $\overline{1'C'_1}$ طولهای واقعی مولدها پس از بُرش هستند.

۷ ـ اندازه های واقعی یالها را به وسیله پرگار روی


I
II
S
اندازه حقیقی بال هرم
1′
2′
b′a′
c′d′
c′
a
b
c
d
1
2
3
4
S
R = اندازه حقیقی بال هرم
A
B
C
D
S
1
2
3
4
I
II
A
A
D

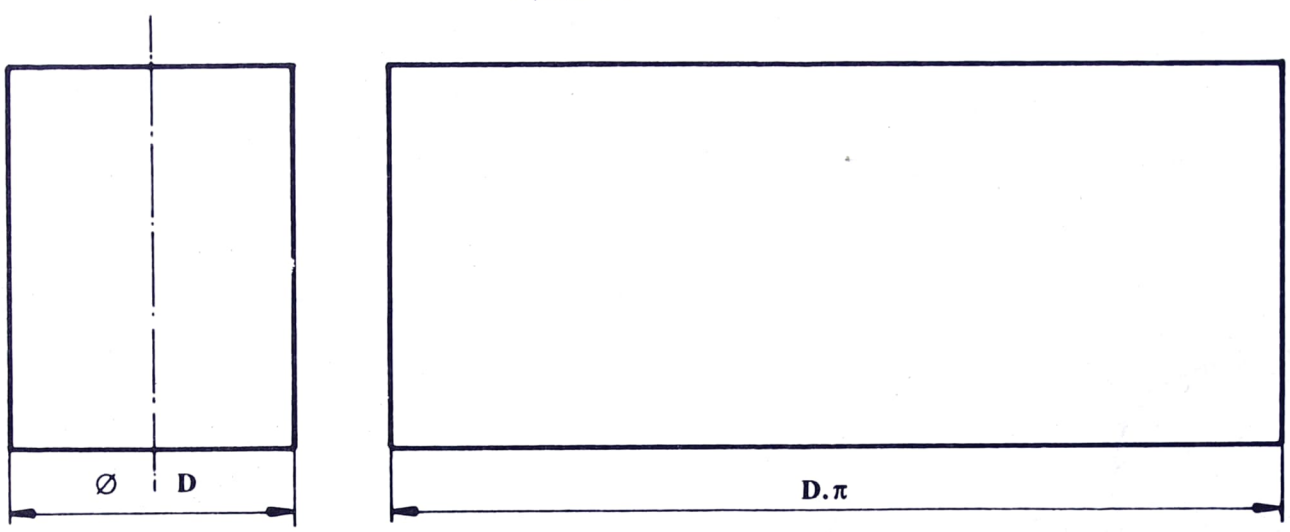
شکل ۱۶ـ۸

امتداد یالها در گسترش منتقل کرده نقاط حاصل را دو به دو به یکدیگر وصل می کنیم.

۸ ـ درپوشهای بالا و پایین را در اندازه های حقیقی و به روش انتقال مثلثی به گسترش سطح جانبی اضافه می کنیم (شکل ۱۶ ـ ۸).

۴ ـ ۸ ـ گسترش استوانه

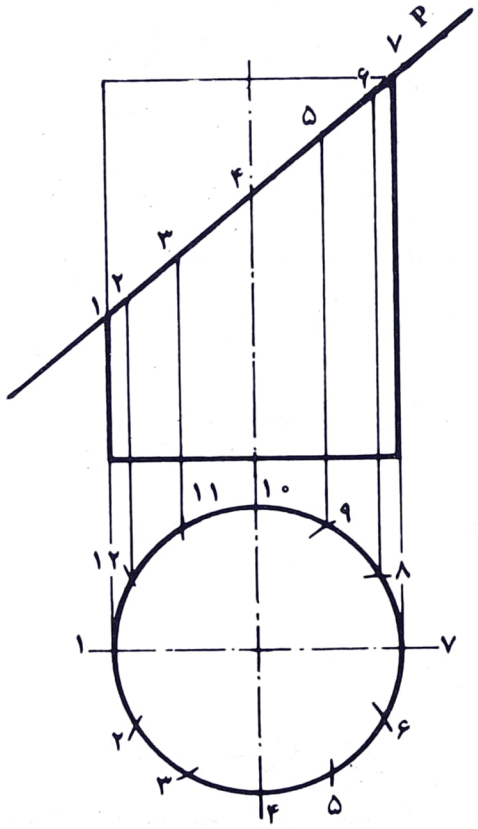
استوانه جزء اجسام یک انحنایی است و به طور دقیق گسترش داده می شود. در صورتی که در سطح صافی بغلتد، اثر آن مربع مستطیلی خواهد بود که طولش برابر با محیط قاعده و عرضش برابر با ارتفاع استوانه است (شکل ۱۷ ـ ۸).



شکل ۱۷ـ۸

در صورتی که جسم استوانه ای تحت برش صفحات مختلف قرار بگیرد، برای گسترش آن از روش خط کشی سطح جانبی استفاده می کنیم. در شکل ۱۸ ـ ۸ استوانه به وسیله صفحه منتصب P برش داده شده است.

به طوری که گفته شد، برای سهولت تعیین نقاط در گسترش، بدنه (سطح جانبی) استوانه را خط کشی می کنیم. در صورتی که ملاک تقسیم بندی ما دایره مقطع باشد، در نهایت تقسیمات مساوی در روی سطح گسترش خواهیم داشت. بدین منظور محیط قاعده را به وسیله پرگار یا گونیای ۳۰° و ۶۰° به چند قسمت مساوی (در این جا ۱۲ قسمت) تقسیم کرده پس از شماره گذاری نقاط را به موازات محور قائم به بدنه استوانه انتقال می دهیم. به طوری که مشاهده می کنید، صفحه منتصب هر یک از امتدادها را که قبلاً با یال یا ارتفاع استوانه مساوی بودند، در اندازه های مختلفی کوتاه کرده است. انتقال این اندازه ها به سطح گسترش منحنی حاصل از برش را مشخص خواهد کرد.



شکل ۱۸ـ۸

۱ ـ ۴ ـ ۸ ـ روش ترسیم گسترش استوانه :

۱ ـ طبق توضیحی که داده شد، در ابتدا سطح قاعده

را به چند قسمت مساوی تقسیم کرده به بدنه استوانه انتقال می دهیم.

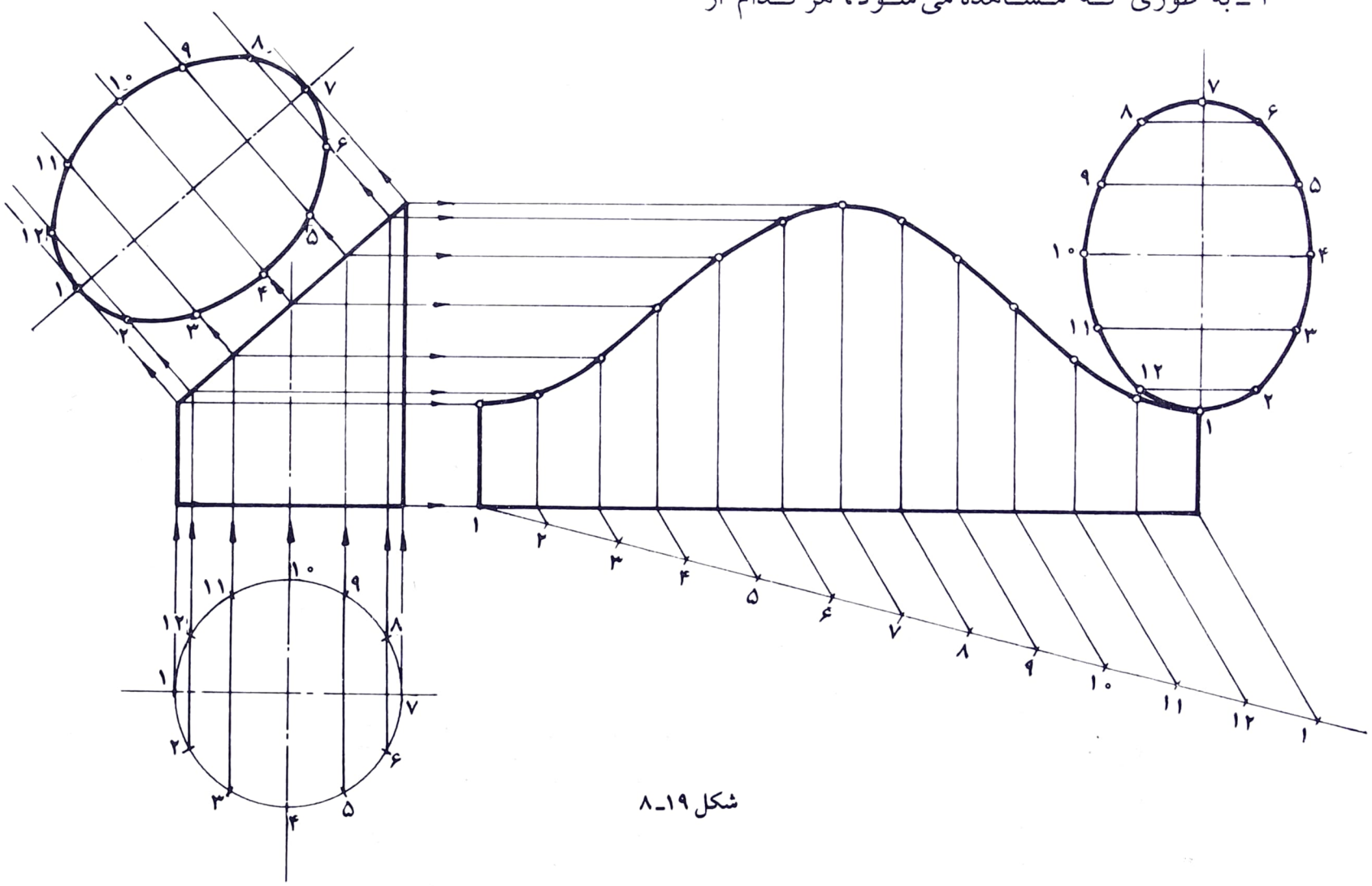
۲ ـ گسترش کامل استوانه (مربع مستطیل ابتذایی) را در سمت راست نمای جانبی با خط نازک رسم می کنیم.

۳ ـ اندازهٔ محیط قاعده را در ضلع پایینی جدا کرده به روش قضیه طالس طول مستطیل را به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم می کنیم و نقاط برخورد را به بالا امتداد می دهیم. بدین طریق سطح گسترش به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم می شود. نقاط تقسیم را شماره گذاری می کنیم.

۴ ـ به طوری که مشاهده می شود، هر کدام از تقسیمات طول مشخصی در نمای اصلی دارند. ارتفاع هر یک از تقسیمات در نمای اصلی را به سمت راست و به طرف گسترش امتداد می دهیم. محل برخورد امتدادهای مربوط به هم را با دایره کوچکی مشخص کرده در نهایت، دو به دو به یکدیگر وصل می کنیم. (شکل ۱۹ ـ ۸)

۵ ـ برای تکمیل گسترش درپوش بالا و پایین را به مجموعه اضافه می کنیم (شکل ۱۹ ـ ۸).

توجه : روش ترسیم درپوش را به عنوان ترسیم اندازهٔ واقعی سطوح مورب، در مبحث برخورد صفحه با استوانه یاد گرفته ایم.



شکل ۱۹ـ۸

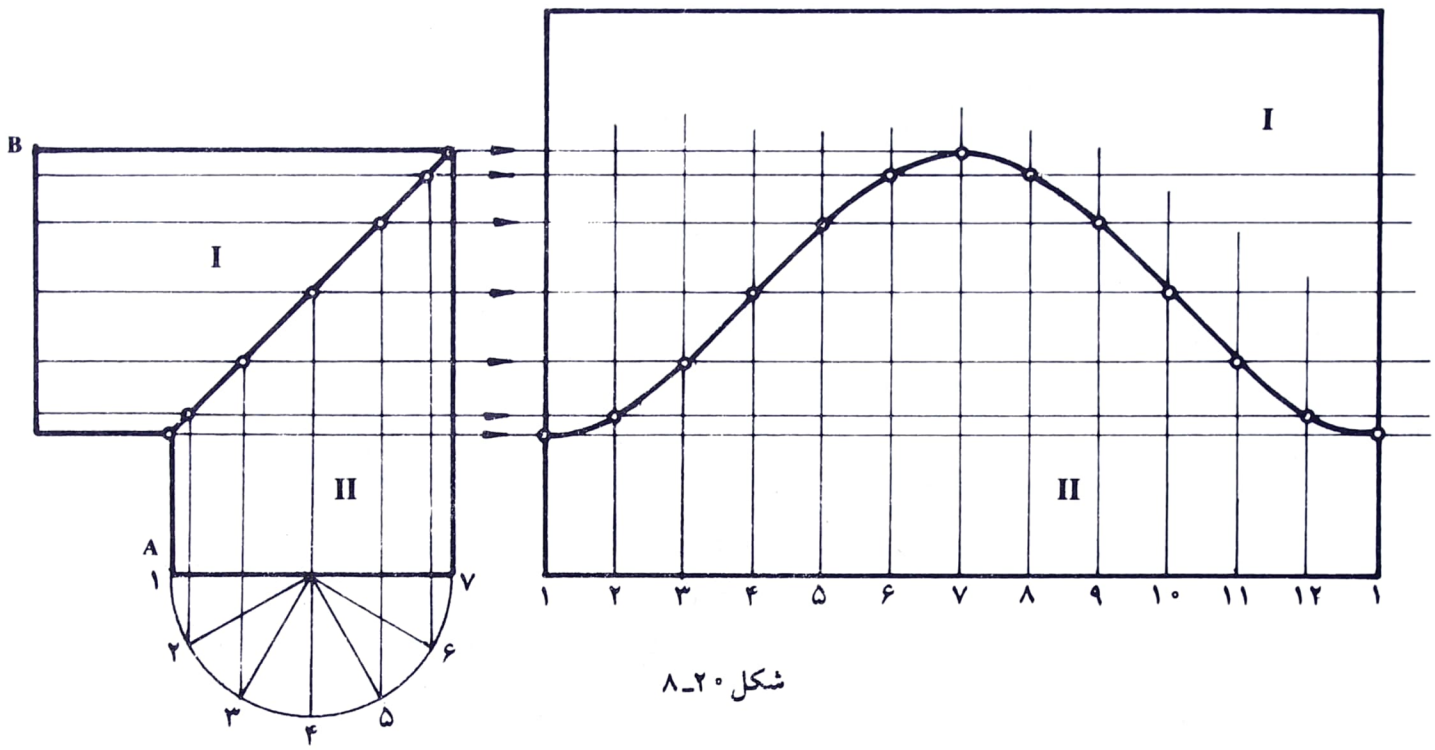
۲ ـ ۴ ـ ۸ ـ گسترش استوانه زانویی :

الف ـ زانویی دو پارچه : زانویی دوتکه از دو استوانه هم قطر که هرکدام تحت زاویه 45° بریده شده وفصل مشترکهای برش آنها بر روی هم جوشکاری، لحیم کاری، پیچ فرنگی یا پرچکاری شده، تشکیل یافته است.

برای گسترش طبق روش قبلی که برای یک قطعه استوانه اجرا شد، پس از خط کشی بدنهٔ استوانه قائم، زانویی را یک بار از نقطه A و بار دوم از نقطه B برش داده در سمت راست نمای اصلی می گسترانیم.

در شکل ۲۰ـ۸ گسترش زانویی دوپارچه بر طبق توضیح بالا ترسیم شده است. در این جا گسترش پایینی مربوط به استوانه قائم است که از نقطه A باز شده و گسترش بالایی مربوط به استوانه افقی است که از نقطه B باز شده است.

این روش باعث صرفه جویی در مواد و نیز مانع ایجاد تغییرات جزئی یا کلّی در ترسیم قوسها حاصل می شود. به این ترتیب انطباق مقاطع موقع اتصال دقت کافی را خواهد داشت (شکل ۲۰ـ۸).



شکل ۲۰ـ۸

مسأله: از برخورد دو استوانه مطابق شکل ۲۱ـ۸ مطلوب است: ترسیم گسترش استوانه های مایل و قائم.

* در این جا تنها استوانه مایل گسترش داده می شود. گسترش استوانه قائم و همچنین ترسیم فصل مشترک برخورد به وسیله دانش آموزان انجام شود.

۱ ـ ابتدا فصل مشترک برخورد دو استوانه را طبق روشی که در فصل برخورد اجسام دیدیم، ترسیم می کنیم.

۲ ـ نیمدایره مقطع استوانه مایل را ترسیم کرده به شش قسمت مساوی تقسیم می کنیم.

۳ ـ نقاط تقسیم را به موازات خط محور استوانه مایل امتداد می دهیم تا فصل مشترک برخورد دو استوانه را در نقاط ۱ الی ۷ قطع کند. نقطه m' از منحنی بلندترین نقطه از ارتفاع استوانه است، اما به هیچ کدام از امتدادها برخورد نکرده است.

۴ ـ نقطه m' را به موازات خط محور استوانه به نیمدایره مقطع رابط می کنیم. نقطه m محل برخورد آن در بین نقاط ۴ و ۵ قرار گرفته است.

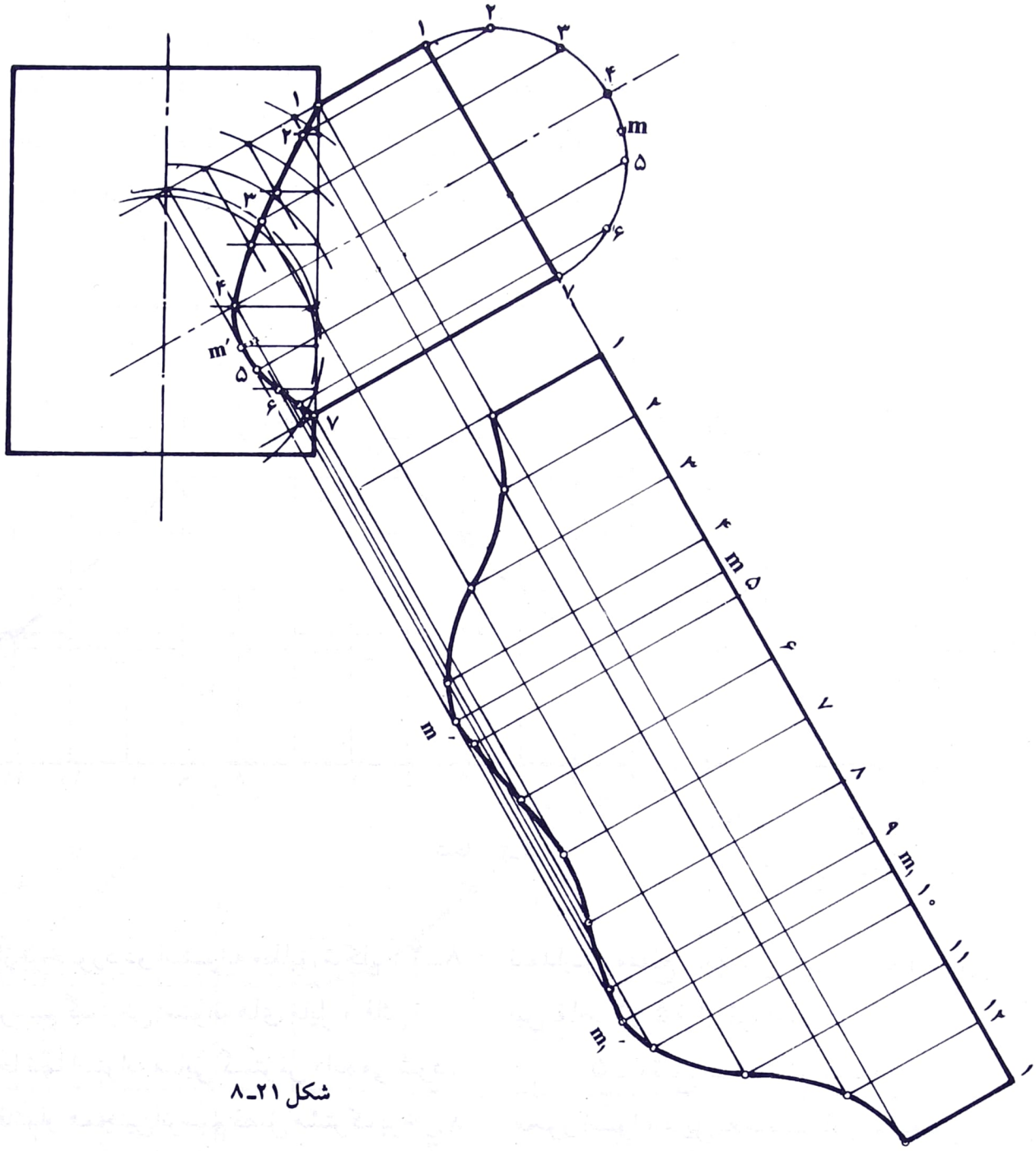
۵ ـ ارتفاع گسترش را با دو خط موازی و عمود بر محور استوانه مایل به سمت پایین مشخص می کنیم.

۶ ـ طول گسترش $(D.\pi)$ را روی دو خط موازی جدا کرده به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم می کنیم.

۷ ـ نقاط تقسیم را شماره گذاری کرده به موازات محور استوانه امتداد می دهیم.

۸ ـ از نقاط موجود در روی فصل مشترک برخورد، خطوطی به موازات سطح قاعده به طرف گسترش امتداد می دهیم.

۹ ـ محل برخورد خطوط هم شماره را دو به دو به یکدیگر وصل می کنیم. شکل حاصل گسترش استوانه مایل است (شکل ۲۱ـ۸).



شکل ۲۱ـ۸

توجه : فاصله نقطه m در روی دایره تقسیم را از نقاط ۵ و ۹ اندازه گرفته بوسیله پرگار به گسترش انتقال می دهیم؛ سپس از نقاط مذکور خطوطی به موازات سایر خطوط اخراج می کنیم تا امتداد نقطه m′ از قوس را قطع کند. نقاط m′ و m′ نقاط برگشت منحنی و شاخص اندازه عرض گسترش است.

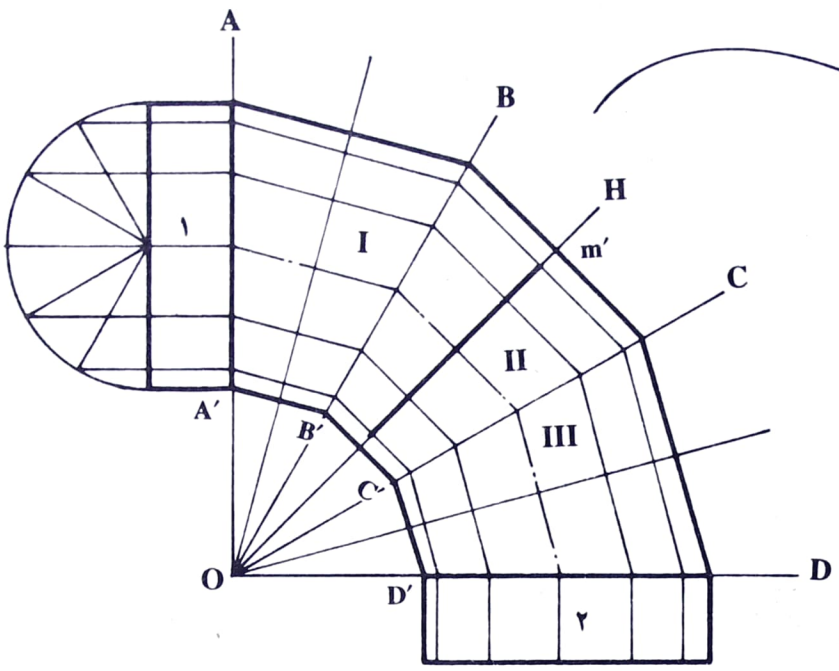
۵ ـ ۸ ـ گسترش زانویی چند پارچه

در ترسیم گسترش زانویی چند پارچه، طراحی صحیح نمای اصلی در درجه اوّل اهمیت قرار دارد، زیرا انتخاب نادرست مقاطع جهت اتصال (شروع) پارچه ها، موجب می شود که مقطع اصلی پارچه ها به شکل بیضی درآمده در نتیجه طول گسترش آنها کوتاهتر از طول گسترش استوانه های اصلی شود. به دو طریق طراحی در (شکلهای ۲۲ـ۸ و ۲۳ـ۸) توجه کنید.

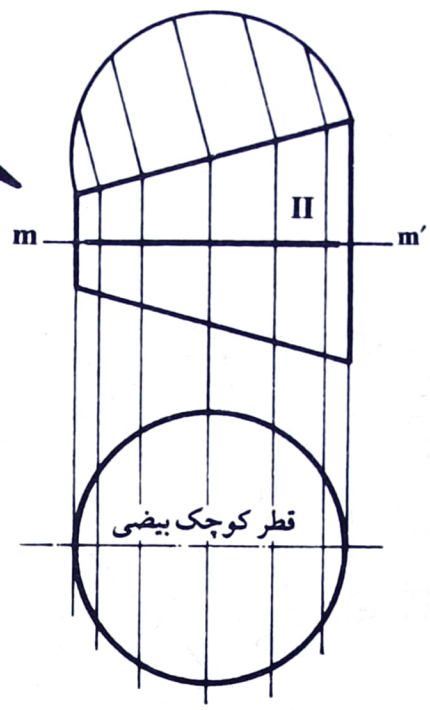
مسأله : استوانه های ۱ و ۲ باید در فاصله معینی با سه پارچه استوانه هم قطر و تحت زاویه ۹۰° به همدیگر ارتباط داده شوند.

۱ ـ ۵ ـ ۸ ـ روش غلط طراحی نمای اصلی زانوی چند پارچه :

۱ ـ فاصله دو مقطع افقی و عمودی را به سه قسمت ۳۰ تقسیم کرده سپس منصف الزاویه هر یک را ترسیم



شکل ۲۲ـ۸



شکل ۲۳ـ۸

می کنیم.

ـ به مرکز Q و به شعاعهای OA و OA' مقاطع دو استوانه را به همدیگر وصل می کنیم. این قوسها امتداد شاخه های زوایای ۳۰° را در نقاط B و B' و C و C' و D و D' قطع می کند.

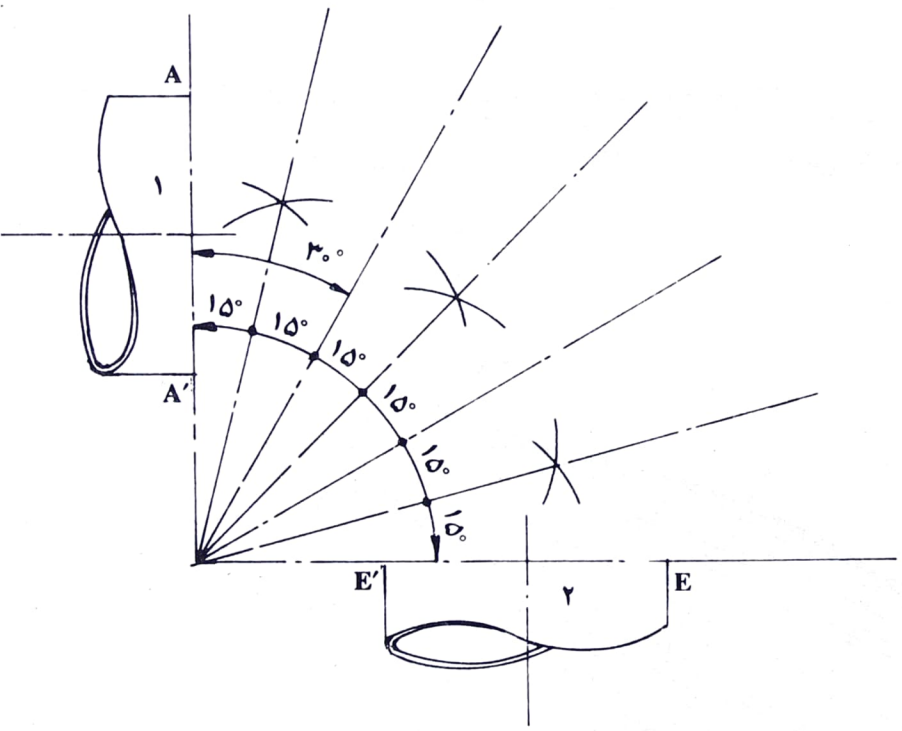
۳ ـ از نقاط A و A' به ترتیب به نقاط تقاطع وصل می کنیم. با این ترتیب حدفاصل مابین دو مقطع اصلی با سه پارچه تأمین می شود و به نظر می رسد اشکالی ندارد. با کمی دقت به یکی از پارچه ها (II) متوجه می شویم که طول خط $\overline{mm'}$ عمود بر محور استوانه (II) کوچکتر از خط $\overline{BB'}$ است که مساوی با قطر استوانه اصلی است؛ بنابراین پارچه های I و II و III دارای مقاطع بیضی بوده و طولشان در موقع گسترش از طول گسترش استوانه های مبدأ کوتاهتر خواهد شد.

به شکل ۲۳ـ۸ با مقطع واقعی توجه کنید.

نتیجه: در این روش انتخاب سطح مبنا غلط است.

۲ـ۵ـ۸ـ روش صحیح طراحی نمای اصلی زانوی چند پارچه:

۱ ـ زاویه ۹۰° مابین استوانه های ۱ و ۲ را به شش قسمت مساوی تقسیم می کنیم (هرکدام ۱۵° درجه) (شکل ۲۴ـ۸).

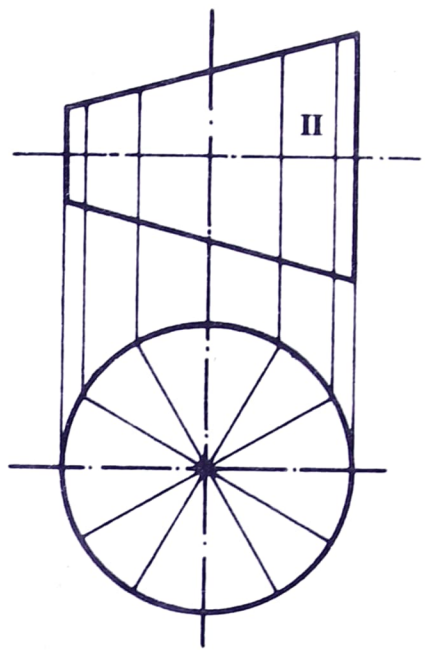


شکل ۲۴ـ۸

۲ ـ نقاط A و A' و E و E' را به موازات یالهای هر دو استوانه ۱ و ۲ امتداد می دهیم تا اولین شاخه ۱۵° را در بالا و پایین قطع کند.

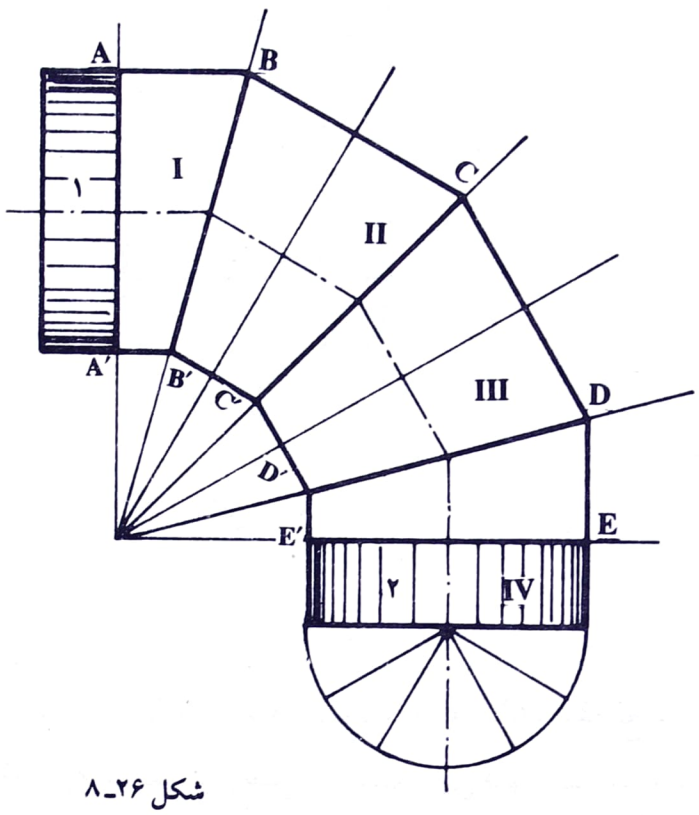
۳ ـ از نقاط برخورد (B و B′ و D و D′) به خطوط ۳۰° در بالا و پایین عمود اخراج می‌کنیم. این چهار خط عمود همدیگر را در روی خط ۴۵° تلاقی می‌کنند (نقاط C و C′).

۴ ـ نقاط حاصل را به همدیگر وصل می‌کنیم.



شکل ۲۵ـ۸

قطعات I و II و III و IV استوانه‌های موربی هستند که حدفاصل دو لوله را تأمین کرده مقاطع آنها دایره کامل و مساوی با قطر استوانه های ۱ و ۲ است به شکلهای ۲۵ ـ ۸ و ۲۶ ـ ۸ توجه کنید.



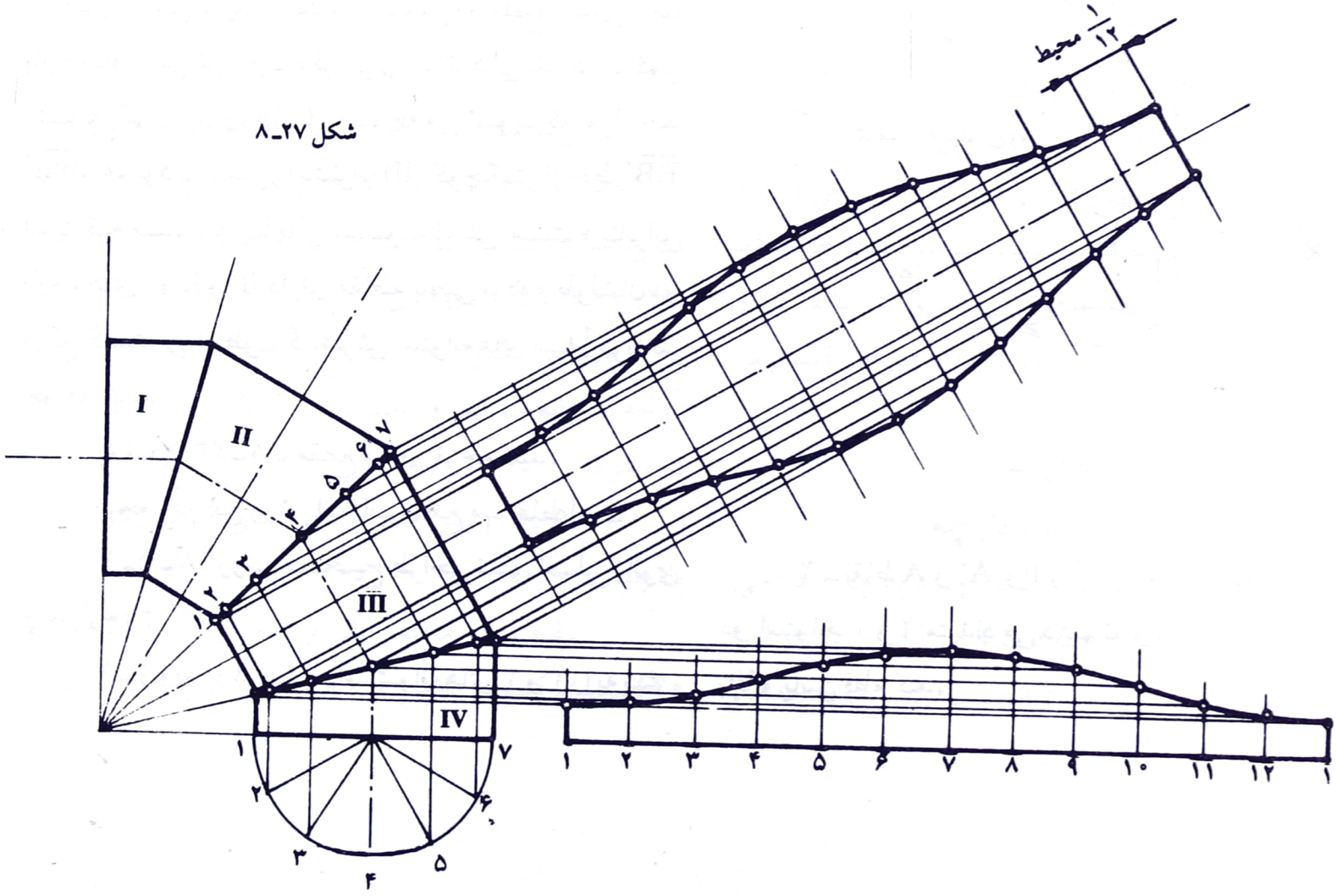
شکل ۲۶ـ۸

۳ ـ ۵ ـ ۸ ـ روش گسترش زانویی چند پارچه :

۱ ـ نمای اصلی را بر مبنای اطلاعات و روشی که در بالا دیدیم طراحی می‌کنیم.

۲ ـ نیمدایره مقطع یکی از پارچه ها را رسم کرده به شش قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم (شکل ۲۷ ـ ۸).

شکل ۲۷ـ۸

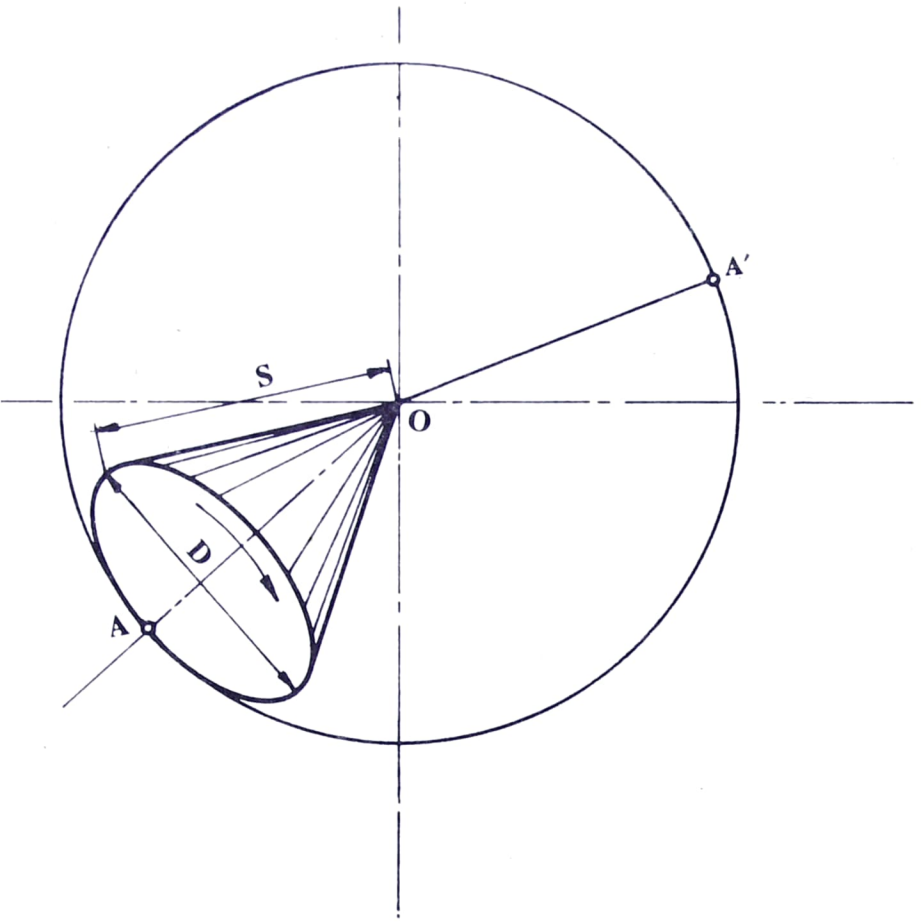


۳ ـ نقـاط تقسـیم را به سطح قـاعـده انتقـال داده و به موازات محور استـوانه های مورّب امتداد می دهیم تا سطوح مورب را در نقاط ۱ الی ۷ قطع کند.

۴ ـ خط محور پارچه شماره III و سطح قاعده پارچه شماره IV را امتداد داده طـول محیط قاعده اسـتوانه را روی آنها منتقل کرده سپس به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم می کنیم. (می توانیم اندازه $\frac{۱}{۱۲}$ مـحـیط را کـه در روی نمای سطحی مـشخـص شده، دوازده بار به وسـیلهٔ پرگـار نوک تیـز روی محور ترسیم شده منتقل کنیم.)

۵ ـ از نقاط برخورد تقسیمات نمای سطحی با سطوح مورب به مـوازات خط محورپارچه شـماره III وسطح قاعده پارچه شماره IV خطوطی رسم می کنیم. این خطوط امتدادهای قائم (تقسیمات $\frac{۱}{۱۲}$) هم شماره را در نقاطی قطع می کنند.

۶ ـ نقـــاط حـــاصل را دو به دو بـه یکدیگـر وصل می کنیم. شکل حـاصل گـسـترش پـارچه های زانویی چند پارچه است (شکل ۲۶ ـ ۸).



شکل ۲۸ـ۸

۶ ـ ۸ ـ گسترش مخروط

۱ ـ ۶ ـ ۸ ـ تعریف : هرگـاه جسـم مخـروطی را در حالـت خوابیـده روی سطح صافی بغلتـانیم، اثر آن، سطح گردی خواهد بود که مرکـزش رأس مخروط و شعاعش برابر با مولد آن است (شکل ۲۸ ـ ۸).

مقدار قطاعی که پس از یک دور کـامل مخروط ایجاد می شود، **گسترش سطح جانبی مخروط است** کـه طول هر یک از اضلاع آن مـساوی با مـولد مخـروط و طول قوس آن برابر با محیط قاعده مخروط است.

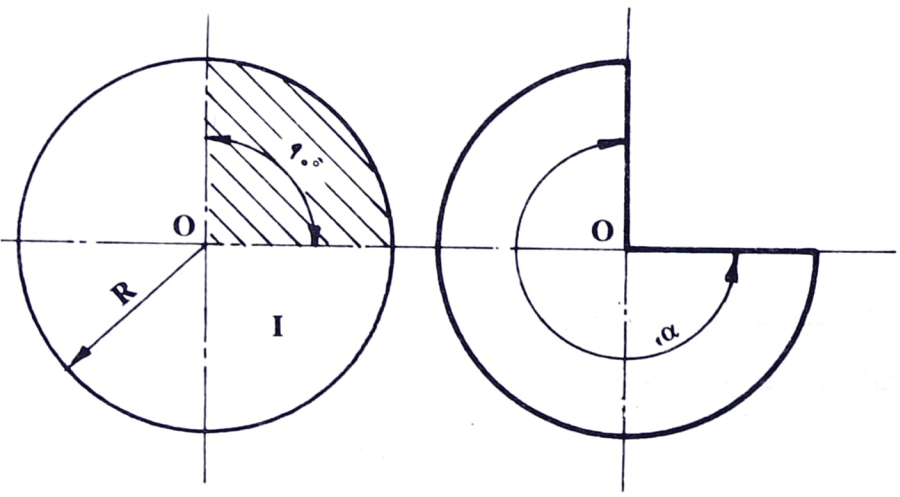
$\overset{\frown}{AA'} = D.\pi$ (محیط قاعده) $OA = S$ (مولد مخروط)

گسترش سطح جانبی مخروط $= AOA'$ قطاع

از طرفی می گوییم، **گسترش سطح جانبی کلیه اجسام مـخـروطی قـائم با مـولدهای مـسـاوی و قطرهای قـاعـده با ارتفاعـهای مختلف، از جمله قطاعـهای دایره ای هستند که به شعاع برابر با مولد مـذکور ترسیم شده باشند.** برای اثبات این موضوع به موارد زیر توجه کنید.

۱ ـ مـقوای نازکی را انتـخاب کـرده سه عـدد دایره به شعاعهای مساوی روی آن ترسیم می کنیم و برش می دهیم.

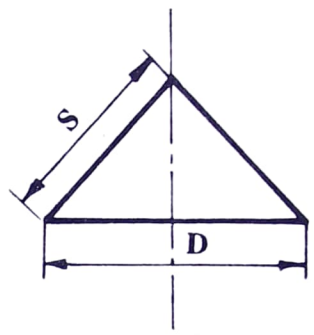
۲ ـ روی یکی از صـفـحات مـدور حـاصل قطاعی به زاویه ۹۰° بریده و جدا می کنیم (شکل ۲۹ ـ ۸).



شکل ۲۹ـ۸

۱ ـ ۲ ـ باقیمانده را طوری خم می کنیم که لبه های بریده شده روبه روی هم قرار بگیرد. موقعیت را با یک قطعه چسب تثبیت می کنیم (شکل ۳۰ ـ ۸).

۲ ـ ۲ ـ حجم حاصل مخروطی است که مولد آن برابر است با شعاع صفحه مدور و محیط آن برابر است با طول قوس باقیمانده از صفحه مدور (شکل ۳۰ ـ ۸).

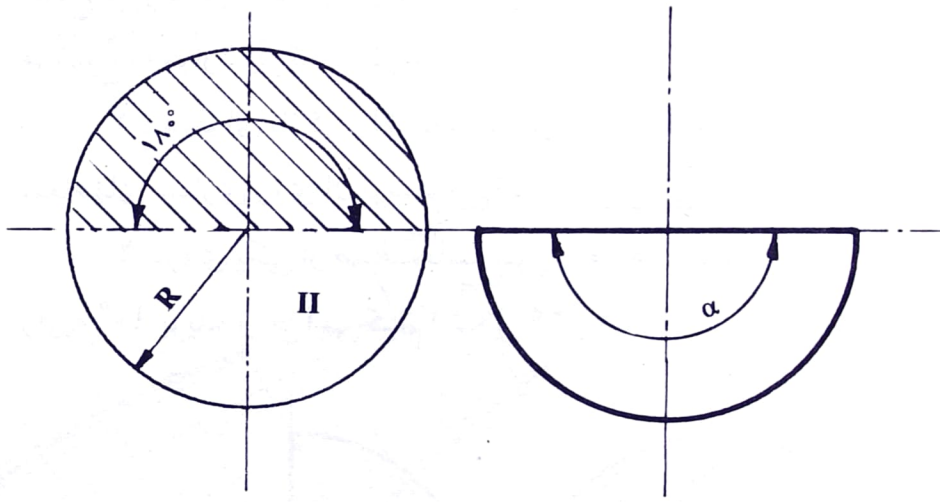


شکل ۳۰ ـ ۸

۳ ـ روی صفحه مدور دومی قطاعی به زاویه ۱۸۰° بریده جدا می کنیم (شکل ۳۱ ـ ۸).

$S = R$

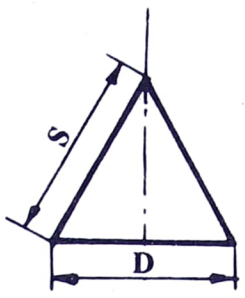
$D.\pi = A.B$



شکل ۳۱ ـ ۸

۱ ـ ۳ ـ باقیمانده را طوری خم می کنیم که لبه های بریده شده روبروی هم قرار بگیرد. موقعیت را با یک قطعه چسب تثبیت می کنیم.

۲ ـ ۳ ـ حجم حاصل مخروطی است که مولد آن برابر است با شعاع صفحه مدور و محیط آن برابر است با طول



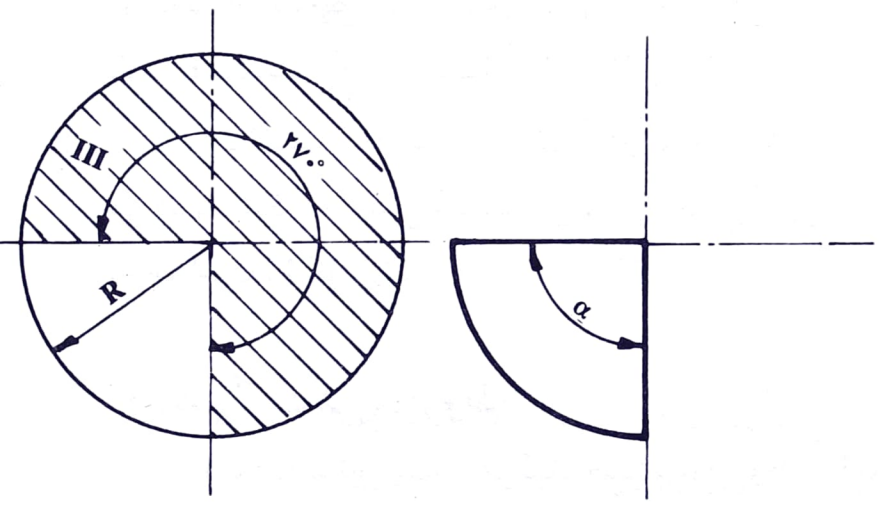
شکل ۳۲ ـ ۸

قوس باقیمانده از صفحه مدور (شکل ۳۲ ـ ۸).

$S = R$

$D.\pi = A.B$

۴ ـ روی صفحه مدور سوّمی قطاعی به زاویه ۲۷۰° بریده و جدا می کنیم. (شکل ۳۳ ـ ۸).



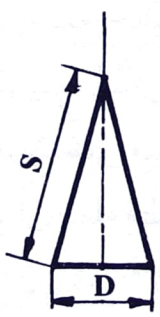
شکل ۳۳ ـ ۸

۱ ـ ۴ ـ باقیمانده را طوری خم می کنیم که لبه های بریده شده روبروی هم قرار بگیرند، موقعیت را با یک قطعه چسب تثبیت می کنیم.

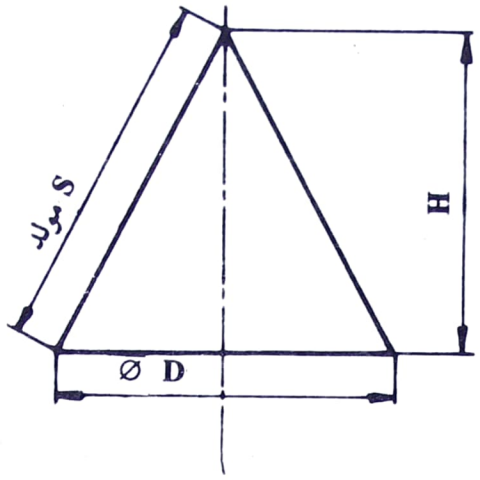
۲ ـ ۴ ـ حجم حاصل مخروطی است که مولد آن برابر است با شعاع صفحه مدور و محیط آن برابر است با طول قوس باقیمانده از صفحه مدور (شکل ۳۴ ـ ۸).

$S = R$

$D.\pi = A.B$



شکل ۳۴ ـ ۸



شکل ۸ـ۳۵

نتیجه :

۱ ـ گسترده هر سه مخروط قطاعهایی هستند از یک دایره که شعاع آن برابر است با مولدهای هر سه مخروط .

۲ ـ کلیه مخروطهایی که گسترده آنها قطاعی از یک دایره مشخصی باشند ، دارای مولدهای مساوی هستند .

۳ ـ زاویه قطاع را بعد از این ، زاویه گسترش خواهیم نامید .

۴ ـ گسترش مخروط ، قسمتی از دایره ای است که شعاع آن برابر است با مولد مخروط و طول قوس آن برابر است با محیط قاعده همان مخروط .

برای ترسیم گسترش مخروط معمولاً قطر قاعده و یکی دیگر از ابعاد آن (مولّد یا ارتفاع داده می شود) .

از طرفی جهت ترسیم دایره گسترش نیاز به اندازه مولّد داریم .

برای پیدا کردن اندازهٔ مولد ، نمای اصلی را با در دست داشتن قطر قاعده و ارتفاع به طور دقیق ترسیم کرده با پرگار نوک تیز اندازه مولد را از روی شکل برداشته به همان شعاع دایره گسترش را ترسیم می کنیم .

گرچه این روش دقت کافی ندارد ، اما معمولاً جهت سرعت عمل در انجام تمرینها استفاده می شود .

۲ ـ ۶ ـ ۸ ـ برای تعیین اندازهٔ واقعی و دقیق مولد از روابط مثلث قائم الزاویه استفاده می کنیم .

در روابط مثلثاتی داریم : « در مثلث قائم الزاویه مربع وتر مساوی است با مجموع مربعهای دو ضلع دیگر » با توجه به شکل برای محاسبه مولّد خواهیم داشت :

$$S^2 = H^2 + (\frac{D}{2})^2$$

مقدار مولد را از روی فرمول بالا حساب کرده دایره گسترش را رسم می کنیم . گسترش شکل ۳۵ـ۸ قطاعی است از این دایره که برای تعیین اندازه دقیق قوس این قطاع باید مقدار زاویه α (زاویه گسترش) نیز تعیین شود . لازم است جهت ترسیم گسترشهای دقیقتر ، تعیین تعداد قوس گسترش از طریق زاویه α انجام پذیرد .

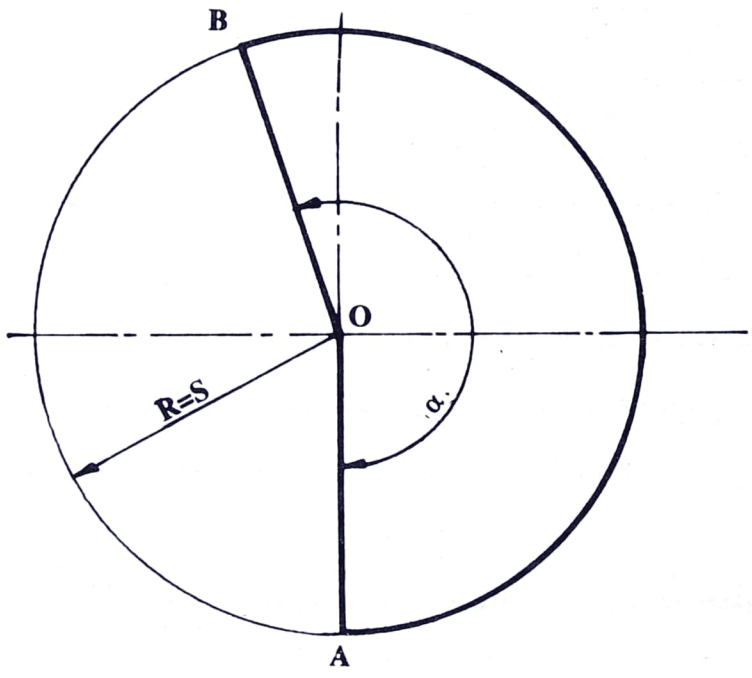
۳ ـ ۶ ـ ۸ ـ محاسبه زاویه α (زاویه گسترش) : با استفاده از تناسب موجود مابین زوایای مرکزی و قوسهای مقابلشان ، مقدار زاویه α را از رابطه زیر به دست می آوریم :

$$\begin{cases} 360^\circ = 2S \times \pi \\ \alpha = D \times \pi \end{cases}$$

$$\alpha = \frac{360^\circ \times D \times \pi}{2S \times \pi}$$

$$\boxed{\alpha = \frac{360^\circ \times D}{2S}}$$

ـ به اندازهٔ زاویه α در داخل دایره ای که به شعاع مولد (شکل ۳۶ـ۸) ترسیم شده جدا کرده شاخه های آن را پر رنگ می کنیم ($\overline{OA}$, $\overline{OB}$) قطاع با زاویه α گسترش مخروط مفروض در شکل (۳۶ ـ ۸) است .



شکل ۸ـ۳۶

ـ «تعیین قوس قطاع (گسترش) به کمک انتقال محیط قاعده مخروط».

جهت ایجاد سرعت عمل در انجام تمرینهای گسترش از روش انتقال محیط قاعده مخروط بر روی قوس دایره گسترش استفاده می شود.

این روش با یک تقریب نقصانی بوده است و به طوری که گفته شد، در مورد کارهایی که دقت کافی لازم ندارند به کار می رود.

۴ـ۶ـ۸ـ روش ترسیم گسترش به کمک انتقال محیط قاعده بر روی قوس گسترش :

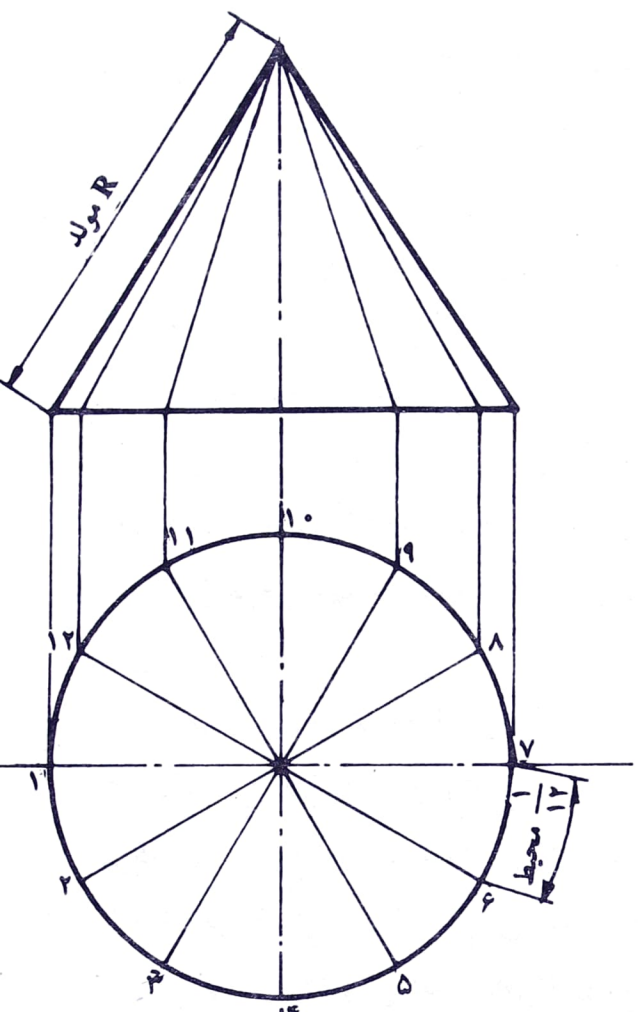
۱ ـ محیط دایره در نمای سطحی را به کمک پرگار یا گونیای ۶۰° و ۳۰° به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم می کنیم. (تقسیمات هرچه کوچکتر باشد، دقت عمل بیشتر خواهد بود.)

۲ ـ نقاط تقسیم را عمود بر سطح افق (سطح قاعده) به سمت بالا امتداد می دهیم و محل برخورد آنها را با سطح قاعده با خطوط نازک به رأس مخروط وصل می کنیم. (شکل ۳۷ـ۸).

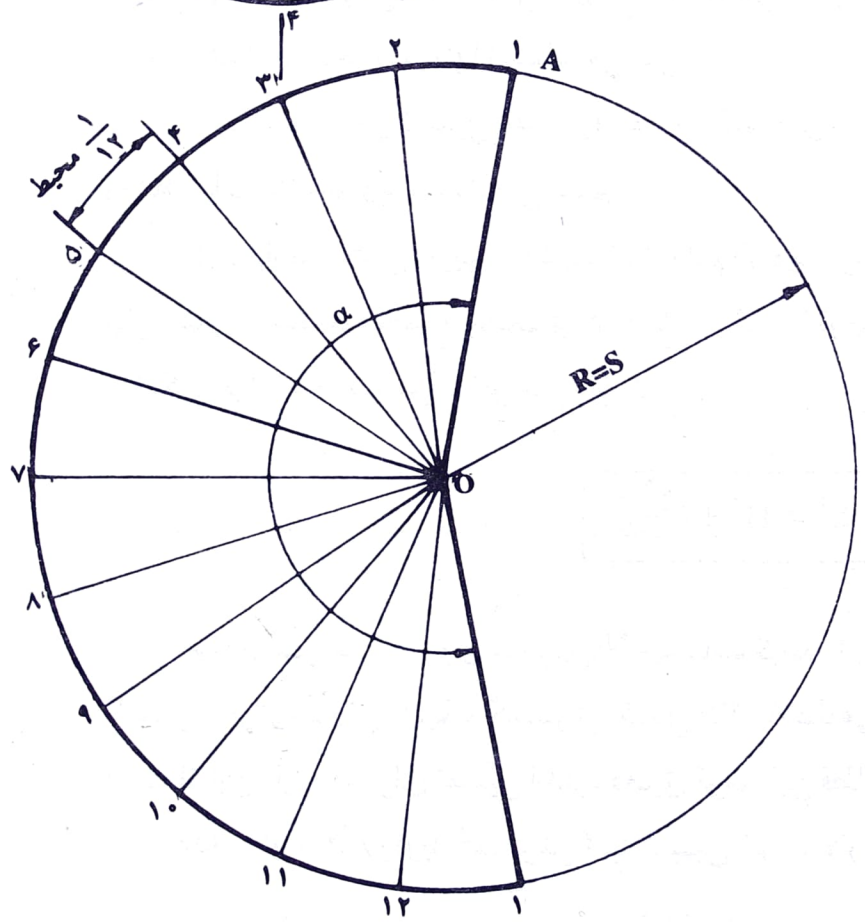
۳ ـ نقاط تقسیم درنمای سطحی را شماره گذاری می کنیم.

۴ ـ به شعاع طول مولد مخروط، دایره ای در زیرترسیم می کنیم و از یک نقطه مشخص مثل (A) تقسیمات نمای سطحی را به کمک پرگار نوک تیز بر روی قوس دایره گسترش منتقل می کنیم. در خاتمه وقتی گسترش از شماره ۱ شروع شود، به همان شماره منتهی می شود و در نتیجه ۱۲ قسمت که هر کدام برابر $\frac{۱}{۱۲}$ محیط قاعده مخروط است، به روی قوس گسترش منتقل می شود. گرچه انتقال، در قطعات کوچک و قوس بر روی قوس است، اما به علت زیاد بودن تقعر در قوسهای مبنا نسبت به قوس دایره گسترش، نتیجه عمل با درصد نقصانی کم به دست خواهد آمد.

۵ ـ نقاط تقسیم را به مرکز O وصل کرده خطوط طرفین و قوس مشخص شده را پر رنگ می کنیم. شکل حاصل گسترش سطح جانبی مخروط است (شکل ۳۸ـ۸).



شکل ۳۷ـ۸



شکل ۳۸ـ۸ـ طریقه ترسیم گسترش به کمک انتقال

مثال : مطلوب است رسم گسترش مخروط قائم شکل (۳۹ـ۸)، با دو روش :

۱ ـ تعیین مقدار قوس گسترش به کمک انتقال محیط قاعده ؛

۲ ـ تعیین مقدار قوس گسترش به کمک زاویه α و مقایسه آنها با همدیگر . مفروضات مسأله

قطر قاعده مخروط = ۵۰ میلیمتر

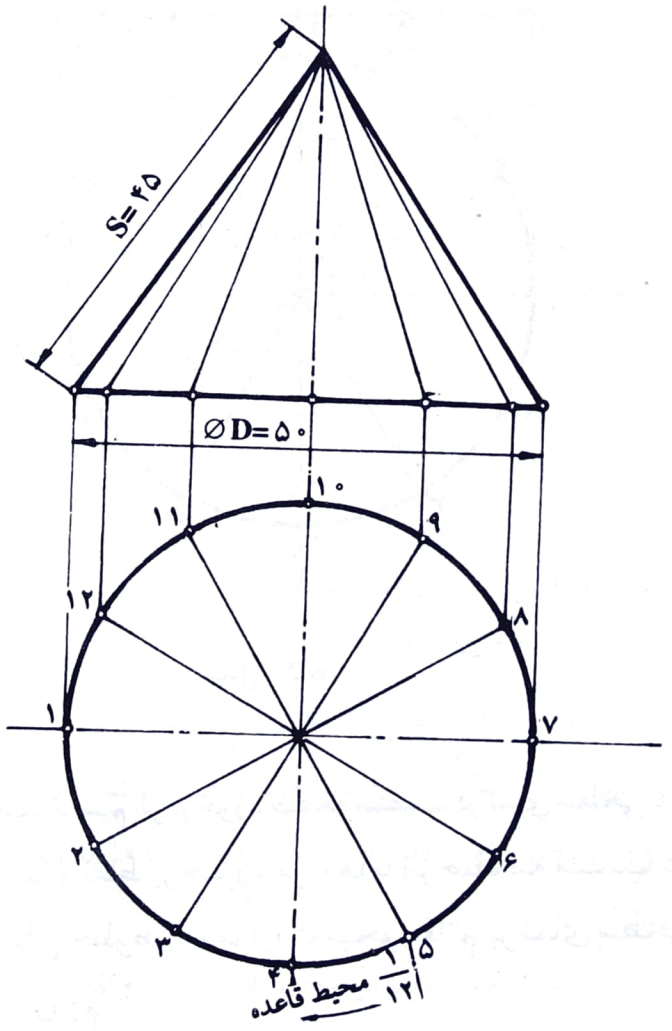
طول مولد مخروط = ۴۵ میلیمتر

روش اوّل ـ تعیین قوس گسترش به کمک اتصال اندازه محیط قاعده :

۱ ـ نمای اصلی و سطحی مخروط قائم را با مشخصات داده شده بطور دقیق رسم می کنیم .

۲ ـ نمای سطحی را به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم و پس از شماره گذاری با خطوط نازک به مرکز O وصل می کنیم .

۳ ـ دایره گسترش را به شعاع ۴۵ میلیمتر (اندازه مولد) ترسیم می کنیم .



شکل ۳۹ـ۸ ـ قسمت بندی نمای سطحی

۴ ـ مقدار $\frac{۱}{۱۲}$ محیط را به وسیله پرگار نوک تیز به روی دایره گسترش به تعداد ۱۲ قسمت منتقل کرده شماره گذاری می کنیم .

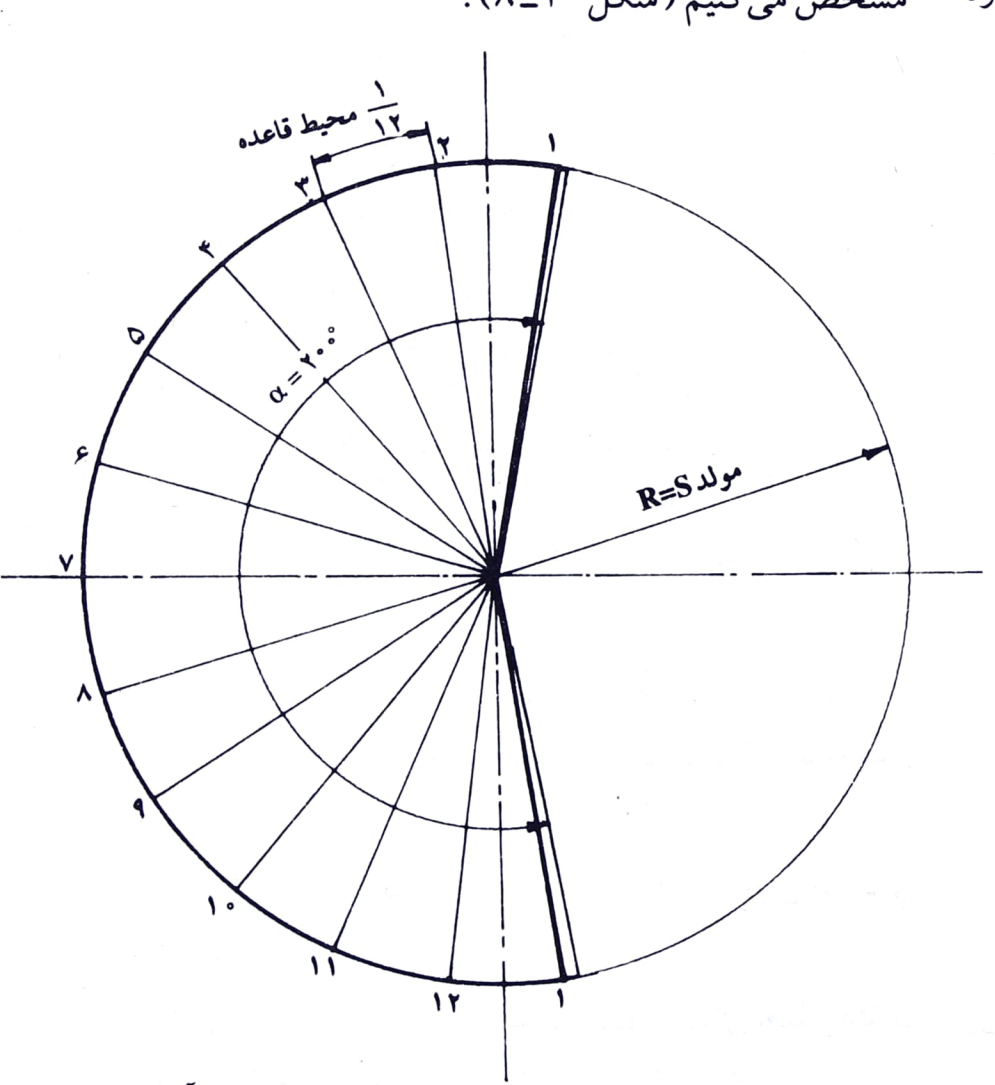
۵ ـ نقاط ابتدا و انتها را با خط ضخیم و بقیه نقاط را با خط نازک و به مرکز Q وصل کرده قوس انتخابی محصور مابین دو خط ابتدا و انتها را پررنگ می کنیم . قطاع حاصل خط کشی شده گسترش سطح جانبی مخروط است .

روش دوم ـ تعیین تعداد قوس گسترش با استفاده از زاویه α (زاویه گسترش) :

۱ ـ با استفاده از رابطه $\alpha = \frac{۳۶۰ \times D}{۲S}$ مقدار زاویه α را پیدا می کنیم :

$$\alpha = \frac{۳۶۰ \times ۵۰}{۲ \times ۴۵} = ۲۰۰^\circ$$

۲ ـ جهت مقایسه مقدار قوس با دو روش ، از گسترش به طریق اول استفاده کرده نسبت به مرکز Q در دایره گسترش ۲۰۰° جدا کرده شاخه های آن را با رنگ آبی مشخص می کنیم (شکل ۴۰ـ۸) .



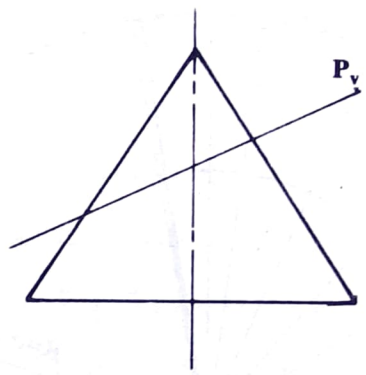
شکل ۴۰ـ۸ ـ گسترش مخروط با استفاده از دو روش و نمایش اختلاف آنها با همدیگر

به طوری که مشاهده می کنید، اختلاف قوس در این دو روش خیلی کم است و برحسب وقتی که در انتقال اندازه و ترسیم قوسها مبذول شود، این اختلاف کمتر و بحدّ ناچیز می رسد.

توجه : نظر بر این که در انتقال تغییرات موجود در سطح جانبی مخروط ناچار به خط کشی سطح جانبی هستیم، پس از این برای ترسیم گسترش هر نوع مخروطی از روش تقسیم بندی سطح جانبی و انتقال قوس گسترش از نمای سطحی به دایره گسترش استفاده خواهیم کرد.

۵ـ۶ـ۸ـ گسترش مخروط قائم برش خورده در اثر برخورد با احجام یا صفحات : در ترسیم گسترش سطح جانبی مخروط قائم با استفاده از روش خط کشی سطح جانبی نیازی به تکمیل نمای سطحی نداریم ؛ اما در گسترش سطح جانبی کل، علاوه بر گسترش سطح جانبی، ترسیم درپوشها نیز ضروری است.

قبل از ترسیم گسترش، بدین جهت به ترسیم درپوش در شکل ۴۱ ـ ۸ بپردازیم.



شکل ۴۱ـ۸

الف ـ تقسیم بندی سطح جانبی مخروط :

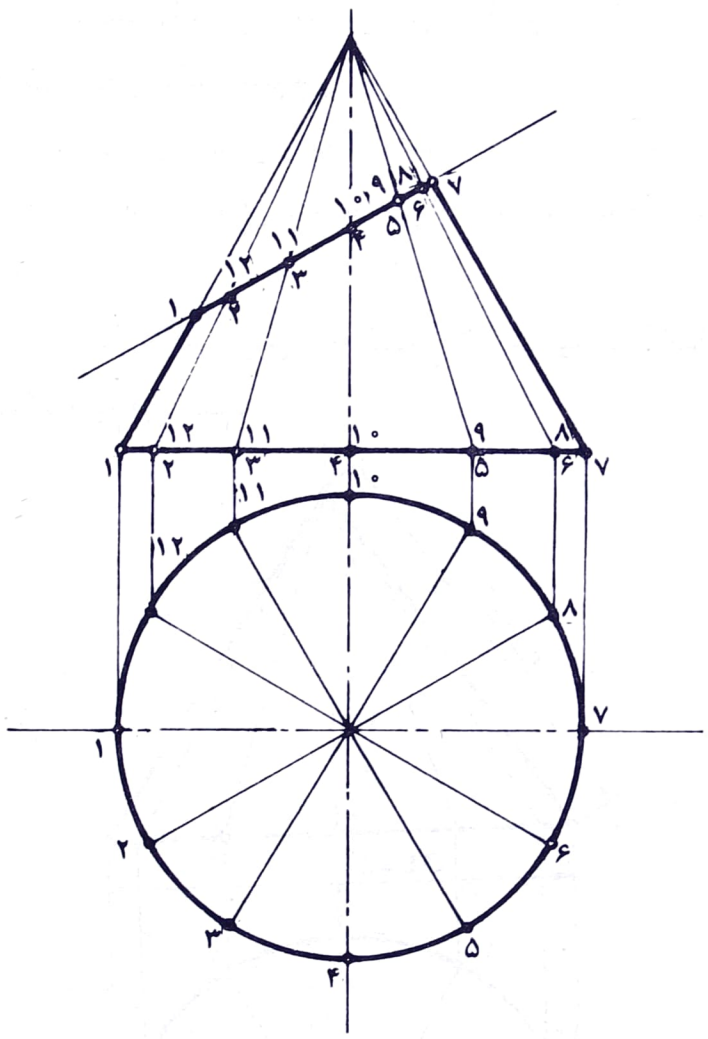
۱ ـ نمای اصلی و سطحی را با دقت کامل ترسیم می کنیم.

۲ ـ نمای سطحی را به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم می کنیم.

۳ ـ تقسیمات را به سطح قاعده در نمای اصلی انتقال داده با خطوط نازک به رأس مخروط وصل می کنیم.

۴ ـ نقاط تقسیم در نمای سطحی را شماره گذاری کرده با خطوط نازک به رأس مخروط وصل می کنیم. خطوط کمکی، سطح جانبی مخروط را به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم می کند که طول هر کدام از آنها برابر با مولد مخروط است. خطوط نازک در نمای سطحی نیز به ترتیب تصاویر مولدهای بالاست.

باید توجه داشته باشیم که تنها مولدهای واقع در روی صفحه جبهی، مانند مولد شماره ۱ و ۷ اندازه واقعی خود را دارند (شکل ۴۲ ـ ۸).

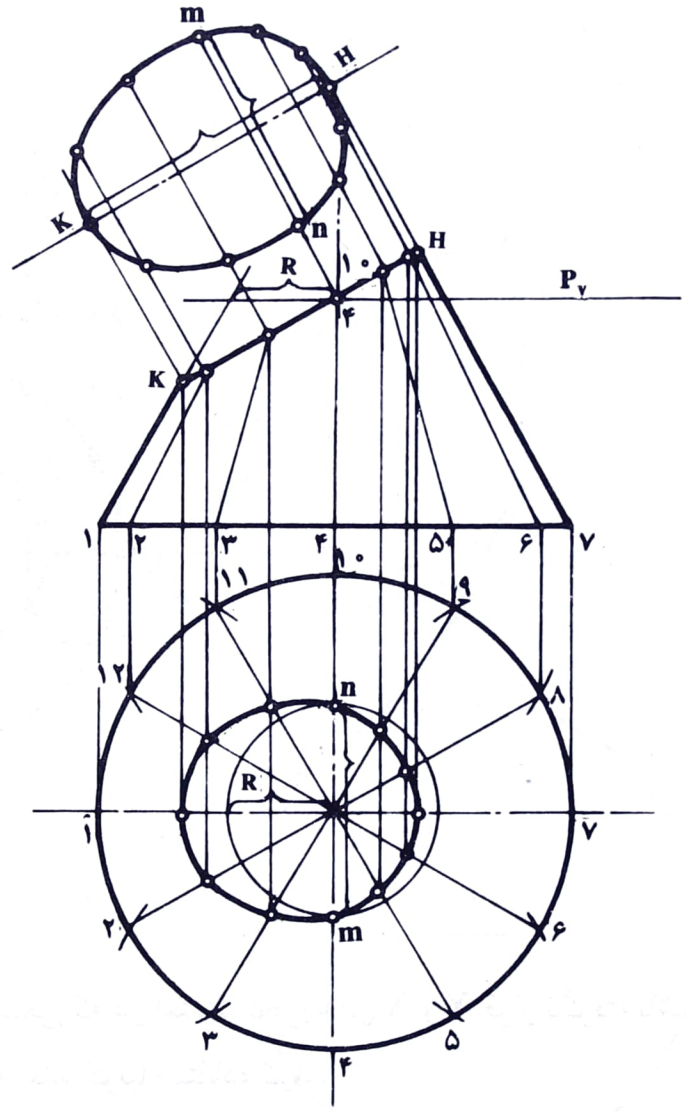


شکل ۴۲ـ۸

ب ـ ترسیم اثر برخورد صفحه منتصب در نمای سطحی :

۱ ـ از نقاط برخورد مولدها با اثر صفحه منتصب در نمای اصلی خطوطی به موازات محور قائم بر نمای سطحی فرود می آوریم.

۲ ـ محل برخورد این خطوط با تصاویرشان در نمای سطحی را مشخص می کنیم. به طوری که مشاهده می کنید، امتداد مولد شماره (۴)، (۱۰) با تصاویرشان قاطع نبوده بلکه به موازات آنها است. در این مورد بخصوص کافی است که از نقطه شماره ۴ در روی سطح مورب نمای اصلی صفحه افقی مرور داده شود. اثر صفحه در نمای سطحی دایره کامل است. امتداد مولدهای ۴ و ۱۰ در دو نقطه n و m دایره را قطع می کنند (شکل ۴۳ ـ ۸).



شکل ۴۳ـ ۸ـ روش ترسیم اثر برخورد صفحه منتصب با نمای سطحی و درپوش واقعی

۳ ـ نقاط حاصل از تلاقی خطوط را به همدیگر وصل می کنیم. در شکل حاصل ابعاد به موازات محور Xها به صورت تصویر و ابعاد به موازات محور yها به اندازه واقعی است.

پ ـ ترسیم درپوش مخروط با اندازه واقعی : با استفاده از روش ترسیم درپوش واقعی منشور در بند (۲ـ۲ـ ۸)، درپوش واقعی را در بالای نمای اصلی نسبت به خط D رسم می کنیم. در این تصویر طول نقاط از طریق اثر صفحه در نمای اصلی و عرض آنها از طریق اثر صفحه در نمای سطحی به درپوش منتقل می شود (شکل ۴۳ ـ ۸).

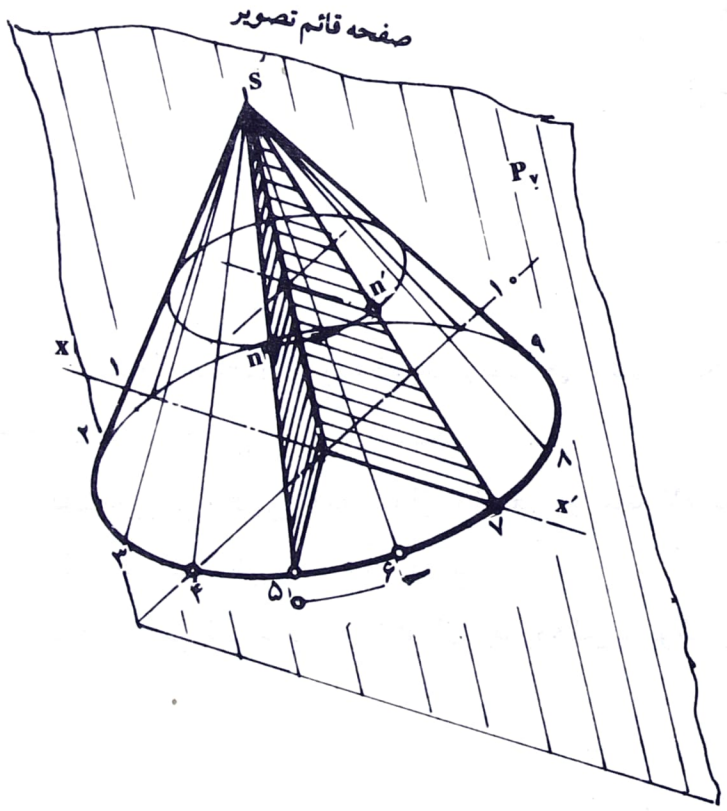
ت ـ **ترسیم گسترش سطح جانبی کل مخروط** : با استفاده از شکل ۴۳ـ۸ که قسمتی از مقدمات ترسیم گسترش ذکر شده، کار را ادامه می دهیم (شکل ۴۶ـ ۸).

۱ ـ دایره گسترش را رسم کرده تقسیمات ۱۲ گانه نمای سطحی را بر روی آن منتقل و شماره گذاری می کنیم.

۲ ـ نقاط حاصل را با خط نازک به مرکز دایره وصل کرده خطوط طرفین را کمی پررنگ می کنیم.

۳ ـ اندازه واقعی مولدهای فرضی را که در اثر مرور صفحه از یکنواختی خارج شده اند، روی امتدادهای مربوط در گسترش انتقال می دهیم.

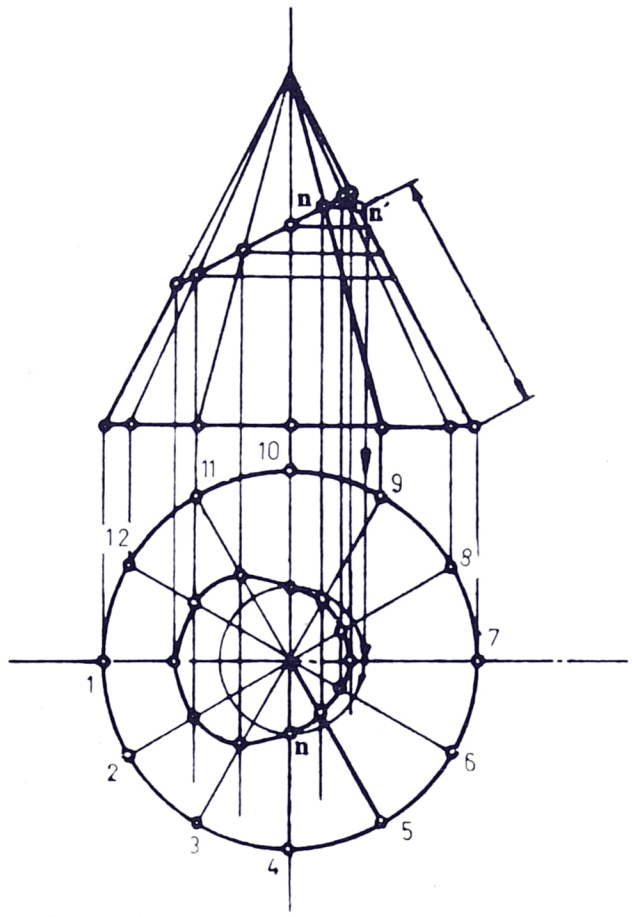
تذکر : برای تعیین اندازه واقعی مولدها کافی است که هر یک از آنها را حول محور قائم مخروط



شکل ۴۴ـ ۸

دوران داده و بر روی صفحهٔ قائم تصویر تسطیح کنیم تا اندازه واقعی مشخص شود. قابل ذکر است که مابین مولدهای ۱۲ گانه در شکل (۴۴ـ۸) تنها دو مولد به شماره‌های ۱ و ۷ اندازه واقعی خود را دارند، زیرا تصاویرشان در نمای سطحی بر روی محور X‌ها منطبق است. برای سهولت عمل کافی است که از نقاط برخورد مولدهای کمکی با اثر برش در بالا، خطوطی به موازات محور X‌ها به طرف مولد اصلی شماره (۷) رسم کنیم.

فاصله از نقطه برخورد تا پای مولد شماره (۷) طول واقعی مولد فرضی خواهد بود (شکل ۴۵ـ۸).



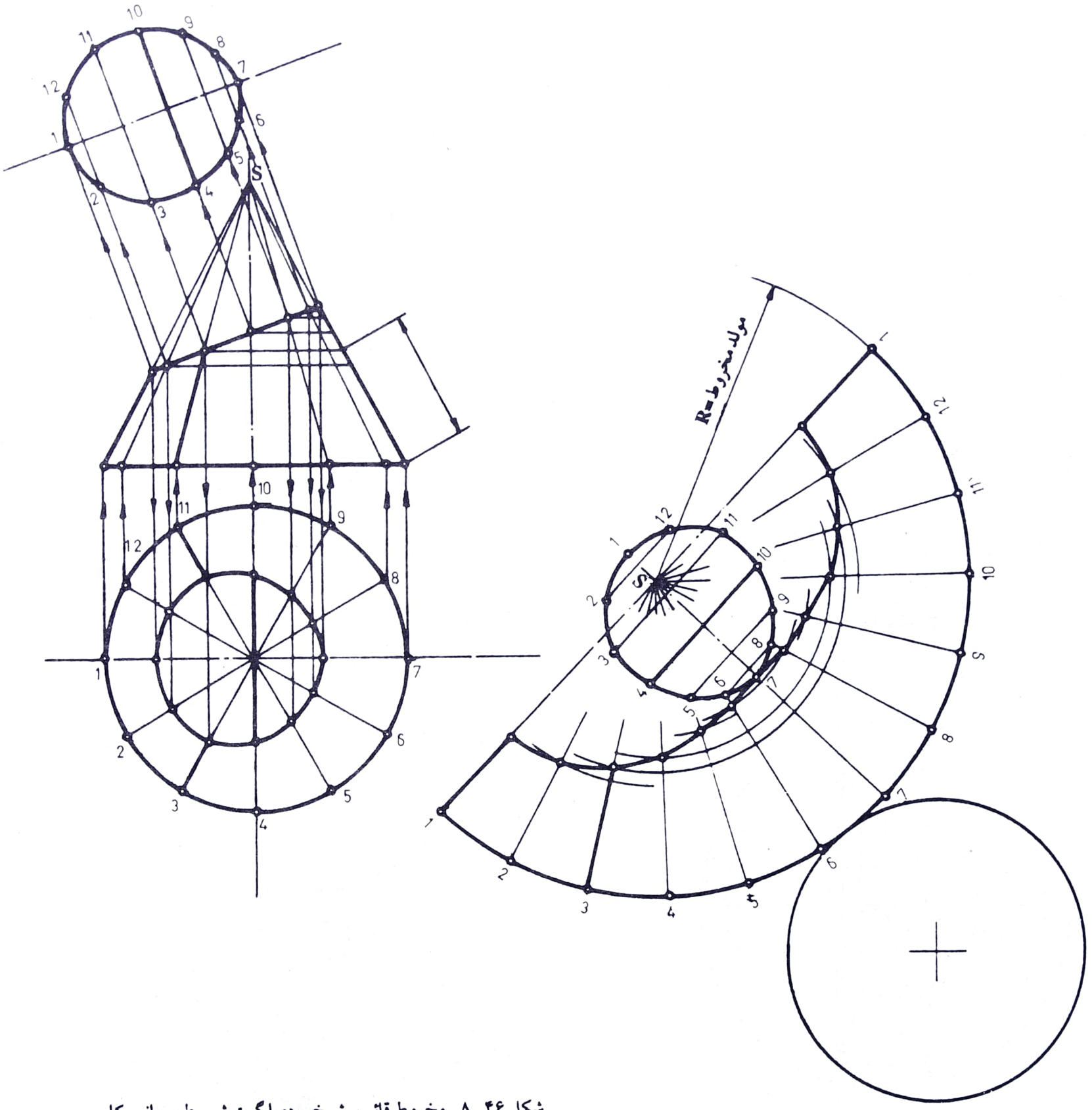
شکل ۴۵ـ۸

۴ ـ نقاط حاصل را به یکدیگر وصل می‌کنیم. شکل حاصل گسترش جانبی مخروط است.

۵ ـ درپوش بالایی را به اندازه واقعی از نقطه ۷ و در امتداد یال ۷ در گسترش ترسیم می‌کنیم.

توصیه می‌شود که در انتقال اندازه‌های درپوش به مواضعی که در امتداد محورهای X و Y قرار نگرفته باشند، از دو عدد گونیا استفاده کنید.

با ترسیم درپوش پایینی که یک دایره کامل است، کلیه مراحل ترسیم گسترش از مخروط قائم با آثار برش صفحات خاص تصویر به پایان می‌رسد (شکل ۴۶ـ۸).



شکل ۴۶ ـ ۸ ـ مخروط قائم برش خورده با گسترش سطح جانبی کل

۷ ـ ۸ ـ گسترش کُره

کُره جـزء اجسام دو انحنایی است و بنابراین گسـترش آن به طور دقـیق ممکن نیـست. در طراحی تولیـدات صنایع فلزی یا مصارف دیگر، با تبـدیل به چند وجهی های منتظم یا مقاطع مخروطی، گسترش داده می شود.

در برخی مـوارد بخـصـوص در ساخت مـخـازن در پالایشگاهها و نـیروگاههـا، عملیات فـرمکاری نیز در روی قطعات آن انجام می گیرد. به این ترتیب برای گسترش کره با تقریب نقصانی از دو روش استفاده می شود.

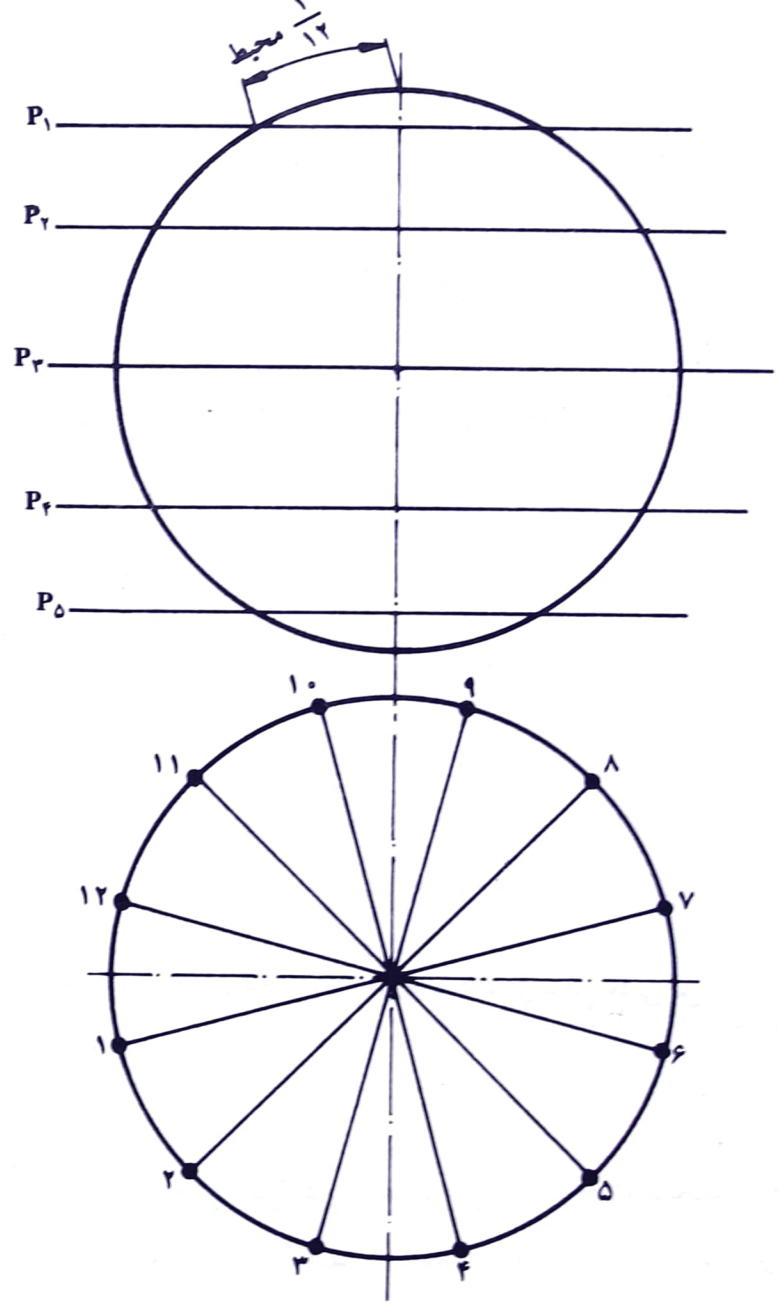
۱ ـ ۷ ـ ۸ ـ روش مداری (تقسیم کره به قاچهای مساوی) :

نحوه ترسیم :

۱ ـ نمای اصلی و سطحی کره را رسم می کنیم .

۲ ـ محیط دایره عظیمه در نمای سطحی را به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم کرده نقاط تقسیم را به مرکز دایره وصل می کنیم . به این ترتیب کره به ۱۲ قاچ مساوی تقسیم می شود .

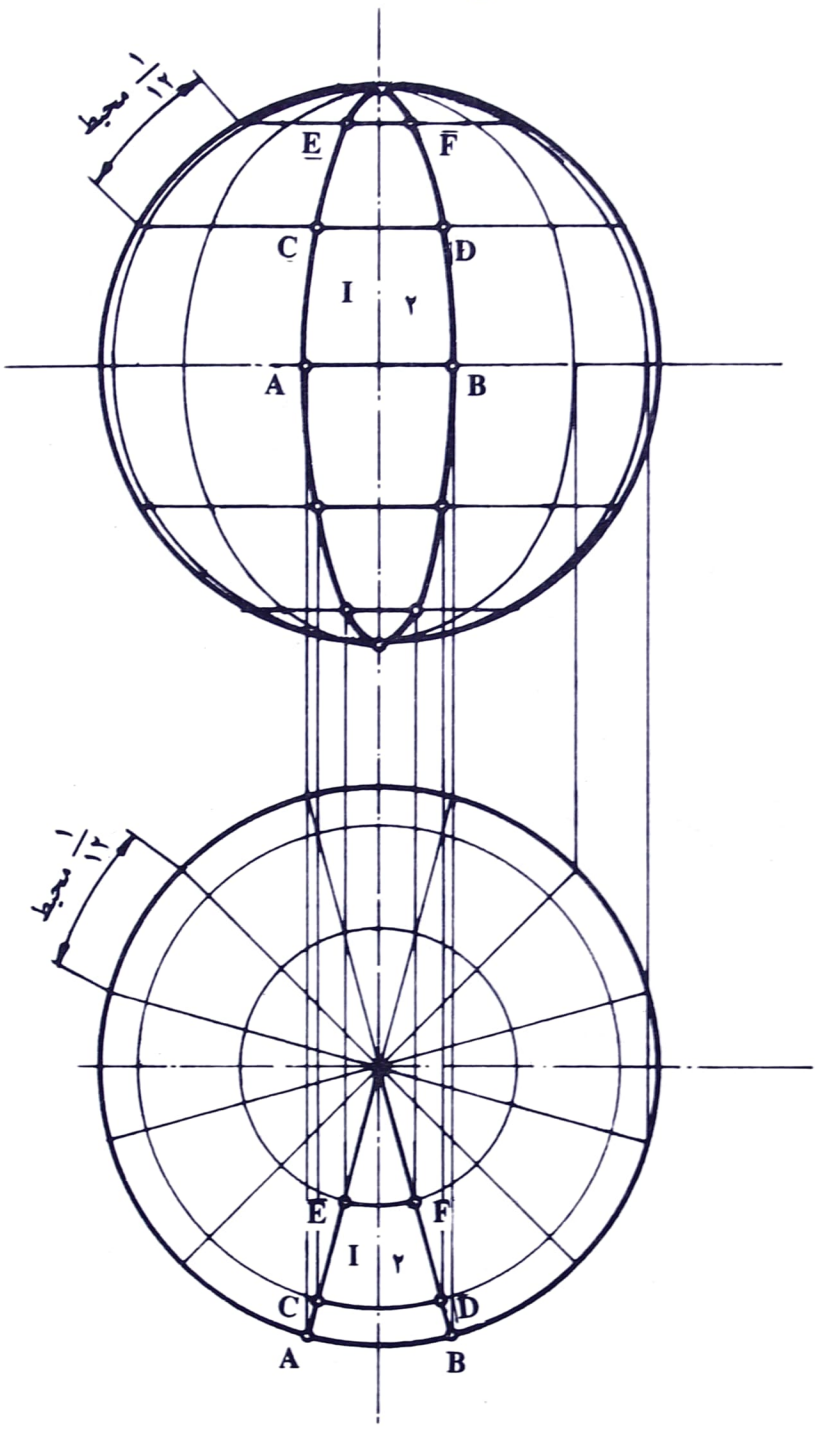
۳ ـ محیط دایره عظیمه در نمای اصلی را نیز به ۱۲ قسمت مساوی تقسیم کرده از نقاط تقسیم به ترتیب صفحات افقی P_1, P_2, P_3, P_4 و P_5 را مرور می دهیم (شکل ۴۷ ـ ۸) .



شکل ۴۷ـ۸

۴ ـ دوایر حاصل در اثر مرور صفحه از نمای اصلی را در نمای سطحی رسم می کنیم .

۵ ـ نقاط برخورد دوایر با قاچها را بر روی صفحات مربوط در نمای اصلی انتقال می دهیم . برای نمونه نقاط A ، B ، C ، D ، E و F از قاچ شماره I (شکل ۴۸ ـ ۸) .

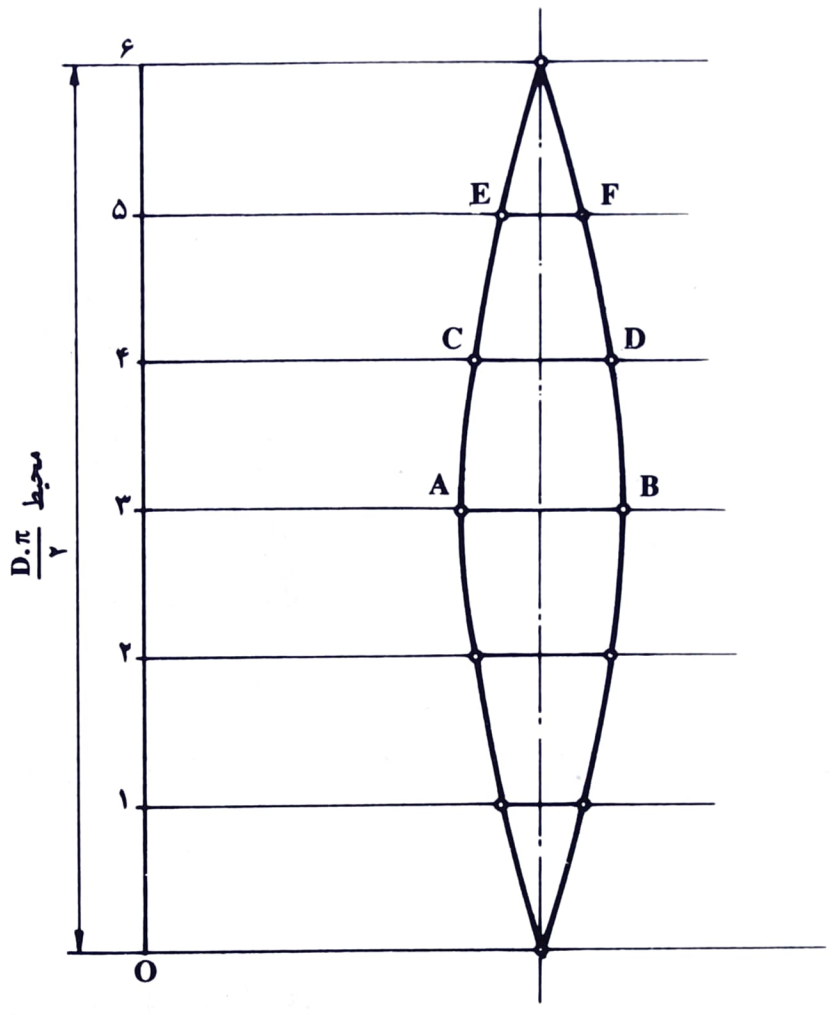


شکل ۴۸ـ۸

۶ ـ نقاط حاصل را دو به دو به یکدیگر وصل می کنیم تا شکل قاچ I مشخص شود . قاچهای بعدی را نیز به همان ترتیب ترسیم می کنیم . حال با توجه به نمای قائم (اصلی)

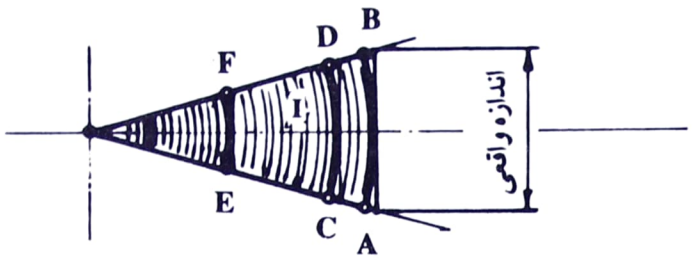
در شکل درمی‌یابیم که ارتفاع هر یک از قاچها پس از گسترده شدن برابر است با نصف محیط دایره عظیمه در نمای سطحی. در قاچ شماره I عرض قاچ در مراحل مختلف برش با صفحات $\widehat{xyz} = \frac{D.\pi}{۲}$ = ارتفاع قاچ نشان داده شده است، مانند قوسهای $\widehat{AB}$ و $\widehat{CD}$ و $\widehat{EF}$.

۷ـ با توجه به معلومات مورد نیاز جهت ترسیم قاچها مطابق شکل قاچ شماره I را ترسیم می کنیم (شکل ۴۹ـ۸).



شکل ۴۹ـ۸

در این جا طول قاچ برابر است با نصف محیط دایره عظیمه که به شش قسمت مساوی تقسیم شده و عرض قاچ نیز در هر مرحله از برش از روی اندازه‌های موجود در نمای سطحی منتقل شده است. خطوط $\overline{AB}$ ، $\overline{CD}$ و $\overline{EF}$ مماسهای خارجی قوسهای $\widehat{AB}$ ، $\widehat{CD}$ و $\widehat{EF}$ است. (شکل ۵۰ـ۸).



شکل ۵۰ـ۸

۲ـ۷ـ۸ـ روش مخروطهای مماس :

۱ـ نمای اصلی و سطحی کره را رسم می کنیم (شکل ۵۱ـ۸) در این جا بدلیل قرینه بودن از نصف کره در نمای اصلی ترسیم شده است.)

۲ـ محیط دایره عظیمه در نمای سطحی و اصلی را به چند قسمت مساوی تقسیم می کنیم.

۳ـ نقاط تقسیم در نمای سطحی را به مرکز دایره وصل می کنیم.

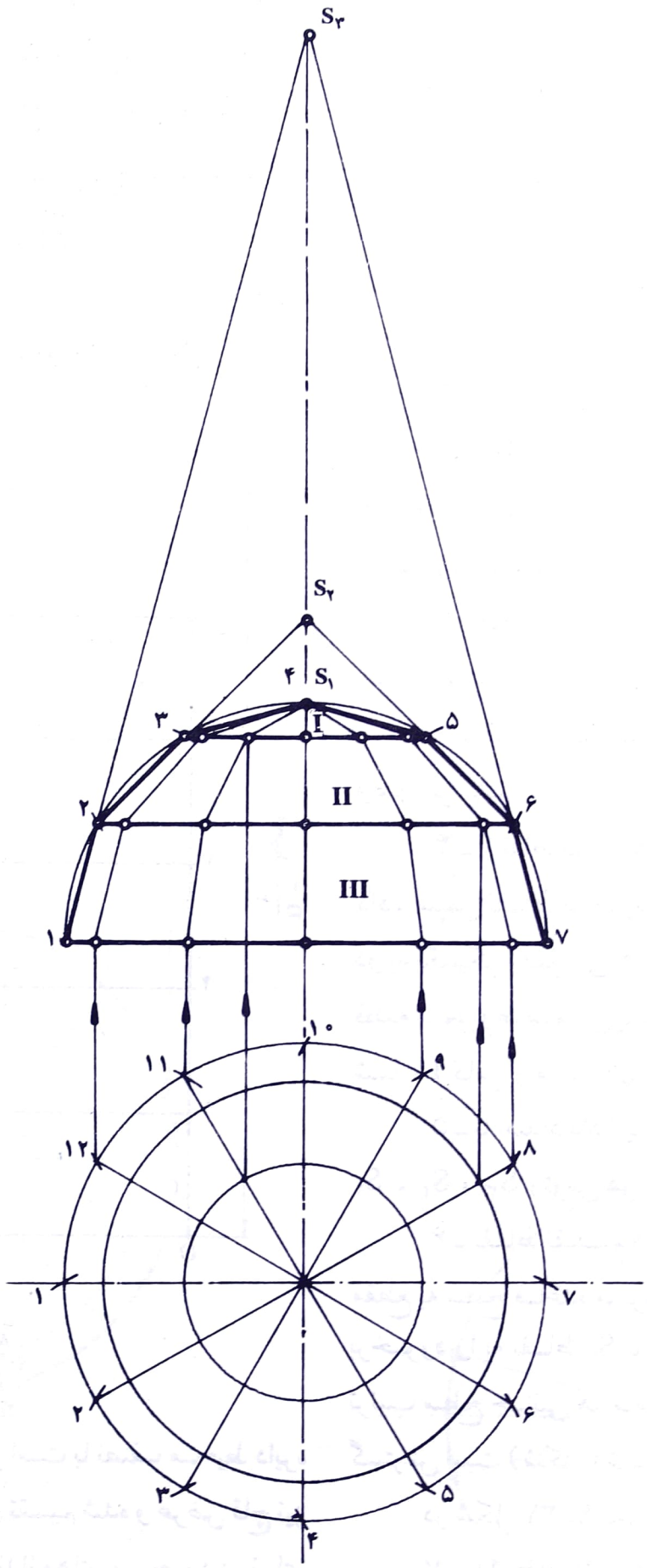
۴ـ از نقاط تقسیم در نمای اصلی صفحات افقی مرور داد. سپس نقاط برخورد (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷) را دو به دو به یکدیگر وصل می کنیم. به این ترتیب، نیمکره به سه قطعه مخروط مماس با کره تقسیم می شود که مخروط شماره I کامل و مخروطهای شماره II و III ناقص هستند.

۵ـ با امتداد دادن یالهای هر یک از مخروطها به نقاط $S_۱$ ، $S_۲$ و $S_۳$ رئوس هر سه مخروط به دست می آید.

۶ـ نقاط تقسیم در نمای سطحی را در مورد هر سه مقطع به سطح قاعده مخروطهای مربوط منتقل کرده محل برخورد را به نقاط $S_۱$ ، $S_۲$ و $S_۳$ وصل می کنیم. به این ترتیب سطح جانبی هر سه مخروط خط کشی شده و آماده گسترش است (شکل ۵۱ـ۸).

در شکل ۳۷ـ۸ نحوهٔ گسترش نشان داده شده است.

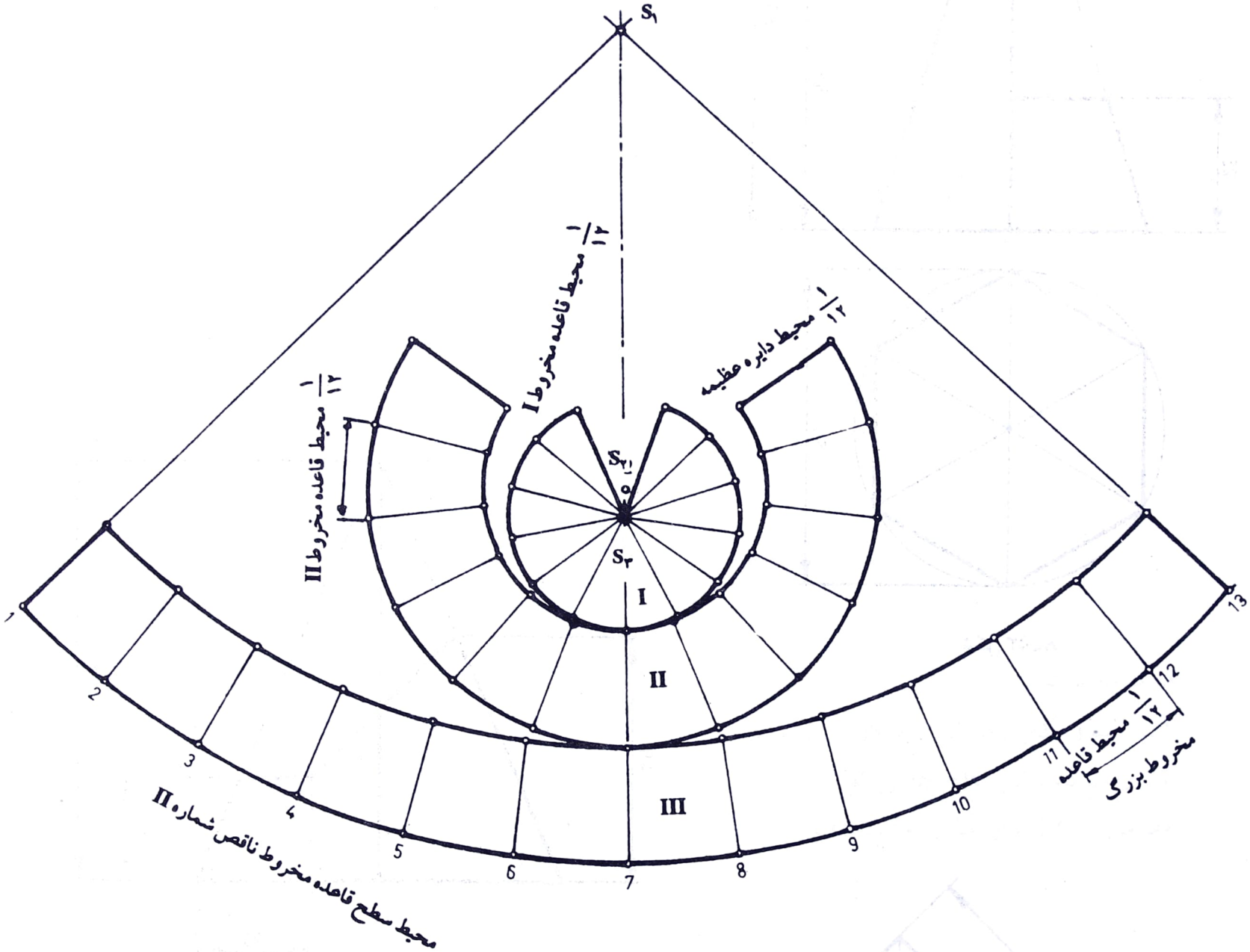
۷ـ با استفاده از روش گسترش مخروط که در مبحث گسترش مخروط دیدیم، به ترتیب هر سه مخروط را گسترش می دهیم و آن را طوری تنظیم می کنیم که هر سه قطعه در ارتباط با هم بوده تقریباً در نقطه شماره ۷، به



شکل ۵۱ـ۸

همدیگر چسبیده باشند. در این جـا اندازه عرض برگها در هر سه گسترش مساوی بوده برابر با $\frac{۱}{۱۲}$ محیط دایره عظیمه کره است. تقسـیمات دوازده گانه بـرگها در هر گسـترش اندازه خاص خود را دارند.

برای مثال، اندازه هر تقسیم در گسترش شماره I برابر است با $\frac{۱}{۱۲}$ محیط قاعده مخروط شماره I و اندازه هر تقسیم در گسترش شماره II برابر است با $\frac{۱}{۱۲}$ محیط قاعده مخروط شماره II (شکل ۵۲ـ۸).



شکل ۵۲ـ۸

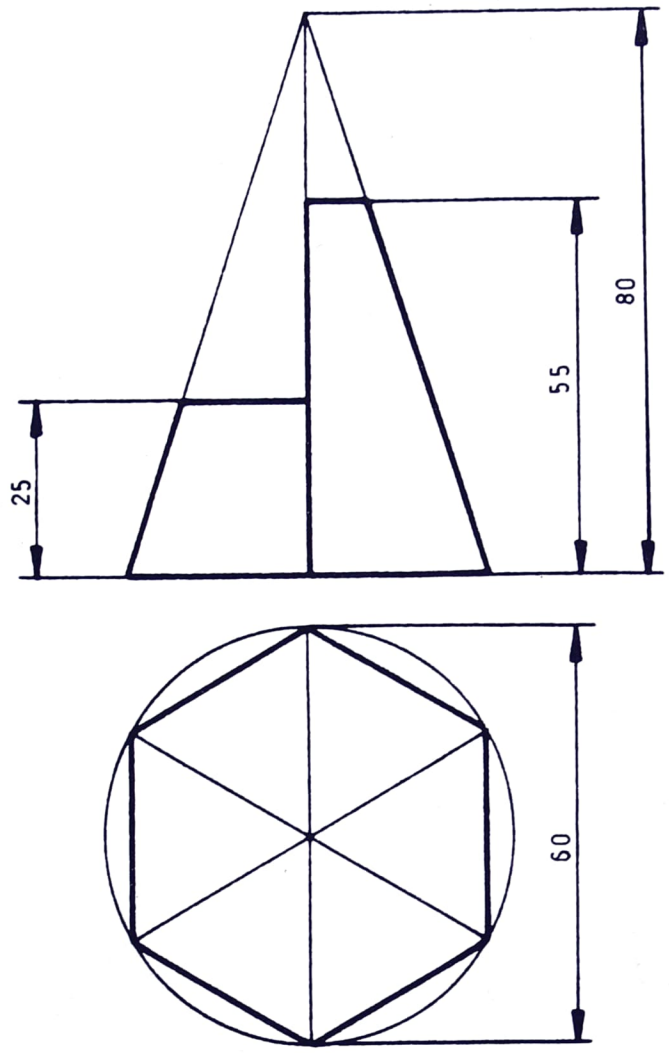
تمرین

مطلوب است :

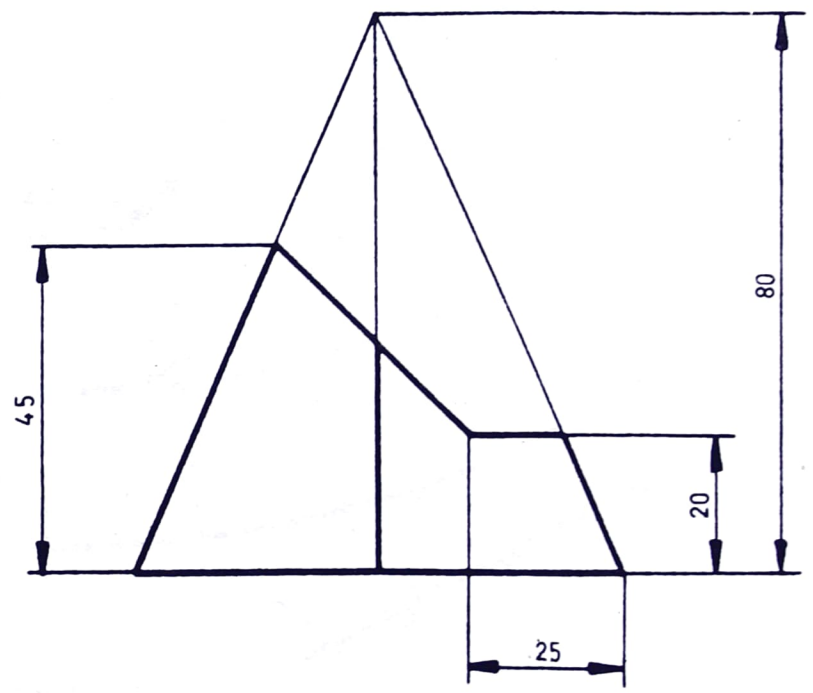
۱ ـ رسم و تکمیل نمای سطحی و جانبی از (شکل ۵۳ـ۸) ؛

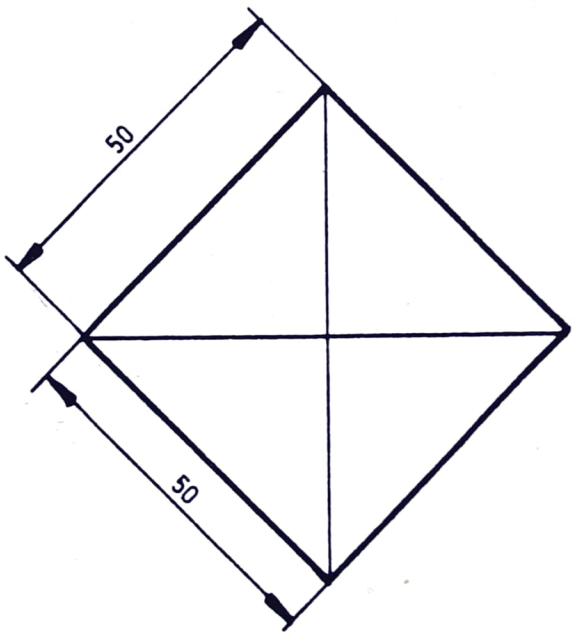
۲ ـ رسم گسترش سطح جانبی کل .

مقیاس ۱ : ۱.



شکل ۵۳ـ۸





مطلوب است :

۱ ـ رسم و تکمیل نمای اصلی و سطحی ؛

۲ ـ رسم و گسترش سطح جانبی کل (شکل ۵۴ـ۸) .

مقیاس ۱ : ۱ .

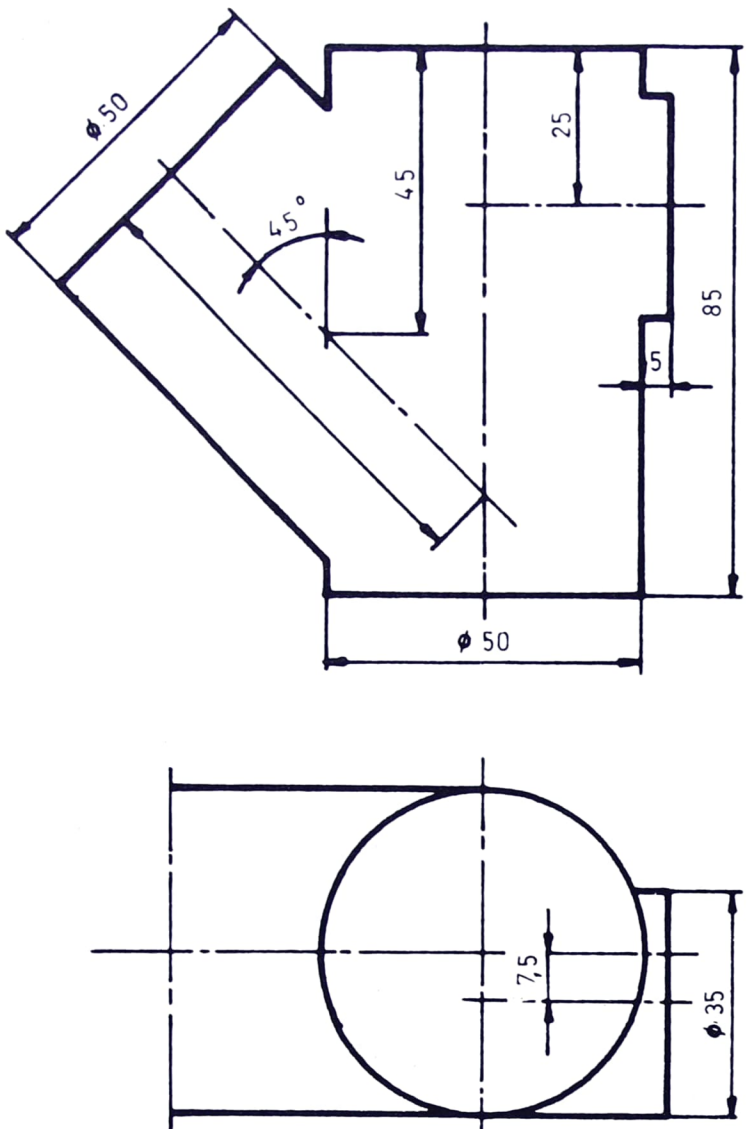
شکل ۵۴ـ۸

مطلوب است :

۱ ـ رسم و تکمیل سه نما از شکل (۵۵ـ ۸) ؛

۲ ـ رسم گسترش قطعات پس از برخورد.

مقیاس ۱ : ۲ (در ورق A_3)



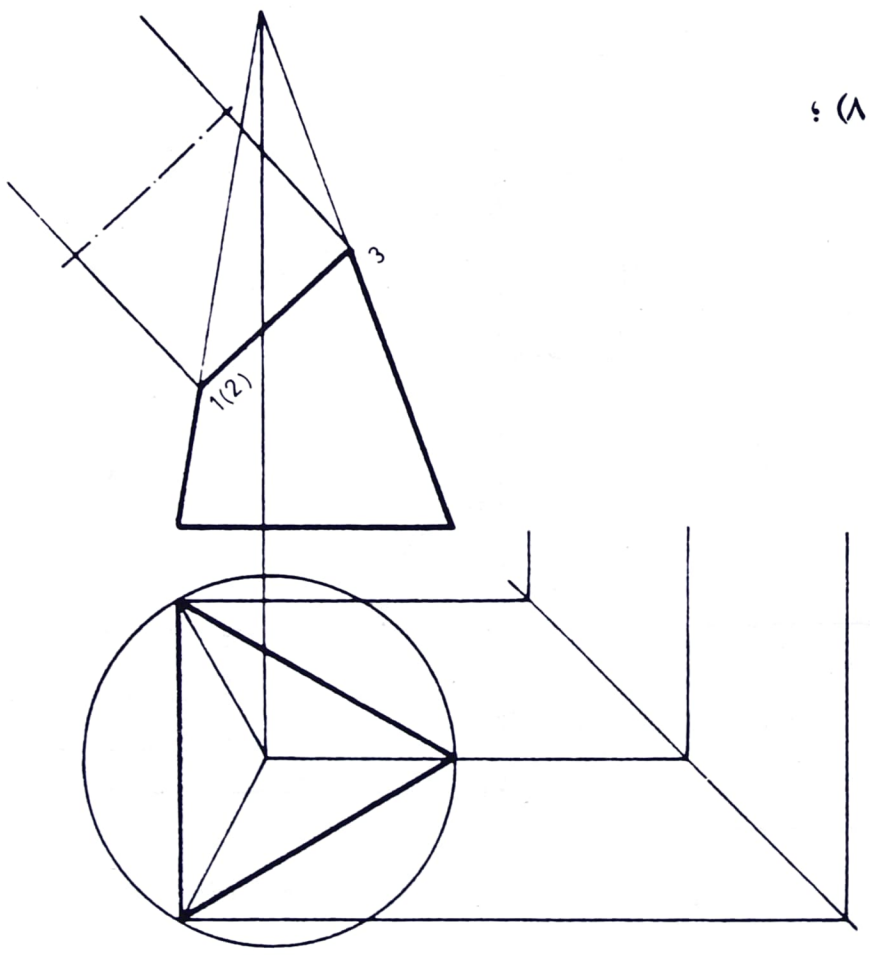
شکل۵۵ ـ ۸

مطلوب است :

۱ ـ رسم و تکمیل سه نما از شکل (۵۶ـ ۸) ؛

۲ ـ رسم گسترش سطح جانبی کل.

مقیاس ۱ : ۲ (اندازه‌ها از روی نقشه)



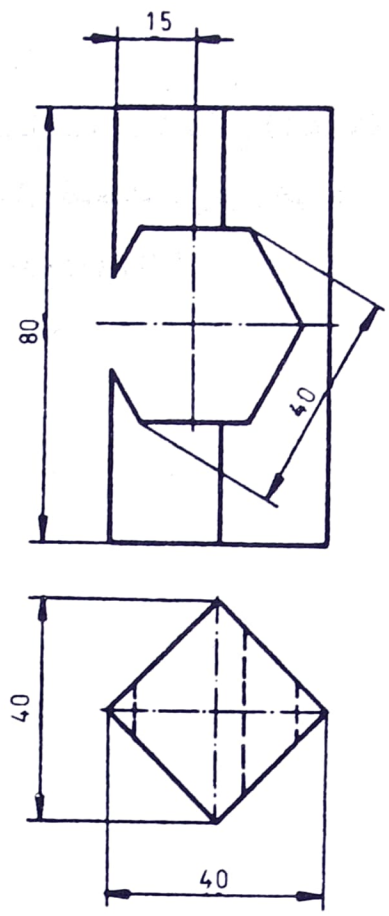
شکل ۵۶ـ ۸

مطلوب است :

۱ ـ رسم و تکمیل سه نما از شکل ۵۷ ـ ۸ ؛

۲ ـ رسم و گسترش سطح جانبی .

مقیاس ۱ : ۱.



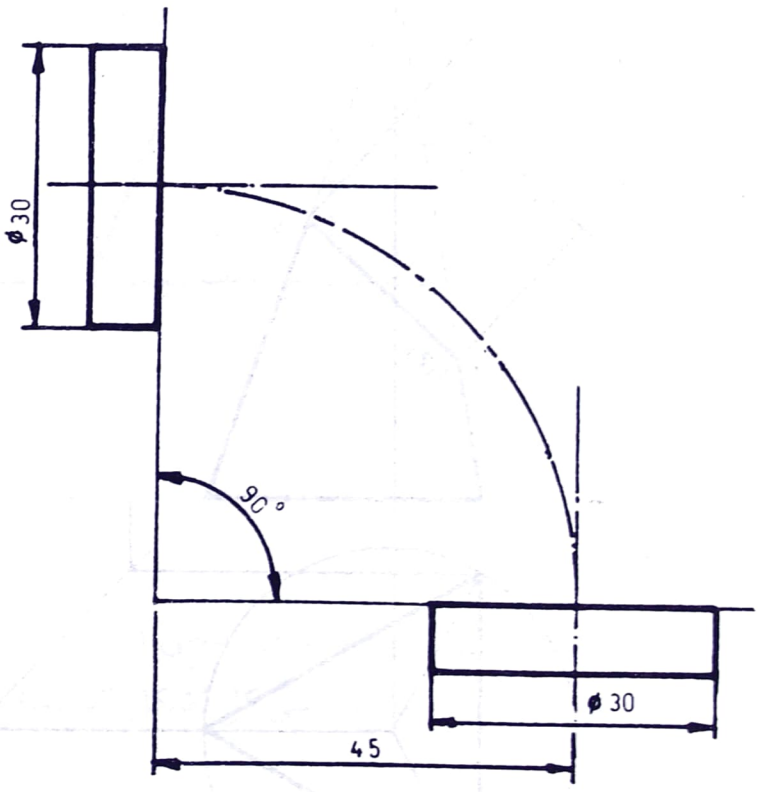
شکل ۵۷ ـ ۸

مطلوب است :

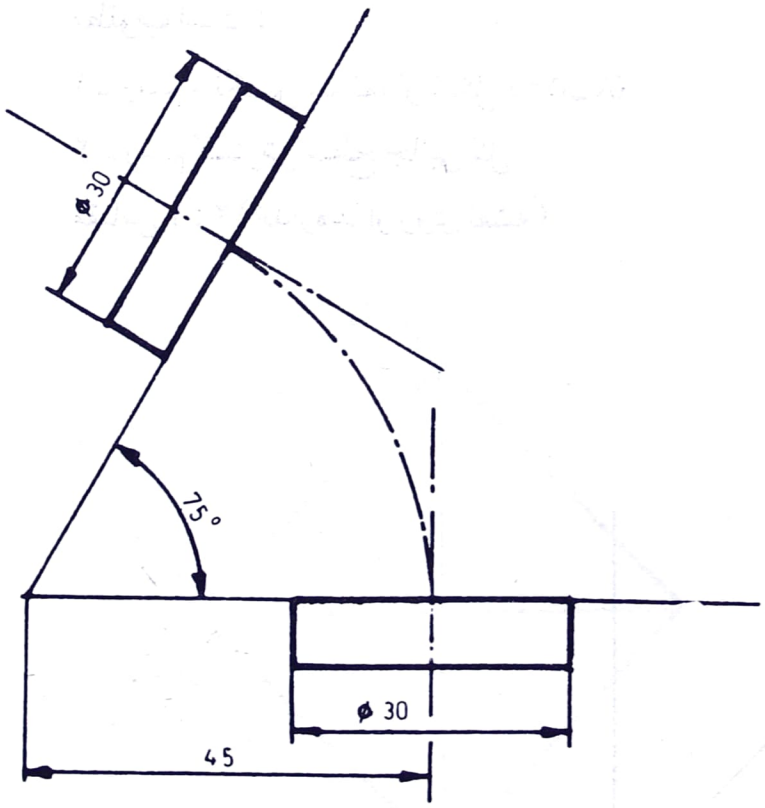
۱ ـ رسم و تکمیل نماهای داده شده در (شکلهای ۵۸ ـ ۸ و ۵۹ ـ ۸ و ۶۰ ـ ۸) ؛

۲ ـ رسم و گسترش حداقل دو تکه از هر یک از طرحهای داده شده در شکلهای زیر .

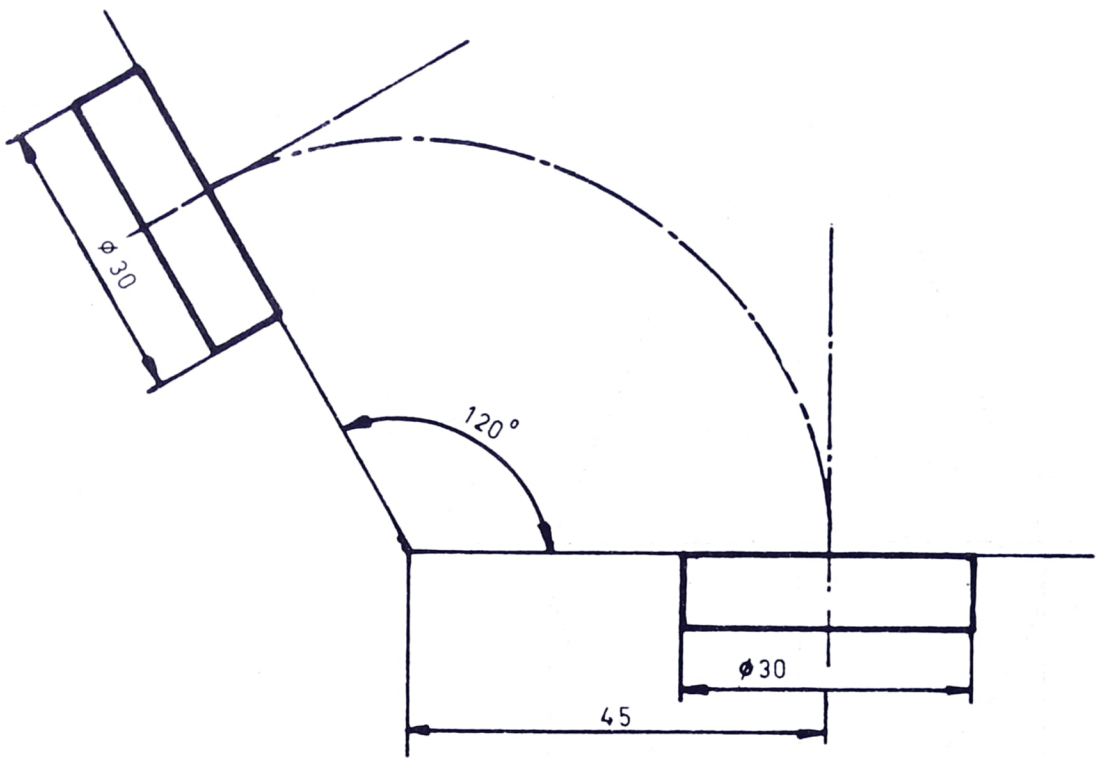
مقیاس ۱ : ۱



شکل ۵۸ ـ ۸



شکل ۵۹ ـ ۸



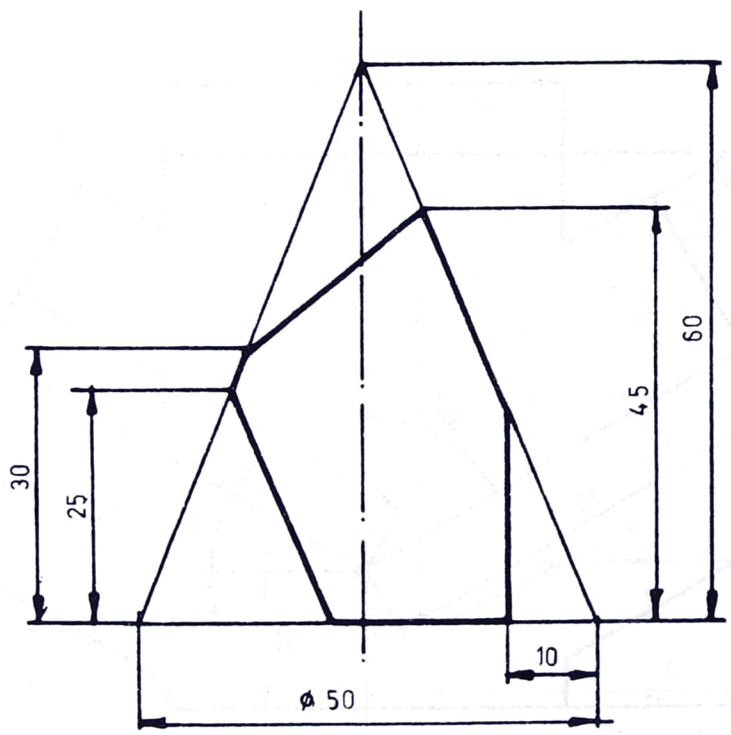
شکل ۶۰ـ۸

مطلوب است :

۱ ـ رسم و تکمیل سه نما از شکل (۶۱ـ۸)؛

۲ ـ رسم گسترش سطح جانبی با درپوشهای مربوط .

مقیاس ۱ : ۱ .



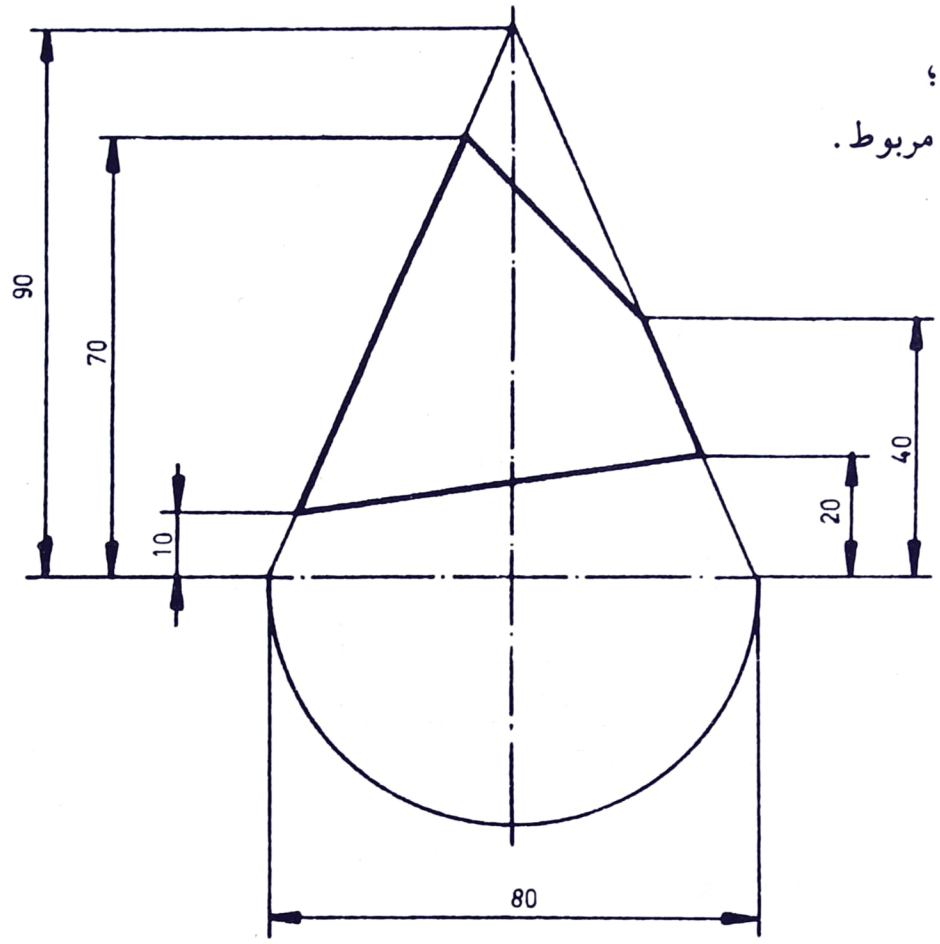
شکل ۶۱ـ۸

مطلوب است :

۱ ـ رسم و تکمیل سه نما از (شکل ۶۲ـ ۸) ؛

۲ ـ رسم گسترش سطح جانبی با درپوشهای مربوط .

مقیاس ۱ : ۱.



شکل ۶۲ـ۸

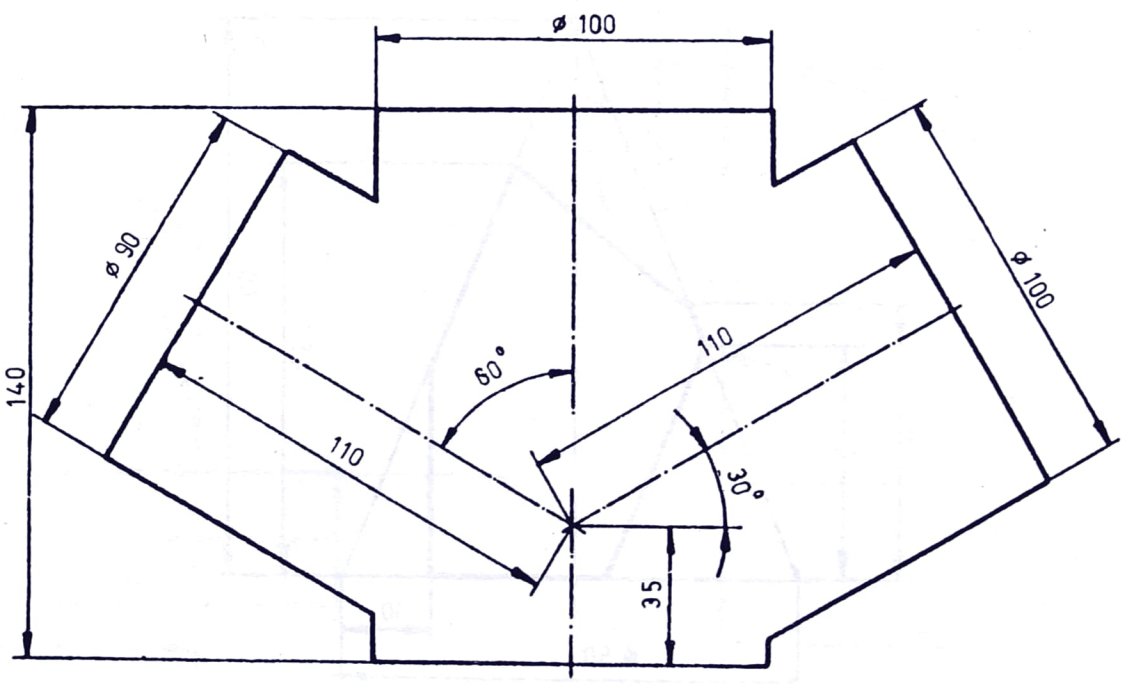
مطلوب است :

۱ ـ رسم و تکمیل سه نما از برخورد استوانه ها از (شکل ۶۳ـ۸) ؛

۲ ـ رسم گسترش استوانه قائم؛

۳ ـ رسم گسترش استوانه با محور مایل .

مقیاس ۱ : ۱.



شکل ۶۳ـ۸

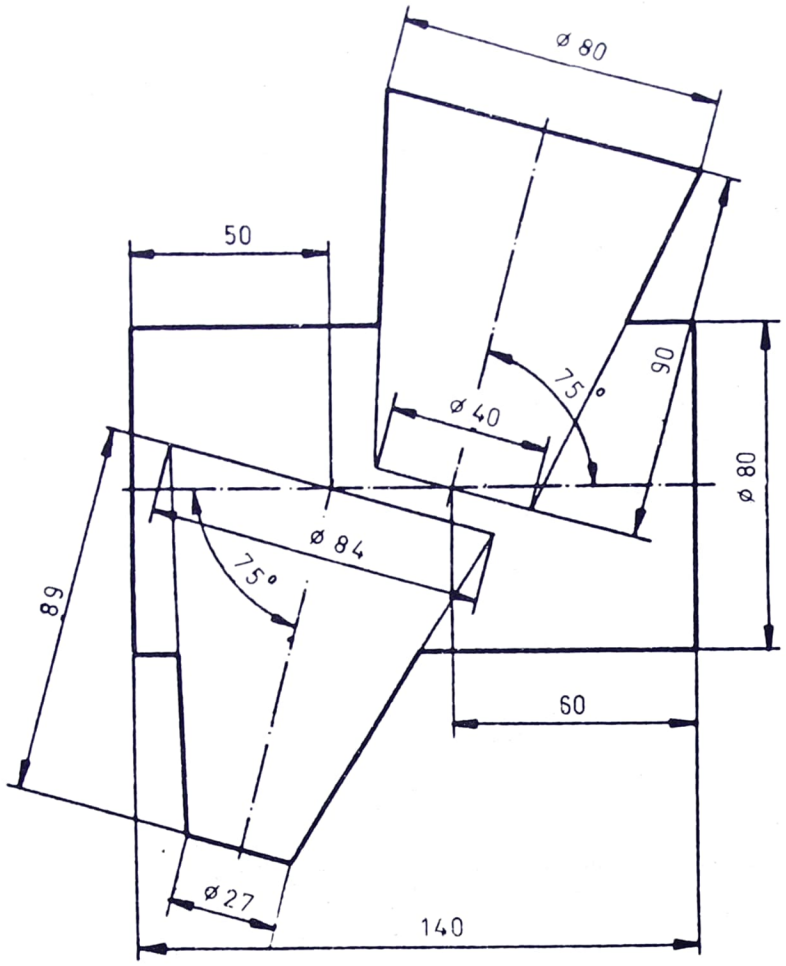
مطلوب است :

۱ ـ رسم و تکمیل سه نما از (شکل ۶۴ ـ ۸) ؛

۲ ـ رسم گسترش استوانه افقی ؛

۳ ـ رسم گسترش مخروط ناقص بالا و پایین .

مقیاس ۱ : ۱ .



شکل ۶۴ـ۸

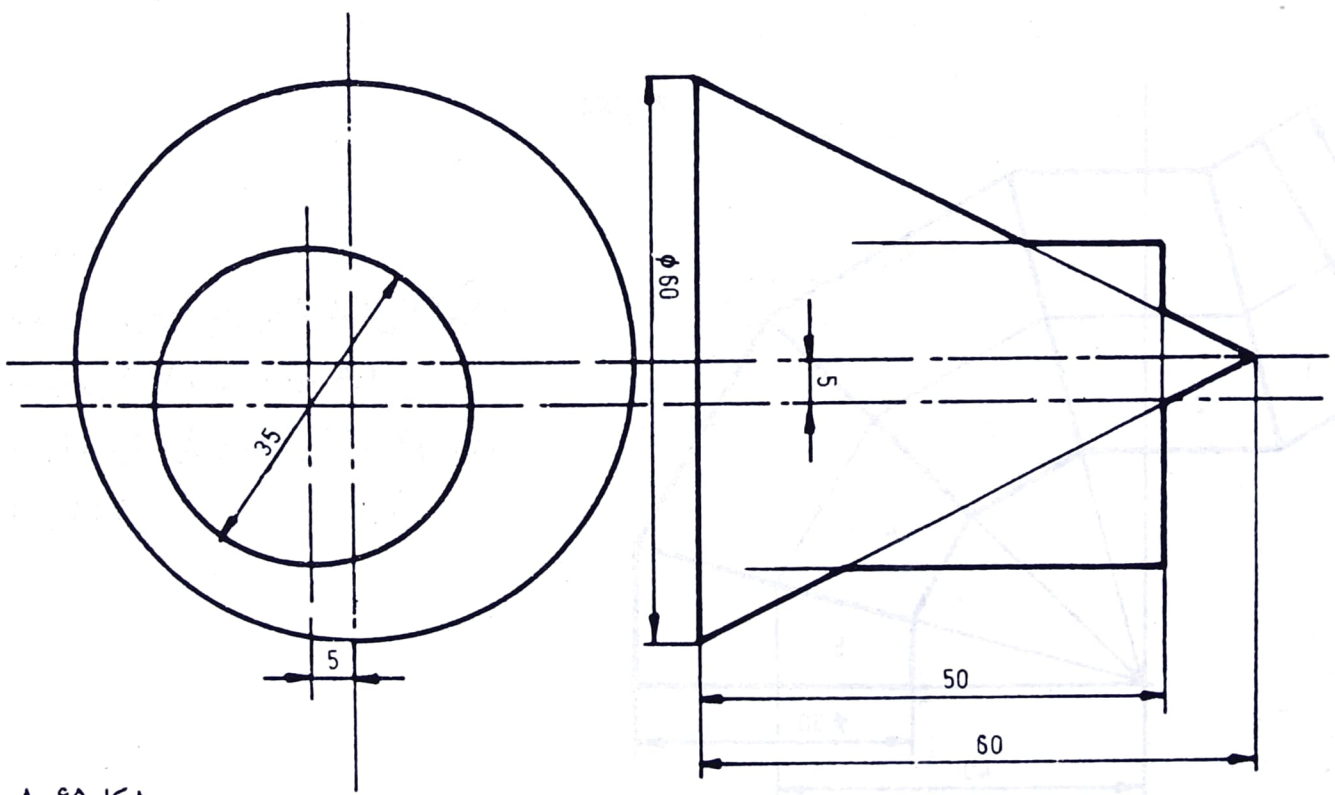
مطلوب است :

۱ ـ رسم و تکمیل سه نما از برخورد استوانه قائم و مخروط قائم از (شکل ۶۵ـ۸) ؛

۲ ـ رسم گسترش مخروط پس از برخورد ؛

۳ ـ رسم گسترش استوانه پس از برخورد .

مقیاس ۱ : ۱.



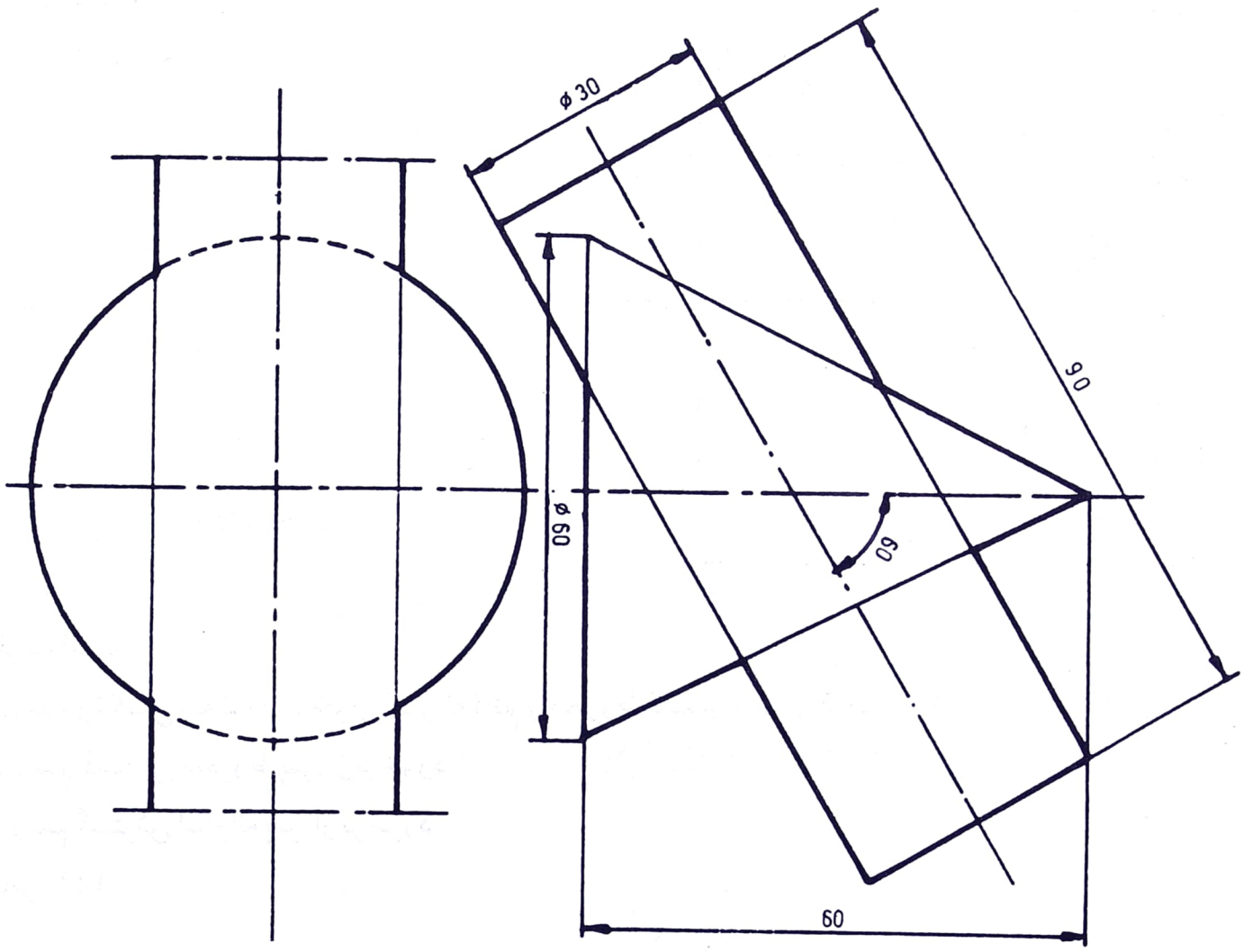
شکل ۶۵ـ۸

مطلوب است :

۱ ـ رسم و تکمیل سه نما از برخورد استوانه با محورXها و مخروط ؛

۲ ـ رسم گسترش استوانه و مخروط پس از برخورد از (شکل ۶۶ـ۸) .

مقیاس ۱ : ۱



شکل ۶۶ـ۸

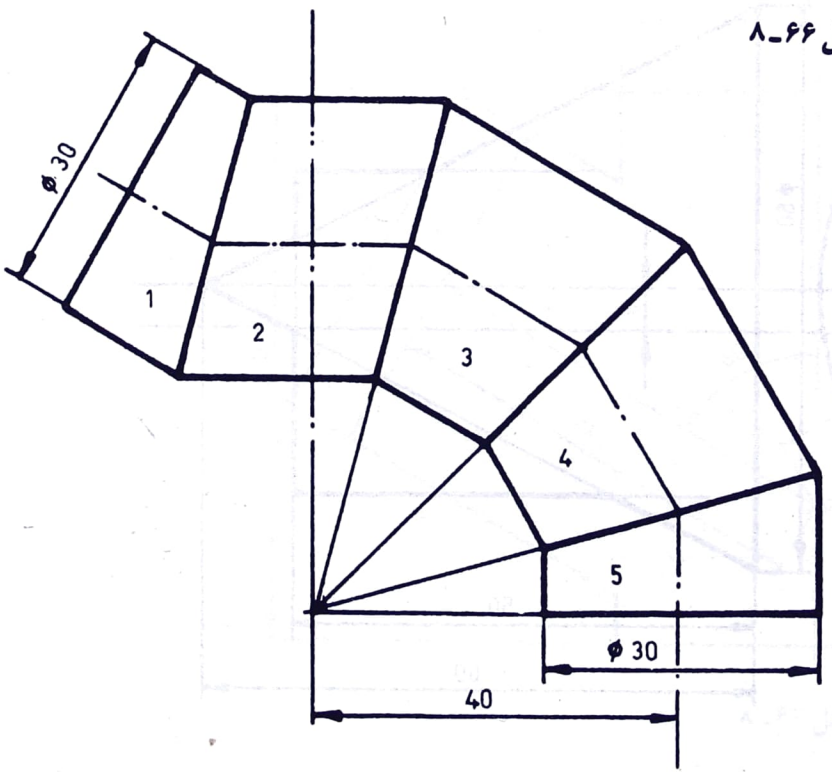
مطلوب است :

۱ ـ رسم زانویی چند پارچه از شکل ۶۷ـ۸ ؛

۲ ـ به مقیاس ۱ : ۲ (در ورق A_3)

۳ ـ رسم گسترش پارچه های (۱ و ۲ و ۳).

به مقیاس ۱ : ۲



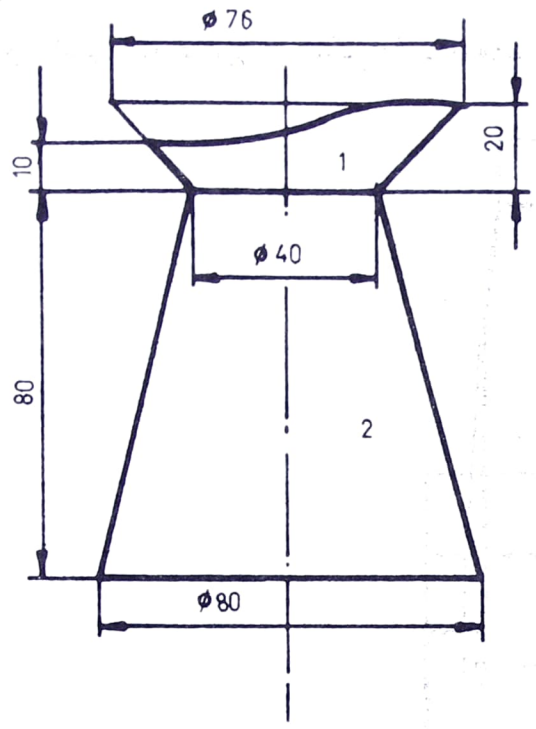
شکل ۶۷ـ۸

مطلوب است :

۱ ـ رسم نمای اصلی و سطحی از (شکل ۶۸ ـ ۸) ؛

۲ ـ رسم گسترش قطعه شماره ۱ و ۲ .

به مقیاس ۱ : ۱



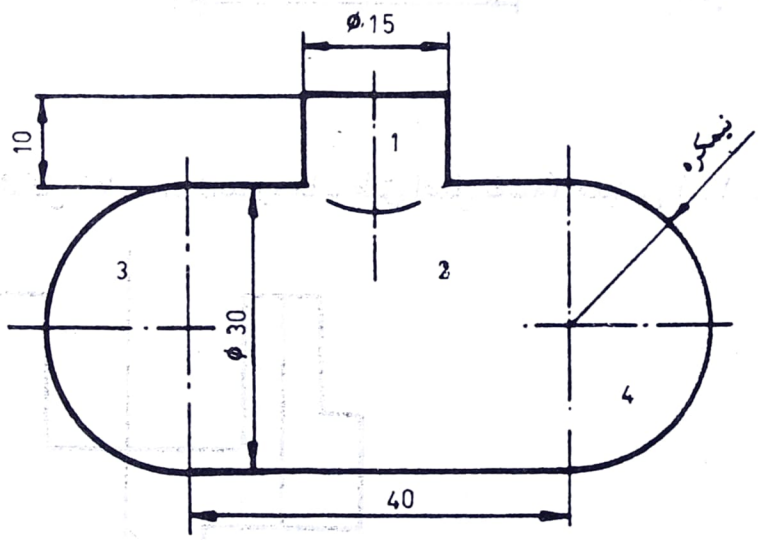
شکل ۶۸ـ۸

مطلوب است :

۱ ـ رسم و تکمیل نمای اصلی از شکل ۶۹ـ۸ ؛ به مقیاس ۱ : ۲ (در ورق A_3) .

۲ ـ رسم گسترش قطعات ۱ و ۲ و ۴ .

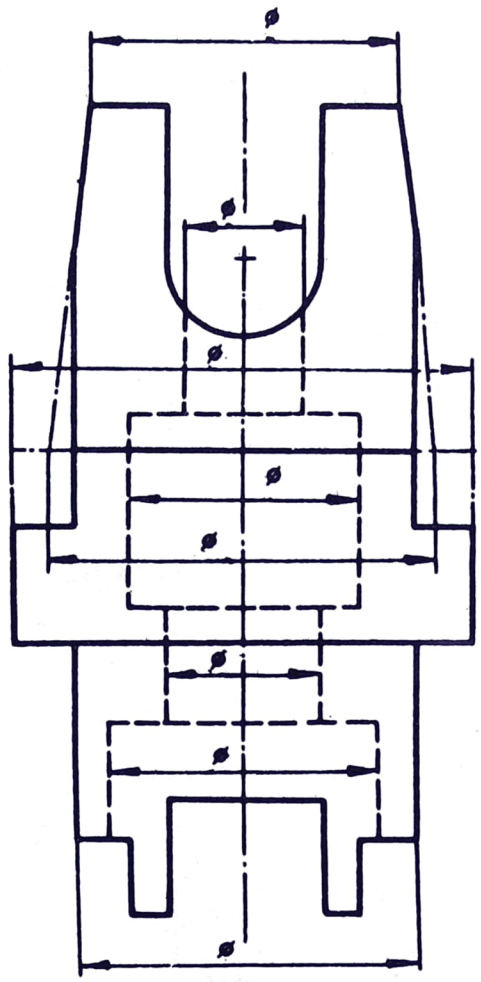
به مقیاس ۱ : ۲



شکل ۶۹ـ۸

مطلوب است:

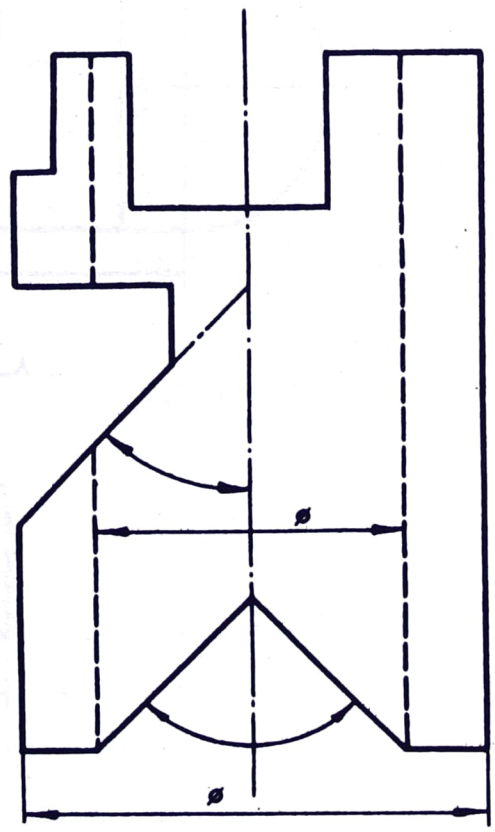
رسم و تکمیل سه تصویر از شکل ۷۰ ـ ۸ مقیاس ۱ : ۱ (اندازه‌ها از روی نقشه).



شکل ۷۰ـ۸

مطلوب است:

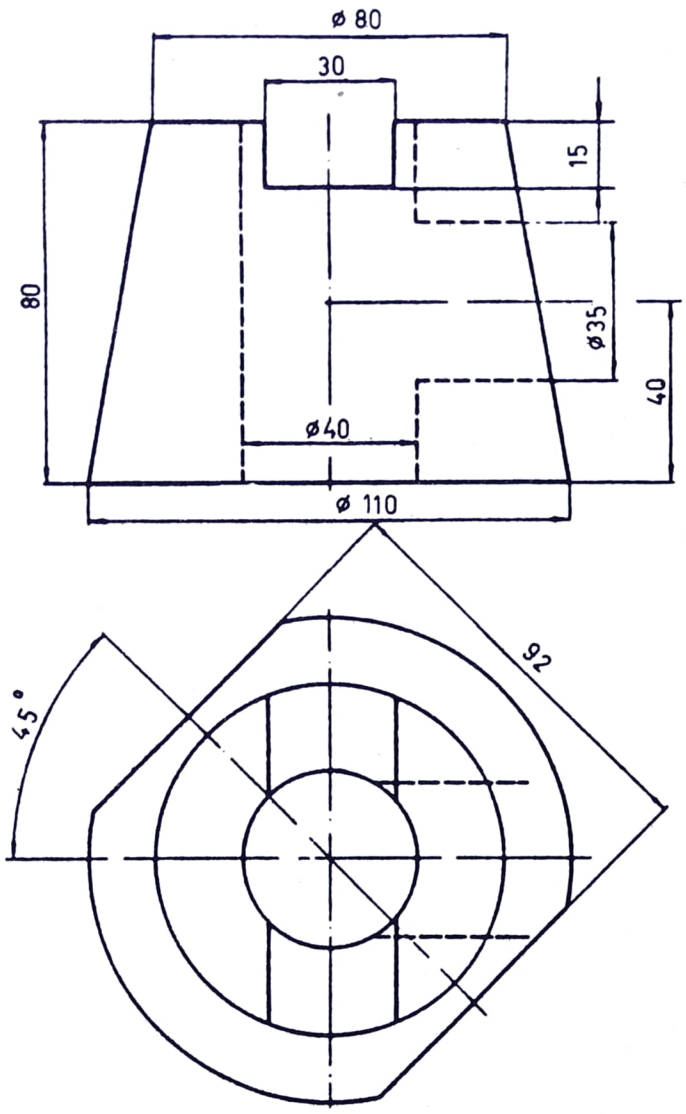
رسم و تکمیل سه تصویر از شکل ۷۱ ـ ۸. (اندازه‌ها برطبق اصل نقشه) مقیاس ۱ : ۱ .



شکل ۷۱ـ۸

مطلوب است:

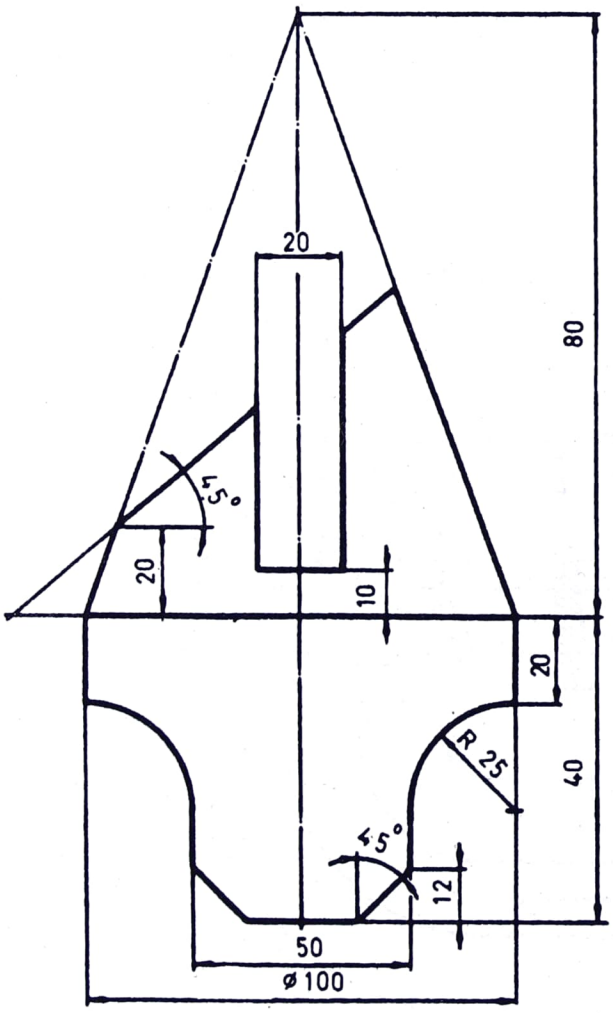
رسم و تکمیل سه نما از شکل ۷۲ ـ ۸ مقیاس ۱ : ۱ .



شکل ۷۲ـ۸

مطلوب است:

رسم و تکمیل سه نما از شکل ۷۳ ـ ۸ مقیاس ۱ : ۱ .

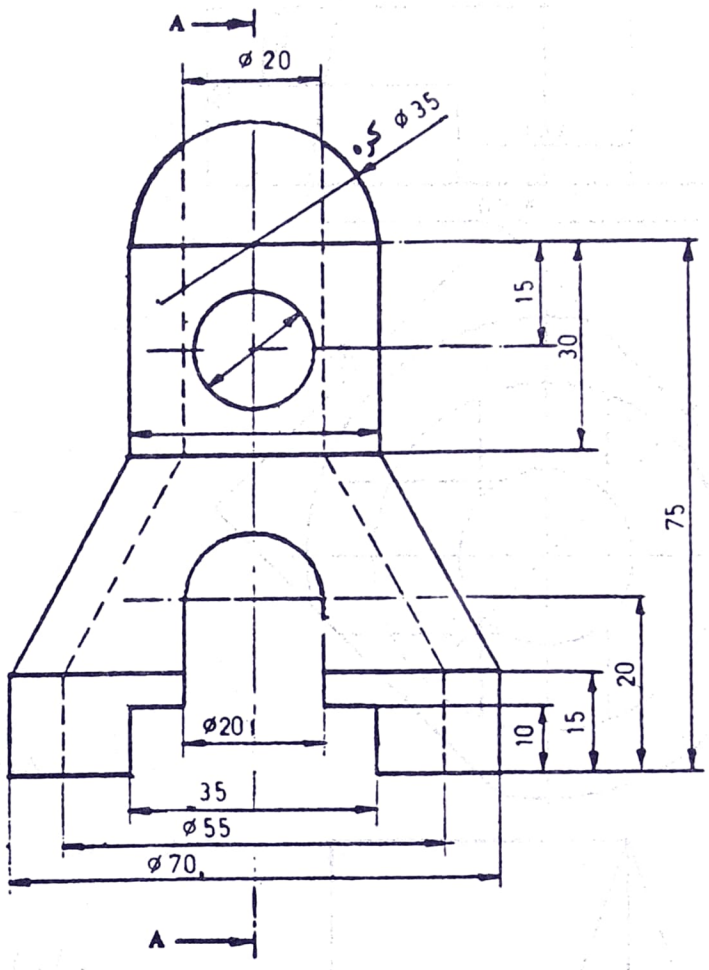


شکل ۷۳ـ۸

مطلوب است :

۱ ـ رسم و تکمیل نمای اصلی و سطحی از شکل ۷۴ ـ ۸ ؛

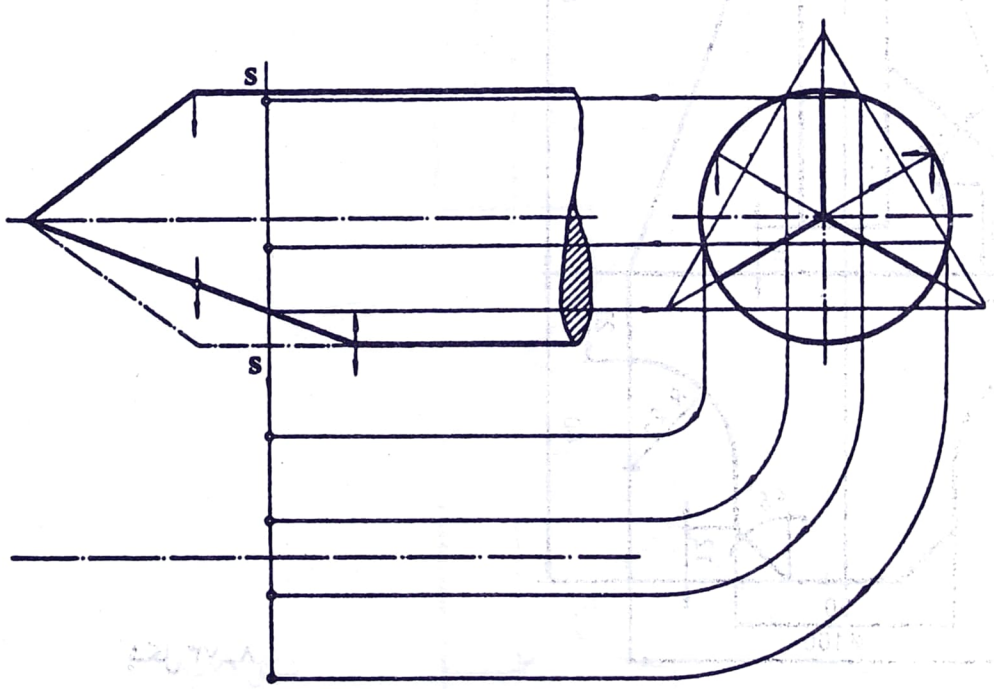
۲ ـ رسم نمای جانبی در برش A = A مقیاس ۱ : ۱ .



شکل ۷۴ـ۸

مطلوب است :

رسم و تکمیل سه نما از شکل ۷۵ ـ ۸ مقیاس ۱ : ۲ .

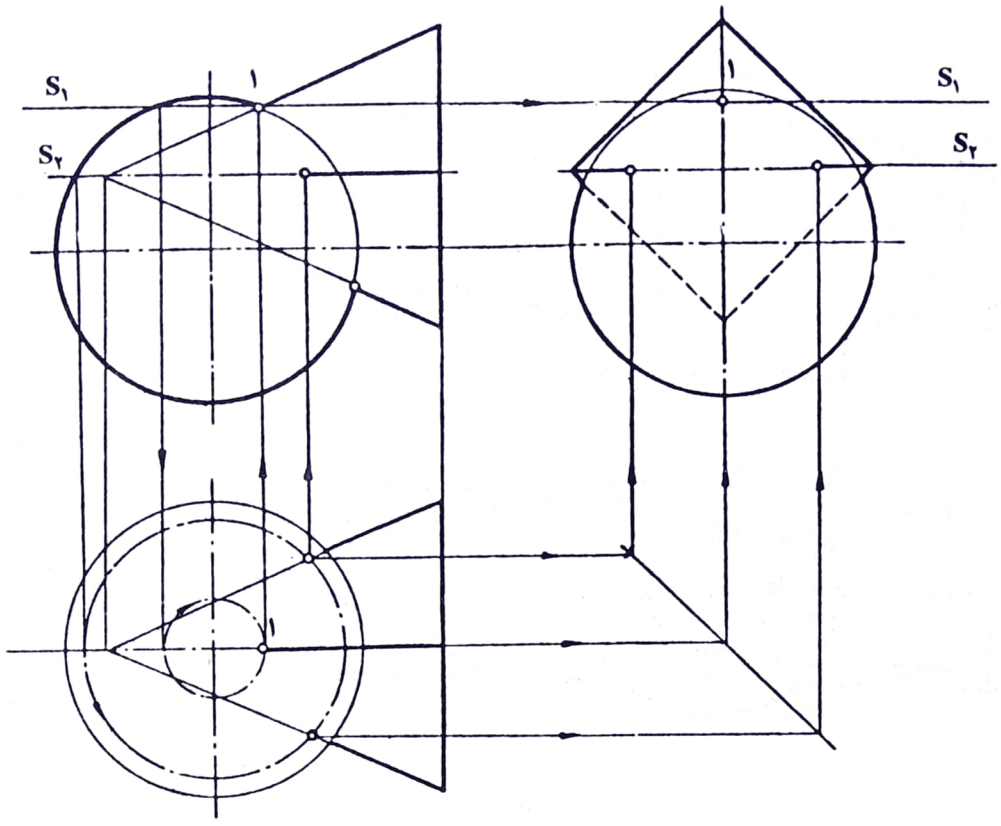


شکل ۷۵ـ۸

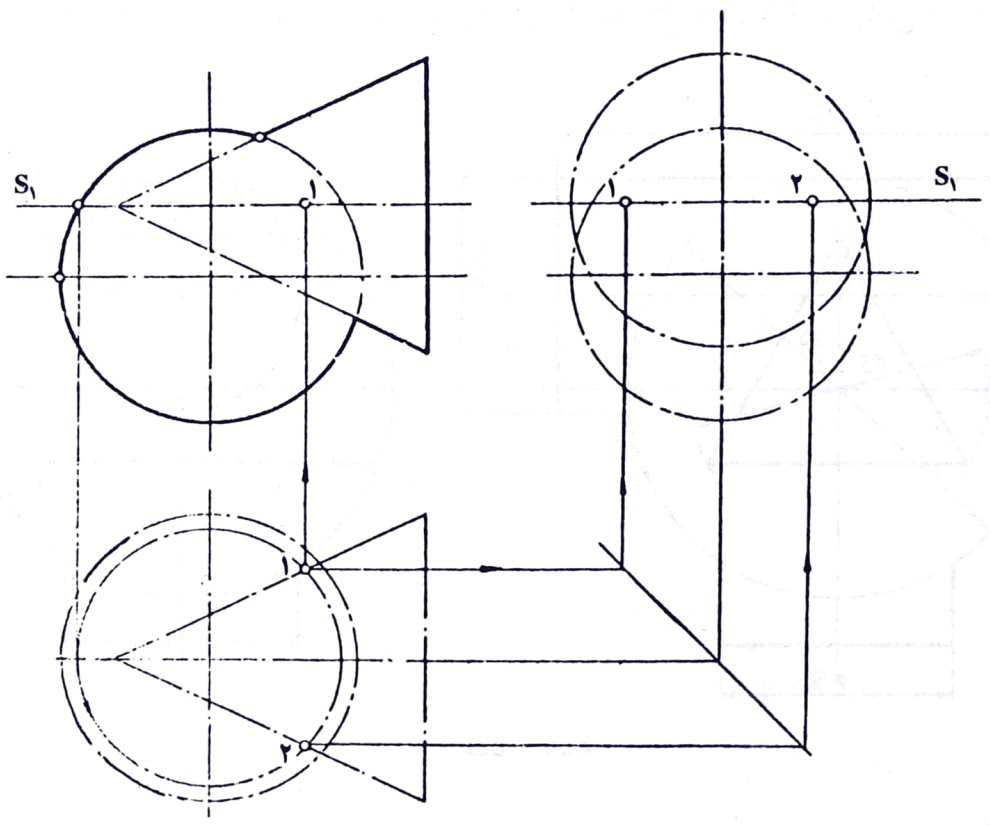
مطلوب است :

۱ـ ترسیم و تکمیل سه نما از برخورد کره با هرم و مخروط ها در (شکلهای ۷۶ـ ۸ و ۷۷ـ ۸).

مقیاس ۱ : ۲ (از روش مرور صفحه استفاده شود.)



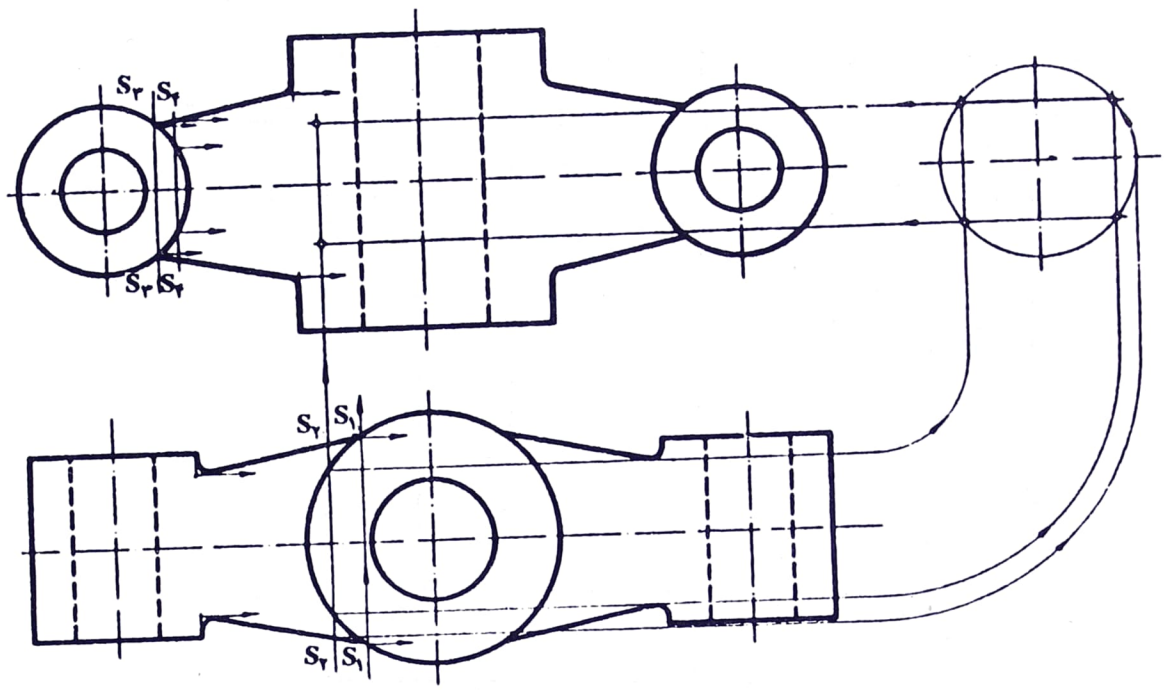
شکل ۷۶ـ ۸



شکل ۷۷ـ ۸

مطلوب است :

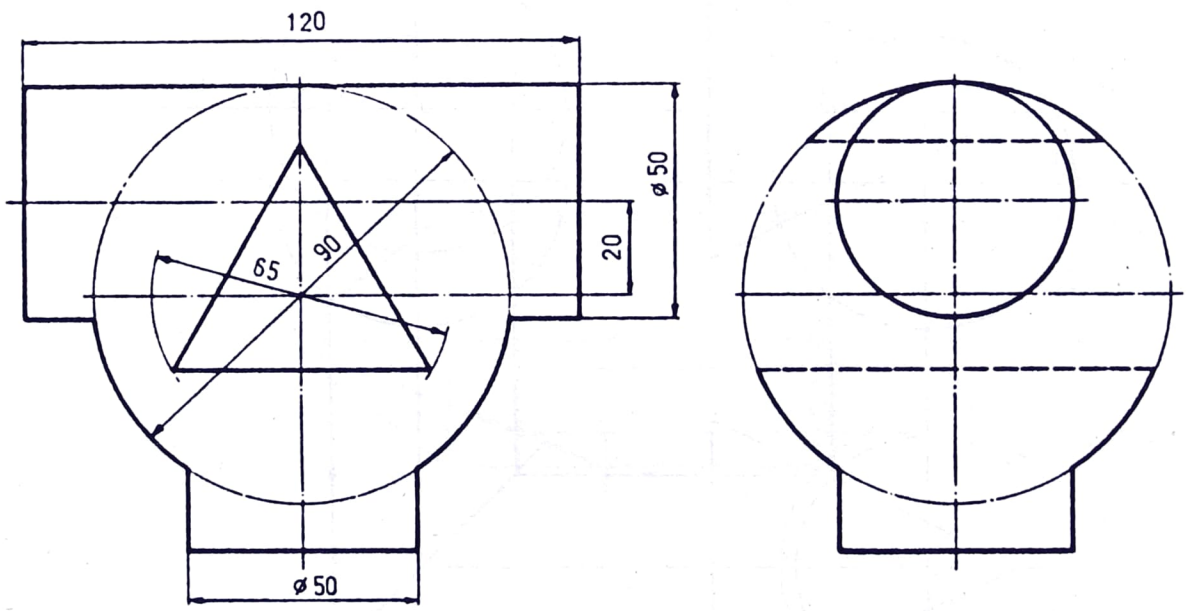
۱ـ رسم و تکمیل سه نما از (شکل ۷۸ـ۸). مقیاس ۱ : ۱ (اندازه‌ها از روی شکل اصلی).



شکل ۷۸ـ۸

مطلوب است :

۱ـ رسم و تکمیل سه نما از برخورد کره با استوانه و منشور از (شکل ۷۹ـ۸). مقیاس ۱ : ۱ .



شکل ۷۹ـ۸

بخش دوم

کیفیت سطح و تولرانسها

کیفیت سطح

هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می رود که در پایان این فصل:

- روش تعیین زبری Ra را معرفی کند.
- روش تعیین زبری Rz را معرفی کند.
- مقدار Rz یا Ra را برای روشهای مختلف تولید از جدول استخراج کند.

مدت زمان آموزش

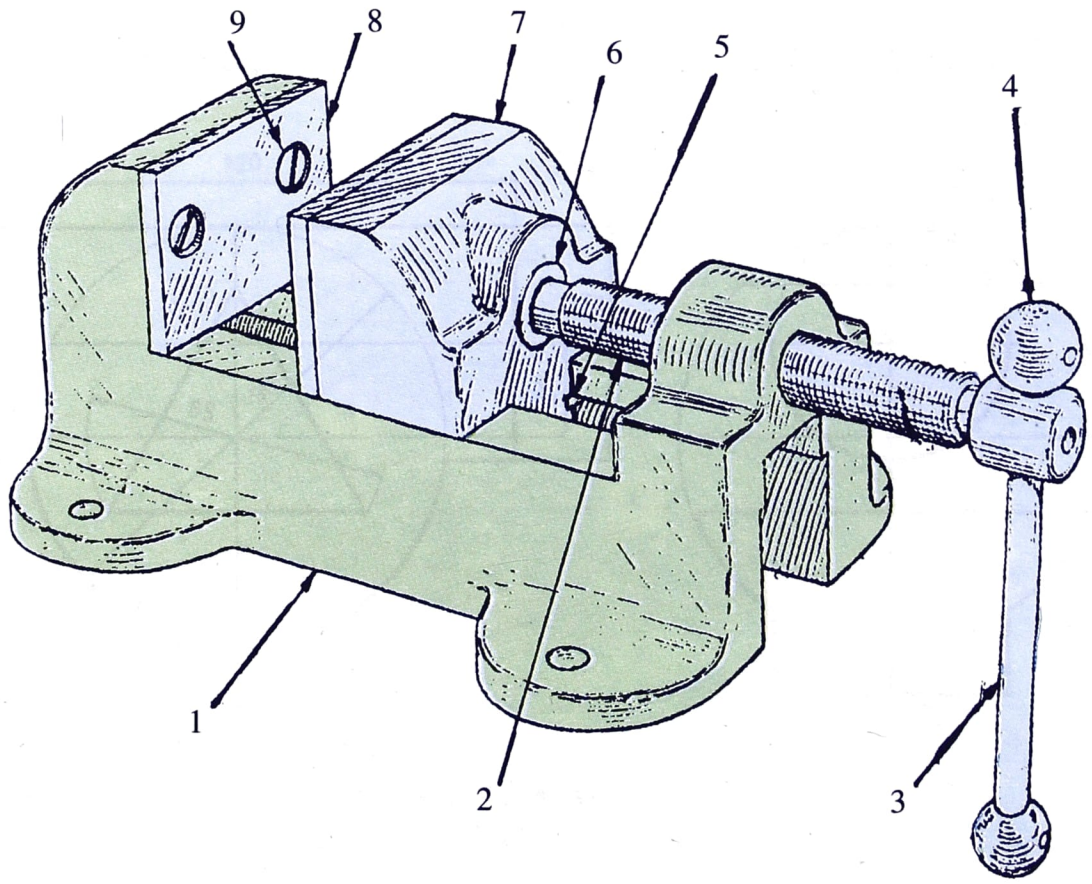
۴ ساعت

۹ـ کیفیت سطح

۱ـ۹ـ مقدمه

به شکل ۱ـ۹ نگاه کنید. در این شکل یک گیرهٔ رومیزی که شامل قطعات گوناگونی از قبیل پیچ، اهرم، فک متحرک، بدنه و ... است، ملاحظه می شود.

هریک از این قطعات به روش مخصوص خود تولید می شود و هرکدام از نظر پرداخت، سطوح مختلفی دارد.

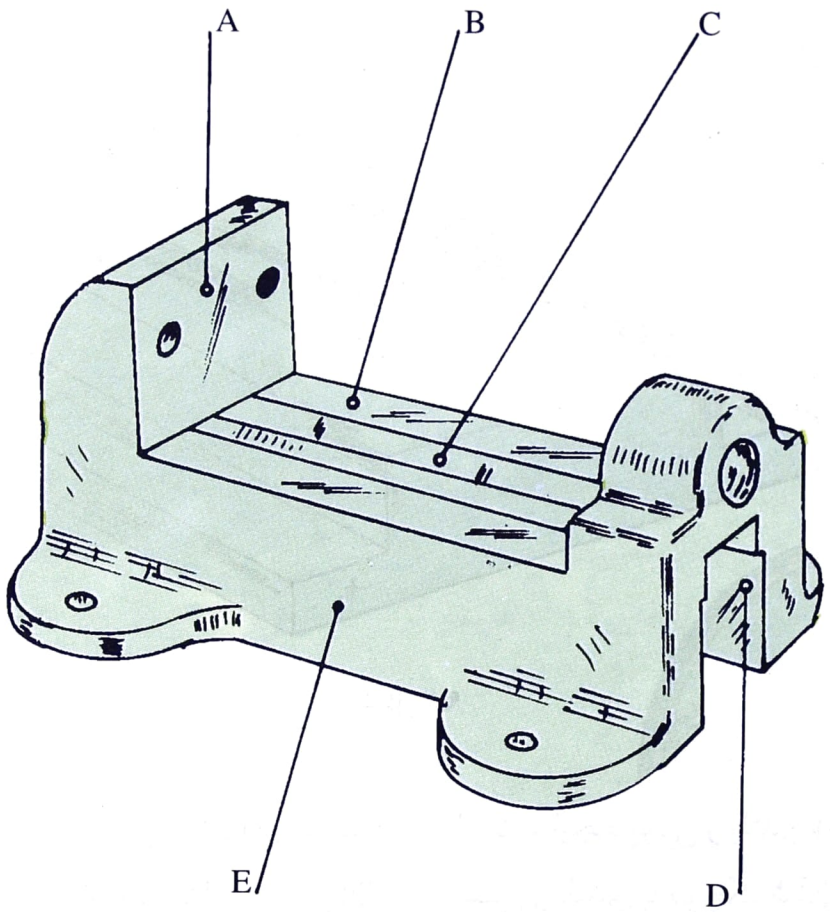


شکل ۱ـ۹

یک سؤال مهم! آیا لازم است تمام سطوح موجود در یک قطعه به یک اندازه پرداخت شود؟

شکل ۲ـ۹ را نگاه کنید.

در این شکل بدنهٔ گیره را به تنهایی می بینید. برای ساخت این قطعه ابتدا از عملیات ریخته‌گری استفاده شده سپس با انجام عملیات ماشینکاری برروی آن، تکمیل و برای استفاده آماده شده است.



شکل ۲ـ۹

با اندکی دقّت ملاحظه می کنید که روی این قطعه سطوح مختلفی قابل تشخیص است:

ـ سطح A نیاز به ماشینکاری دارد، زیرا باید نسبت به سطح B گونیا شود؛ البته پرداخت زیادی را لازم ندارد، چون قسمت آج خوردهٔ فک روی آن سوار می شود.

ـ سطح B باید با دقت پرداخت شود تا فک متحرک براحتی بلغزد.

ـ سطح C به علت آن که یک سطح راهنما است، نیاز به ماشینکاری و پرداخت خوب دارد.

ـ سطح D نیز به صورت اولیه «حاصل از ریخته‌گری» باقی خواهد ماند؛ البته ممکن است در صورت لزوم کمی خشن تراشی شود.

ـ سطح E به همان صورت حاصل از ریخته گری باقی می ماند؛ «البته ممکن است طراح دستوری مبنی بر این که سطح حتی الامکان تمیزتر ریخته گری شود، داده باشد».

همان طور که ملاحظه شد، سطوح یادشده با دقتهای مختلفی از نظر پرداخت ساخته می شوند. پس یک حقیقت مهم صنعتی آن است که سطوح را با دقتی در حدّ لزوم پرداخت نمایند. زیرا پرداخت زیادتر از نیاز، باعث صرف وقت و هزینهٔ بیشتر است که این در نهایت باعث بالا رفتن قیمت تولید می شود، «ضمن آن که فایده ای هم ندارد». به عبارت دیگر، در صنعت **هر سطح تا آن اندازه پرداخت می شود که بتواند وظیفهٔ محوله را با دقت لازم انجام دهد.**

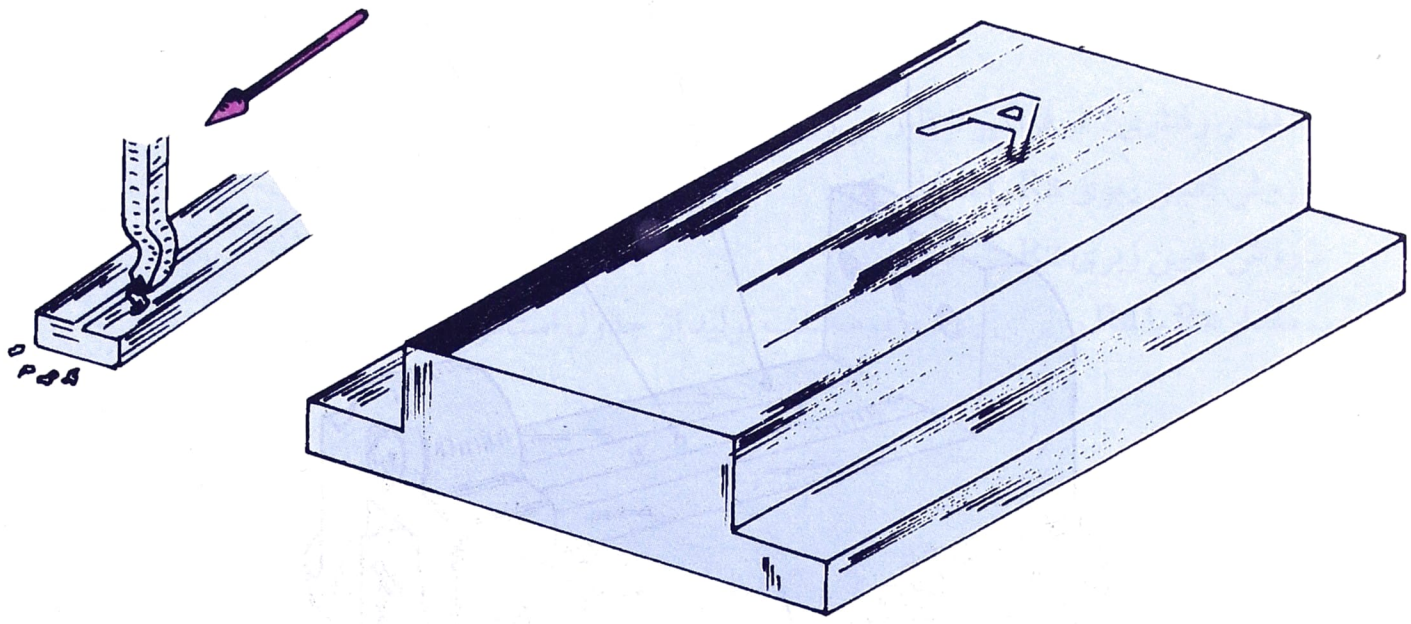
با توجه به آنچه که گذشت، با مشاهدهٔ یک سطح خواهید دید که از پرداخت معینی برخوردار است و بالعکس می توان گفت که آن سطح دارای زبری معینی است.

در صنعت معمول است که برای سطوح مختلف درجات معینی از زبری را قائل شوند تا بتوان آنها را از نظر

صافی و پرداختی با یکدیگر مقایسه نمود.

در شکل ۳ـ۹ قطعه ای را ملاحظه می کنید که در آن سطح A به روش صفحه تراشی تولید شده است.

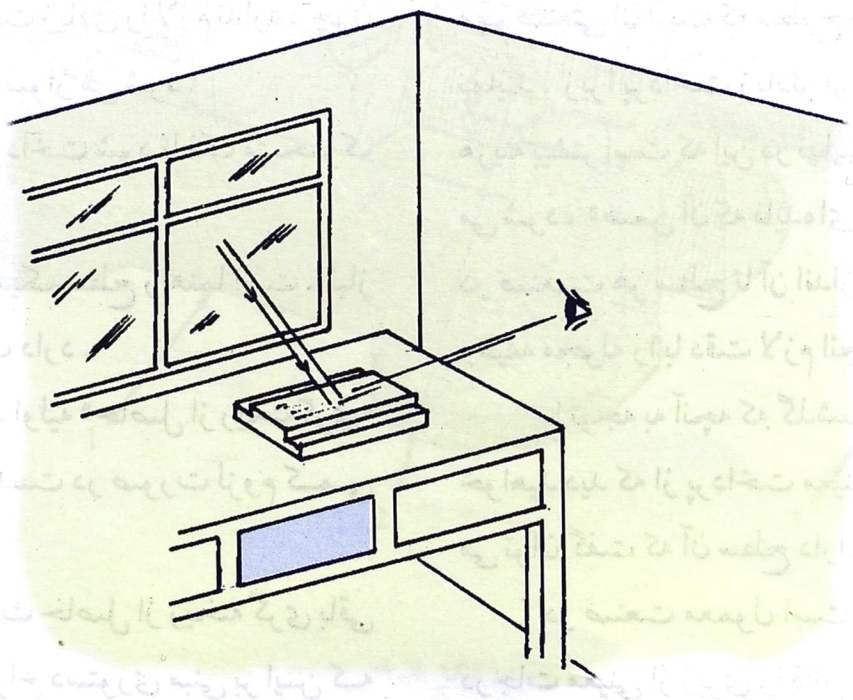
در این شکل با رسم یک فلش، جهت براده برداری مشخص شده است. شیارهای بسیار ظریف، حاصل از عمل رنده را در اصطلاح جهت خواب ابزار می نامند که در حقیقت همان جهت تولید است.



شکل ۳ـ۹

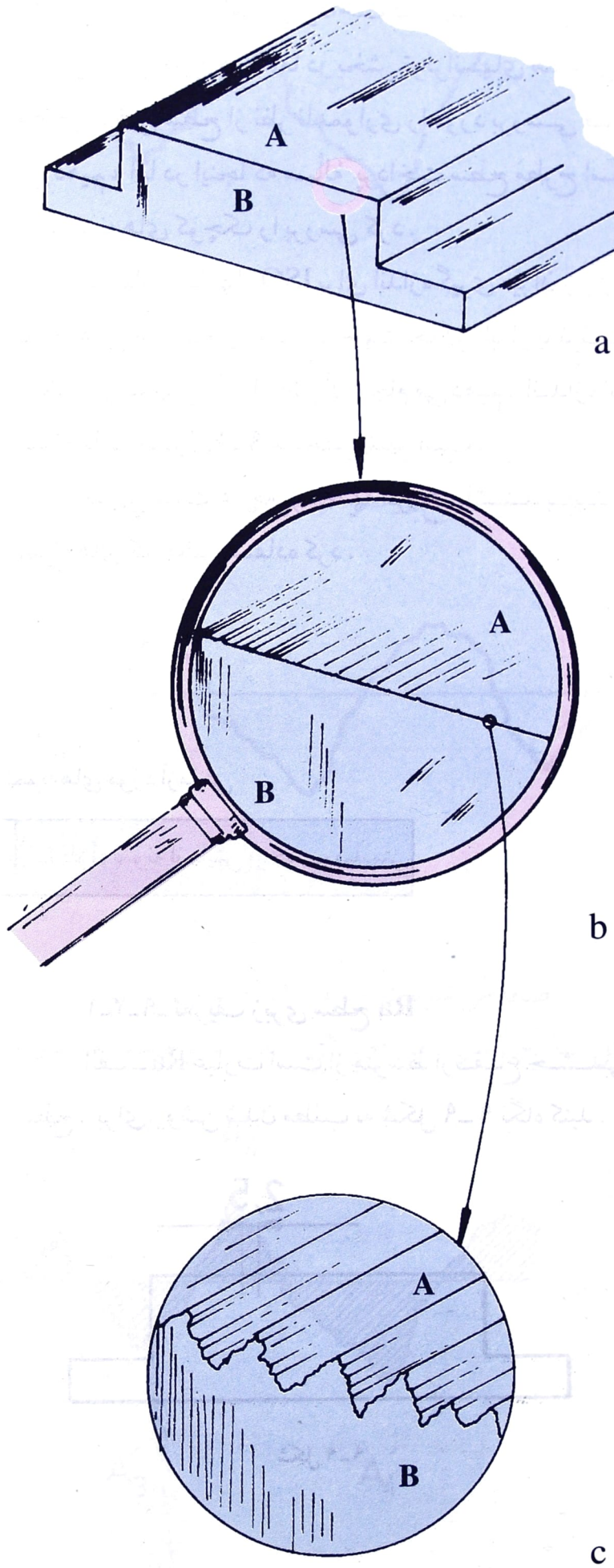
اگر برای تولید این سطح بهترین شرایط را در نظر بگیریم، بازهم جهت براده برداری یا خواب ابزار را می توان با چشم دید؛ به علاوه اگر ناخن انگشت را به ملایمت روی سطح بکشید، خواب ابزار احساس خواهد شد (شکل ۴ـ۹).

در این جا خاطرنشان می شود که چون براده برداری از یک سطح بایستی به کمک ابزار صورت گیرد و عمل این ابزار در نهایت کندن ذرّات با اندازه های متفاوت از سطح مورد نظر است، ایجاد پستی و بلندی اجتناب ناپذیر است. البته این پستی و بلندی با کوچک شدن اندازهٔ ذرّات کم خواهد شد، اما به هرحال حتی زمانی که براده ها آن قدر ریز باشند که با چشم دیده نشوند، باز هم پستی و بلندی به وجود می آید. ساده تر بگوییم، امکان ندارد که سطحی مطلقاً صاف به دست آورد.



شکل ۴ـ۹

اگر به کمک یک ذره بین، پستی و بلندی موجود بر سطح را حدود ۲۰ برابر بزرگ کنیم، تصویری مانند شکل b ۵ـ۹ مشاهده خواهد شد.

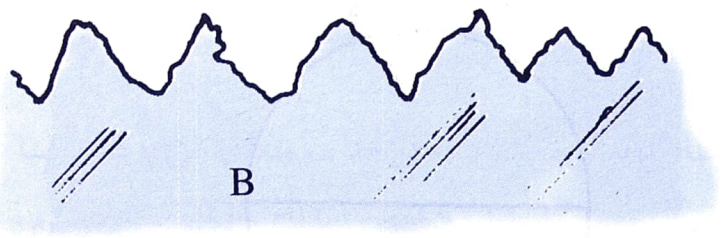


شکل ۵ـ۹

حال اگر به کمک یک میکروسکوپ عمل بزرگ نمایی را انجام دهیم، شکل c ۵ـ۹ حاصل خواهد شد.

این شکل با حدود بزرگ نمایی ۵۰۰ برابر حاصل شده است. به این ترتیب می بینید که یک سطح به ظاهر صاف و پرداخت شده ممکن است تا چه اندازه دارای ناهمواری باشد.

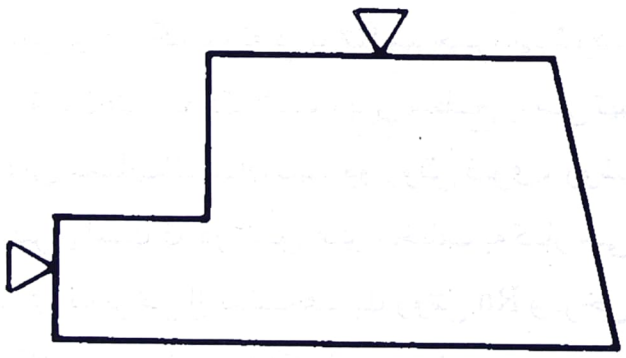
در اینجا به یک نکتهٔ مهم توجه کنید که انتخاب مقطع برای بزرگ نمایی، عمود بر جهت تولید صورت گرفته است. شکل ۶ـ۹ تصویر بزرگ شدهٔ مقطع را در دید از جلو نشان می دهد.



شکل ۶ـ۹

اکنون باید دید که چگونه میزان پرداخت سطح را مشخص می کنیم؛ «یعنی در نقشه نمایش می دهیم». در استانداردهای قدیمی استفاده از علائم مثلثی رایج بوده است؛ مثلاً با تقسیم میزان پرداخت به چهار مرحله، این کار انجام می شد.

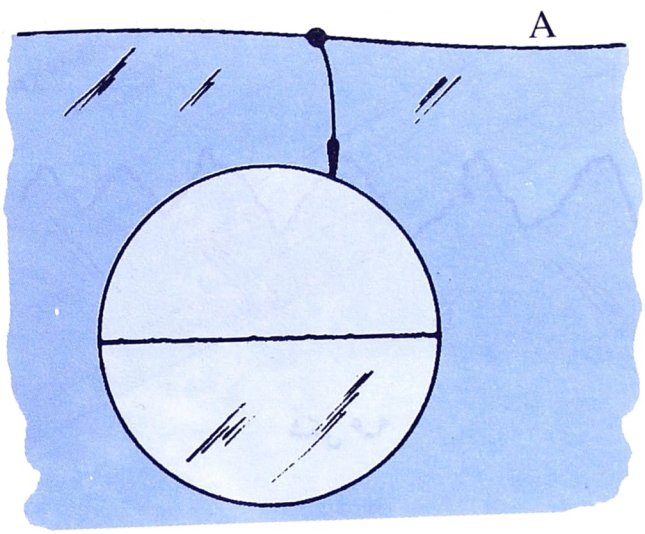
برای مثال اگر خطوط حاصل از تولید سطحی با چشم مشاهده و با دست حس می‌گردید، گفته می شد که سطح خشن است و اگر چنین سطحی با براده برداری به دست می آمد، از یک مثلث برای مشخص کردن آن استفاده می شد. «در ادامه در این باره توضیح بیشتر داده می شود». شکل ۷ـ۹ نمونه ای را ارائه می دهد.



شکل ۷ـ۹

با توجهی مختصر به این تقسیم بندی فوراً متوجه می شویم که تقسیم بندی پرداخت سطح به چهار مرحله، برای کارهای مختلف صنعت مطلقاً گویا و کافی نیست؛ به این جهت استاندارد ISO، ۱۲ مرحله برای پرداخت پیشنهاد کرده است.

اینک به نکتهٔ دیگری توجه کنید: یک سطح بزرگ در عین پرداختی، ممکن است، دارای ناهمواری یا موج باشد. به شکل ۸ ـ ۹ دقت کنید.



شکل ۸ـ۹

سطح Aدر عین آن که مطابق نمونه دارای پرداخت خوب است، در اندازهٔ بزرگ موج و ناهمواری دارد. به این ترتیب توجه می کنید که باید وضعیت کلی سطح از نظر هندسی را با یک علامت و پرداخت قسمتهای جزیی را با علامتی دیگر معین کرد. ما در بخش تولرانسهای هندسی، وضعیت کلی سطح از نظر ناهمواری را مورد بررسی قرار می دهیم، اما در اینجا که مسألهٔ پرداخت سطح مطرح است باید نمونه های کوچک را بررسی کرد.

براساس پیشنهاد ISO برای اندازه گیری میزان زبری، نمونه هایی از سطح را عمود بر جهت خواب ابزار یا تولید انتخاب و سنجش را براساس آن انجام می دهیم. اندازهٔ این نمونه ها در جدول ۱ـ ۹ مشخص شده است.

بدیهی است هرچه پرداختها ظریفتر باشند باید از نمونه های کوچکتر استفاده کرد.

جدول ۱ـ ۹ـ مربوط به طول نمونه های مورد آزمایش

L طول نمونهٔ آزمایش برحسب میلیمتر	۰/۰۸	۰/۲۵	۰/۸	۲/۵	۸

۲ـ۹ـ معیارهای تعیین زبری سطح

مهمترین معیارهای تعیین زبری سطح عبارتند از:

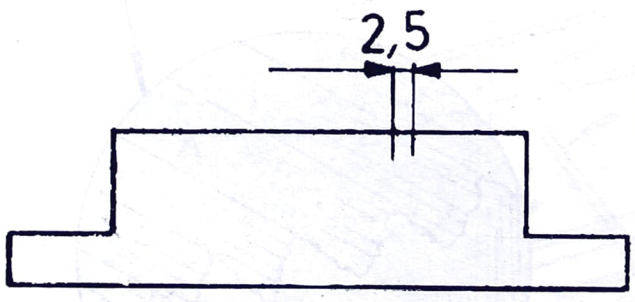
الف ـ میانگین زبری سطح که با علامت Ra مشخص می شود.

ب ـ میانگین بلندترین ارتفاعهای زبری در پنج اندازه گیری در یک نمونه که با Rz مشخص می شود.

همان طور که ذکر شد، زبری سطح را می توان با روشهای مختلف نشان داد. دو روش فوق، روشهای معروفتری است که در کشورهای مختلف به کار می رود؛ به طوری که برخی از نقشه ها با روش Ra و برخی با Rz علامتگذاری می شود. اینک شرح مختصری در مورد هرکدام ارائه می دهیم.

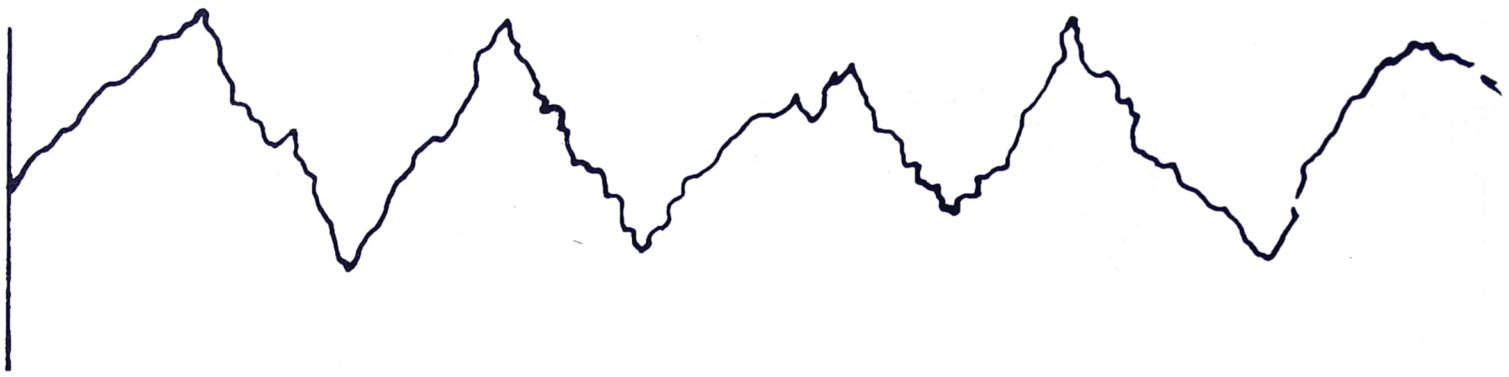
۱ـ۲ـ۹ـ تعریف زبری سطح Ra

الف ـ Ra عبارت است از متوسط ارتفاع خشنی سطح. برای روشن شدن مطلب به شکل ۹ـ ۹ نگاه کنید.



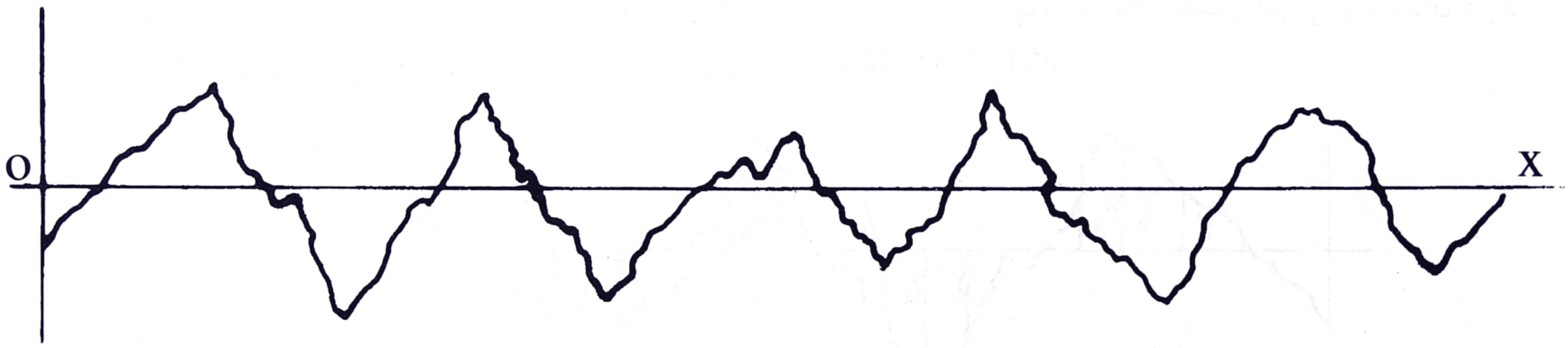
شکل ۹ـ۹

در این شکل نمونه ای دیده می شود که طـول آن ۲٫۵ انتخاب شده است . بدیهی است در این نمونه پستی و بلندیها با چشم غیرمسلح مشخص نیست؛ پس به کمک وسیلـه ای مثل یک ذره بین قوی یا میکروسکوپ طول نمونه را بـزرگ می کنیم که در این صورت شکلـی مـانـنـد ۱۰ـ ۹ ملاحظـه می شود .



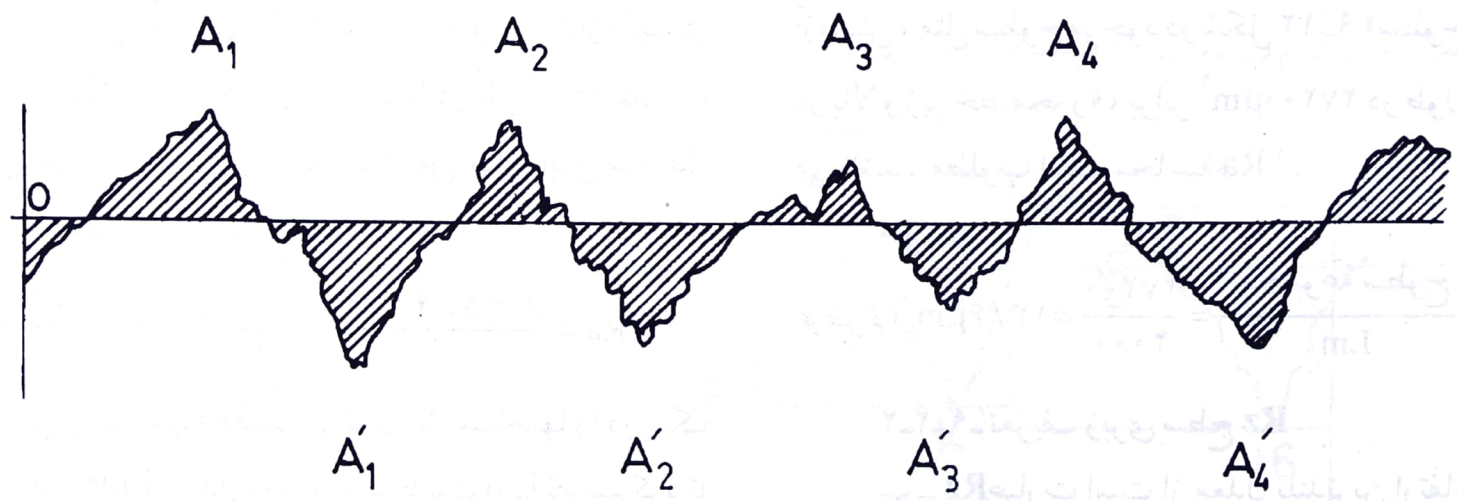
شکل ۱۰ـ۹

در این شکل می توان خطی را به طور تقریب موازی با جهت عمومی سطح در نظر گرفت . به طور دقیقتر این خـط چنان اختیار می شود که درحد متوسط پستی و بلندیـهـا قرار گیرد . در شکل ۱۱ـ ۹ خط را با نام OX ترسیم کردیم .



شکل ۱۱ـ۹

اضافه می شود که خـط OX چنان رسم شده که جمع کل سطوح هاشور خوردهٔ بالای خط با سطوح هاشور خوردهٔ پایین خط مساوی باشند (شکل ۱۲ـ ۹) .

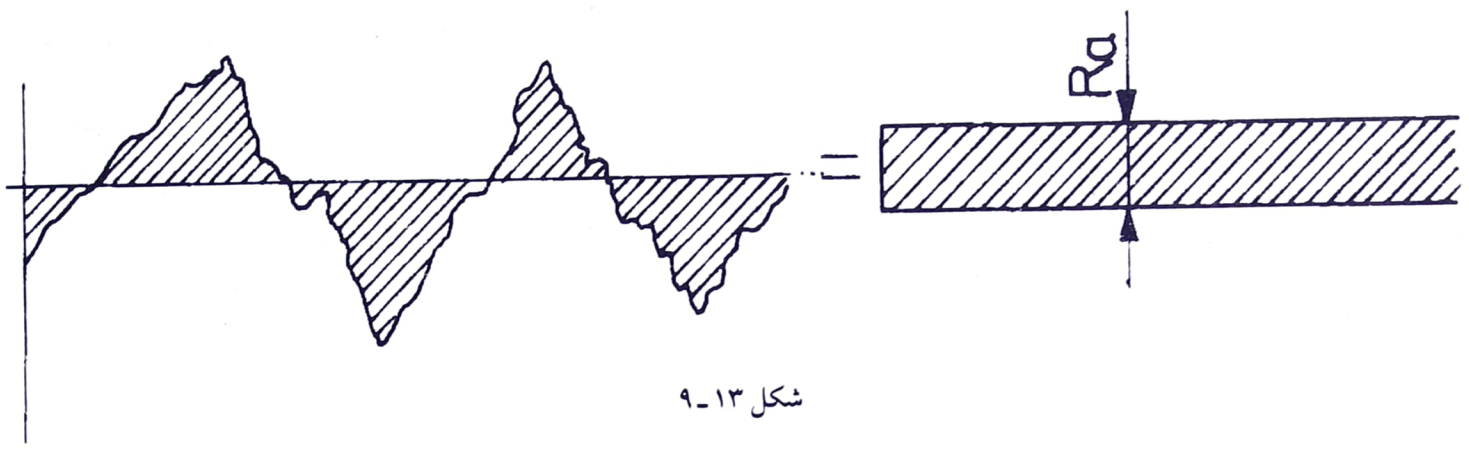


شکل ۱۲ـ۹

به این ترتیب می توان نوشت :

$$A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + \ldots = A'_1 + A'_2 + A'_3 + A'_4 + \ldots$$

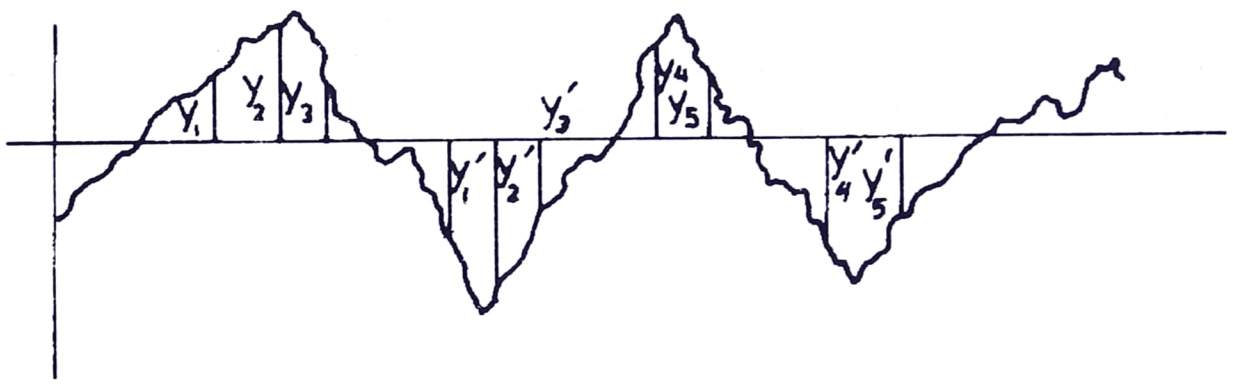
مجموعهٔ سطوح فوق را می توان به صورت نواری با عرض یکنواخت و طول OX درآورد (شکل ۱۳ـ۹).



شکل ۱۳ـ۹

با کمی دقت متوجه می شویم که عرض این مستطیل باید برابر Ra یا متوسط ارتفاع خشنی «زبری» باشد. روشن است که به علت کوچکی فوق العادهٔ این عرض باید آن را با واحدی مناسب اندازه گیری کرد. در اینجا از واحد میکرون متر «یک میلیونیم متر» استفاده می کنیم. همچنین مشاهده می شود که عرض این نوار می تواند دقیقاً معرف میزان پرداخت سطح باشد، چرا که هرچه عرض آن کمتر شود سطح پرداخت تر خواهد بود.

این مطلب را به زبان ریاضی هم می توان بیان کرد. شکل ۱۴ـ۹ را نگاه کنید.



شکل ۱۴ـ۹

به تعداد ارتفاعات مثبت یعنی y_1 ، y_2 ، y_3 و ... ارتفاعات منفی یعنی y'_1 ، y'_2 ، y'_3 و ... اندازه گیری می شود؛ آنگاه معدل حسابی آنها بدون در نظر گرفتن علامت منفی برای y'_1 ، y'_2 و ... به دست می آید. این معدل حسابی، همان Ra است :

$$Ra = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + \ldots y_n + y'_1 + y'_2 + y'_3 + \ldots y'_n}{2n}$$

برای محاسبهٔ دقیقتر می‌توان کل مساحتها را در یک طول معین «Lm» اندازه گیری و بر طول Lm تقسیم کرد تا متوسط عرض نوار به دست آید.

مثال : مجموعهٔ سطوح اندازه گیری شده در یک آزمایش، مثل سطوح موجود در شکل ۱۲ـ۹ «سطوح موجود در بالا و زیر خط محور»، برابر $۲۷۲۰۰ \mu m^2$ در طول ۲ mm می باشد. مطلوب است محاسبهٔ Ra [1].

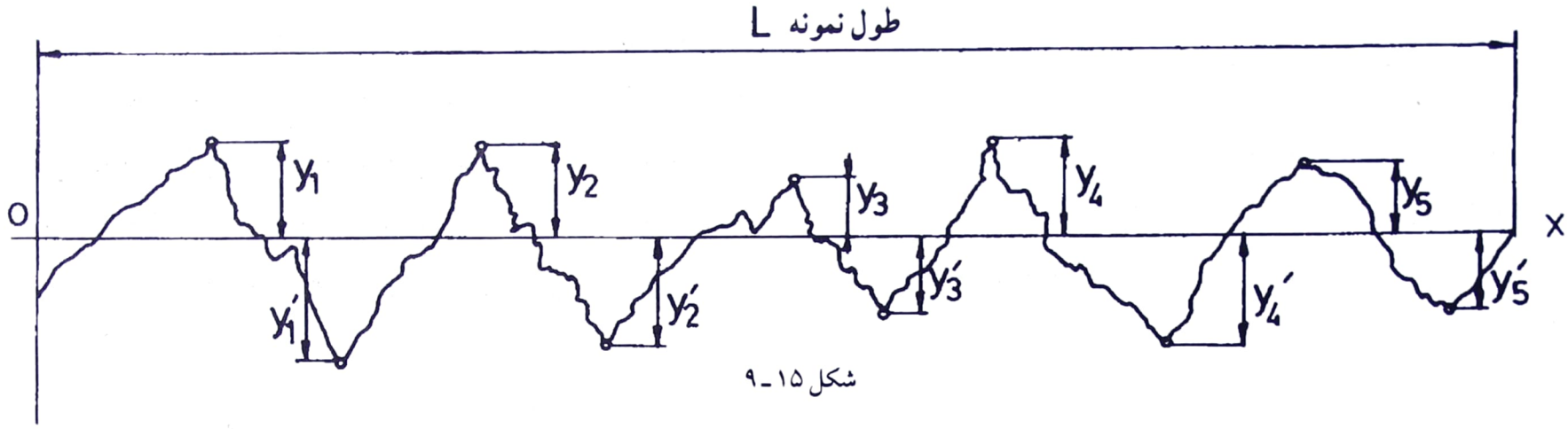
حل :

$$\text{عرض نوار} = \frac{\text{مجموعهٔ سطوح}}{Lm} = \frac{۲۷۲۰۰}{۲۰۰۰} = ۱۳/۶ \mu m \quad Ra =$$

۲ـ۲ـ۹ـ تعریف زبری سطح Rz

ب ـ Rzعبارت است از معدل بلندترین ارتفاعهای زبری که آن را به کمک دیاگرام و به صورتهای گوناگون

۱ـ دستگاههای اندازه گیری، مقدار Ra یا Rz یا پارامترهای دیگر را به طور اتوماتیک اندازه گیری می کنند.



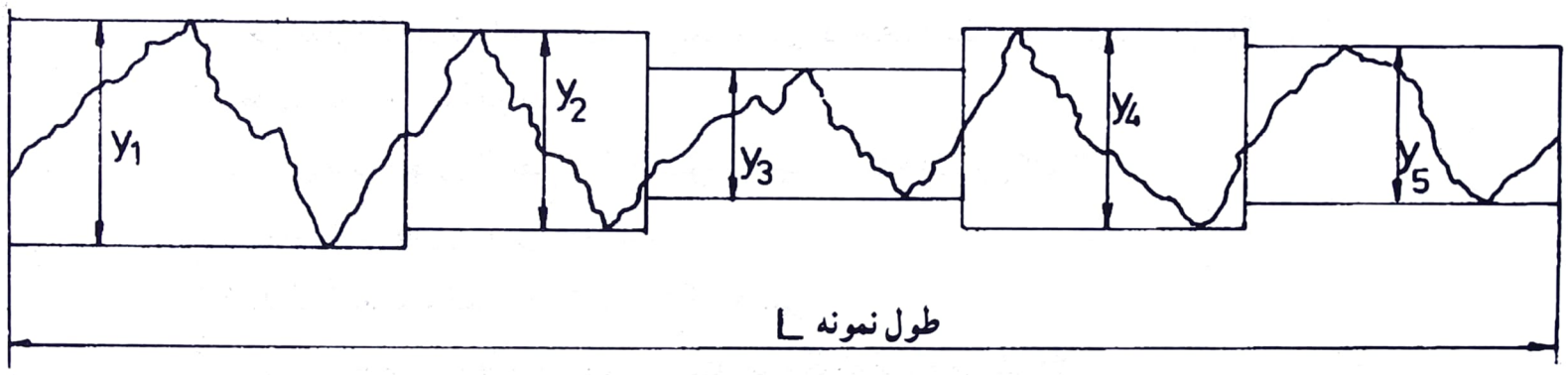
شکل ۱۵ـ۹

می توان معین کرد. به شکل ۱۵ـ۹ دقت کنید.

با در نظر گرفتن خط OX در طول نمونه می توان ۵ ارتفاع y_1 ، y_2 و ... یا بلندی نسبت به OX و پنج عمق ناصافی y'_1 ، y'_2 و ... را اندازه گیری کرد و معدل آنها را به ترتیب زیر به دست آورد «بدون درنظر گرفتن علامت منفی»:

$$Rz = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y'_1 + y'_2 + y'_3 + y'_4 + y'_5}{5}$$

«در اینجا توجه کنید که لازم نیست خط OX حتماً در وسط باشد. فقط کافی است آن را موازی با جهت عمومی سطح انتخاب کنیم». بدیهی است که از پستی و بلندیهای موجود در یک نمونه، بلندترین آنها به تعداد ۱۰ عدد «پنج بلندی و پنج گودی» انتخاب می شود. این مطلب را می توان با تعبیر شکل ۱۶ـ۹ هم بیان کرد.

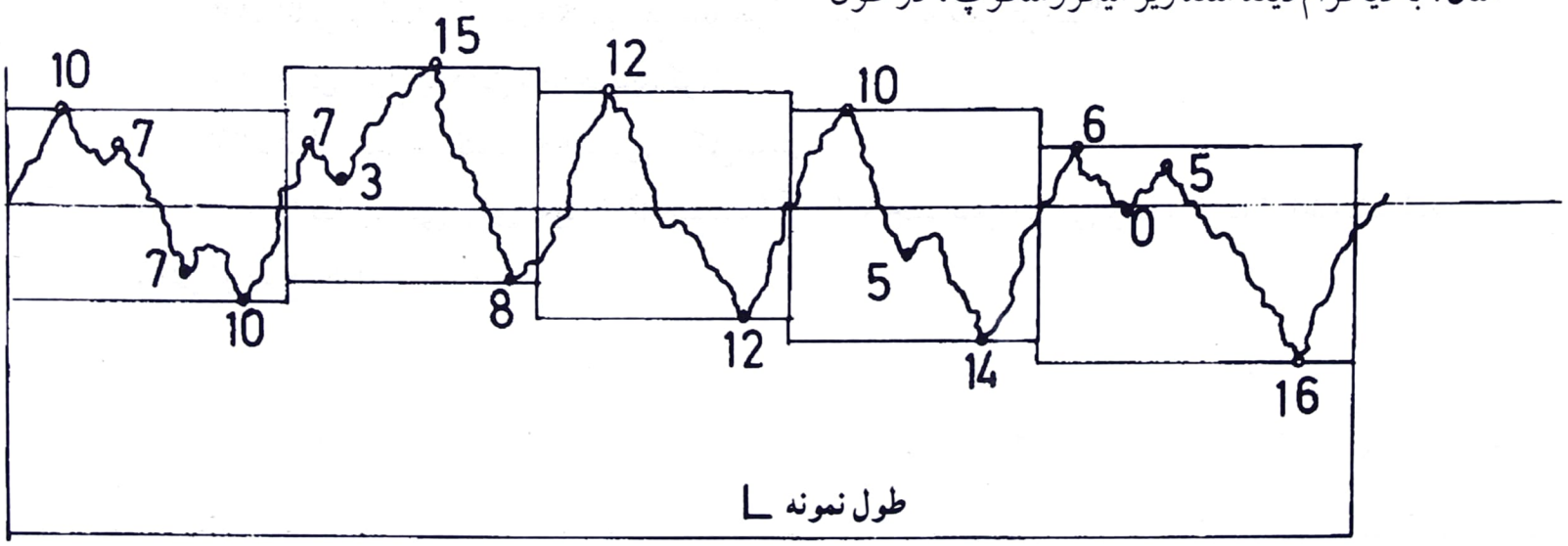


شکل ۱۶ـ۹

پس:

$$Rz = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5}{5}$$

مثال: به دیاگرام دیده شدهٔ زیر میکروسکوپ، در طول نمونه توجه کنید و به کمک آن Rz را به دست آورید (شکل ۱۷ـ۹).



شکل ۱۷ـ۹

البته اعداد داده شده در این دیاگرام برحسب میکرون و از سطح مبنای OX است، «بدون در نظر گرفتن علامت».
اکنون در این دیاگرام که درطول نمونهٔ L ترسیم شده است، با پنج تقسیم بندی «که برطبق شکل ۱۶ـ۹ انجام شده» بلندترین ارتفاعات خشنی در نظر گرفته می شود:

$$Rz = \frac{۲۰+۲۳+۲۴+۲۴+۲۲}{۵} = ۲۲/۶\mu m$$

دقت کنید که برخی از اعداد موجود روی دیاگرام مورد استفاده قرار نگرفتند. به طور معمول این عدد همراه علامت $\sqrt{}$ به صورت $\sqrt{Rz22/6}$ نوشته می شود.[۱]

تمرین

۱ـ آیا لازم است تمام سطوح یک مجموعه به یک میزان پرداخت شوند؟ «مجموعه مثل یک گیره، جک و ...».

۲ـ هر سطح را تا چه میزان باید پرداخت کرد؟

۳ـ چرا در سطح، پستی و بلندی به وجود می آید؟

۴ـ آیا می توان یک سطح را به طور مطلق پرداخت کرد؟

۵ـ با ترسیم یک شکل دستی مفهوم پستی و بلندی را توضیح دهید.

۶ـ در استانداردهای قدیمی پرداخت سطح در نقشه چگونه مشخص می شد؟

۷ـ آیا موج دار بودن یک سطح همان مفهوم پرداخت سطح را دارد؟

۸ ـ در اندازه گیری پرداخت سطح از نمونه های کوچک استفاده می شود یا بزرگ؟ چرا؟

۹ـ طول نمونه ها چه قدر است؟

۱۰ـ برای پرداختهای ظریفتر، طول نمونه را چگونه انتخاب می کنند؟

۱۱ـ معیارهای تعیین زبری چیست؟

۱۲ـ Ra را تعریف کنید، «با ترسیم شکل دستی».

۱۳ـ ترسیم خط متوسط برای پستی و بلندیها چگونه انجام می شود؟

۱۴ـ رابطهٔ بین سطوح جزیی چیست؟

۱۵ـ واحد اندازه گیری Ra چیست؟

۱۶ـ با ترسیم شکل دستی روش محاسبهٔ Ra را با فرمول بیان کنید.

۱۷ـ آیا برای اندازه گیری Ra باید همیشه طول معینی را در نظر گرفت؟

۱۸ـ برای محاسبهٔ دقیق Ra چه باید کرد؟

۱۹ـ Rz را تعریف کنید، «با ترسیم شکل دستی».

۲۰ـ رابطهٔ ریاضی برای تعیین Rz چیست؟ آن را به چند صورت می توان نوشت؟ با ترسیم شکل دستی توضیح دهید.

۱ـ Rz را با تعابیر دیاگرامی دیگر هم می توان بیان کرد. آنچه که در آینده بررسی می کنیم روش Ra در نمایش پرداخت سطح است.

فصل دهم

علائم قدیمی مشخص نمودن کیفیت سطح

هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می رود که در پایان این فصل:
ـ علائم کیفیت سطح را به روش مثلثها معرفی کند.
ـ با استفاده از جدول علائم مثلثی را با Ra و Rz مطابقت دهد.

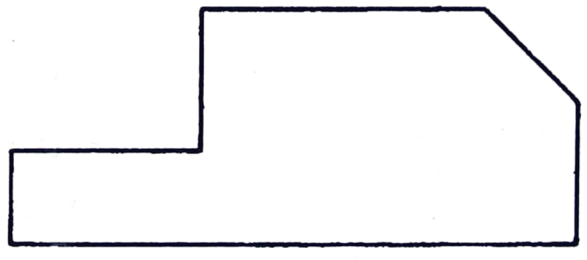
مدت زمان آموزش
۴ ساعت

۱۰ـ علائم قدیمی مشخص نمودن کیفیت سطح

۱ـ۱۰ـ تعریف زبری سطح به روش مثلث

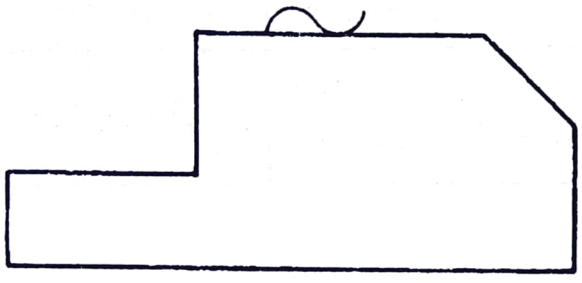
نظر به این که هنوز هم موارد زیادی از نقشه ها موجود هستند که در آنها برای مشخص نمودن پرداخت سطح به روش قدیمی یعنی مثلثها استفاده شده است، ناگزیریم اطلاعات مختصری راجع به آنها داشته باشیم. در اینجا توضیح مختصری ذکر می شود. «البته برای تغییر علامت نقشه های قدیمی به روش جدید، نیاز به این اطلاعات خواهیم داشت».

نمایش پرداخت سطح در این روش بسیار مختصر و ساده است. به شکل ۱ـ۱۰ دقت کنید. در این حالت هیچ علامتی روی سطح گذاشته نشده است.



شکل ۱ـ۱۰

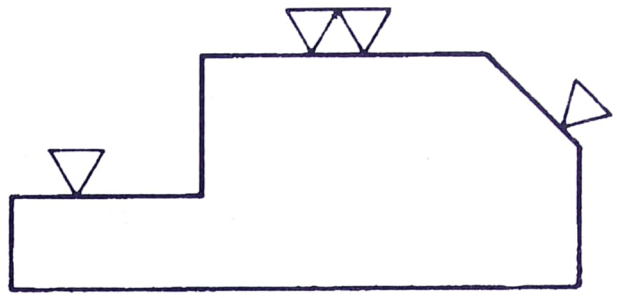
این بدان معناست که روی سطح هیچ گونه عملی صورت نمی گیرد؛ به عبارت دیگر سطح به همان صورتی که تولید می شود باقی خواهد ماند، «بدون توجه به روش تولید». در شکل ۲ـ۱۰ باز هم منظور آن است که سطح به همان صورت تولیدی باقی خواهد ماند، منتها دستور داده شده که در ساخت آن دقت کامل شود تا هرچه بهتر تولید شود. البته برای رساندن این مفهوم علامتی روی سطح مورد نظر مطابق شکل گذاشته می شود، «تقریباً دو نیم دایره» که جمعاً شبیه به علامت مَدّ مربوط به حرف آ است که با خط نازک رسم می شود.



شکل ۲ـ۱۰

دو مورد یاد شده مربوط به ساخت بدون براده برداری مکانیکی است، اما همیشه این طور نیست و اغلب نیاز به براده برداری پیش می آید. در اینجا می توان از علائم مثلثی استفاده کرد. مثلثها را از نوع متساوی الاضلاع و با ارتفاع تقریبی ۳ تا ۵ میلیمتر «متناسب با اندازهٔ اعداد مورد استفاده» و با خط نازک ترسیم می کنند. رأس این مثلثها روی سطح

مورد نظر قرار خواهد گرفت (شکل ۳ـ۱۰).



شکل ۳ـ۱۰

به این ترتیب نمایش پرداخت سطح خیلی ساده است و «شاید همین سادگی باعث دوام آن شده است».

۲ـ۱۰ـ جدول تعیین زبری به روش مثلث

می دانید که در هنگام براده برداری «به هر صورت»، خواه ناخواه خطوطی با عمقهای مختلف روی کار باقی می ماند که درجات مختلفی از عمق را شامل می شود. در جدول ۱ـ۱۰، تنها با توجه به عمق ناصافی اعدادی داده شده است.

برای مثال، در ستون دوم سمت راست کیفیت سطحی با یک مثلث نشان داده شده است که:

ـ در این حالت سطح را خشن گویند و بیشترین عمقهای ناصافی آن حدود ۱۶۰μ و کمترین آنها به ۲۵μ می رسد که معادل اینچی آنها ۶۴۰۰μ″ و ۱۰۰۰μ″ خواهد بود.

ـ سطح را خشن می گوییم، زیرا چنین پرداختی از نظر فنی در حد بالای زبری قرار دارد.

ـ خطوط حاصل از تولید در این درجه با دست حس و با چشم دیده می شود.

جدول ۱ـ۱۰ـ مربوط به پرداخت سطح به روش مثلث

علامت پرداخت سطح				
عمق خطوط به جا مانده در اثر براده برداری	۲۵ـ۱۶۰μ ۱۰۰۰ـ۶۴۰۰μ″	۱۰ـ۴۰μ ۴۰۰ـ۱۶۰۰μ″	۲/۵ـ۱۶μ ۱۰۰ـ۶۴۰μ″	۰/۴ـ۱μ ۱۶ـ۴۰μ″
نامگذاری سطح	سطح خشن	سطح صاف	سطح خیلی صاف	کاملاً پرداخت
وضعیت از نظر تشخیص	خطوط با دست حس و با چشم دیده می شود	با دست حس نمی شود با چشم دیده می شود	با چشم دیده نمی شود	با چشم دیده نمی شود
برخی روشهای تولید	نورد ریخته گری در قالب فلزی	تراشکاری دقیق فرزکاری دقیق	سنگ زدن	سنگ زدن دقیق سایش با پارچه

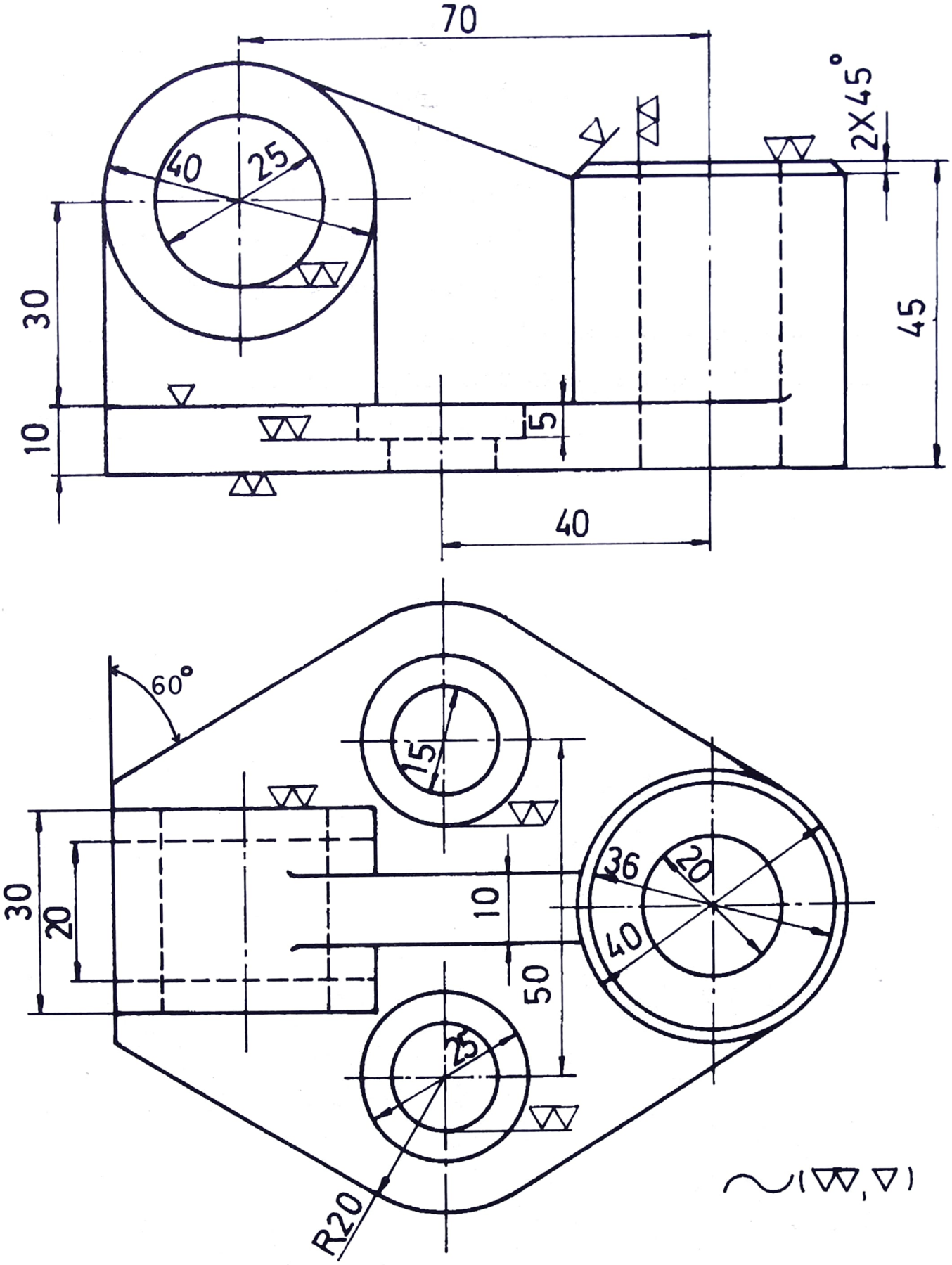
از روشهای تولیدی که چنین سطحی را در اختیار قرار می دهند. می توان از صفحه تراشکاری، سوهانکاری و اره کاری نام برد. در اینجا یک بار دیگر اشاره می شود که مراحل چهارگانهٔ فوق چندان دقیق نیست و به همین علت «به ۱۲ مرحله، افزایش یافته است».

طبق این جدول هرچه پرداخت دقیقتر باشد تعداد مثلثها افزایش می یابد. در ماشین سازی معمولی تا سه مثلث استفاده می شود و چهار مثلث در قسمتهای با پرداخت عالی به کار خواهد رفت.

شکل ۴ـ۱۰ نمونه ای از نقشه با علائم پرداخت مثلثی را نشان می دهد.

در مورد این نقشه اضافه می شود که:

ـ برخی از سطوح فاقد علامت هستند و در صورت دقت متوجه می شوید که آنها از نظر تعداد در اکثریت هستند. دستور پرداخت این سطوح در پای نقشه داده شده است. در پای این نقشه علامت ~ دارای این مفهوم است که کلیهٔ سطوح



شکل ۴ـ۱۰

علامتگذاری نشده، دارای این علامت هستند.

ـ در پای نقشه علائمی را داخل پرانتز مشاهده می کنید.

اینها علائمی هستند که روی نقشه به کار رفته اند و به ترتیب آنها را داخل پرانتز قرار داده ایم.

تمرین

۱ـ اگر روی سطحی علامتی نباشد، چه مفهومی دارد؟

۲ـ دستور برای دقت کامل در ساخت سطح چه علامتی است؟

۳ـ در دستور براده برداری از چه علامتی استفاده می شود؟

۴ـ حدود پرداخت در علامت یک مثلث چه قدر است؟

۵ـ علامت دو مثلث، چه پرداختی را نشان می دهد؟

۶ـ آیا مشخص کردن پرداخت سطح با روش مثلثها کافی است؟

۷ـ شکل ساده ای طرح کنید و روی آن علامتهای پرداخت یک تا چهار مثلث را به کار برید.

۸ـ شکل ۴ـ۱۰ را به مقیاس ۱ : ۱ رسم کنید. دید از جلو در برش، دید از بالا و دید از چپ. پس از اندازه گذاری کامل، علائم پرداخت سطح را روی نقشه بگذارید.

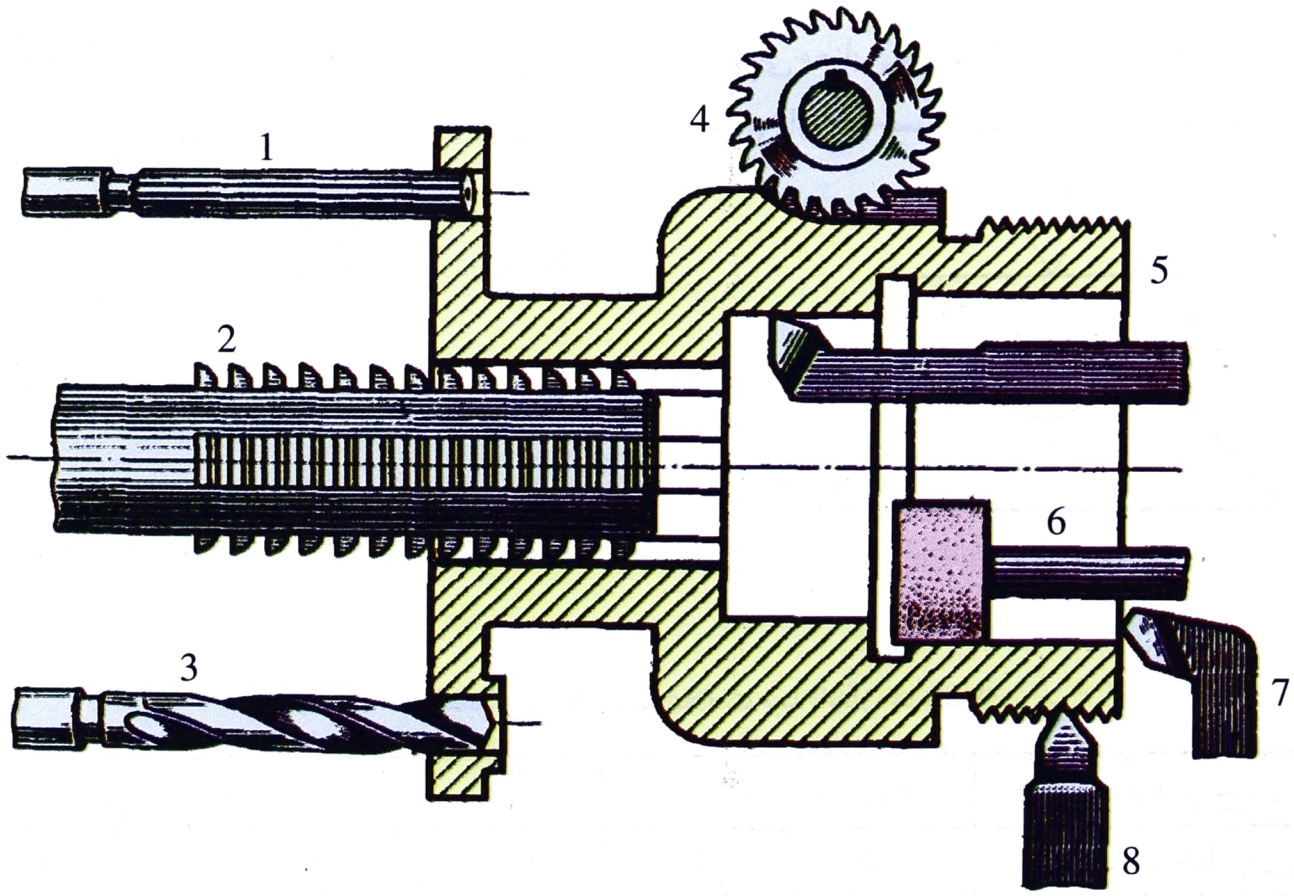
فصل یازدهم

کاربرد علائم کیفیت سطح در نقشه

هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می رود که در پایان این فصل:
ـ علائم مربوط به کیفیت سطح Ra را روی نقشه به کار برد.

مدت زمان آموزش
۱۲ ساعت

سطوح مربوط به یک قطعه، به روشهای مختلفی در کارگاه ساخته و آماده می شود. این روشها بسیار گوناگون هستند. ریخته گری، تراشکاری، فرزکاری، سوهانکاری و از این قبیل. برای مثال قسمتهای مختلف یک قطعهٔ برنجی با عملیات براده برداری انجام می شود. در هر روش بنا به وضعیت ابزار، نوع حرکت و جنس قطعه و . . . سطح با نوع خاصی از صافی به دست می آید.



۱ـ برقوکاری ۲ـ خان کشی ۳ـ مته کاری ۴ـ فرزکاری ۵ـ تراشکاری داخلی ۶ـ سنگ زنی داخلی ۷ـ تراشکاری پیشانی ۸ـ تراشکاری دندانه

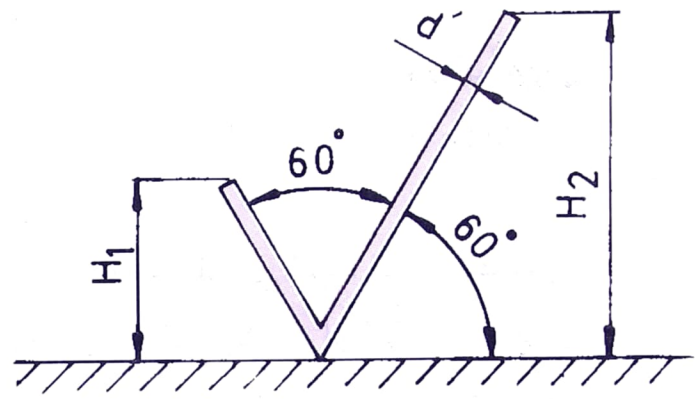
در نقشهٔ کار، هر مقدار از پرداخت را می توان با علامتی معرفی کرد.

۱۱ـ کاربرد علائم کیفیت سطح در نقشه[1]

۱ـ۱۱ـ معرّفی علائم و مشخصات

هدف از این فصل معرفی علائم و مشخصات فنی اضافی مربوط به پرداخت سطح است[2].

برای نشانهٔ مبنا در پرداخت سطح از علامتی طبق شکل ۱ـ۱۱ استفاده می شود.



شکل ۱ـ۱۱

ـ این علامت از دو بازوی مورب تشکیل می شود.

ـ زاویهٔ این بازوها با هم و نیز با سطح مورد نظر ۶۰° است.

ـ طول آنها نامساوی و مشابه قسمت V در رادیکال است.

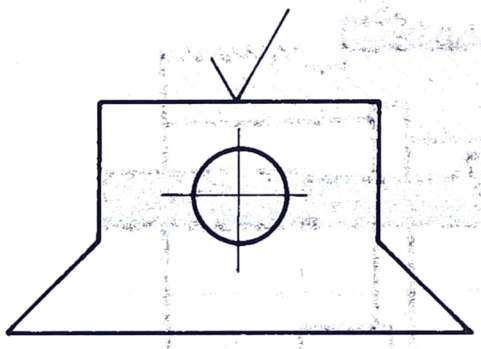
ـ طول بازوی سمت راست دوبرابر بازوی سمت چپ است.

ـ بلندی علامت یعنی H_1 با توجه به شماره های به کاربرده شده برای اندازه گذاری تعیین می شود.

ـ برای دانستن مشخصات دقیقتر می توان به جدول ۱ـ۱۱ مراجعه کرد.

توجه: به کاربردن اندازه های داده شده در جدول به طور عملی بسیار ساده است، مشروط به آن که برای ترسیمهای خود از قلمهای راپید طبق استاندارد ISO استفاده کنید. برای مثال گروه خط ۰/۵ در استاندارد ISO را در نظر بگیرید. در این گروه ضخامت خط اصلی ۰/۵، خط چین ۰/۳۵ و خط نازک ۰/۲۵ است؛ پس بلندی حروف و اعداد ۳/۵، ضخامت d′ و نیز حروف و اعداد ۰/۳۵ و بلندی H_1 و H_2 به ترتیب ۵ و ۱۰ است. در ضمن علائم پرداخت سطح نیز با اندازه های دقیق روی شابلونها موجود است و اینک دنبالهٔ مطلب:

معمولاً علامت نشان داده شده در شکل ۱ـ۱۱ به تنهایی معنایی ندارد. استفاده از این علامت را بر روی سطحی از یک جسم مشاهده می کنید (شکل ۲ـ۱۱).



شکل ۲ـ۱۱

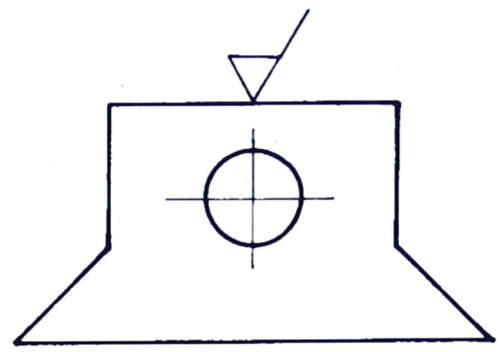
جدول ۱ـ۱۱ـ برای مشخصات علامت مبنا «اندازه‌ها mm»

h بلندی اعداد و حروف بزرگ	۳/۵	۵	۷	۱۰	۱۴	۲۰
d′ ضخامت خط برای علائم	۰/۳۵	۰/۵	۰/۷	۱	۱/۴	۲
ارتفاع H_1	۵	۷	۱۰	۱۴	۲۰	۲۸
ارتفاع H_2	۱۰	۱۴	۲۰	۲۸	۴۰	۵۶

۱ـ مطالب این فصل براساس استاندارد شمارهٔ ISO/۱۳۰۲ که خود از استانداردهای دیگر ISO به شماره های ۴۶۸ و ۱۲۹ استفاده کرده است، ذکر می شود.

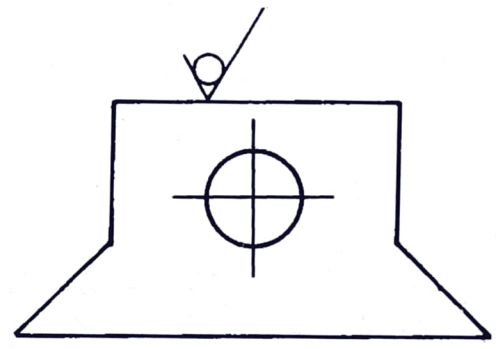
۲ـ این علائم درنقشه های اروپایی و آمریکایی به طور یکسان مورد استفاده است.

اگر براده برداری ماشینی مورد نظر باشد به این علامت یک پاره خط اضافه می شود (شکل ۳ـ۱۱).



شکل ۳ـ۱۱

اگر براده برداری مجاز نباشد به علامت مبنا یک دایره اضافه خواهد شد (شکل ۴ـ۱۱). همچنین این علامت حامل دستوری است برای تولید بهتر!

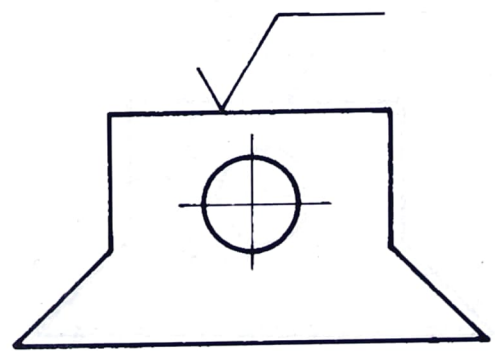


شکل ۴ـ۱۱

در اینجا اضافه می شود که این علامت را می توان به طور دقیق با علامت ~ در روش مثلثها معادل دانست.

علامت ذکر شده، در نقشه های ساخت به مفهوم نمایش سطح کار موجود است؛ به این معنا که سطح باید به همان گونه ای که از مراحل ساخت حاصل می شود باقی بماند. البته ممکن است این سطح به هر روشی تولید شده باشد، «با براده برداری و یا بدون براده برداری».

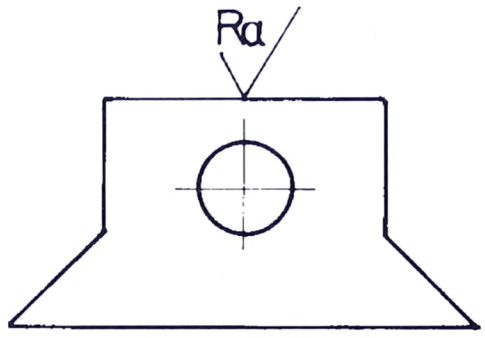
اکنون اگر بخواهیم که مشخصات خاصی ازسطح را



شکل ۵ـ۱۱

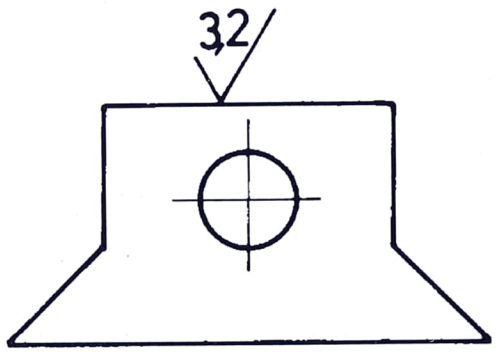
ذکر کنیم، می توان به نشانهٔ مبنا پاره خطی بلند و متصل به بازوی بلندتر کشید (شکل ۵ـ۱۱).

علائم اضافی و کامل کننده: همان طور که ذکر شد، پرداخت یک سطح را با کمیت Ra معین می کنیم. این مقدار می تواند به هریک از علائم اضافه شود. به شکل ۶ـ۱۱ توجه کنید:



شکل ۶ـ۱۱

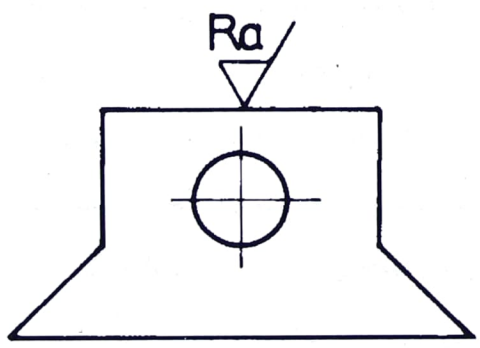
به این مفهوم که این سطح ممکن است به هر طریقی تولید شود، منتها با پرداخت Ra «که یکی از مقادیر جدول خواهد بود»؛ برای مثال اگر Ra برابر ۳/۲ باشد، شکل ۷ـ۱۱ را خواهیم داشت.



شکل ۷ـ۱۱

توجه دارید که در این جا تنها عدد ۳/۲ را نوشتیم و دیگر نیازی به علامت Ra نخواهد بود.

اگر بایستی سطح به کمک براده برداری ماشینی تولید

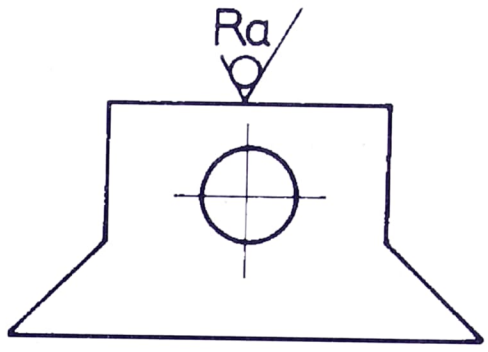


شکل ۸ـ۱۱

شود، به علامت مبنا یک پاره خط اضافه می شود که درنتیجه شکل ۸ـ۱۱ به دست می آید.

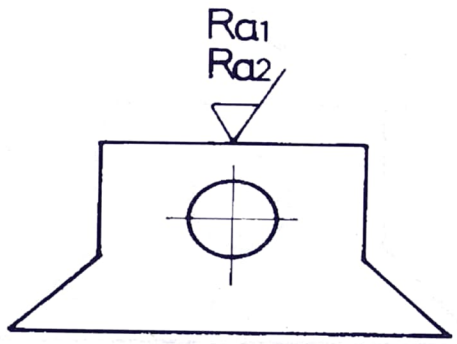
در اینجا دستور براده برداری ماشینی داده شده است.

اگر بخواهیم پرداختی را بدون براده برداری ماشینی به دست آوریم مطابق شکل ۹ـ۱۱ عمل می کنیم.



شکل ۹ـ۱۱

اگر لازم باشد که حدود ماکزیمم و مینیمم زبری مشخص شود، می توان حد ماکزیمم را بالا و حد مینیمم را در پایین و روی یک علامت نوشت. در شکل ۱۰ـ۱۱، Ra_1 حد ماکزیمم است.

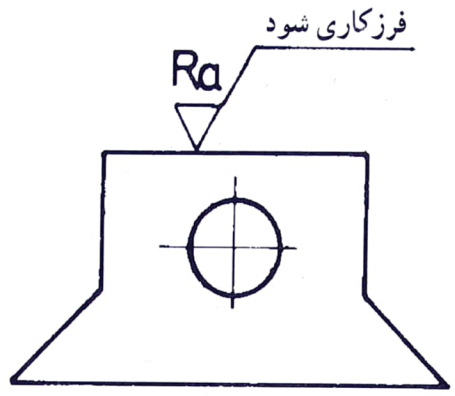


شکل ۱۰ـ۱۱

در مواردی که تنها یک مقدار برای پرداخت سطح مشخص می شود، آن مقدار باید بیشترین حد مجاز را نشان دهد.

۲ـ۱۱ـ مشخصات ویژهٔ کیفیت سطح

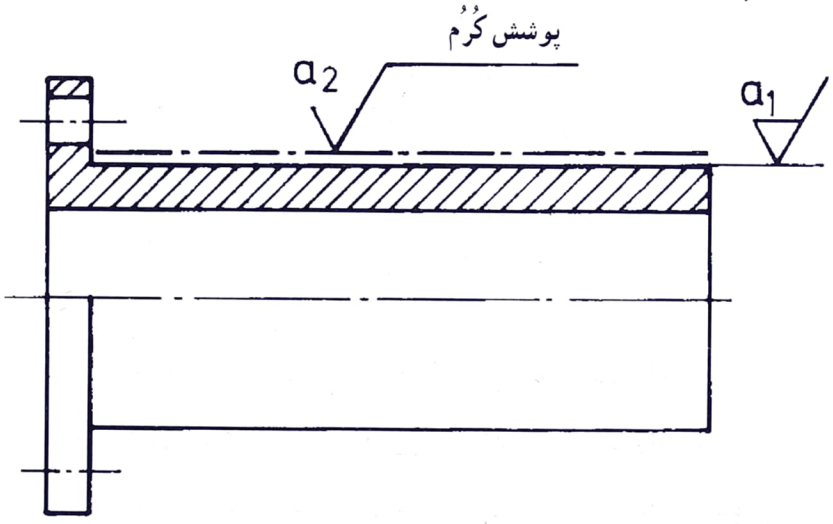
در بسیاری اوقات روی سطح، عملیات اضافی مثل آبکاری فلزی، سختکاری، رنگ کاری و غیره انجام می شود و یا بایستی با عملیات مخصوصی تولید شود. در این صورت لازم است که بالای خطی افقی به زبانی ساده نوشته شود. این پاره خط افقی به بازوی بلند علامت مبنا اضافه می شود و درنتیجه شکلی شبیه رادیکال به دست می آید (شکل ۱۱ـ۱۱).



شکل ۱۱ـ۱۱

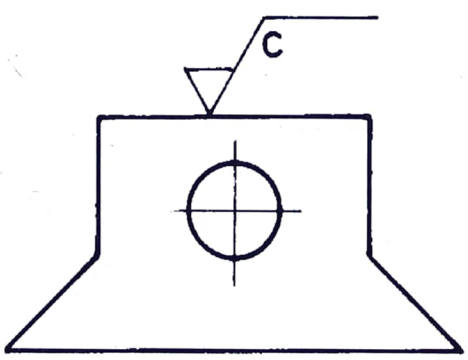
دراین شکل دستور براده برداری به کمک فرز داده شده است.

به همین ترتیب اگر مشخص کردن کیفیت سطح قبل و بعد از عملیات ضروری باشد، می توان آن را با یادداشت مناسب نوشت یا مطابق شکل ۱۲ـ۱۱ نشان داد.



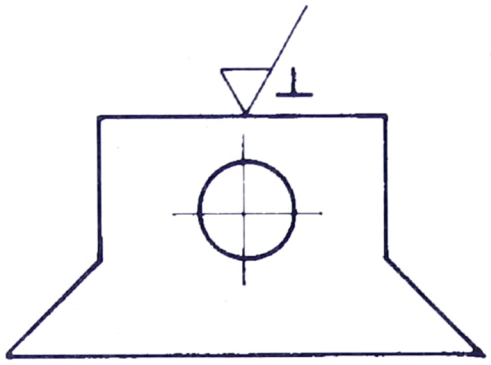
شکل ۱۲ـ۱۱

اگر ذکر طول نمونه ضروری باشد، آن را در زیر رادیکال و در جای نشان داده شده در شکل ۱۳ـ۱۱ ذکر می کنند.



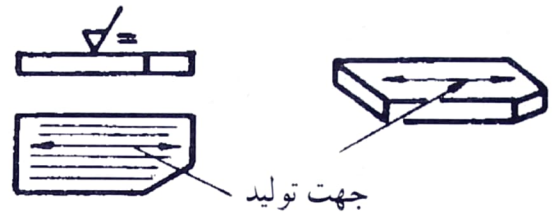
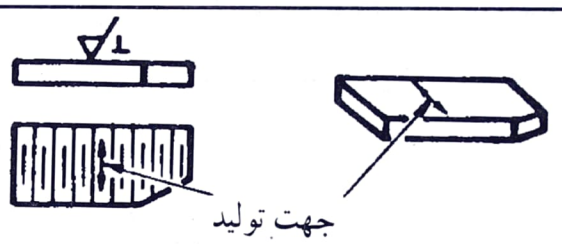
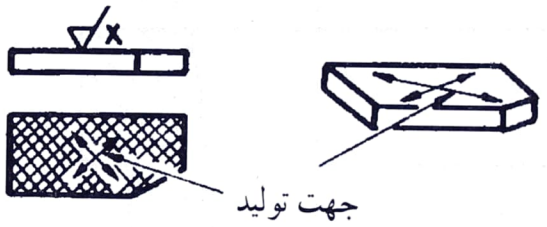
شکل ۱۳ـ۱۱

اگر نیاز به کنترل در جهت تولید[1] باشد، این امر به وسیلهٔ علامتی که به علامت کیفیت سطح اضافه می شود، مطابق شکل ۱۴ـ۱۱ مشخص می شود. این علامت اضافی و سایر علائم و نیز توضیحات مربوطه را برای حالتی که وسیلهٔ براده برداری حرکتی ساده «در یک جهت» دارد، در جدول ۲ـ۱۱ می بینید.

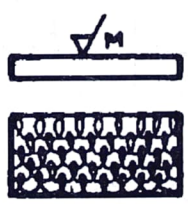


شکل ۱۴ـ۱۱

جدول ۲ـ۱۱

نمایش تصویری	علامت	شرح
	=	علامت جهت تولید برای حالتی که جهت تولید موازی با سطحی است که علامت برای آن به کار رفته است.
	⊥	برای حالتی که جهت تولید عمود بر سطحی است که علامت برای آن گذاشته شده است.
	X	برای حالتی که جهت تولید نسبت به سطحی که علامت برای آن به کار رفته است حالت ضربدری دارد.

جدول ۳ـ۱۱

	M	جهت چند تایی است یعنی سطح در جهات مختلف تولید می‌شود و به عبارت دیگر وسیلهٔ براده برداری حرکتی مرکب دارد.
	C	جهت تولید نسبت به مرکز صفحه حالتی تقریباً دایره ای دارد.
	R	جهت تولید نسبت به مرکز صفحه حالتی تقریباً شعاعی دارد.

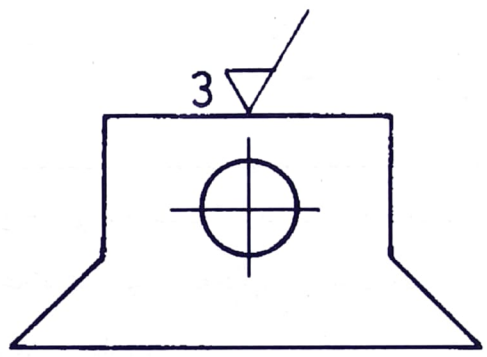
۱ـ جهت تولید به صورت جهت کنترل، خواب ابزار، جهت شیار نیز در کتب دیگر به کار برده شده است.

در مـوردی که وسیلـهٔ براده‌برداری حرکتی مرکـب دارد، علائم و توضیحات مربوطه در جدول ۳ـ۱۱ داده شده است.

توجه: جهت تولیـد سطح همان جهت موجـــود بـر سطح است که این امـر به طورمعمول به روش تولید به کـار رفته وابسته است و منظور، نقوش و طرحهای باقیمانده بـر سطح در اثر عمل براده‌برداری است که البته ممکن است بـا چشم نیز دیده شود.

ـ ممکن است برخی از جهتهای تولید، به وسیلهٔ علائم داده شده در جدولها بخوبی بیان نشوند، به همین جهـت بـا یادداشتهای مناسب موضوع را کامل می کنیم.

زمانی که لازم باشد مقدار مجاز ماشینکاری مشخص شود، آن را مطابق شکل ۱۵ـ۱۱ نشان می دهند.

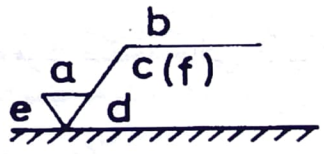


شکل ۱۵ـ۱۱

این مقدار براساس روش کلی اندازه گذاری نقشـه در سمت چپ علامت قرار می گیرد. در شکل مذکور مـقـدار مجاز ماشینکاری ۳ میلیمتر است.

۳ـ۱۱ـ موقعیت علائم شاخص کیفیت سطح

مشخصات کیفیت سطح باید در رابطه با علامت مبنـا مطابق شکل ۱۶ـ۱۱ قرار گیرد.



شکل ۱۶ـ۱۱

a. منظور از a همان Ra است.

b. روش تولید، نوع پوشش، عملیات دیگر

c. طول نمونه

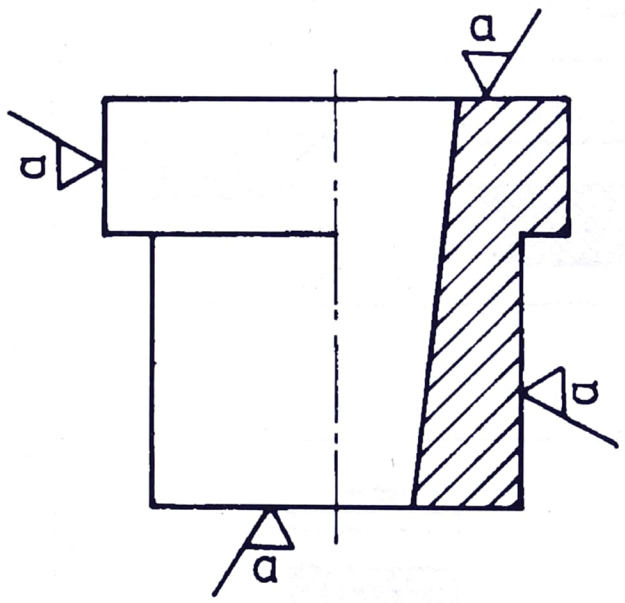
d. جهت تولید

e. اجازهٔ ماشینکاری «مقدار براده‌برداری لازم»

f. مقادیر دیگر زبری سطح که داخل پرانتز نـوشـتـه می شود، «مثل Rz که قبلاً ذکر شد».

اکنون با توجه به آنچه که ذکر شده است مـی تـوان در مورد کاربرد این علائم در نقشه صحبت کرد. این نشانـه هـا مطابق اصول اندازه گذاری، علاوه بر مشخص شدن، بایـد به گونه ای قرار گیرند که از پایین یا سمت راست نقشه بتوان آنها را خواند. «مثل اعداد اندازه گذاری».

شکل ۱۷ـ۱۱ حالت ترسیم علامت پرداخت را روی چهار سطح عمود بر هم نشان می دهد. البته این تنهـا روش نیست.

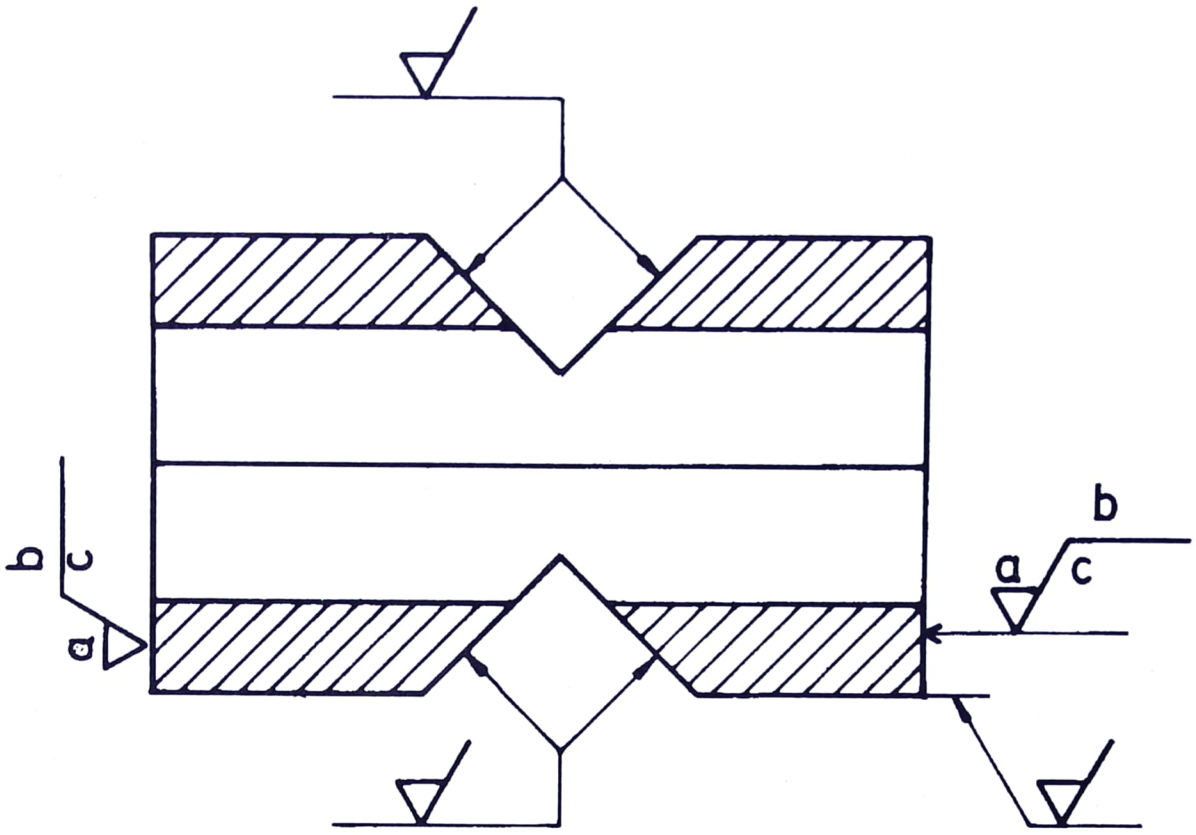


شکل ۱۷ـ۱۱

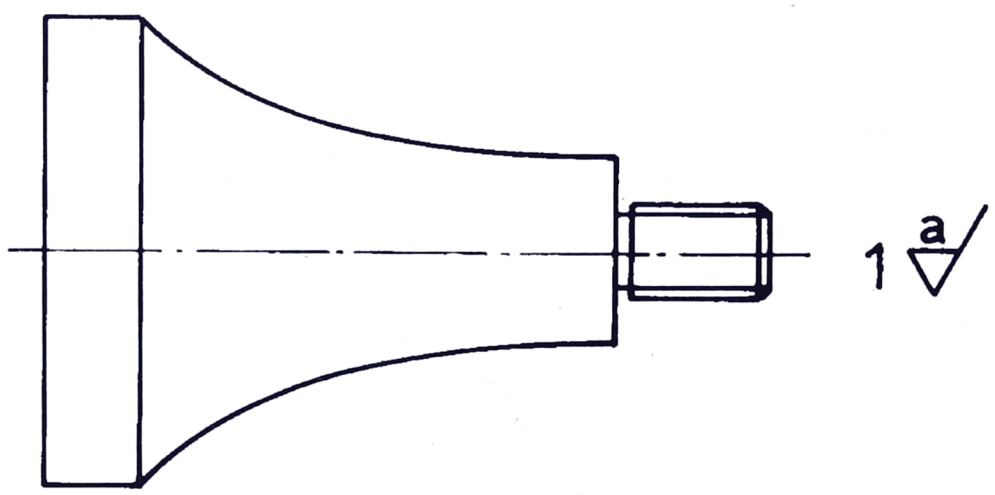
ـ شکـل ۱۸ـ۱۱ نحـوهٔ استفاده از علائم را بـه طـور مفصلتر بیان می کند، ضمن آن که ملاحظه می شود علائم را به فرمهای دیگر هم می توان به کار برد.

ـ اگر پرداخت و کیفیت سطح برای تمام سطوح یکسان باشد، این امر به صورت شکل ۱۹ـ۱۱ بیان می شود.

در این شکل، در کنار شمارهٔ قطعه و در جای مناسب علامت مورد نظر داده شده است.

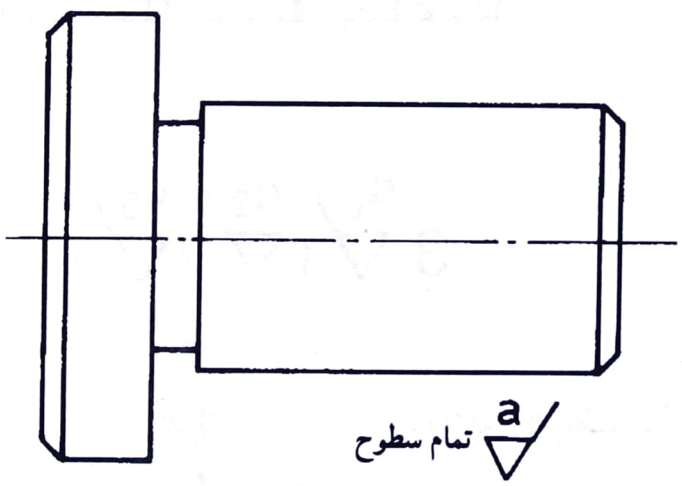


شکل ۱۸ـ۱۱



شکل ۱۹ـ۱۱

ـ این مطلب را مطابق شکل ۲۰ـ۱۱ هم می توان نشان داد. در اینجا به جای دادن شماره، از توضیح استفاده شده است.

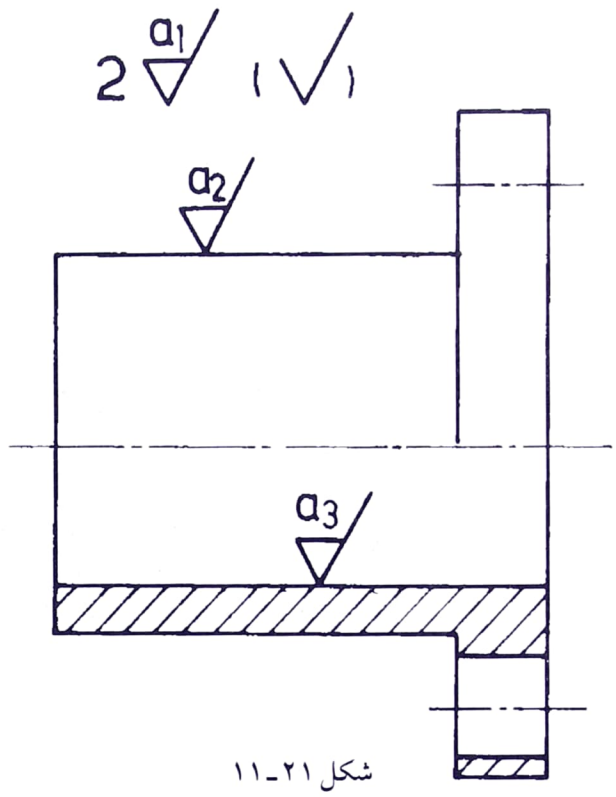


شکل ۲۰ـ۱۱

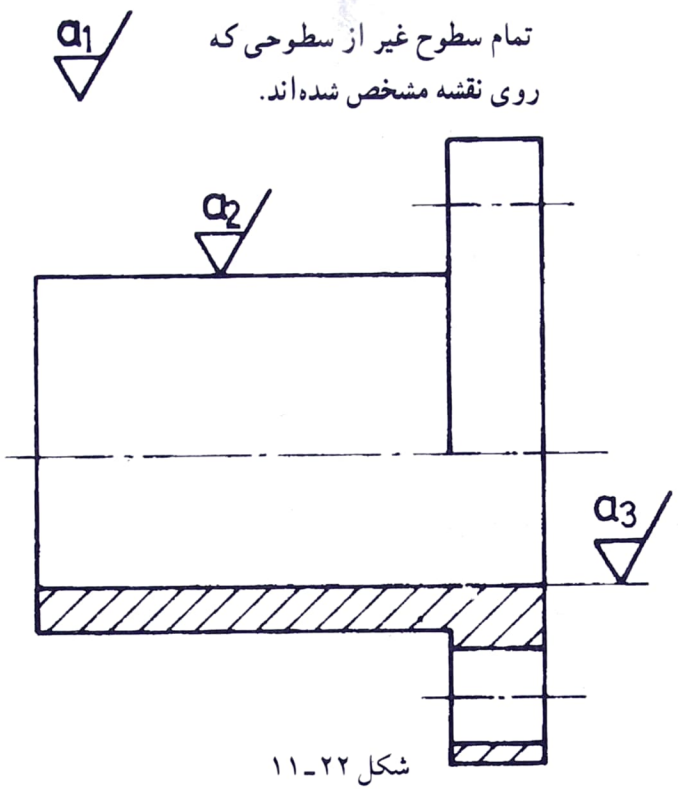
ـ اگر بیشتر سطوح قطعه دارای کیفیت پرداختی یکسان باشند، این امر مطابق دستورالعمل مربوط به اشکال ۱۹ـ۱۱ یا ۲۰ـ۱۱ و با مطالبی اضافی بیان می شود، طبق شکل ۲۱ـ۱۱.

در این شکل با قراردادن علامت پایه«مبنا» در داخل پرانتز و بدون هیچ گونه علامتی عمل می کنیم. به عنوان توضیح بیشتر اضافه می شود که ۲ شمارهٔ قطعه است؛ علامت خارج پرانتز یعنی تمام سطوح علامتگذاری نشده و علامت داخل پرانتز به معنی کلیهٔ سطوح دیگر است، «آنها که علامتگذاری شده اند».

می توان بدون گذاشتن شمارهٔ قطعه و پرانتز، به کمک



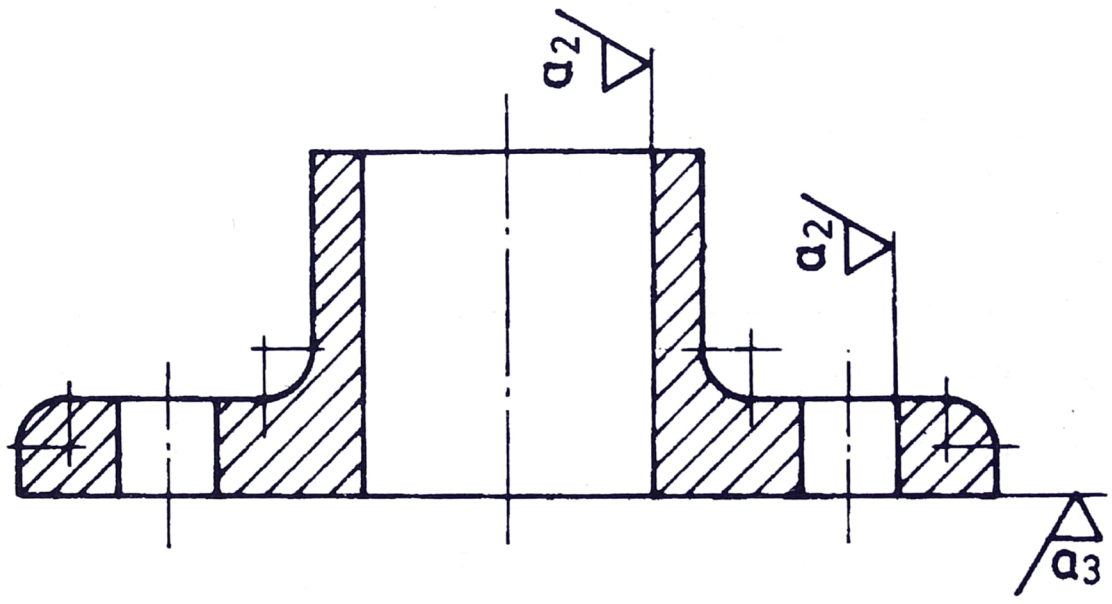
شکل ۲۱ـ۱۱



شکل ۲۲ـ۱۱

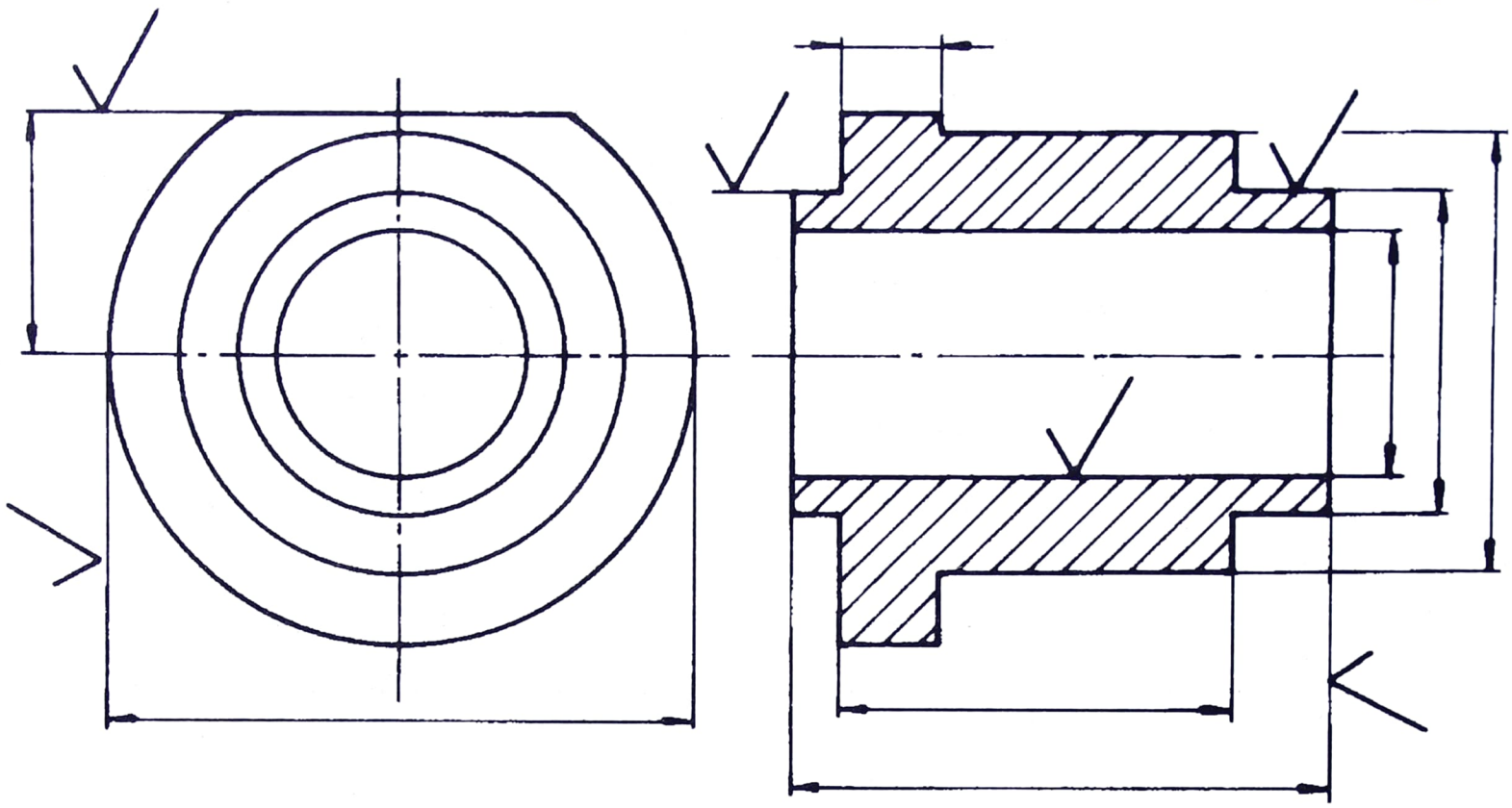
توضیح موضوع را بیان کرد (شکل ۲۲ـ۱۱).

برای این عمل روش سومی هم موجود است که «حتی بیشتر از دو مورد قبل به کار برده می‌شود». در این روش علامت یا علائم مربوط به سطوح دیگر نیز در داخل پرانتز داده می‌شود. به این ترتیب علامتهای پرداخت برخی از سطوح علاوه بر داخل نقشه در پرانتز هم ذکر شده است (شکل ۲۳ـ۱۱).



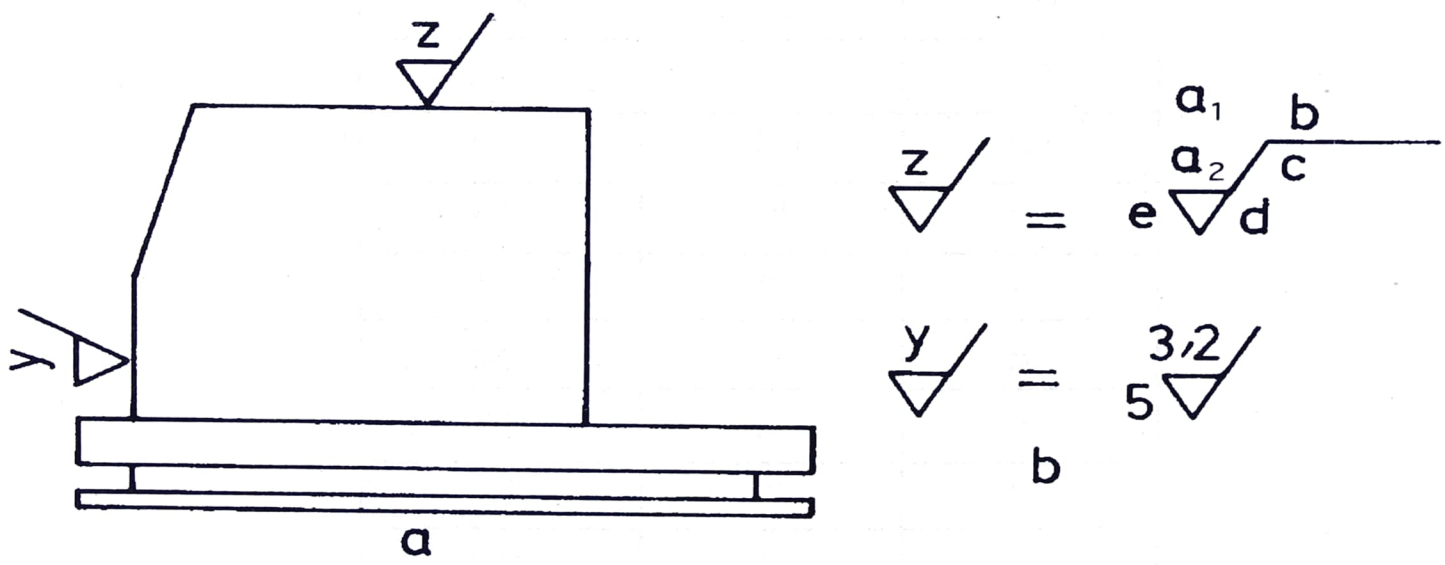
شکل ۲۳ـ۱۱

ـ بر طبق اصول کلی اندازه گیری، علامت داده شده برای سطوح تنها یک بار داده می شود. ضمناً اگر امکان داشته باشد بهتر است در نمایی که اندازه ها و موقعیت سطح را بیان می کند ذکر شود (شکل ۲۴ـ۱۱).



شکل ۲۴ـ۱۱

ـ به جای به کاربردن علائم پیچیده و جلوگیری از تکرار آن و همچنین در مواردی که جای کافی بر روی شکل در مورد این گونه علائم پرحجم وجود نداشته باشد، می توان از علائم ساده تری که همان معنا را داشته باشد، استفاده کرد؛ به عنوان نمونه شکل ۲۵ـ۱۱ را ملاحظه کنید.



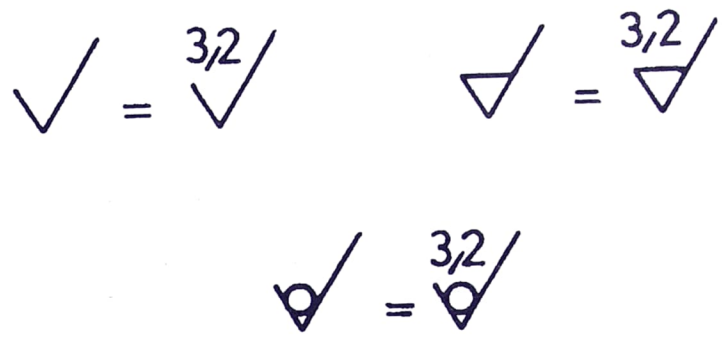
a b

شکل ۲۵ـ۱۱

در شکل a، علائم سادهٔ انتخابی مثل z و y را در نظر گرفتیم؛ سپس در جای مناسب «شکل b» مقصود از آنها را بیان کردیم.

ـ اگر کیفیت پرداختی تعداد زیادی از سطوح در یک

قطعه متشابه باشند، می توان از علامت ساده استفاده کـرد و بعد معنی آنها را در جای مناسب نوشت؛ مانند مثالهای داده شده در شکل ۲۶ـ۱۱ .



شکل ۲۶ـ۱۱

اینک به دو نکتهٔ مهم توجه کنید:

۱ـ اطلاعات مربوط به علائم زبـری سـطـح، روش تولید، اجازهٔ ماشینکاری و غیره تا آنجا داده می شود که لازم باشد؛ «یعنی قطعه بتواند کار خود را بخوبی انجام دهد».

۲ـ در موقعی که سطح تمـام شـدهٔ قطعه در مـراحـل ساخت عادی مورد قبول باشد، احتیاجی به مشخص کردن و درج مشخصات کیفیت نیست.

۴ـ۱۱ـ جدول تعیین زبری Ra

گفته شد که Ra یا متوسط زبری می تواند معرف نـوع پرداخت سطح باشد. در وهلـهٔ اول واضح است که Ra هر عددی را می تواند داشته باشد «این مطلب در عمـل اتـفـاق می افتد»، اما استانـدارد ISO برای شکل دادن و دسته بندی سطوح از نظر پرداخت، ۱۲ مرحله یا طبقه را در نظر گرفتـه است. به جدول ۴ـ۱۱ توجه کنید.

جدول ۴ـ۱۱ـ مقادیر پیشنهادی Ra

عدد درجهٔ زبری	مقدار زبری Ra	
	میکرون اینچ μ″	میکرون متر μm
N۱۲	۲۰۰۰	۵۰
N۱۱	۱۰۰۰	۲۵
N۱۰	۵۰۰	۱۲/۵
N۹	۲۵۰	۶/۳
N۸	۱۲۵	۳/۲
N۷	۶۳	۱/۶
N۶	۳۲	۰/۸
N۵	۱۶	۰/۴
N۴	۸	۰/۲
N۳	۴	۰/۱
N۲	۲	۰/۰۵
N۱	۱	۰/۰۲۵

ستون سمت راست معرف درجـهٔ زبری برحسب یک عدد است که برای مثـال N۸ یعنی درجـهٔ زبری شمـارهٔ ۸. بر طبق این جدول پرداخت شمارهٔ ۸ می تواند بین بهترین حد ۱/۶ و بدترین حد ۳/۲ قرارگیرد؛ پـس N۸ معرف سطحی است با $۳/۲ \geq Ra \geq ۱/۶$ با بهترین حالت $Ra = ۱/۶$.

در این جدول در مقابل هر شمـارهٔ N، حد بالایـی آن

نوشته شده است. همان طور که ملاحظه می شود، اعداد جدول به طور مرتب دو برابر می شود؛ مثلاً درجهٔ ۸ دو برابر درجهٔ ۷ است. این جدول پایه در پیشنهاد ISO است[1].

۵ـ۱۱ـ مقایسهٔ علائم

درجدول ۵ـ۱۱ مقایسه ای میان علائم Ra و Rz و مثلثها انجام شده است.

جدول ۵ـ۱۱ـ مربوط به مقایسه میان علائم Ra، Rz و مثلثها

روش مثلثها					
روش Ra		12/5	3/2	0/8	0/1
روش Rz		Rz 100	Rz 25	Rz 6/3	Rz 1

این جدول برای تبدیل علائم نقشه ها به یکدیگر بسیار مفید است.

با توجه به آنچه تاکنون راجع به Ra، Rz و مثلثها گفته شده است، ملاحظه می شود که هیچ گونه ارتباط ریاضی میان این سه تعریف وجود ندارد، اما از نظر مقایسه می توان آنها را به هم تبدیل کرد. به عنوان نمونه، با توجه به جدول فوق می توان به جای علائم مثلثی موجود در یک نقشهٔ قدیمی، علائم پرداخت Ra یا Rz را جایگزین کرد[2].

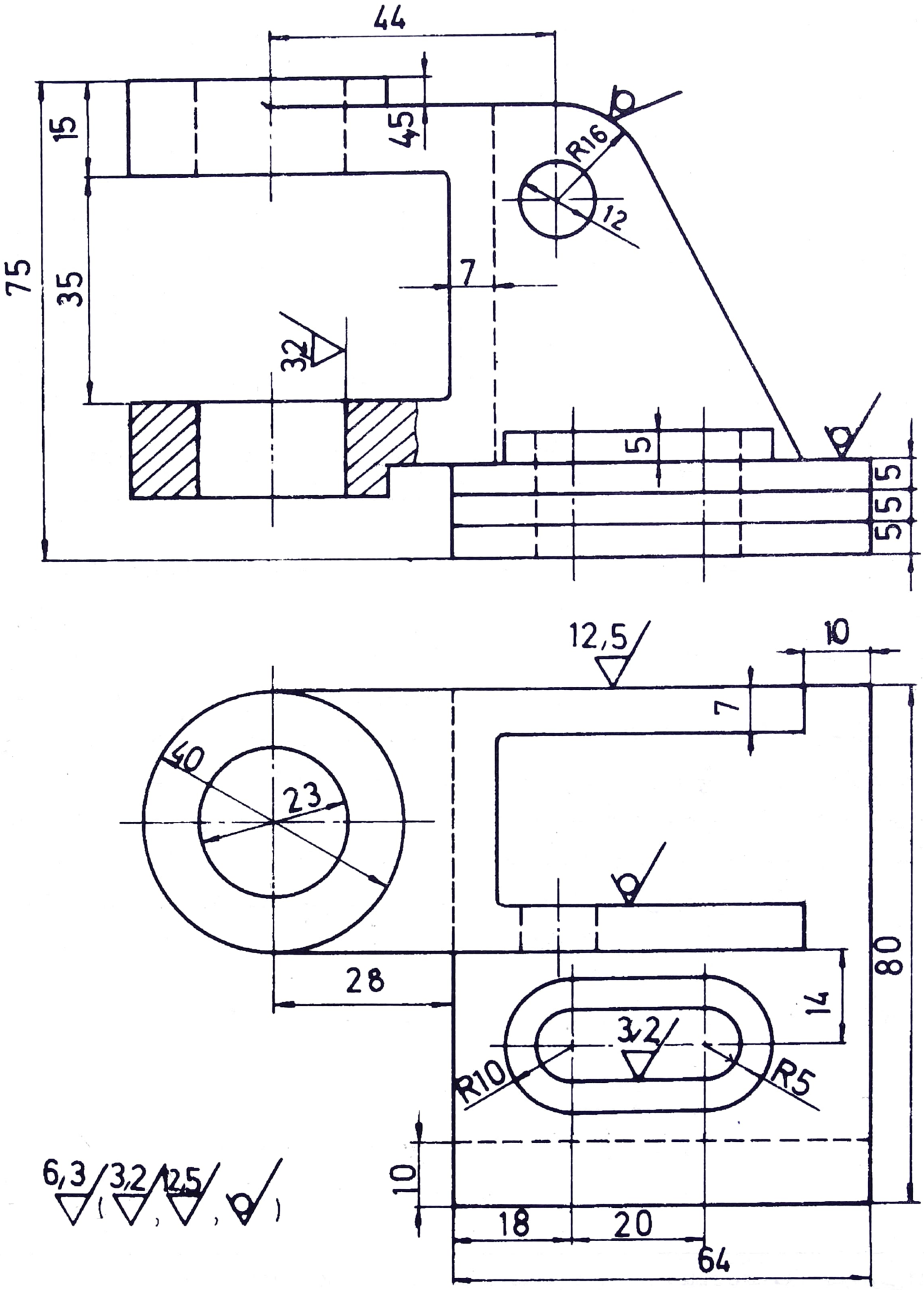
شکل ۲۷ـ۱۱ مثالی از یک نقشهٔ صنعتی است که علائم مربوط به پرداخت سطح درآن به کار برده شده است.

جدول ۶ـ۱۱ اطلاعاتی در مورد توانایی ماشینهای مختلف افزار در تولید سطح با پرداختهای مختلف در اختیار قرار می دهد.

جدول ۷ـ۱۱ با در نظرگرفتن سایر روشهای براده برداری از قبیل روشهای دستی، ماشینی و غیره میزان Ra به دست آمده را برحسب آحاد متریک و اینچی مشخص می کند. با توجه به روش ساخت، می توان درجهٔ Ra را طبق این جدول مشخص کرد.

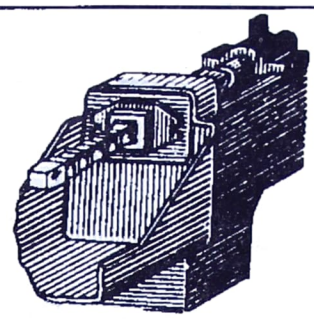
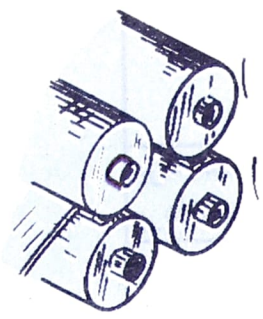
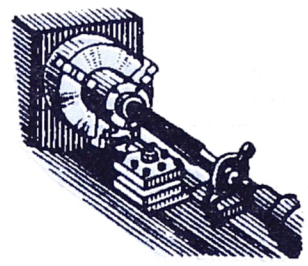
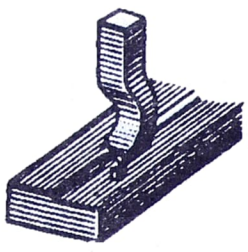
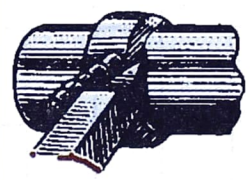
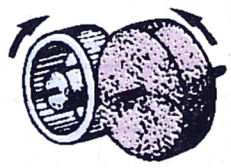
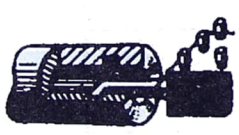
۱ـ توصیه نامهٔ شماره ۱۳۰۲، ISO/R1302/19T8. ضمناً برخی از کشورها ازتعداد مراحل بیشتری هم استفاده کرده اند؛ مثلاً استاندارد روسی ۱۴ مرحله را به کاربرده است.

۲ـ علائم Ra و Rz داده شده در جدول برای براده برداری ماشینی است که می توان در صورت براده برداری غیرماشینی، علائم مربوطه را در نظر گرفت.


44
15
45
R16
12
75
35
7
32
5
5
5
5
12,5
10
7
40
23
80
28
14
3,2
R10
R5
10
18
20
64
6,3
3,2
12,5

شکل ۲۷ـ۱۱

جدول ۶ـ۱۱

روشهای تولید	Ra (µm)													روشهای تولید	Ra (µm)												
	۵۰	۲۵	۱۲/۵	۶/۳	۳/۲	۱/۶	۰/۸	۰/۴	۰/۲	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۲۵			۵۰	۲۵	۱۲/۵	۶/۳	۳/۲	۱/۶	۰/۸	۰/۴	۰/۲	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۲۵
 خان‌کشی														 نوردکاری												
 برقوکاری														 صفحه‌تراشی												
با الماس ظریف خشن  تراشکاری														مته کاری												
 سنگ‌زنی پرداخت خوب														فرزکاری												
هونینگ ... پرداخت عالی														 داخل تراشی برای پرداخت												

جدول ۷ـ۱۱ـ مربوط به پرداخت سطوح

روشهای تولید		Ra µin	۱	۲	۴	۸	۱۶	۳۲	۶۳	۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰
		µm	۰/۰۲۵	۰/۰۵	۰/۱	۰/۲	۰/۴	۰/۸	۱/۶	۳/۲	۶/۳	۱۲/۵	۲۵	۵۰
پرداخت با ابزار نرم پرداخت عالی														
صیقل دادن	جلا دادن با پارچه جلا دادن الکترولیتیک													
سنگ زنی دقیق صاف کردن با ابزار غلتان تحت فشار														
سنگ سنباده	سنگ زنی خارج از مرکز سنگ زنی قائم سنگ زنی افقی													
تراشکاری داخلی برای پرداخت خان کشی برقو کاری														
ساییدن با جرقه شاب کاری														
تراشکاری	با الماس با فولاد کاربید ظریف خشن													
فرزکاری فرزکاری شیمیایی														
صفحه تراشی	ظریف خشن													
کشیدن از داخل یک قید														
نورد	سرد گرم													
ریخته گری	پلاستیک فلزات													
مته کاری تمیزکاری با ذرات شن سوهان کاری														
ریخته گری	در قالب پخته در بوته در ماسه													
اره کاری آهنگری برش با شعله														

تمرین

۱ـ علامت پایه در علائم کیفیت سطح چیست؟

۲ـ خصوصیات این علامت را ذکر کنید.

۳ـ اگر بلندی اعداد ۵ باشد، مقادیر d' ، H_1 و H_2 چه قدر است؟

۴ـ اگر براده برداری ماشینی مورد نظر باشد، علامت چگونه خواهد بود؟

۵ـ اگر براده برداری مجاز نباشد، چه علامتی به کار خواهیم برد؟

۶ـ برای ذکر مشخصات خاص از یک سطح چه می کنید؟

۷ـ روش تولید یک سطح مهم نیست، اما پرداخت ۶/۳ مورد نظر است؛ آن را نشان دهید.

۸ـ برای نمایش حدود مینیمم و ماکزیمم چه می کنید؟

۹ـ پرداخت مشخص شده معمولاً بیشترین حدّ یا کمترین حدّ را نشان می دهد؟

۱۰ـ برای حالتی که جهت تولید عمود بر سطح باشد، از چه علامتی استفاده می شود؟

۱۱ـ برای حالتی که جهت تولید چند تایی باشد، از چه علامتی استفاده می شود؟

۱۲ـ اگر علائمی مفصل باشند و در نقشه جای کافی نباشد، چه می کنند؟

۱۳ـ پرداخت کلیهٔ سطوح یک قطعه یکسان است، آن را چگونه بیان می کنید؟

۱۴ـ در مورد جدول تعیین زبری Ra چه می دانید؟ توضیح دهید.

۱۵ـ N_8 معرف چگونه سطحی است؟

۱۶ـ به جای علامت دو مثلث، با توجه به جدول ۵ـ۱۱، چه مقداری از Ra را می توان جانشین کرد؟

۱۷ـ به جای علامت یک مثلث، Ra معادل چه قدر است؟

۱۸ـ به جای علامت سه مثلث مقدار Ra چه قدر است؟

۱۹ـ به جای (▽▽) چه علامتی برحسب Ra به کار برده می شود؟

ارزشیابی عملی

سؤال ۱ـ کلیهٔ اشکال مربوط به متن درس را با دقت کامل روی چند برگ کاغذ A_4 به همراه علائم مربوطه رسم کنید. می توانید به جای شکل ۲ـ۱۱، که در خیلی از موارد به کار رفته، شکل دیگری خود طرح کنید. صحت ترسیمات بایستی توسط استاد تأیید شود.

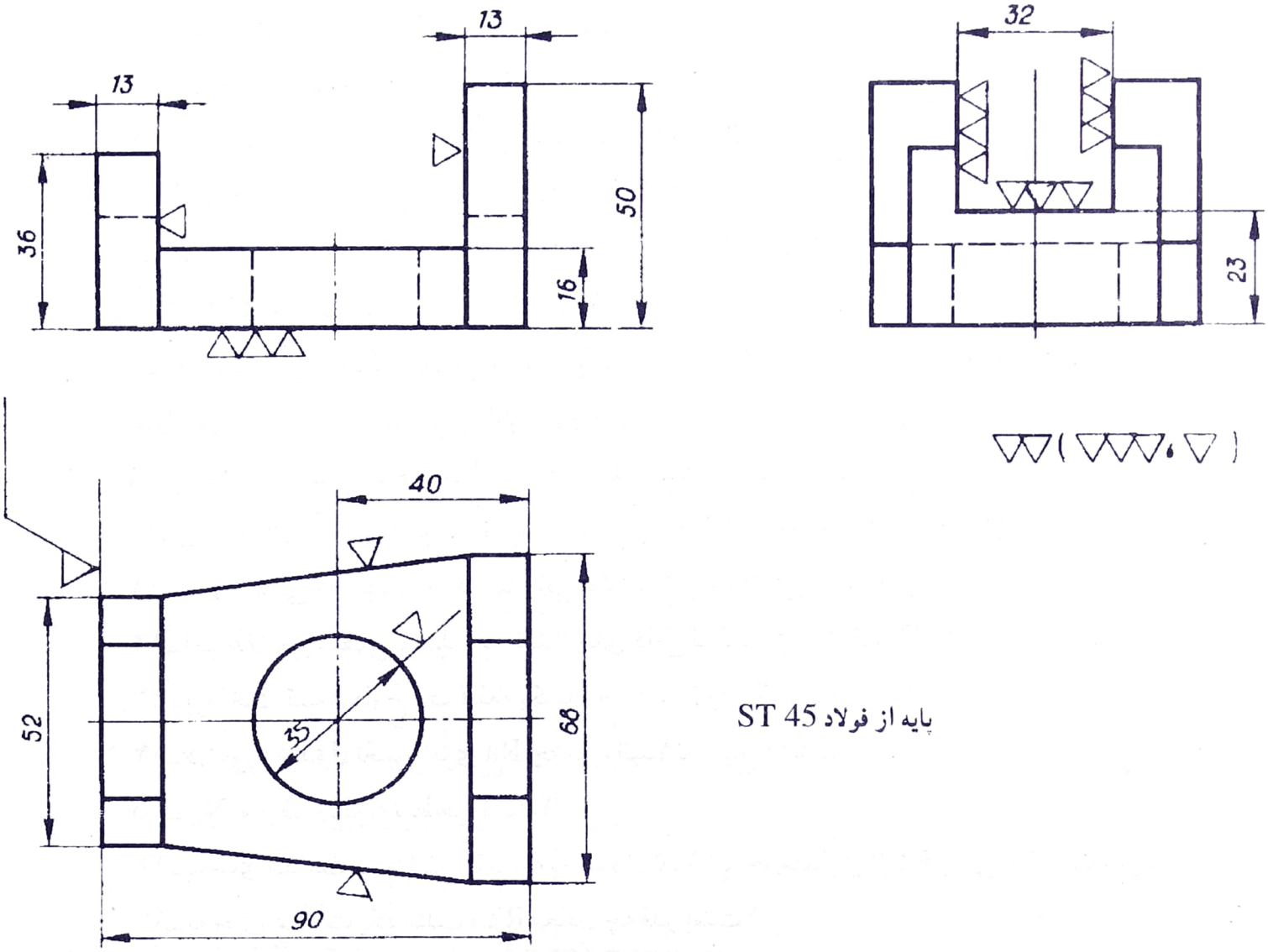
سؤال ۲ـ شکل ۲۷ـ۱۱ را با دقت رسم و اندازه گذاری کنید. ضمناً برای کف جسم هم پرداخت ۳/۲ را در نظر بگیرید.

سؤال ۳ـ تصاویری از یک پایهٔ فولادی داده شده است. این یک نقشهٔ قدیمی است که با استفاده از علائم مثلثی، پرداخت سطوح آن مشخص شده است. می خواهیم علائم پرداخت سطح موجود را با استفاده از جدول با Rz جانشین کنیم.

اولاً تصاویر فوق را با مقیاس ۱ : ۱ و به ترتیب زیر رسم کنید:

ـ تصویر قائم در برش، تصویر جانبی نیم برش و از بالا.

ثانیاً علائم Rz درنقشه رسم شود، «با اندازه گذاری کامل» و علائم پای نقشه نیز نوشته شود. «آیا می توانید بگویید مقیاس نقشهٔ فوق چه قدر است؟»



پایه از فولاد ST 45

شکل ۲۸ـ۱۱

سؤال ۴ـ یاتاقان نشان داده شده در شکل از جنس چدن است. برای آن کارهای زیر را انجام دهید:

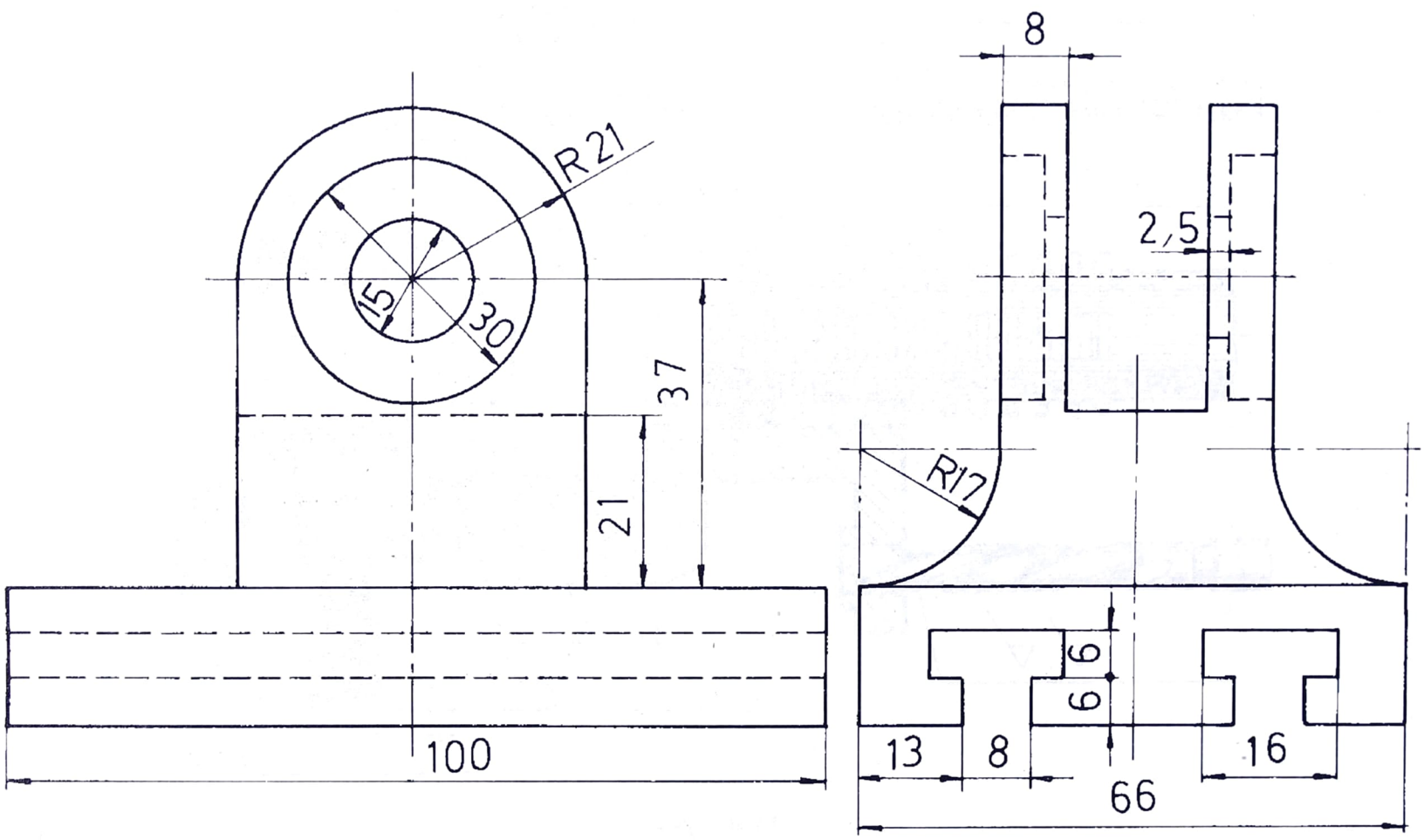
ـ دید از جلو در برش شکسته، «مسیر برش را با توجه به دید از چپ معین کنید».

ـ دید از چپ درنیم برش.

ـ دید از بالا در نیم نما.

ـ استفاده از علامت پرداخت سطح ردیف N۸ برای سوراخها و شکافها، ردیف N۷ برای کف جسم و N۱۰ برای سایر موارد.

ـ تکمیل توضیحات پای نقشه و اندازه گذاری کامل.



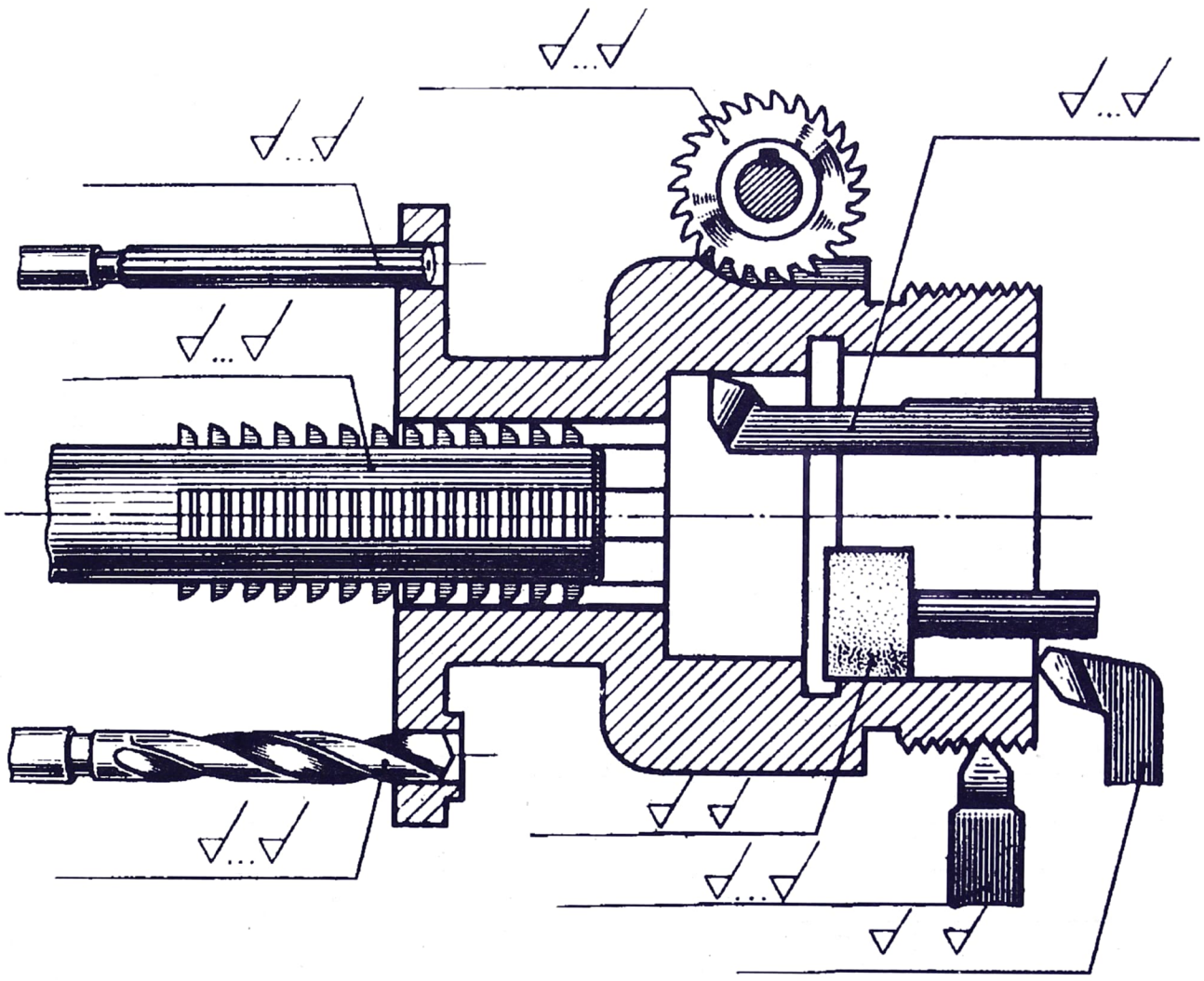
شکل ۲۹ـ۱۱

سؤال ۵ـ پس از توجه کامل به شکل ۳۰ـ۱۱ ، کارهای زیر را انجام دهید ، «روی همین شکل» .

۱ـ عملیات مختلف براده برداری چه هستند؟ آنها را نام ببرید .

۲ـ در سمت چپ علائم موجود و در جای پیش بینی شده نام این روشها را بنویسید .

۳ـ با مراجعه به جدول ۶ـ۱۱ ، حدود دقت پرداخت سطح را استخراج کرده در بالای علائم موجود بنویسید ، «مثلاً در مورد مته کاری بهترین حد در سمت راست و بدترین حد در سمت چپ نوشته شود» .

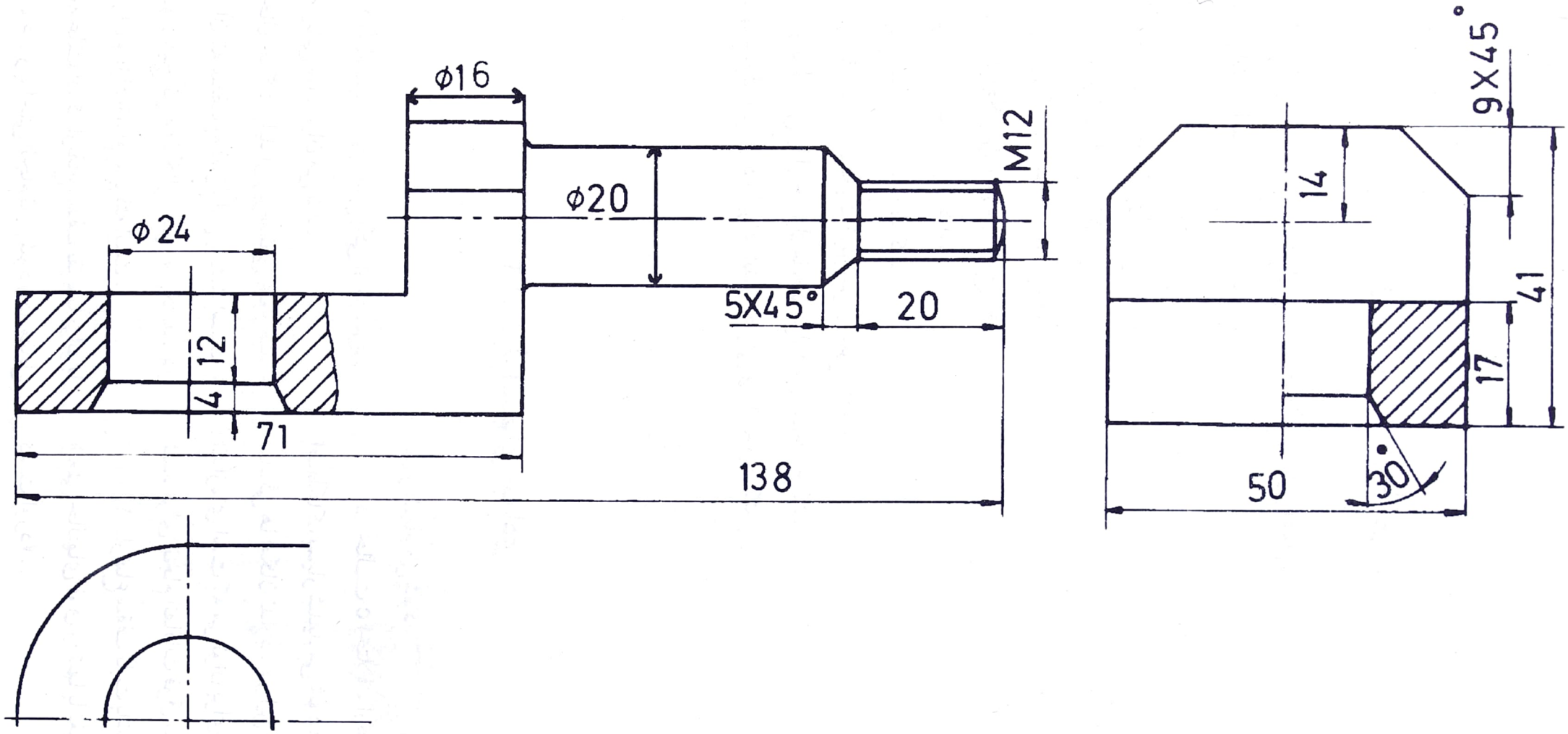


شکل ۳۰ـ۱۱

سؤال ۶ـ بدنهٔ یک قلم گیر در شکل ۳۱ـ۱۱ داده شده است ، «مقیاس ۱ : ۱ و جنس فولاد» .

پس از ترسیم نمای از جلو مطابق شکل ، نمای از چپ مطابق شکل و نمای از بالا به طور کامل ، در مورد روشهای ساخت قطعه با استاد خود مشورت کنید و پس از آن که مشخص شد هر سطح با چه ابزاری ساخته می شود ، با توجه به جدول ۵ـ۱۱ ، پرداختهای ممکن را مشخص و علامتگذاری کنید ، «نقشه اندازه گذاری کامل خواهد شد» . مقادیر Ra را می توانید متری یا اینچی بنویسید .

توجه : سوراخ به قطر ۲۴ موجود در جسم ، برقو زده شود .



شکل ۳۱-۱۱

فصل دوازدهم

تولرانسهای ابعادی

هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می رود که در پایان این فصل:

- مفهوم اندازهٔ اسمی را شرح دهد.
- مفهوم خط صفر را شرح دهد.
- مفهوم انحراف فوقانی را شرح دهد.
- مفهوم انحراف پایینی را شرح دهد.
- مفهوم بزرگترین اندازه را شرح دهد.
- مفهوم کوچکترین اندازه را شرح دهد.
- مفهوم تولرانس را بیان کند.
- مفهوم اندازهٔ فعلی را ذکر کند.
- مفهوم کیفیت و موقعیت تولرانس را شرح دهد.
- مقدار تولرانس را از جدول مقادیر تولرانس استخراج کند.
- مفهوم تولرانس آزاد را برای اندازهٔ طولی و زاویه بیان کند.

مدت زمان آموزش

۸ساعت

۱۲ـ تولرانسهای ابعادی

۱ـ۱۲ـ مقدمه

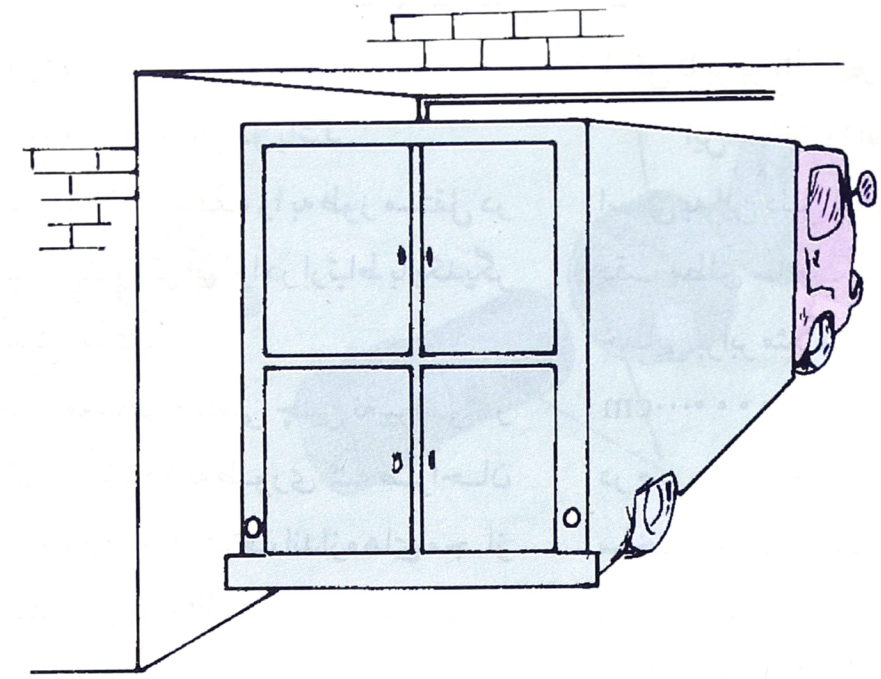
به شکل ۱ـ۱۲ نگاه کنید. این شکل یکی از مهمترین مفاهیم صنعتی را به زبانی ساده بیان می کند.

کامیونی در حال حرکت باید از زیر سقفی عبور کند. در حالت a به علت آن که سقف به قدر کافی بلند است، کامیون براحتی و بدون هیچ گونه اشکالی عبور می کند. در این صورت عبور روان و آزاد انجام پذیرفته است.

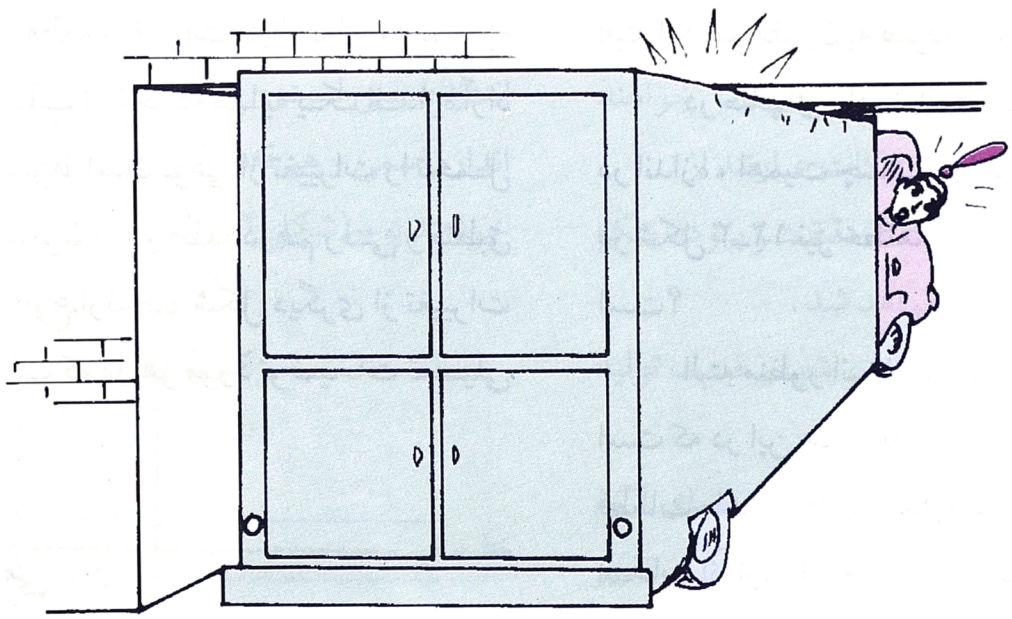
در حالت b به علت آن که ارتفاع سقف تقریباً برابر با ارتفاع کامیون است، عبور براحتی انجام نمی شود و در مقابل حرکت کمابیش مقاومتی صورت می گیرد، اما به هر حال عبور انجام می شود.

در حالت c اختلاف ارتفاع زیاد باعث برخورد و اصطکاک بسیار شدید می شود، به طوری که عبور به این سادگی ها امکان ندارد. در این جا عامل مهم، اختلاف اندازه ای است که می توان برای بلندی سقف یا کامیون قائل شد. برای انجام اتفاقات فوق سه حالت ممکن است:

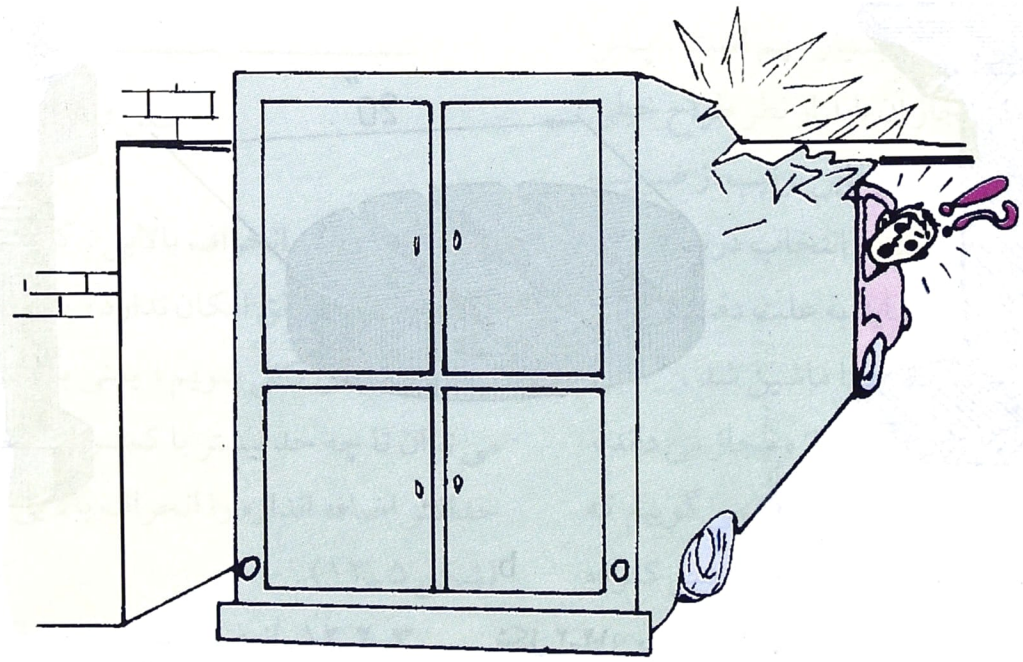
۱ ـ ارتفاع سقف ثابت باشد و ارتفاع کامیون تغییر کند؛ «یعنی حالتهای فوق را تنها با تغییر دادن ارتفاع کامیونها به دست آورد».



a



b



c

شکل ۱ـ۱۲

۲ـ ارتفاع کامیون ثابت باشد، اما از زیر سقفهایی با ارتفاعات مختلف بگذرد.

۳ـ تغییرات ارتفاع مربوط به هر دو باشد.

اگر بلندی کامیون یا ارتفاع سقف را به طور مستقل در نظر بگیریم، یک مطلب است و اگر آنها را در ارتباط با یکدیگر سنجش کنیم مطلبی دیگر است.

در ساخت قطعات مختلف صنعتی چنین تغییراتی در اندازه ها بسیار مهم تلقی می شود؛ به طوری که طراحان صنعتی همیشه ملزم به تعیین دقیق اختلاف اندازه های مجاز در طراحیهای خود هستند. برای مثال کسی که یک گیره را طراحی می کند باید ضمن دادن اندازه های اصلی برای قسمتهای مختلف یک قطعه، تغییرات مجاز برای هر اندازه را نیز ذکر کند. این مطلب تا آنجا که تنها به یک اندازهٔ آزاد مثل طول اهرم گیره مربوط است نوعی از تغییرات را تحمل می کند، اما آنجا که مربوط به دو قطعهٔ درهم رفتنی و منطبق شونده است، بسته به نوع ارتباط، شکل دیگری از تغییرات اندازه را خواهد پذیرفت که در هر مورد توضیحات تفصیلی داده خواهد شد.

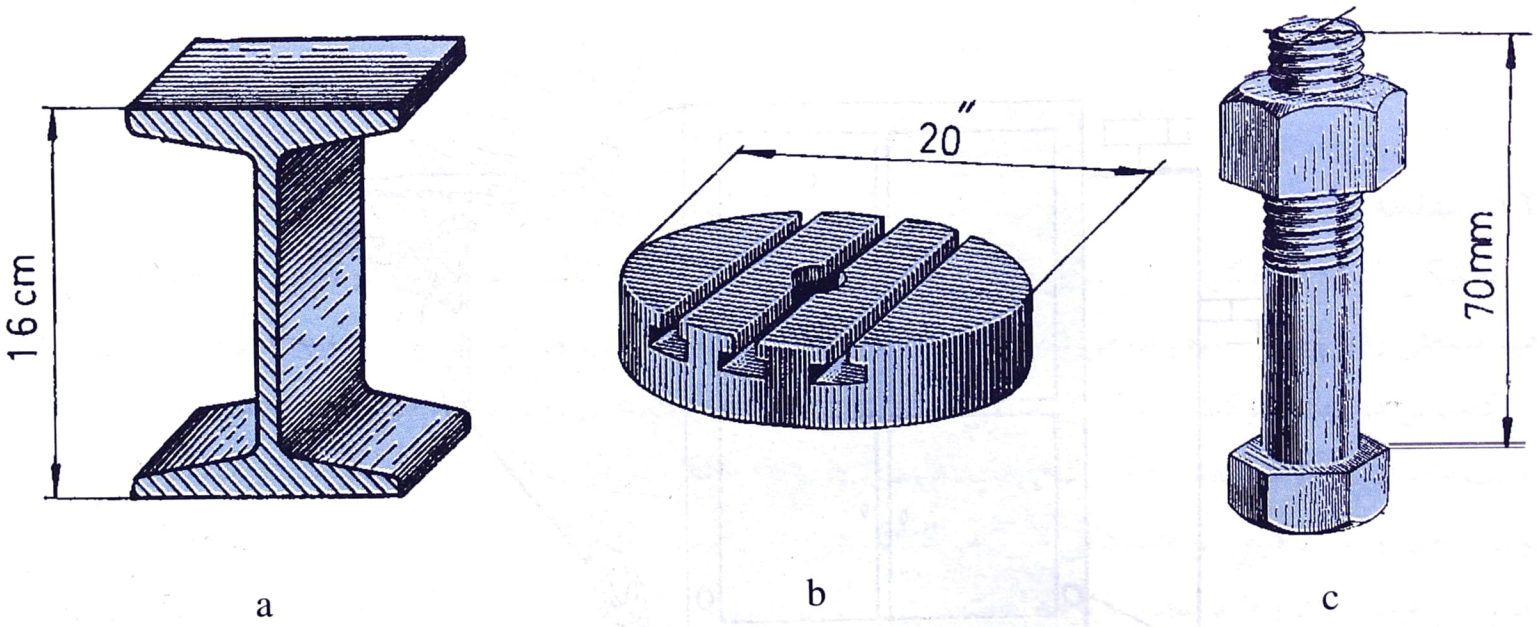
۲ـ۱۲ـ اندازهٔ اسمی

به شکل ۲ـ۱۲ نگاه کنید. اندازهٔ L باید به مقدار معینی ساخته شود. این اندازه در شکل a برابر ۱۶ سانتی متر، در شکل b برابر ۲۰ in و در شکل c معادل ۷۰ میلیمتر است.

این مقادیر را اندازهٔ اسمی می گویند. نامیدن اندازهٔ اسمی به این دلیل است که، یک اندازه را هرگز نمی توان با دقت مطلق ساخت؛ یعنی ساختن اندازه ای که بدون هیچ خطایی برابر مثلاً ۱۶ cm باشد یا به صورت دیگر داشته باشیم $L = 16/000000000\ldots cm$ از نظر فنی امکان ندارد[1]، اما در صورت لزوم می توان آن را خیلی نزدیک به اندازهٔ اسمی ساخت. بدیهی است هر چه بخواهیم اندازهٔ واقعی را به اندازهٔ اسمی نزدیک کنیم، باید هزینهٔ زیادتری صرف کنیم و در ضمن از ماشینها و ابزار دقیقتر و کارگران ماهرتر استفاده کنیم که البته این امر مقرون به صرفه نخواهد بود.

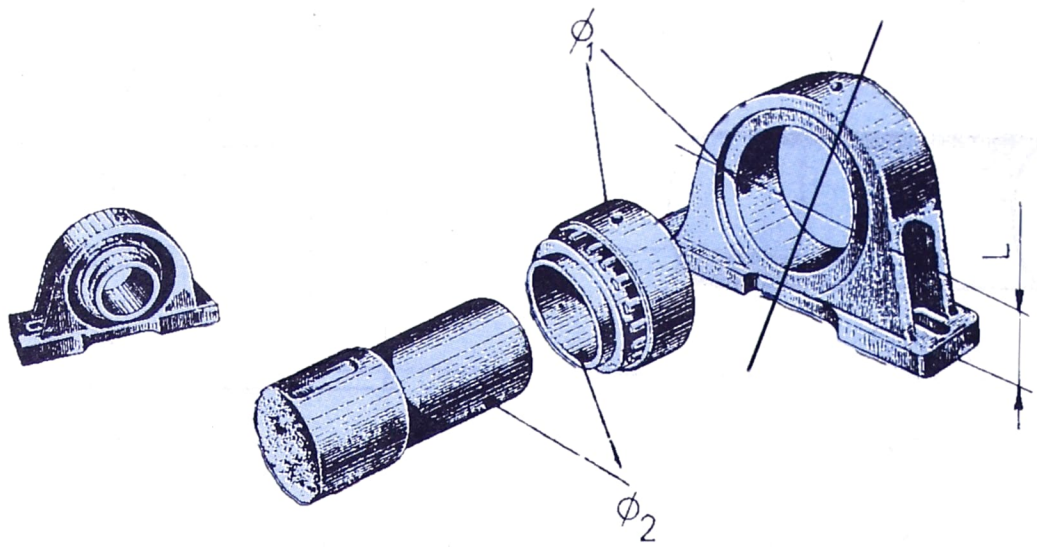
در مثالهای داده شده در شکل ۲ـ۱۲، خطای جزیی در اندازه، اهمیت چندانی ندارد، اما آیا در مثالهای داده شده در شکل ۳ـ۱۲ نیز خطاها در اندازه به همان نسبت کم اهمیت است؟

البته منظور اندازه های ϕ_1 و ϕ_2 و L است. بدیهی است که در این جا به علت مطرح بودن مسائل انطباقی میان قطعات مقدار خطا در اندازه بسیار مهم است؛ به طوری که انتخاب اندازه های مناسب در کیفیت کار اجزا اثر می گذارد و خود یک مسألهٔ مهم صنعتی محسوب می شود.



شکل ۲ـ۱۲

۱ـ امروزه ساخت اندازه ای با دقت ۰/۰۰۱ میکرون امکانپذیر است، اما فوق العاده گران تمام می شود.



شکل ۳ـ۱۲

در کنترل اندازه ها دو نکته خیلی اهمیت دارد، بخصوص در مورد دو قطعه ای که با هم در حال تماس خواهند بود یا بر هم منطبق خواهند شد. این نکات عبارتند از:

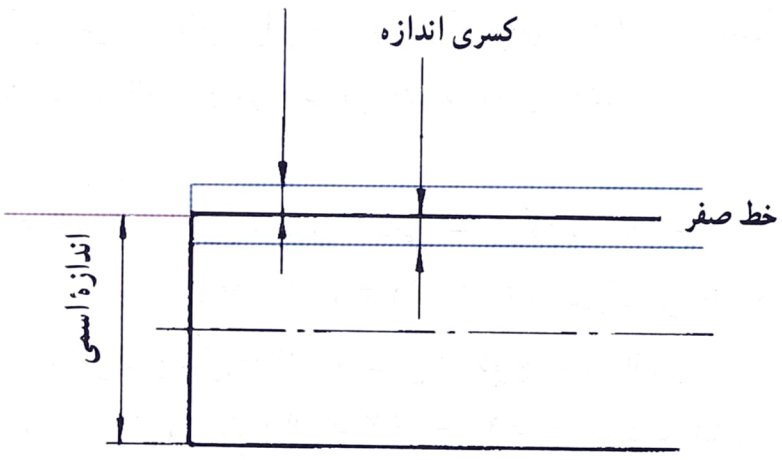
۱ـ دقت بیشتر در اندازه ها باعث دقیقتر بودن یک ماشین و بالا رفتن کیفیت کار آن خواهد شد.

۲ـ هر چه دقت در اندازه ها زیادتر شود، قیمت تولید بالاتر خواهد رفت.

دقت در اندازه ها به خاطر مسائلی از قبیل فضای لازم جهت روغنکاری، تغییرات درجهٔ حرارت و تأثیر آن در تغییر اندازه ها، لقّی های مختلف، تعویض قطعه یا یدکی خوری، فشار لازم در پرسکاری و تنشهای حاصله، تأثیرات بارهای اضافی بر محورها در یاتاقانها و غیره بسیار مهم است. پس خطاهای اندازه گیری و حدود مجاز آن باید از نظر طراح خیلی مهم باشد و با دقّت کامل تعیین شود. به این ترتیب از ضرایب اصلی تعیین عمر یک ماشین، رعایت و انتخاب درست این خطاها در اندازه گیری است. البته نباید به علت دقت بیش از حد باعث گران تمام شدن قیمت قطعه یا ماشین شد.

مقدار خطایی را که طراح در یک اندازه مجاز می داند، **اختلاف اندازهٔ مجاز یا تولرانس** «Tolerance» می گوییم که تجربهٔ چند صد سالهٔ صنعت در هر موردی آن را تعیین کرده است. هدف از این فصل بحث بیشتر پیرامون این موضوع و نحوهٔ درج آن در نقشه است. در مطالب فوق به اندازهٔ اسمی اشاره شد و اینک چند اصطلاح و تعریف ضروری دیگر:

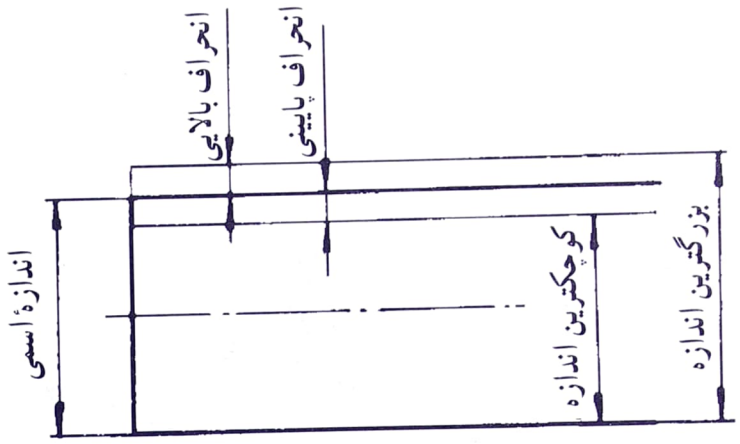
۱ـ۲ـ۱۲ـ خط صفر: این خط در واقع نمایش دهندهٔ اندازهٔ اسمی است و هر قدر از آن بالا رویم مقادیر بیش از اندازهٔ اسمی و هر قدر پایین رویم اندازه ها زیر اندازهٔ اسمی خواهند بود (شکل ۴ـ۱۲).



شکل ۴ـ۱۲

۲ـ۲ـ۱۲ـ انحراف بالایی: گفته شد که ساختن اندازهٔ اسمی به طور مطلق امکان ندارد؛ بنابراین مجبوریم برای یک اندازه حدودی قائل شویم، یعنی بگوییم که این اندازه را می توان تا چه حد بیشتر یا کمتر از اندازهٔ اسمی ساخت. حداکثر اضافه اندازه را انحراف بالایی «یا فوقانی» می گویند (شکل ۵ـ۱۲).

۳ـ۲ـ۱۲ـ انحراف پایینی: حداکثر کاهش اندازهٔ مجاز نسبت به اندازهٔ اسمی را انحراف پایینی «تحتانی» می گویند (شکل ۵ـ۱۲).



شکل ۵ـ۱۲

بزرگترین اندازه: در صورت افزودن انحراف بالایی به اندازهٔ اسمی، بزرگترین اندازهٔ مجاز به دست می آید؛ پس:

انحراف بالایی + اندازهٔ اسمی = بزرگترین اندازهٔ مجاز

کوچکترین اندازه: در صورت کاستن انحراف پایینی از اندازهٔ اسمی، کوچکترین اندازهٔ مجاز به دست خواهد آمد؛ پس:

انحراف پایینی + اندازهٔ اسمی = کوچکترین اندازه مجاز

مثال: اندازهٔ اسمی برای قطر یک میله ۲۰ mm است. اگر انحراف بالایی برابر ۰/۲ و انحراف پایینی ۰/۳− باشد، بزرگترین اندازه و کوچکترین اندازه را معین کنید.

حل:

⇒ انحراف بالایی + اندازهٔ اسمی = بزرگترین اندازه

بزرگترین اندازه = ۲۰ + ۰/۲ = ۲۰/۲mm

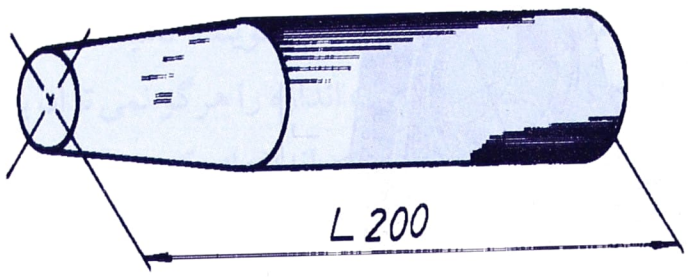
⇒ انحراف پایینی + اندازهٔ اسمی = کوچکترین اندازه

کوچکترین اندازه = ۲۰ − ۰/۳ = ۱۹/۷mm

۳ـ۱۲ـ تولرانس

تولرانس از نظر لغوی به معنی تحمّل کردن یا حد تحمّل است که در این مورد بخصوص آن را به **اختلاف اندازهٔ مجاز** تعبیر می کنیم و با T نشان می دهیم. به عبارت دیگر مقدار خطایی را که طراح برای یک اندازه قابل تحمل می داند، تولرانس می گویند[1]. به شکل ۶ـ۱۲ توجه کنید.

فرض کنید طراح برای طول L مقدار ۰/۲mm افزایش طول و نیز ۰/۱ mm کاهش را مجاز دانسته است، پس



شکل ۶ـ۱۲

بزرگترین اندازه ۲۰۰/۲ و کوچکترین اندازه ۱۹۹/۹ می باشد. در این جا اختلاف اندازهٔ مجاز یا تولرانس برابر خواهد بود با بزرگترین اندازه، منهای کوچکترین اندازه یا:

تولرانس T = بزرگترین اندازه − کوچکترین اندازه

یا

$T = ۲۰۰/۲ - ۱۹۹/۹ = ۰/۳$

بنابراین اندازهٔ ۰/۳mm، اختلاف اندازهٔ مجاز یا تولرانس است. می توان تولرانس را به طور مستقیم از تفاضل انحراف بالایی و پایینی به دست آورد؛ بنابراین برای مثال بالا:

تولرانس = انحراف بالایی − انحراف پایینی

تولرانس = ۰/۲ − (−۰/۱) = ۰/۳

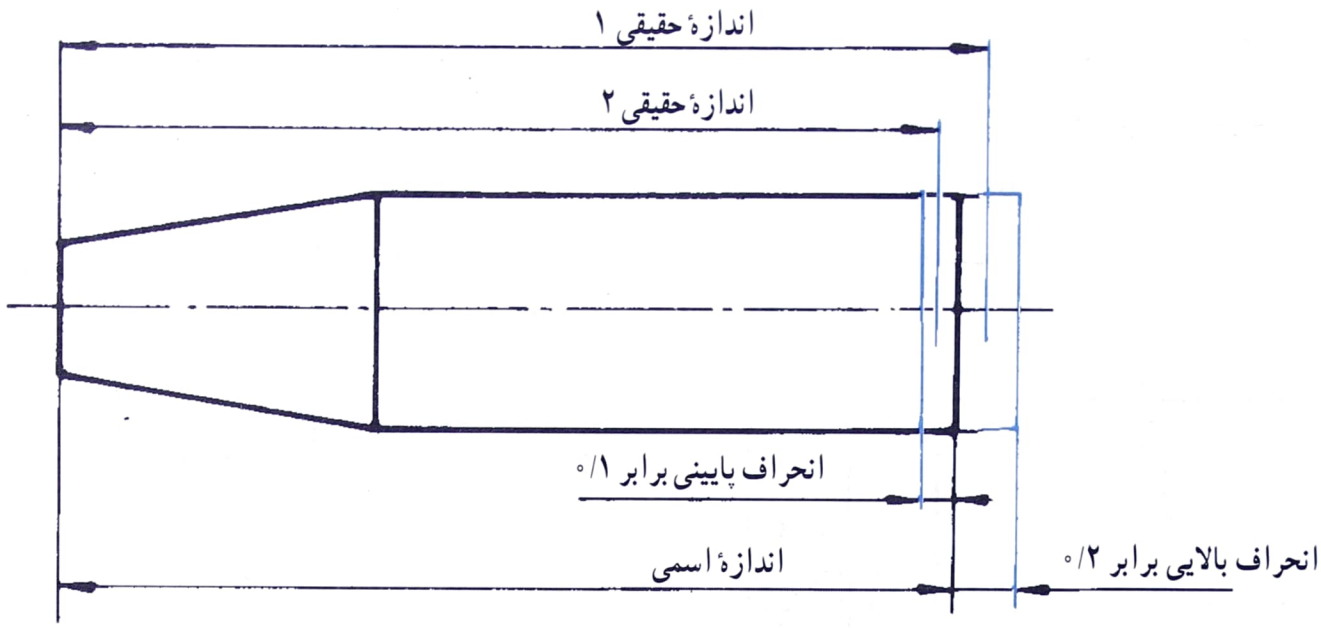
۱ـ۳ـ۱۲ـ اندازهٔ فعلی: اندازهٔ فعلی یا حقیقی عبارت است از اندازهٔ موجود قطعه؛ یعنی آن مقداری که وسیلهٔ اندازه گیری نشان می دهد. البته این اندازه موقعی مورد قبول واقع می شود که میان بزرگترین و کوچکترین اندازه واقع باشد. در مثال گذشته اگر کنترل اندازه با کولیس مقدار ۲۰۰٫۰۵ را نشان می دهد، این اندازه قابل قبول خواهد بود. در مثال فوق آیا اندازهٔ حقیقی می تواند بیش از اندازهٔ اسمی یا کمتر از آن باشد؟

پاسخ این سؤال مثبت است. به شکل ۷ـ۱۲ دقت کنید.

به این ترتیب آیا می توانید بگویید که در این مثال چند اندازهٔ حقیقی می توانیم داشته باشیم؟

۲ـ۳ـ۱۲ـ کیفیّت تولرانس: کیفیت یا چگونگی تولرانس عبارت است از مقدار آن که هر چه کمتر باشد می گوییم درجهٔ مرغوبیت آن بیشتر است. پس هر چه اختلاف اندازهٔ

۱ـ در فارسی به جای تولرانس، اصطلاح رواداری یا روایی را انتخاب کرده اند.



شکل ۷ـ۱۲

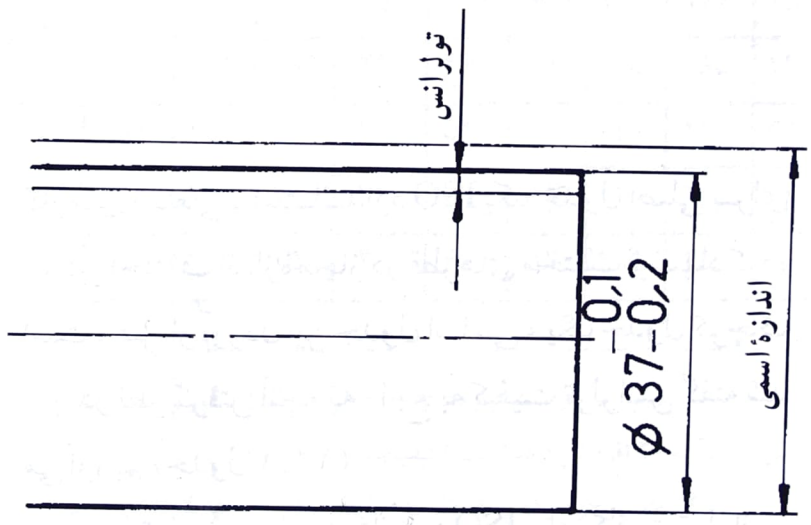
مجاز کمتر باشد قطعه از نظر کیفی اندازهٔ دقیقتری دارد و اندازهٔ حقیقی آن با خطای کمتری است، اما هر چه تولرانس بیشتر شود به دست آوردن اندازهٔ فعلی آسانتر خواهد بود.

۳ـ۳ـ۱۲ـ موقعیت تولرانس: عبارت است از وضعیت انحراف اندازهٔ مجاز نسبت به خط صفر.

مجموعهٔ کیفیت و موقعیت تولرانس به میدان تولرانس موسوم است.

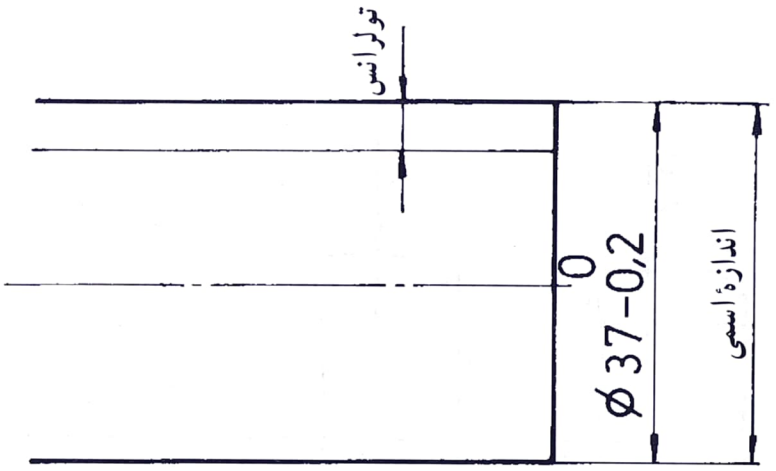
مثال: اگر اندازهٔ اسمی قطر یک میله ۴۰ باشد، با در نظر گرفتن تولرانسهای مختلف می توان وضعیتهای متفاوتی نسبت به خط صفر به دست آورد «که البته این تولرانسها می توانند هر چه ظریفتر یا خشنتر انتخاب شوند». در این جا می توان اختلاف اندازهٔ مجاز را به گونه ای انتخاب کرد که:

الف ـ بزرگترین اندازه، زیر اندازهٔ اسمی باشد، «زیر خط صفر باشد» (شکل ۸ـ۱۲).



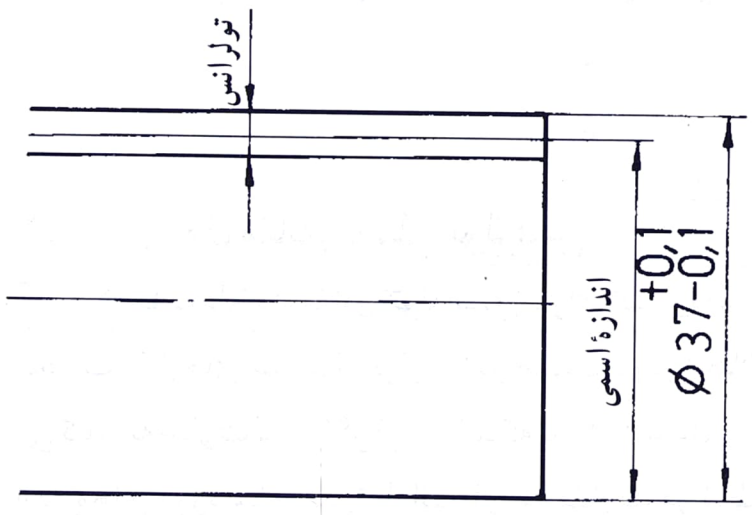
شکل ۸ـ۱۲

ب ـ بزرگترین اندازه به خط صفر برسد (شکل ۹ـ۱۲).



شکل ۹ـ۱۲

پ ـ بزرگترین اندازه بالای خط صفر و کوچکترین اندازه زیر خط صفر باشد (شکل ۱۰ـ۱۲).

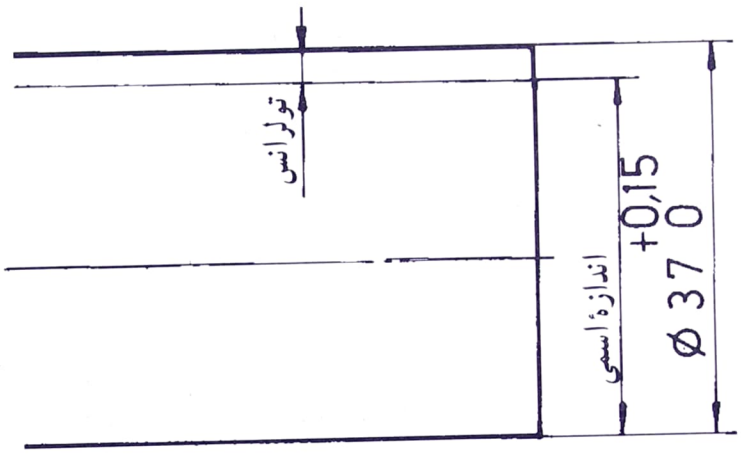


شکل ۱۰ـ۱۲

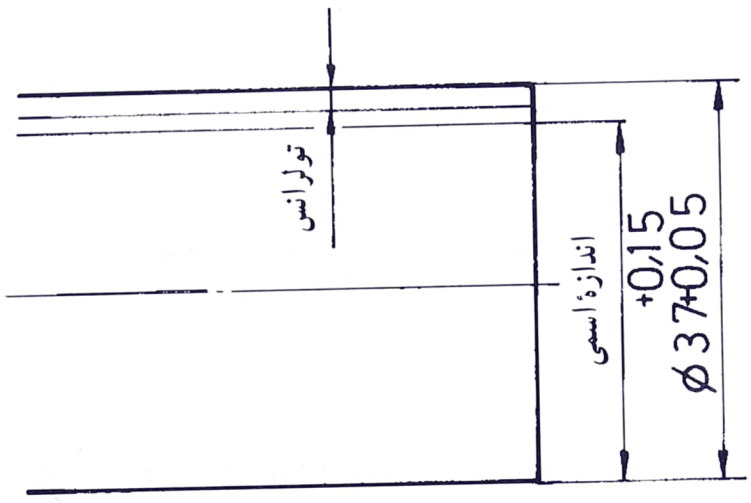
ت ـ کوچکترین انـدازهٔ مجاز برابر با خط صفر باشـد (شکل ۱۱ـ۱۲).

ث ـ کوچکترین اندازه بیشتر از خط صفر باشد، «بالای خط صفر یا اندازهٔ اسمی» (شکل ۱۲ـ۱۲).

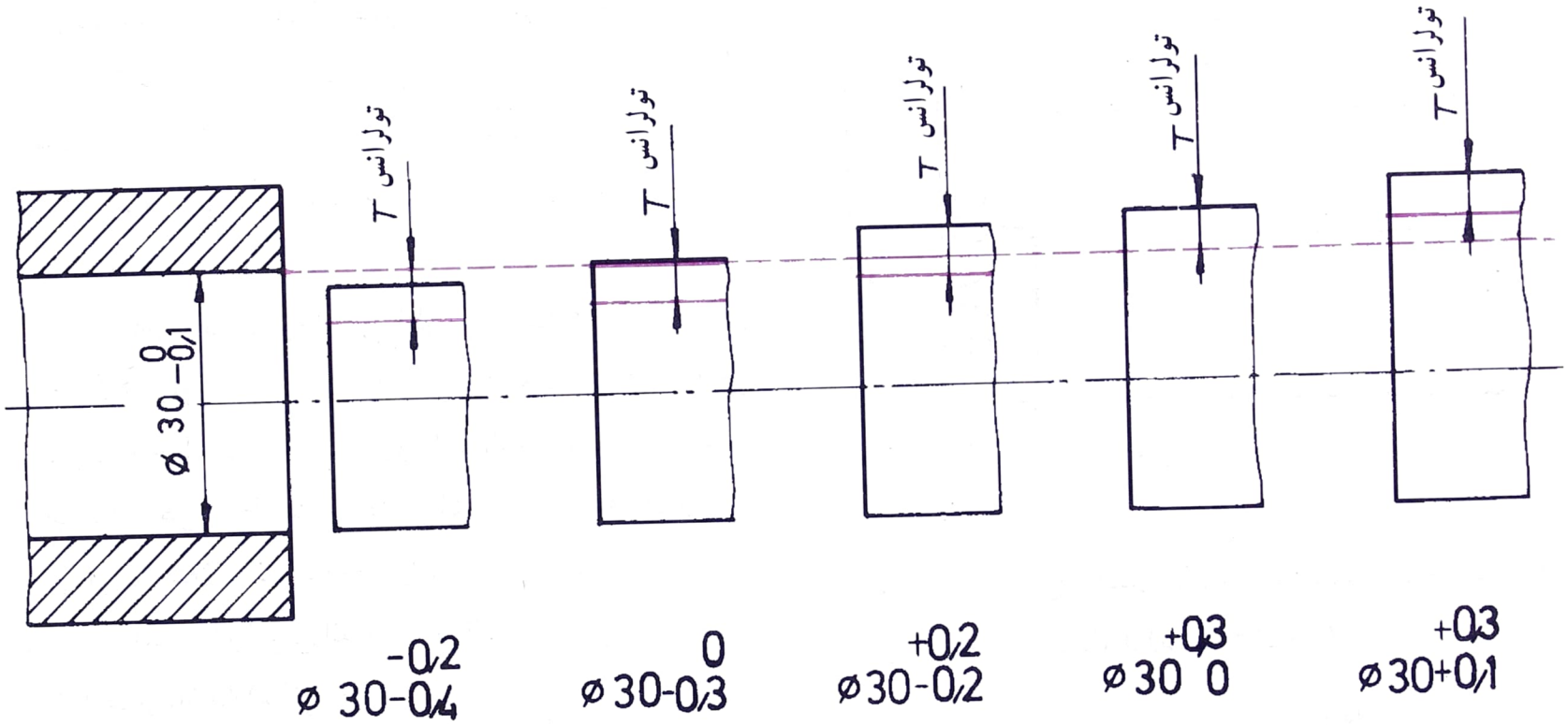
هر کدام از اوضاع پنجگـانـهٔ ذکر شده، در کـارهـای صنعتی کاربرد مخصوص خود را دارند که بعداً گفته خواهد شد. شکل ۱۳ـ۱۲ مطالب ذکـر شده در پنج مورد فوق را به طور یکجا نشان می دهد. این شکل از نظر مقایسـهٔ حالتهای ذکر شده جالب است.



شکل ۱۱ـ۱۲



شکل ۱۲ـ۱۲



شکل ۱۳ـ۱۲

۴ـ۱۲ـ جدول مقادیر اصلی تولرانس

انتخاب دلخواه مقادیر تولرانـس بـرای انـدازه هـای مختلف، کارهای ساخت و تولید را در صنعت دچار اختلال می کند. به عبارت دیگر اگر قرار باشد که تولیدکنندگان برای اندازه های مورد ساخت، تولرانسهای متـفـاوت در نـظـر گیرند، ارتباط صنعتی منتفی خواهد بود. برای هماهنگی در کارهای صنعتی، اسـتـانـدارد ISO یک جدول اصلی بـرای مقادیر اختلاف اندازهٔ مجاز در قطرهای مختلف پیشنهاد کرده است. قبل از آوردن این جدول اساسی، یک جدول کوچک را با در نظر گرفتن آنچه که راجع به کیفیت تولرانس گفته شد می آوریم (جدول ۱ـ۱۲).

طبق این جدول، استاندارد ISO برای کیفیت تولرانس

جدول ۱ـ۱۲ـ مربوط به اعداد تولرانس ISO

اندازه‌ها با دقت کمتر															اعداد IT							اندازه‌ها با دقت بیشتر
۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰	۰۱

۱۸ مرحله در نظر گرفته است[1] که این مراحل با اعداد ۰۱ ، ۰ ، ۱ ، ۲ ، . . . ، ۱۶ بیان می شوند. برای عبارت «تولرانس ISO» اختصار IT «ISO Tolerance» را در نظر می گیریم. پس کیفیتهای هجده گانه را می توان به صورتهای IT۰۱ ، IT۰ ، IT۱ ، . . . ، IT۱۶ نشان داد. از IT۰۱ تا IT۵ برای کارهای بسیار دقیق مثل ابزارهای اندازه گیری، از IT۵ تا IT۷ برای ماشین سازی دقیق و از IT۸ به بالا برای کارهای با دقت اندازهٔ کمتر استفاده می شود.

حال می توان برای روشنتر شدن کامل مطلب جدول مقادیر اصلی را در نظر گرفت (جدول ۲ـ۱۲).

به این جدول با دقت نگاه کنید. این جدول اساس کلیهٔ مطالب عنوان شده در تولرانسها و انطباقات[2] است.

ـ ستون اول با واحد میلیمتر در سمت چپ مربوط به قطرها «یا اندازه های طولی» است؛ برای مثال (۱۸ تا ۱۰ >)

جدول ۲ـ۱۲ـ مربوط به مقادیر عددی تولرانسهای استاندارد برحسب میکرون متر μm

گروه mm	۰۱	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
≤ ۳	۰/۳	۰/۵	۰/۸	۱/۲	۲	۳	۴	۶	۱۰	۱۴	۲۵	۴۰	۶۰	۱۰۰	۱۴۰	۲۵۰	۴۰۰	۶۰۰
> ۳ تا ۶	۰/۴	۰/۶	۱	۱/۵	۲/۵	۴	۵	۸	۱۲	۱۸	۳۰	۴۸	۷۵	۱۲۰	۱۸۰	۳۰۰	۴۸۰	۷۵۰
> ۶ تا ۱۰	۰/۴	۰/۶	۱	۱/۵	۲/۵	۴	۶	۹	۱۵	۲۲	۳۶	۵۸	۹۰	۱۵۰	۲۲۰	۳۶۰	۵۸۰	۹۰۰
> ۱۰ تا ۱۸	۰/۵	۰/۸	۱/۲	۲	۳	۵	۸	۱۱	۱۸	۲۷	۴۳	۷۰	۱۱۰	۱۸۰	۲۷۰	۴۳۰	۷۰۰	۱۱۰۰
> ۱۸ تا ۳۰	۰/۶	۱	۱/۵	۲/۵	۴	۶	۹	۱۳	۲۱	۳۳	۵۲	۸۴	۱۳۰	۲۱۰	۳۳۰	۵۲۰	۸۴۰	۱۳۰۰
> ۳۰ تا ۵۰	۰/۶	۱	۱/۵	۲/۵	۴	۷	۱۱	۱۶	۲۵	۳۹	۶۲	۱۰۰	۱۶۰	۲۵۰	۳۹۰	۶۲۰	۱۰۰۰	۱۶۰۰
> ۵۰ تا ۸۰	۰/۸	۱/۲	۲	۳	۵	۸	۱۳	۱۹	۳۰	۴۶	۷۴	۱۲۰	۱۹۰	۳۰۰	۴۶۰	۷۴۰	۱۲۰۰	۱۹۰۰
> ۸۰ تا ۱۲۰	۱	۱/۵	۲/۵	۴	۶	۱۰	۱۵	۲۲	۳۵	۵۴	۸۷	۱۴۰	۲۲۰	۳۵۰	۵۴۰	۸۷۰	۱۴۰۰	۲۲۰۰
> ۱۲۰ تا ۱۸۰	۱/۲	۲	۳/۵	۵	۸	۱۲	۱۸	۲۵	۴۰	۶۳	۱۰۰	۱۶۰	۲۵۰	۴۰۰	۶۳۰	۱۰۰۰	۱۶۰۰	۲۵۰۰
> ۱۸۰ تا ۲۵۰	۲	۳	۴/۵	۷	۱۰	۱۴	۲۰	۲۹	۴۶	۷۲	۱۱۵	۱۸۵	۲۹۰	۴۶۰	۷۲۰	۱۱۵۰	۱۸۵۰	۲۹۰۰
> ۲۵۰ تا ۳۱۵	۲/۵	۴	۶	۸	۱۲	۱۶	۲۳	۳۲	۵۲	۸۱	۱۳۰	۲۱۰	۳۲۰	۵۲۰	۸۱۰	۱۳۰۰	۲۱۰۰	۳۲۰۰
> ۳۱۵ تا ۴۰۰	۳	۵	۷	۹	۱۳	۱۸	۲۵	۳۶	۵۷	۸۹	۱۴۰	۲۳۰	۳۶۰	۵۷۰	۸۹۰	۱۴۰۰	۲۳۰۰	۳۶۰۰
> ۴۰۰ تا ۵۰۰	۴	۶	۸	۱۰	۱۵	۲۰	۲۷	۴۰	۶۳	۹۷	۱۵۵	۲۵۰	۴۰۰	۶۳۰	۹۷۰	۱۵۵۰	۲۵۰۰	۴۰۰۰

۱ـ در برخی از استانداردهای ملی مثل استاندارد قدیم دین آلمان ۲۰ کیفیت و استاندارد روسی ۱۹ کیفیت در نظر گرفته شده بود و اخیراً استاندارد ISO هم کیفیتها را به ۲۰ افزایش داده است «کیفیتهای ۱۷ و ۱۸».

۲ـ مقادیر موجود در جدول را طبق فرمول محاسبه کرده اند. جهت کسب اطلاعات بیشتر می توانید به کتابهای رسم فنی ترجمهٔ باقر رجال یا کتاب رسم فنی تئوری سال چهارم نقشه کشی صنعتی نظام قدیم مراجعه کنید.

به معنای قطر میله بیشتر از ۱۰ میلیمتر تا حداکثر ۱۸ میلیمتر است.

ـ ستون دوم یا ستون ۰۱ با واحد میکرون، اولین کیفیت تولرانس است؛ به این معنا که طبق این ستون تولرانس مجاز برای اندازه ها داده می شود؛ برای مثال در مورد (۱۸ تا ۱۰< قطر میله)، تولرانس پیشنهادی ISO برابر ۰٫۵ میکرون خواهد بود.

ـ ملاحظه می کنید که در ستونهای بعدی به طور مرتب مقدار تولرانس افزایش می یابد؛ به طوری که برای مثال قبل یعنی قطر از ۱۰ تا ۱۸ و مثلاً IT۹ خواهیم داشت: $IT۹ = ۴۳\mu$.

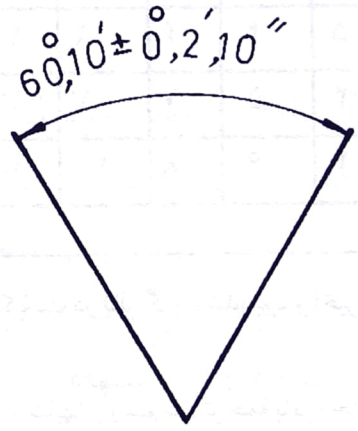
مسأله: IT۱۱ برای قطر ۷۰ میلیمتر چه قدر است؟

حل: با مراجعه به جدول می بینیم که عدد ۷۰ در محدودهٔ (۸۰ تا ۵۰ <) واقع می شود؛ پس در ستون ۱۱ خواهیم داشت: $IT۱۱ = ۱۹۰\mu$ یعنی ۱۹۰μ برای قطر ۷۰ خواهد بود.

طبق آنچه که گذشت این جدول برای یک اندازهٔ معین مثلاً ۲۰، هجده کیفیت تولرانس پیشنهاد می کند. امروزه تولیدکنندگان با قبول این کیفیتها، تولرانسها را برای اندازه های انطباقی از این جدول استخراج می کنند.

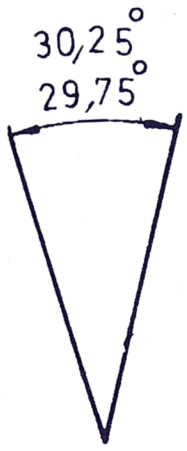
۱ـ۴ـ۱۲ـ تولرانس زاویه: در مورد زوایا هم می توان مقادیر تولرانس را برحسب درجه و دقیقه و ثانیه قائل شد. در شکل ۱۴ـ۱۲ برای زاویهٔ ۶۰ درجه و ۱۰ دقیقه مقدار ″۱۰ و ′۲ و °±۰ به عنوان تولرانس در نظر گرفته شده است.

در این شکل چون انحراف بالایی و پایینی برابر است آن را به صورت ± نوشته اند.



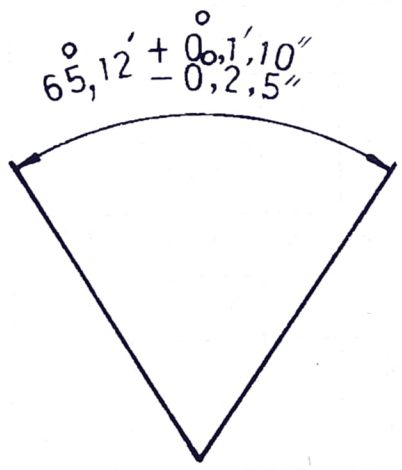
شکل ۱۴ـ۱۲

در شکل ۱۵ـ۱۲ حدود ماکزیمم و مینیمم زاویه برحسب درجه نوشته شده است.



شکل ۱۵ـ۱۲

شکل ۱۶ـ۱۲ زاویه ای را با دو حد بالایی و پایینی متفاوت نشان می دهد. توجه داشته باشید که کلیهٔ شماره ها به یک اندازه هستند.



شکل ۱۶ـ۱۲

غیر از روشهای ذکر شده، برای نوشتن تولرانس زاویه شکلهای دیگری نیز موجود است. در اینجا اضافه می شود که مقادیر تولرانس زاویه توسط طراح یا از جدول تعیین می‌شود.

۲ـ۴ـ۱۲ـ تولرانس آزاد: با آن که جدول مقادیر اصلی تولرانس پاسخگوی کلیهٔ نیازهای صنعتی است، در بسیاری اوقات طراح ترجیح می دهد که تولرانسهایی خارج از این جدول برای اندازه ها قائل شود. این تولرانسها را آزاد می گویند.

تولرانس آزاد را به دو گونه انتخاب می‌کنند:

روش اوّل: در این روش طراح خود تولرانس را پیشنهاد

می کند؛ مثلاً در مورد اندازهٔ ۳۰ می گوید:

$$30^{+0.2}_{-0.3} \quad \text{یا} \quad 30^{0}_{-0.2}$$

بدین ترتیب او تولرانس را برای تعدادی از اندازه های موجود روی نقشه، مستقیماً می نویسد و برای بقیه در جایی مناسب، مثلاً بالای جدول یا داخل آن قید می کند که مثلاً:

۰/۱± کلیهٔ تولرانسهای داده نشده

این روش زمانی که اندازه ها به هم نزدیک هستند نسبتاً خوب است. اما اگر اختلاف اندازه ها زیاد باشد کارآیی ندارد.

روش دوم: استفاده از جدولی به نام جدول تولرانسهای آزاد. در این جدول تولرانسها تحت عنوان ظریف، متوسط و خشن معرفی شده است.

پس می توان تولرانس را برای یک طول معین، کم، متوسط و یا زیاد در نظر گرفت که در آن صورت می توان تولرانسها را ظریف، متوسط و خشن نامید.

جدول ۳ـ۱۲ مقادیر پیشنهادی برای تولرانس آزاد را معرفی می‌کند.[1]

جدول ۳ـ۱۲ـ مربوط به مقادیر پیشنهادی تولرانس آزاد

خشن c	متوسط m	ظریف f	اندازه ها برحسب mm
—	±۰/۱	±۰/۰۵	۰/۵ تا ۳
±۰/۲	±۰/۱	±۰/۰۵	۳ تا ۶
±۰/۵	±۰/۲	±۰/۱	۶ تا ۳۰
±۰/۸	±۰/۳	±۰/۱۵	۳۰ تا ۱۲۰
±۱/۲	±۰/۵	±۰/۲	۱۲۰ تا ۳۱۵
±۲	±۰/۸	±۰/۳	۳۱۵ تا ۱۰۰۰
±۳	±۱/۲	±۰/۵	۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰

برای مثال اگر نظر طراح در تعیین تولرانسهای آزاد مرحلهٔ متوسط باشد، می‌تواند در جدول بنویسد:

کلیهٔ تولرانسها متوسط یا کلیهٔ تولرانسها m / ISO2768

تولرانسهای زاویه نیز به شرح جدول ۴ـ۱۲ است. طبق این جدول ملاحظه می شود که هر چه طول ضلع کوچکتر زاویه افزایش یابد، دقت اندازه گیری بیشتر می شود.

جدول ۴ـ۱۲ـ رواداری زاویه

اندازهٔ ضلع کوتاه زاویه		۱۰ تا	بیشتر از ۵۰ تا ۱۰	بیشتر از ۱۲۰ تا ۵۰	بیشتر از ۴۰۰ تا ۱۲۰
تولرانس	درجه، دقیقه	±۱°	±۳۰′	±۲۰′	±۱۰′
	میلیمتر در طول ۱۰۰	±۱/۸	±۰/۹	±۰/۶	±۰/۳

۱ ـ این استاندارد از شمارهٔ ISO/2768 برداشته شده است. با همین مشخصات شمارهٔ استاندارد آمریکایی آن ANSI/B/4.3 و آلمانی آن DIN/7168 می باشد.

تمرین

۱ـ آیا در موقع ساخت یک قطعه، همهٔ اندازه ها باید یک دقت را داشته باشند؟

۲ـ اندازهٔ اسمی یعنی چه؟

۳ـ ساختن یک اندازهٔ هر چه دقیقتر چه مسائلی را به دنبال دارد؟

۴ـ دقت در اندازه ها به دلیل چه مسائلی مهم است؟

۵ـ آیا خطاهای اندازه گیری در کار یک ماشین مهم است؟

۶ـ مقدار خطای مجاز چه نامیده می شود؟

۷ـ خط صفر چیست؟

۸ـ انحراف بالایی را شرح دهید.

۹ـ انحراف پایینی را شرح دهید.

۱۰ـ بزرگترین اندازه چیست؟

۱۱ـ کوچکترین اندازه چگونه به دست می آید؟

۱۲ـ تولرانس را به طور دقیق تعریف کنید.

۱۳ـ اگر برای طول L مقدار ۳mm / ۰ افزایش طول و ۲mm / ۰ کاهش طول مجاز باشد، تولرانس چه قدر است؟

۱۴ـ اندازهٔ فعلی یعنی چه؟

۱۵ـ کیفیت تولرانس یعنی چه؟

۱۶ـ موقعیت تولرانس چیست؟

۱۷ـ منظور از عبارت IT چیست؟

۱۸ـ برای کیفیت تولرانس چند مرحله موجود است؟ آنها از چند تا چند هستند؟

۱۹ـ در مورد جدول ۲ـ۱۲ به طور دقیق توضیح دهید.

۲۰ـ در مورد تولرانس زاویه توضیح دهید.

۲۱ـ در مورد تولرانس آزاد توضیح دهید.

ارزشیابی عملی

سؤال ۱ـ اشکال ۸ـ۱۲ تا ۱۳ـ۱۲ را مجدداً ترسیم نمایید.

سؤال ۲ـ سه شکل دلخواه رسم کنید که روی هر کدام زاویه ای موجود باشد. این زوایا را در هر شکل به یکی از روشهای مذکور در اشکال ۱۴ـ۱۲ تا ۱۷ـ۱۲ اندازه گذاری کنید.

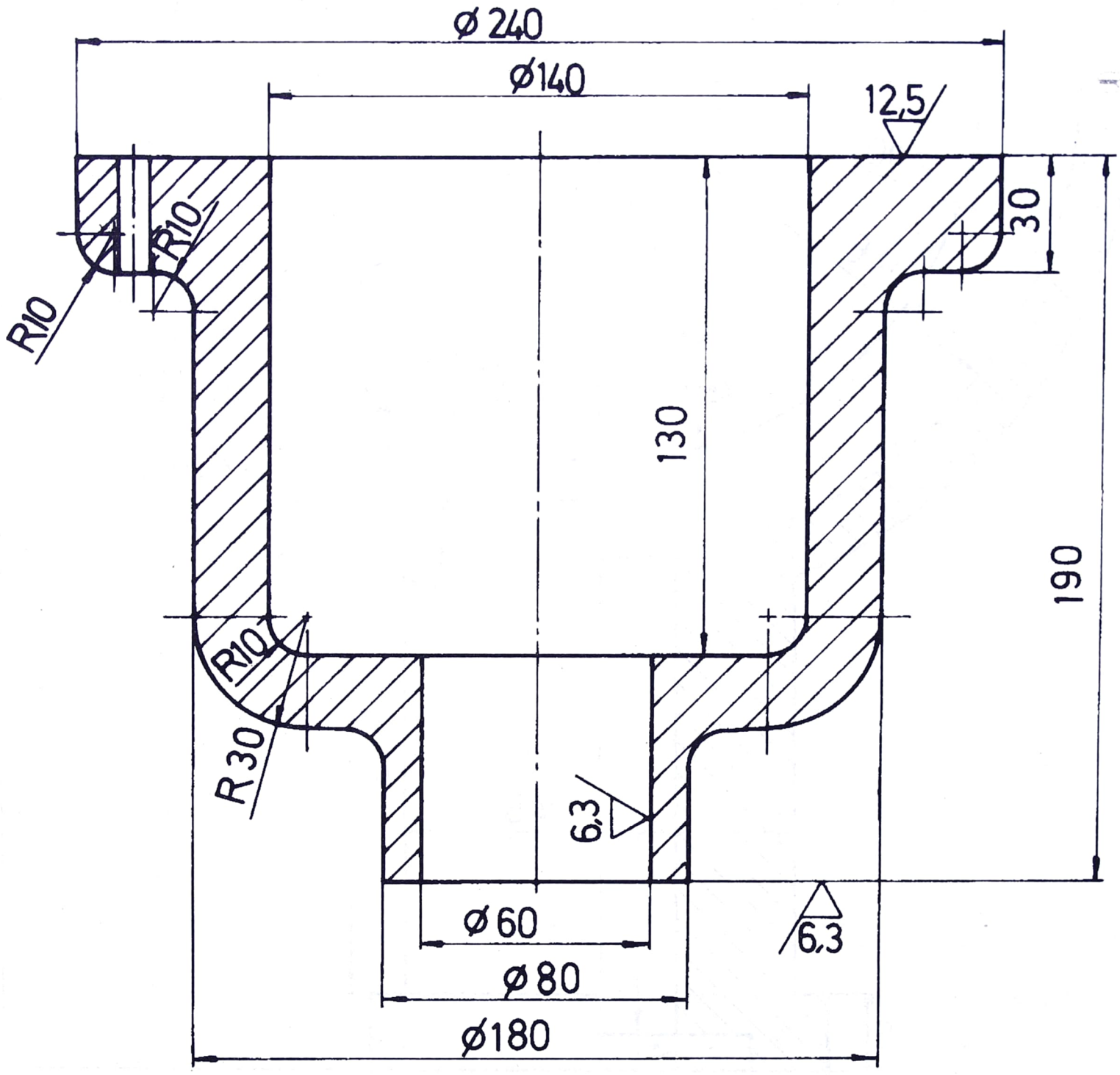
سؤال ۳ـ در شکل ۱۷ـ۱۲، یک درپوش با دو نما معرفی شده است برای آن کارهای زیر را انجام دهید:

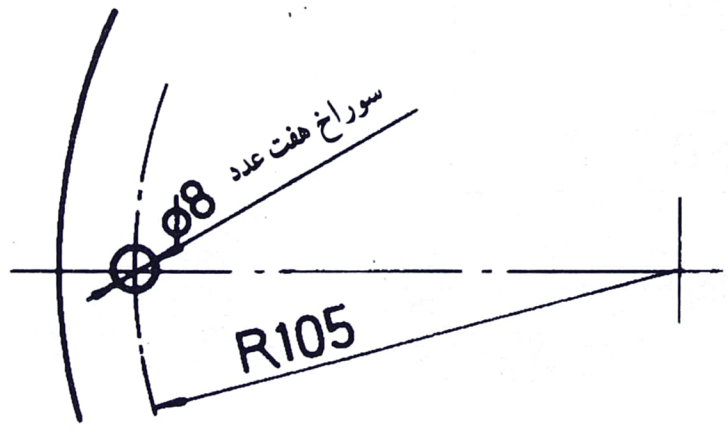
ـ ترسیم نمای قائم در نیم برش، نمای افقی در نیم نما.

ـ به کار بردن اندازه ها و علائم پرداخت سطح در حالت جدید.

ـ با توجه به جدول ۳ـ۱۲، تولرانس آزاد برای هر اندازهٔ موجود را در کنار آن بنویسید.

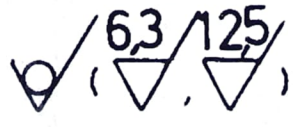
سؤال ۴ـ در شکل ۱۸ـ۱۲ قطعه ای به کمک نیم برش و برش گردشی مشخص شده است.





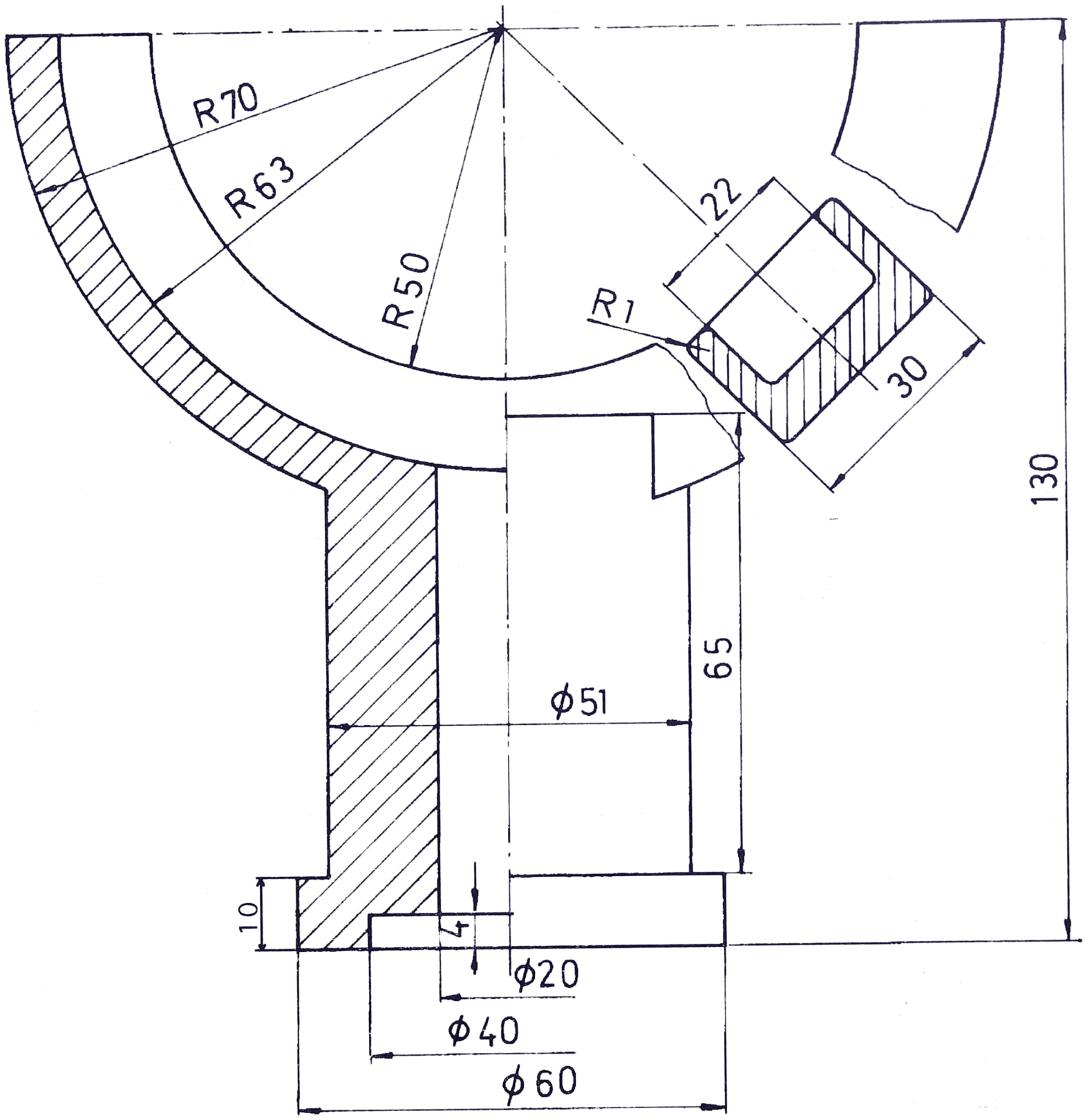
مقیاس ۱:۲

جنس GG15



شکل ۱۷ـ۱۲

سطوح داخل شیار استوانه ای و نیز سطح داخلی سوراخ ϕ۲۰ و خزینهٔ آن با Ra برابر ۶/۳ پرداخت می شوند. برای سایر موارد از Ra۱۲/۵ و دستور برای ساخت بهتر استفاده کنید. ضمناً علاوه بر تصویر از جلو و اندازه گذاری کامل، برش کامل در نمای از چپ و تصویر افقی نیز مورد نیاز است.



شکل ۱۸ـ۱۲

فصل سیزدهم

انطباقات

هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می رود که در پایان این فصل:

- مفهوم انطباق را شرح دهد.
- مفهوم میله را در انطباقات توضیح دهد.
- مفهوم سوراخ را در انطباقات توضیح دهد.
- انواع انطباق را معرفی کند.
- سیستم انطباقی ثبوت سوراخ را شرح دهد.
- سیستم انطباقی ثبوت میله را شرح دهد.
- از جدول، نوع انطباق را استخراج کند.
- مراحل مختلف انطباقی را با استفاده از جدول معرفی کند.

مدت زمان آموزش

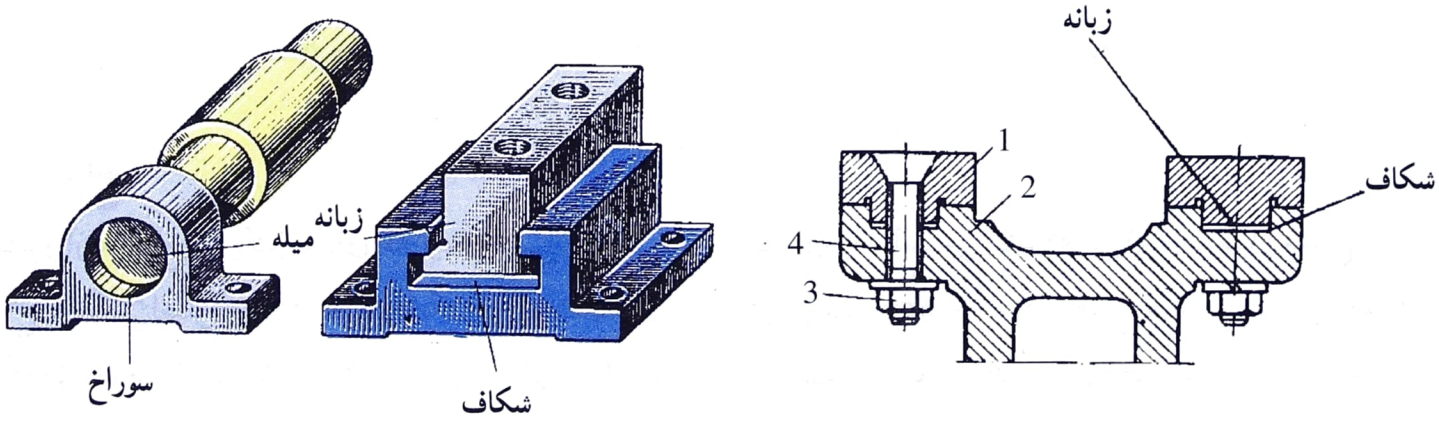
۱۲ ساعت

۱۳ـ انطباقات

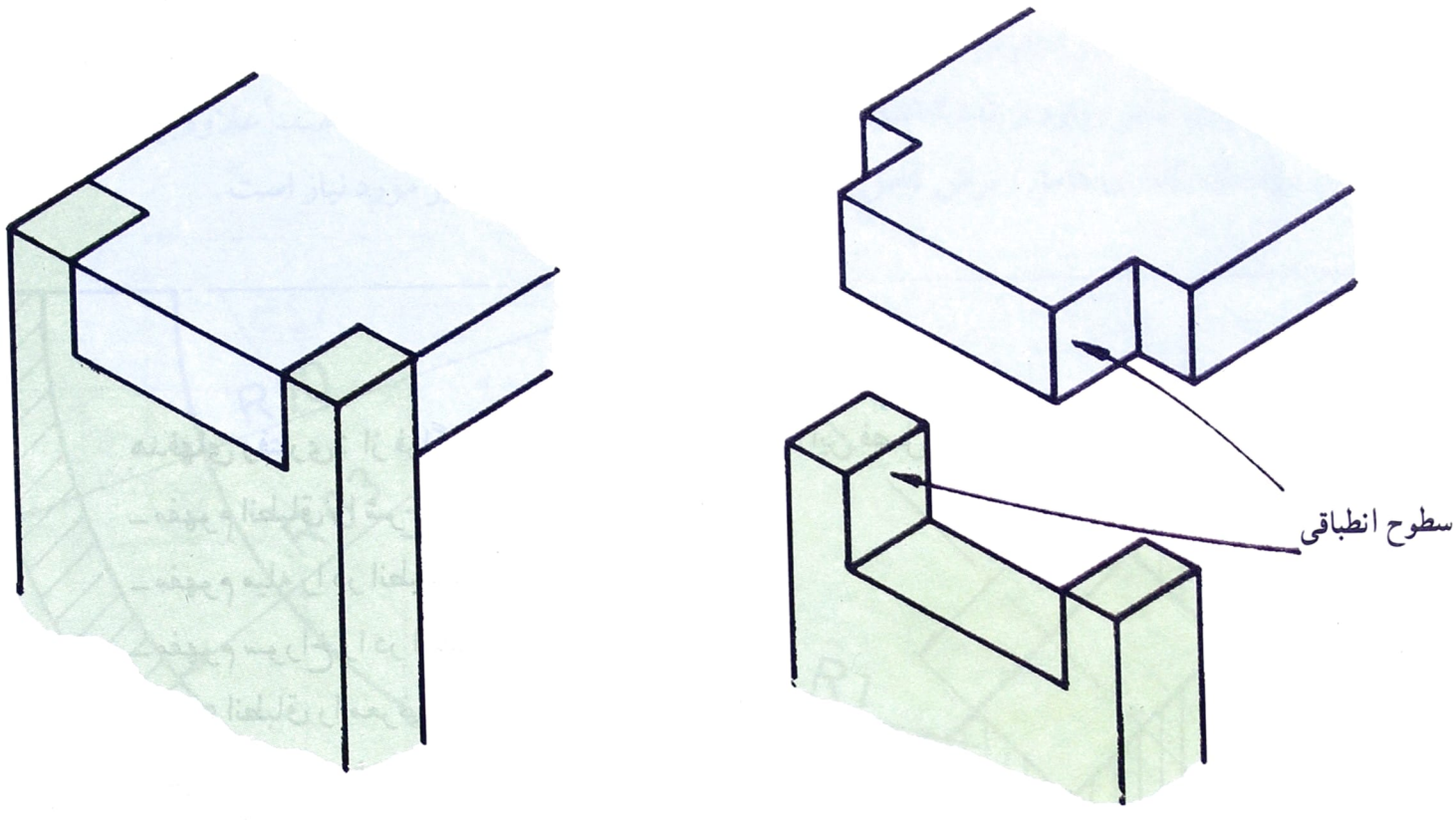
۱ـ۱۳ـ تعریف انطباق قطعات

چنانچه یک قطعه، به هر صورت، در قطعه ای دیگر تداخل کند، می گوییم یک انطباق انجام گرفته است. به شکل ۱ـ۱۳ توجه کنید، انواعی از انطباق ملاحظه می شود.

در یک انطباق، دو سطح با یکدیگر مجاور خواهند شد و لازمهٔ این مجاورت، نوعی تداخل است «به هر شکلی». آن دو سطح را سطوح انطباقی می نامند (شکل ۲ـ۱۳).



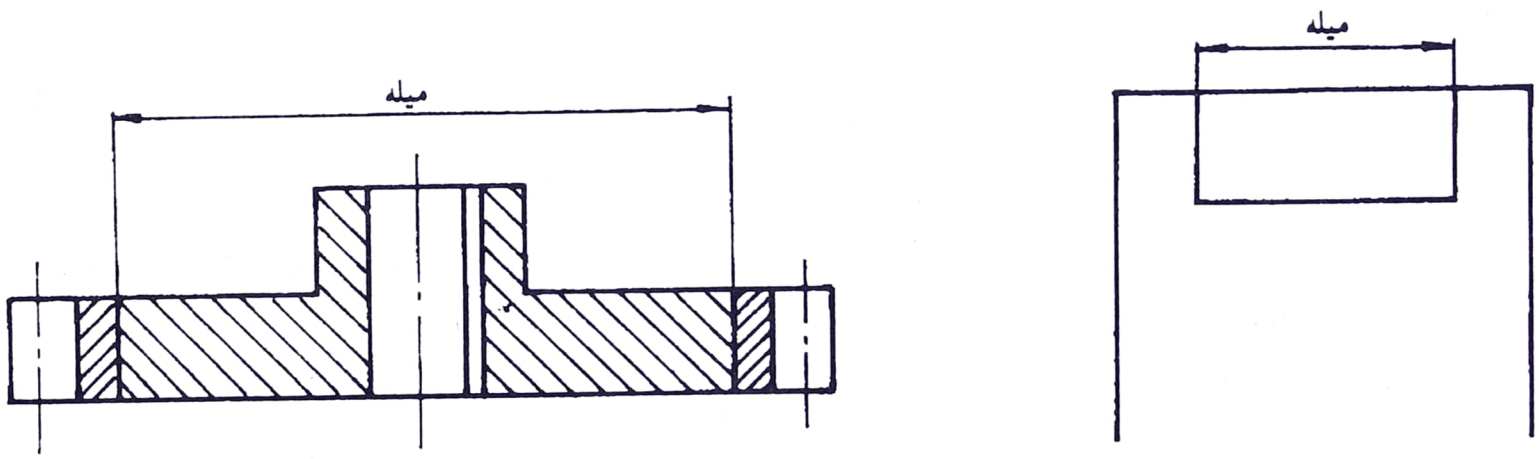
شکل ۱ـ۱۳



شکل ۲ـ۱۳

۲ـ۱۳ـ مفهوم میله در انطباقات

منظور از میله در یک انطباق علاوه بر معنی عمومی آن «قطعه ای استوانه ای»، هر فرم یا شکلی از قطعه است که در انطباق وارد قطعه ای دیگر می شود؛ مانند میله که داخل سوراخ می شود و مانند زبانه که داخل شکاف قرار می گیرد. شکل ۳ـ۱۳ انواعی از میله را نشان می دهد.

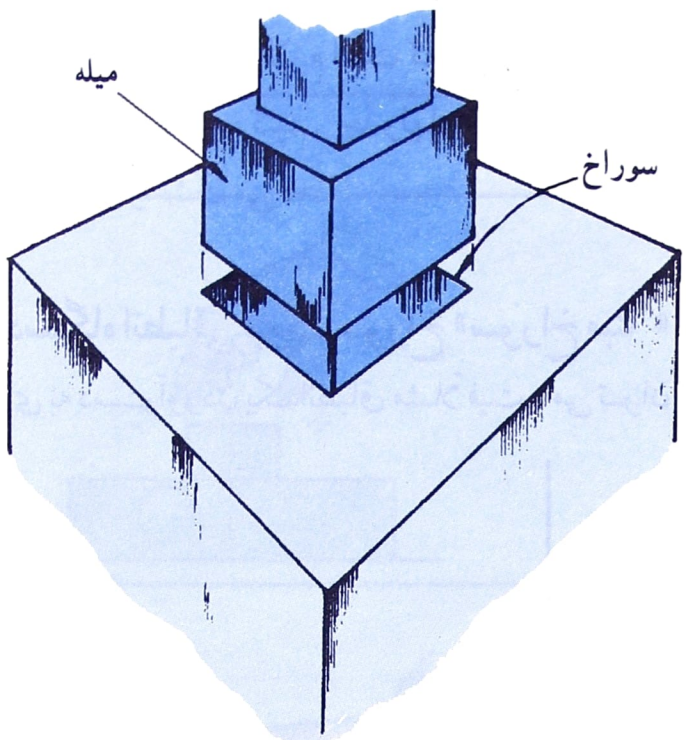


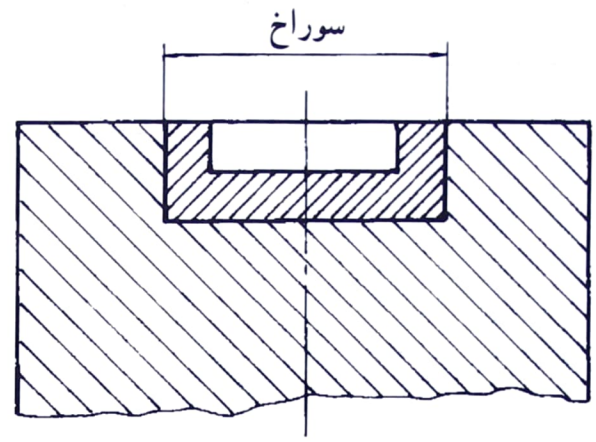
شکل ۳ـ۱۳

۳ـ۱۳ـ سوراخ

منظور از سوراخ در یک انطباق علاوه بر معنی عمومی آن «سوراخ به شکل استوانه»، هر فرم و شکلی است که قطعه ای داخل آن می شود. شکل ۴ـ۱۳ نمونه هایی را ارائه می کند.

بدیهی است تنوع تولیدات صنعتی درجات مختلفی از انطباق را طلب می کند که می توانند بسیار متنوع باشند، اما در هر صورت یک مسألهٔ مطرح اساسی صنعتی، مسألهٔ انطباق دو قطعه است. به طورکلی انطباقات را در سه دسته می توان جای داد:





شکل ۴ـ۱۳

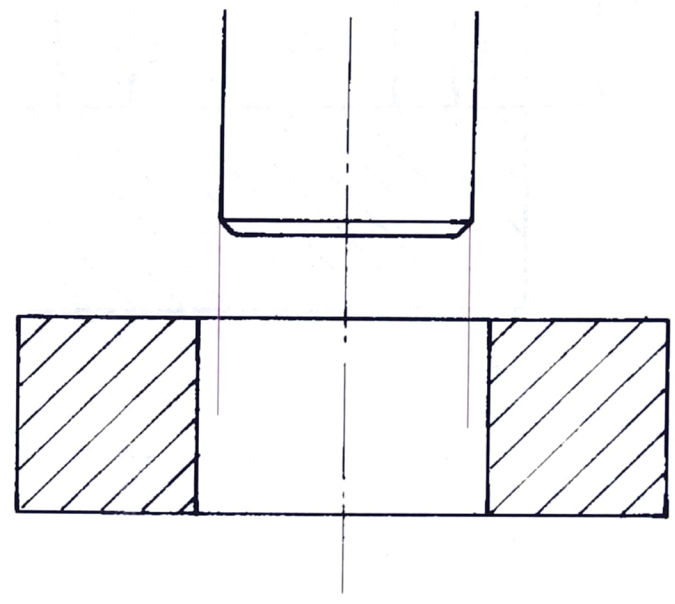
۴ـ۱۳ـ انطباق بازی دار

انطباق بازی دار یا روان یا آزاد زمانی پیش می آید که دو قطعهٔ منطبق شونده نسبت به هم دارای بازی و به عبارت دیگر نسبت به هم دارای لقّی باشند. میزان این لقّی از تفاضل اندازهٔ فعلی میله از اندازهٔ فعلی سوراخ به دست می آید. شکل ۵ـ۱۳ براساس اندازه های فعلی ترسیم شده است.

در این جا اضافه می شود که:

کوچکترین اندازهٔ میله – بزرگترین اندازهٔ سوراخ = بزرگترین لقّی

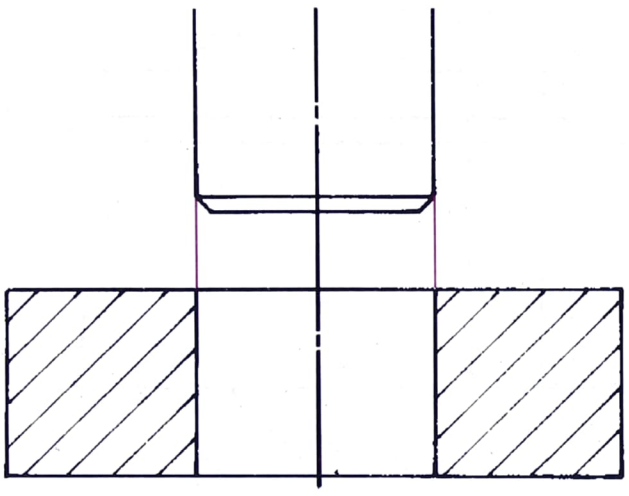
بزرگترین انـدازهٔ میله – کوچکترین اندازهٔ سوراخ = کوچکترین لقّی



شکل ۵ـ۱۳ـ انطباق روان

۵ـ۱۳ـ انطباق عبوری

می توان آن را انتقالی یا ضعیف نیز نامید و آن حالـتـی است که دو قطعه ضمن نداشتن لقّی در یکدیگر قابل حرکت یا لغزیدن با نیروی کم هستند. در این شرایط اندازه های فعلی تقریباً معادل خواهند بود (شکل ۶ـ۱۳).



شکل ۶ـ۱۳ـ انطباق عبوری

۶ـ۱۳ـ انطباق پرسی

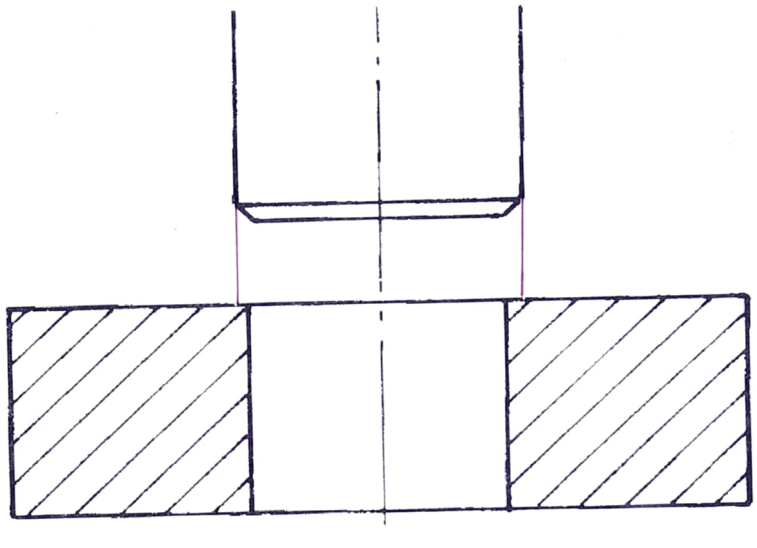
این انطباق داخلی یا در هم رفتنی اسـت و اخـتـلاف اندازه های فعلی میله و سوراخ بدان گونه است کـه بـایـد از نیروهای زیادتر حتی پرس استفاده کرد (شکل ۷ـ۱۳).

با یک نظر اجمالی بلافاصله متوجه این نکته خواهیـم شد که تقسیم بندیهای فوق به هیچ عنوان برای تنوع انطباقات

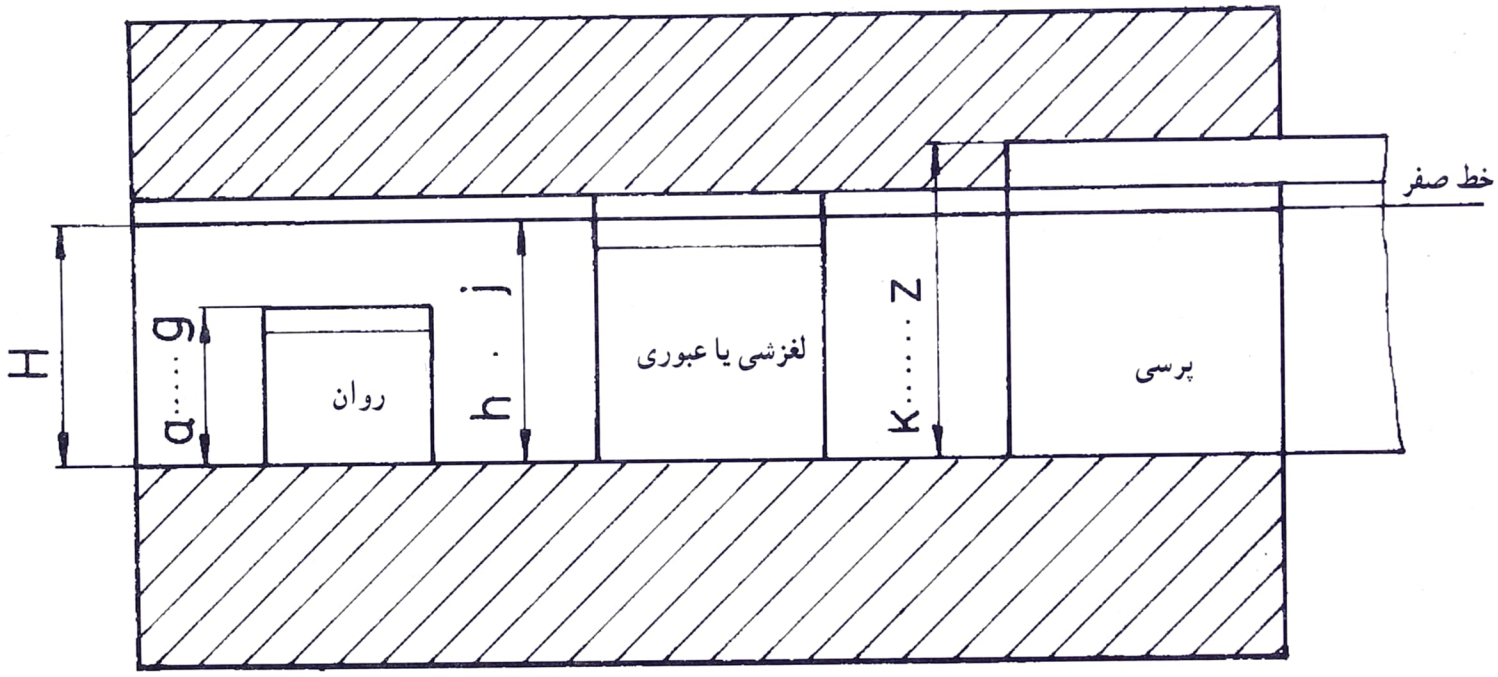
در صنعت کافی نیست؛ پس لازم است که خود این سه دسته را به مراحل بیشتری تقسیم کنیم. جدولهای ۱ـ۱۳ و ۲ـ۱۳ تقسیمات بیشتری را نشان می دهد.

۷ـ۱۳ـ دستگاه انطباقی ثبوت سوراخ «سوراخ مبنا[1]»

برای به دست آوردن یک انطباق مثلاً فیت، می توان قطر سوراخ و میله را طوری تنظیم کرد که مقصود مورد نظر حاصل شود. برای رسیدن به این هدف می توان ابتدا سوراخ را ساخت و سپس قطر میله را چنان تنظیم کرد که کار لازم انجام شود (شکل ۸ـ۱۳).



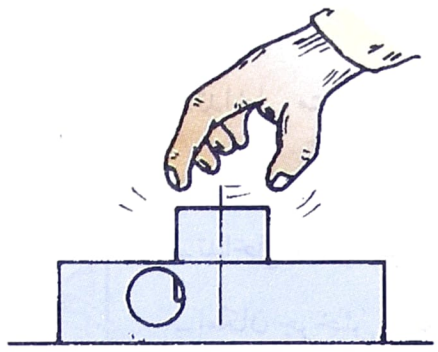
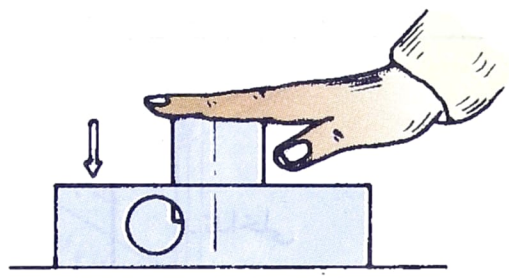
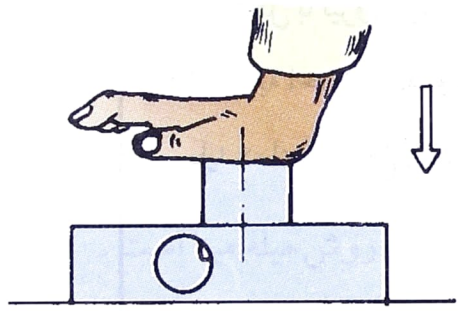
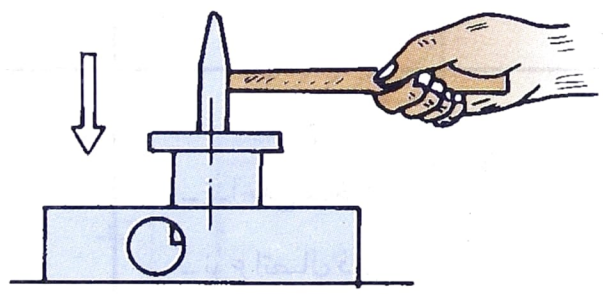
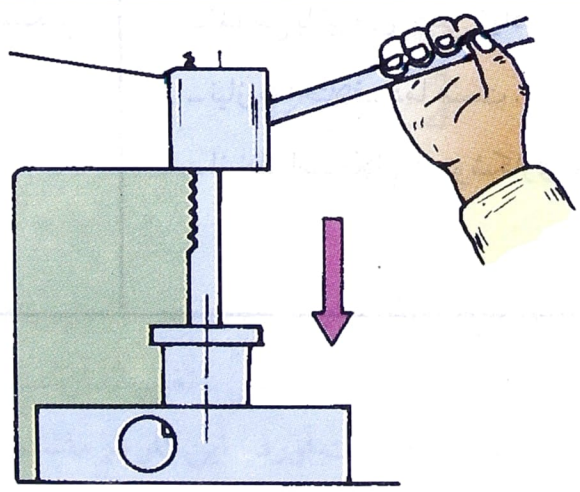
شکل ۷ـ۱۳ـ انطباق پرسی



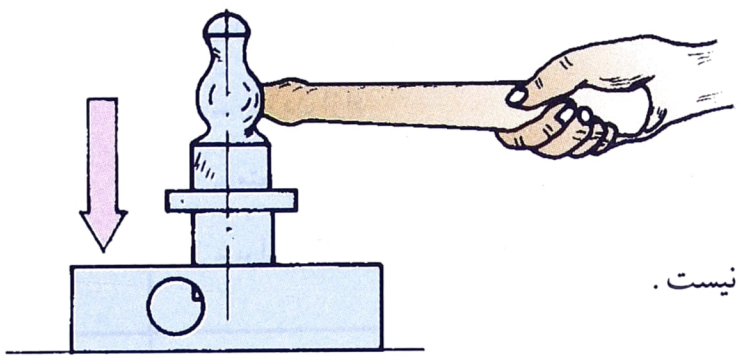
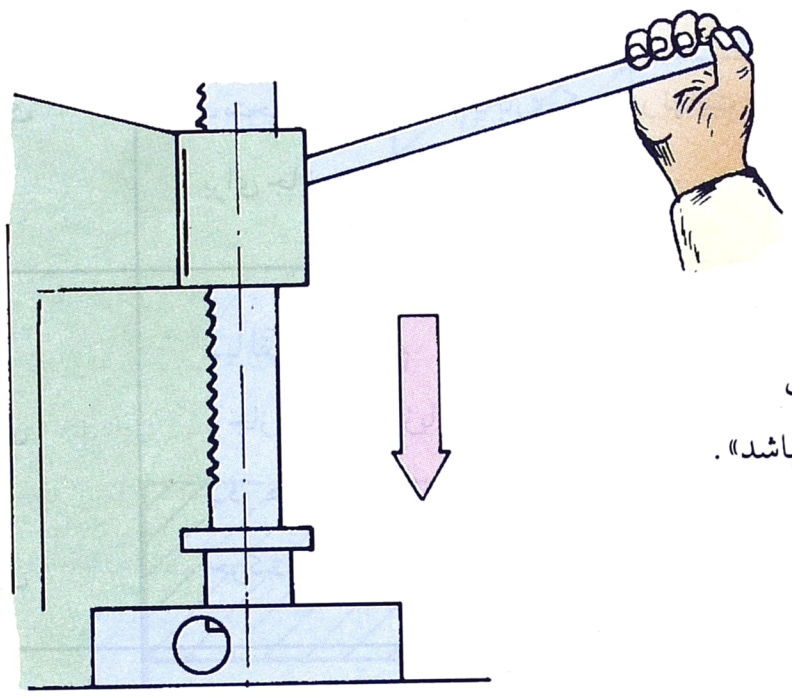
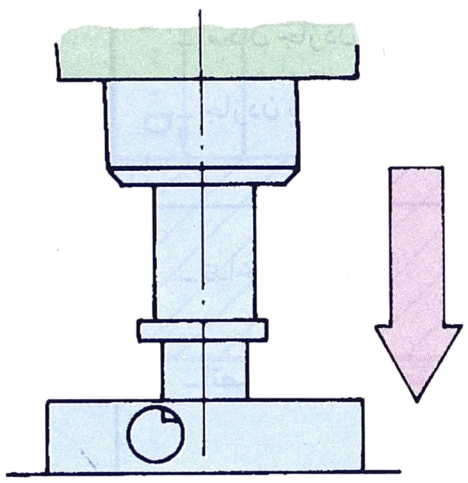
شکل ۸ـ۱۳

۱ ـ این انطباقات در دمای ۲۰°C معتبر هستند.

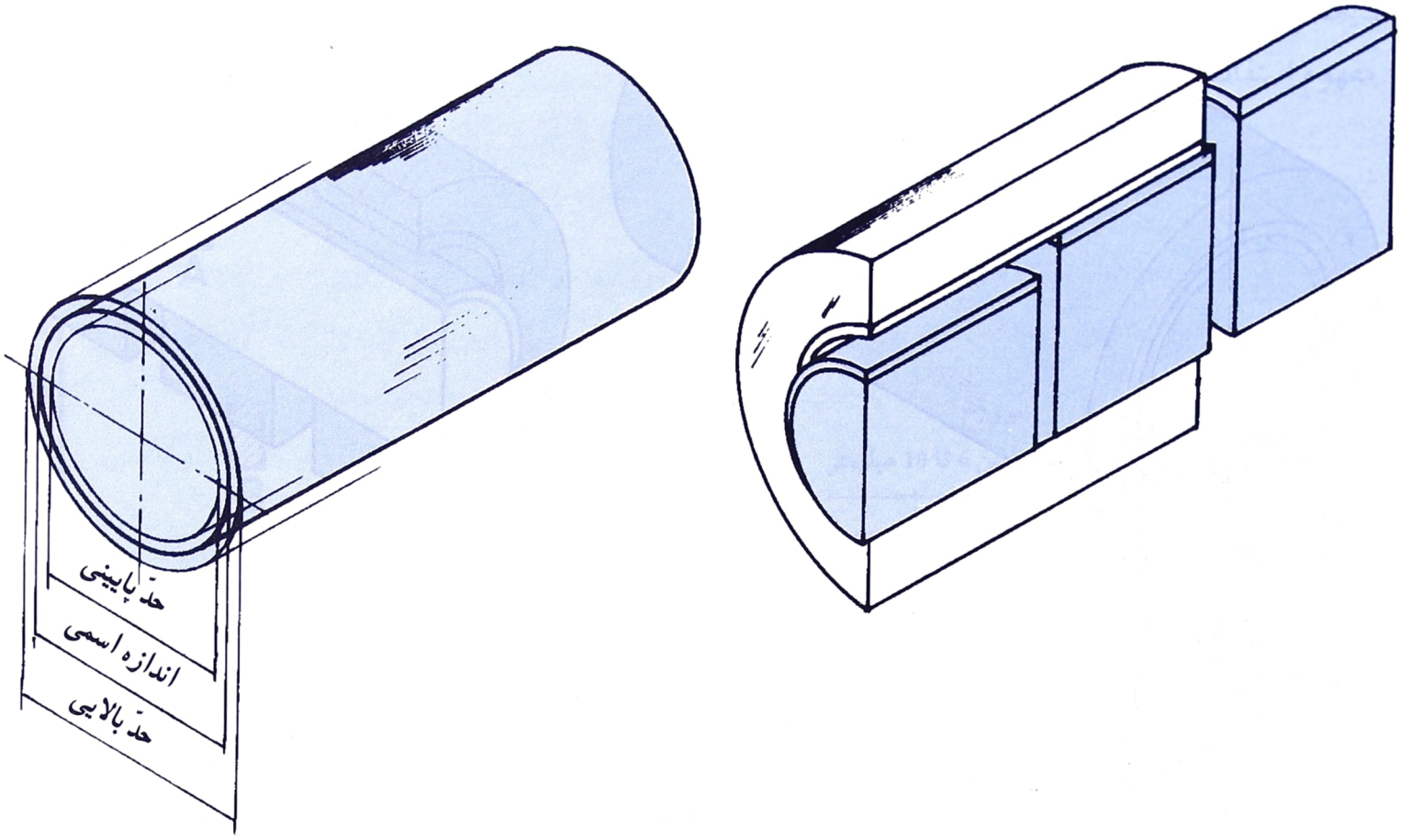
جدول ۱ـ۱۳ـ مربوط به انواع انطباق سبک

نوع انطباق	وضعیت	
آزاد یا روان	ـ لقّی زیاد ـ جازدن آزاد ـ متحرک نسبت به هم با بازی خیلی زیاد ـ برای جازدن نیاز به نیرو نیست .	
نسبتاً روان متحرک	ـ با لقّی متوسط ، با لقّی کم ـ جا زدن شُل ، جازدن راحت ـ متحرک نسبت به هم با بازی کم و در نهایت ، برای جا زدن فشار کم دست کافی است .	
فیت لغزشی یا سُرِشی	ـ با لقّی خیلی کم ـ جازدن با فشار زیاد دست ـ در هر صورت با فشار دست امکان حرکت انتقالی هست .	
نسبتاً سفت سفت	ـ بدون هیچ گونه لقّی ـ امکان جازدن و انتقال با دست نیست . ـ جازدن با ضربات چکش سبک میسّر است .	
خیلی سفت پرسی سبک	ـ تداخلی کم ـ اتصال بدون چرخش به کمک ضامن ـ جازدن به کمک پرس سبک صورت می گیرد .	

جدول ۲ـ۱۳ـ مربوط به انواع انطباق سنگین

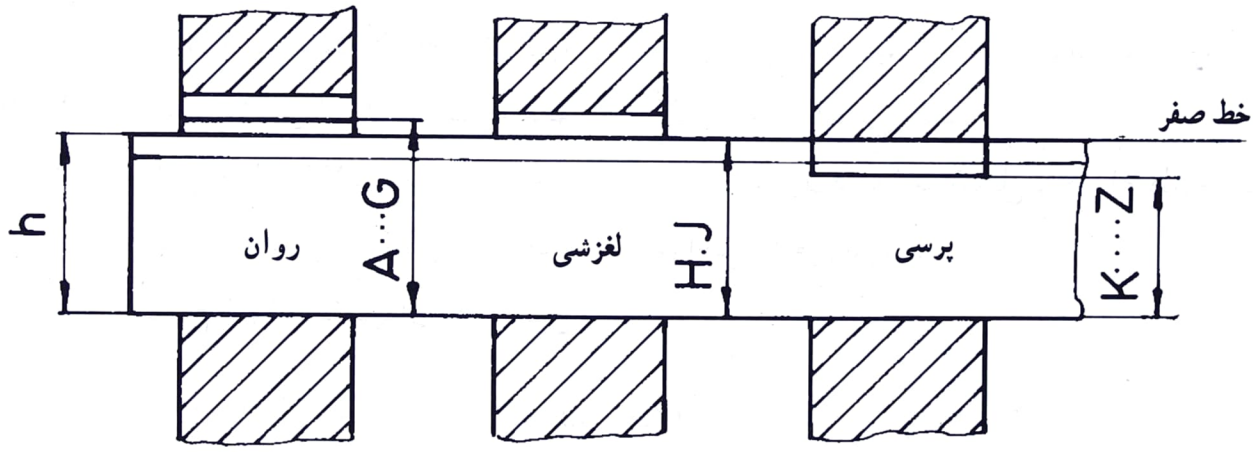
نوع انطباق	وضعیت
پرسی	ـ تداخلی متوسط ـ نوع اتصال دائم ـ تداخل با ضربات چکش سنگین ـ امکان چرخش وجود ندارد، نیاز به ضامن نیست. 
پرسی محکم	ـ تداخلی ـ نوع اتصال دائم ـ تداخل با نیروی زیاد ـ نیاز به اختلاف دما وجود دارد؛ «یعنی باید دمای سوراخ زیاد و دمای میله کم باشد». 
پرسی سنگین	ـ تداخلی سخت ـ نوع اتصال دائم ـ تداخل با نیروی خیلی زیاد ـ نیاز به اختلاف دما هست. ـ از نظر استحکام با جوشکاری قابل مقایسه است. 

شکل ۹ـ۱۳ همین مطلب را به صورت یک دیـاگـرام ساده نشان می دهد .



شکل ۹ـ۱۳

روش دیگر آن است که ابتدا قطر میله را کامل کنیـم و سپس سوراخ را با آن تنظیم نماییم . شکل ۱۰ـ۱۳ این موضوع را بیان می کند . در این روش میله مبنا است .

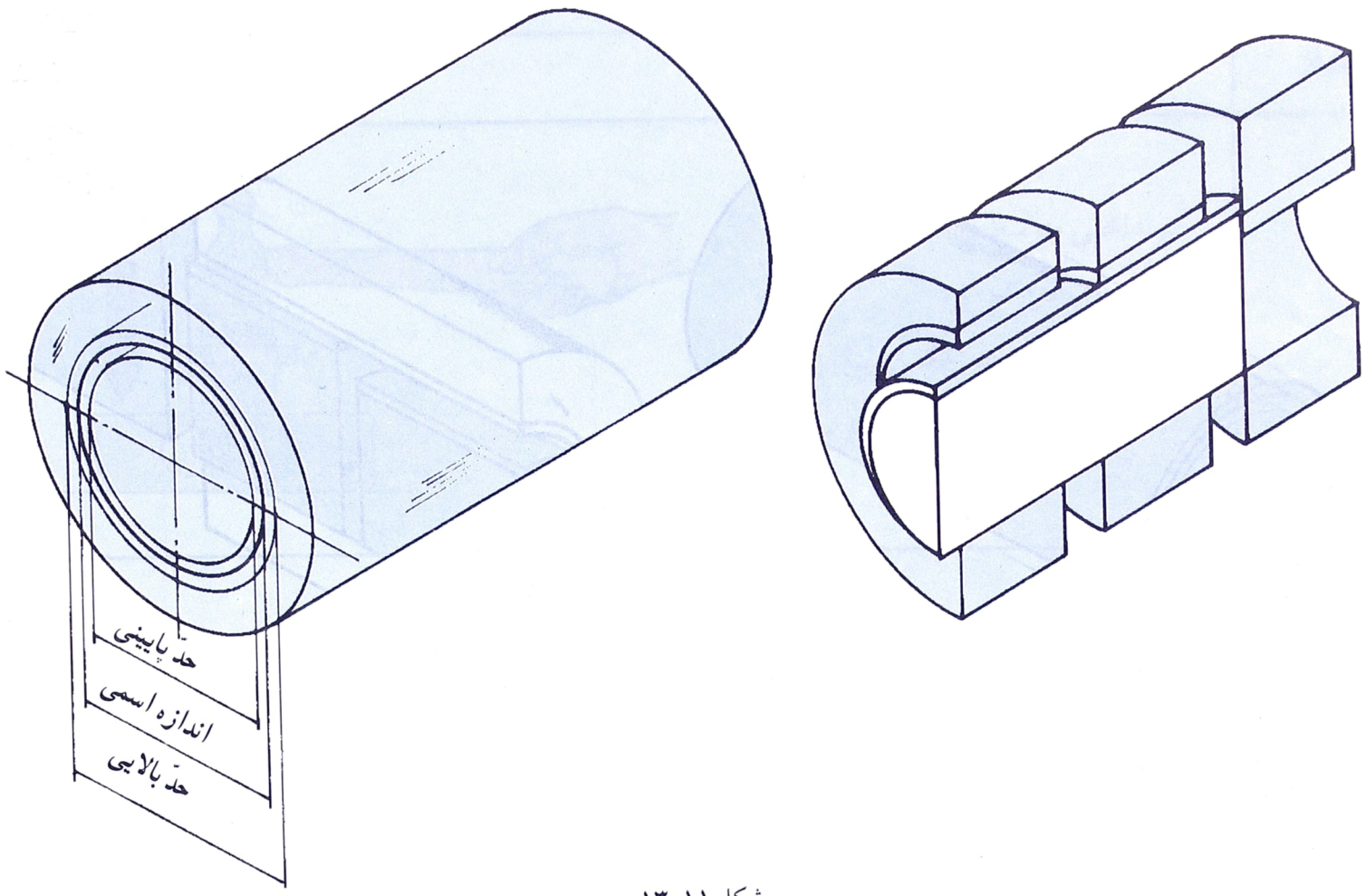


شکل ۱۰ـ۱۳

شکل ۱۱ـ۱۳ شامل دیاگرام ساده ای است که موضوع فوق را نشان می دهد .

در غیر این صورت ، یعنی بدون استفـادهٔ یکی از ایـن روشها ، کار صنعتی دچار هرج و مرج خواهد شد .

به عبارت روشنتر ، وسایل ساخت سوراخ از قبیل انواع مته ، برقو و غیره را می توان چنان ساخت که سوراخی با قطر معین را در اختیار قرار دهند ؛ سپس با تغییر اندازهٔ میله می‌توان انطباق مورد نظر را به دست آورد . این کار در ماشیـن سـازی سبک و صنایع سبک رایج است . در این روش چون ابتدا قطر سوراخ تنظیم می شـود ، می‌توان گفت که سوراخ مبنای کـار



شکل ۱۱ـ۱۳

است و بدین جهت این روش را سیستم سوراخ مبنا یا ثبوت سوراخ نامیده اند.

اگر منظور جفت شدن دو قطعه برای مقصودی معین باشد، مسأله ای که مطرح می شود این است که جفت شدن یا انطباق چگونه باشد؟ آیا دو قطعهٔ منطبق شونده نسبت به هم روان باشند؟ فیت باشند؟ یا این انطباق با فشار زیاد و به کمک پرس انجام پذیرد؟ در گذشته تقسیم بندیهایی گفته شد که اگرچه کامل نبودند، اما مفهوم انواع انطباق را روشن کرده اند. اکنون برای آن که این مراحل به طور دقیق دسته بندی شوند، استاندارد ISO تعداد ۲۸ مرحله را در نظر گرفته است. در این ۲۸ مرحله آنچه که مربوط به سوراخ است با حروف بزرگ نمایش داده می شود. مراحل ۲۸ گانه در جدول ۳ـ۱۳ مشاهده می شود.

جدول داده شده شامل برخی اصطلاحات برای نامیدن مراحل نیز می شود[1].

جدول ۳ـ۱۳

	پرسی	مبنا	روان

سوراخ	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J	K	→
	→	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC

انطباق روان　　مبنا «فیت»　　پرسی

۱ ـ علت حذف حروف I، L، O، Q و W، احتمال اشتباه آنها با سایر علائم و نیز عدم وجود آنها در بعضی زبانهای اروپایی است.

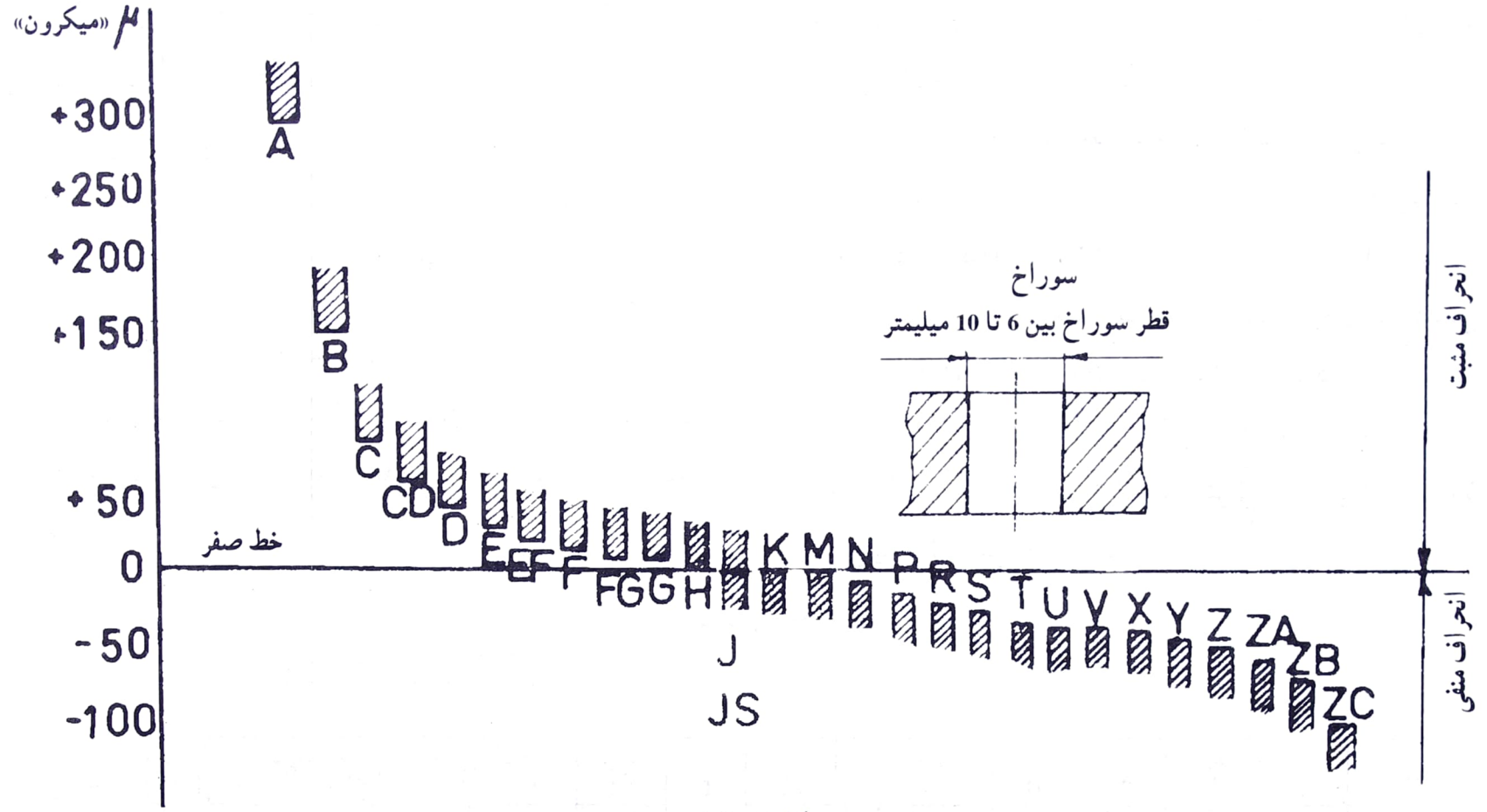
به‌طور خلاصه :

ـ یک میله را با ۱۸ کیفیت تولرانسی می توان ساخت .

ـ یک سوراخ را با ۲۸ مرحلهٔ انطباقی می توان ساخت .

مفهوم استفاده از ۲۸ مرحله را به کمک دیاگرام شکل ۱۲ـ۱۳ بخوبی می توان درک کرد .

این دیاگرام برای قطر سوراخ بین ۶ تا ۱۰ میلیمتر تنظیم شده است ، «مثلاً برای قطر ۱۰ میلیمتر» .



شکل ۱۲ـ۱۳

با در نظر گرفتن خط صفر ملاحظه می شود که در مرحلهٔ انطباقی A کوچکترین قطر سوراخ تقریباً ۲۸۰μ بیشتر از اندازهٔ اسمی است و برای مرحلهٔ D کوچکترین اندازهٔ سوراخ ۴۰μ بالای خط صفر قرار دارد . در مرحلهٔ H کوچکترین اندازهٔ سوراخ برابر اندازهٔ اسمی خواهد بود . از H به بعد بزرگترین اندازهٔ سوراخ زیر اندازهٔ اسمی قرار می گیرد ، مثلاً بزرگترین اندازهٔ سوراخ ۱۰ در مرحلهٔ Z ، ۴۲μ کمتر از ۱۰ خواهد بود .

به‌طور خلاصه :

ـ یک سوراخ را در ۲۸ حالت انطباقی می‌توان ساخت .

ـ یک سوراخ را در ۱۸ کیفیت تولرانسی می توان ساخت .

پس با یک کیفیت تولرانس مثلاً IT۵ می توان ۲۸ مرحله را ساخت ، با IT۶ باز هم ۲۸ مرحله و تا آخر . در همین جا ملاحظه می‌کنید که این عمل باعث تنوع بیش از حد خواهد شد که به نوبهٔ خود مشکل بزرگی است .

برای سامان دادن به این وضع پیشنهاد شده است که مرحلهٔ H در سوراخها به عنوان مبنا انتخاب شود . به این ترتیب می توان ابزارهای سوراخکاری از قبیل مته ، برقو و غیره را طوری ساخت که کوچکترین اندازهٔ سوراخ را برابر اندازهٔ اسمی بسازند و کلیهٔ انحرافات مجاز را بالای خط صفر درآورند .

با ذکر چند مثال مطلب را دنبال می کنیم :

مثال : قطر یک سوراخ را که در مرحلهٔ انطباقی H و با اندازهٔ ۲۸ ساخته می شود معین کنید ، «IT7» .

حل : با مراجعه به جدول مقادیر اصلی تولرانس ملاحظه می شود که برای قطر ۲۸ ، اختلاف اندازهٔ مجاز ۲۱μ است . چون مرحلهٔ انطباقی H است ، باید کوچکترین اندازهٔ

سوراخ ۲۸ باشد؛ پس داریم:

$\phi 28 \begin{smallmatrix}+0/021\\0\end{smallmatrix}$ یا $\phi 28$ H7 یا $28 \begin{smallmatrix}+0/021\\0\end{smallmatrix}$ = اندازهٔ قطر سوراخ

توجه کنید که عبارت $\phi 28$ H7 مختصر شدهٔ عبارت $\phi 28$ HIT7 است. همچنین می توان $\phi 28 \begin{smallmatrix}+0/021\\0\end{smallmatrix}$ را که در آن تولرانس برحسب میکرون نوشته شده، با واحد میلیمتر نوشت؛ پس داریم: $\phi 28 \begin{smallmatrix}+0/021\\0\end{smallmatrix}$

اگر مسألهٔ فوق را در IT16 حل کنیم داریم:

$\phi 28 \begin{smallmatrix}1/300\\0\end{smallmatrix}$ یا $\phi 28$ H16

ثابت می شود که در تولید، نمی توان سوراخها را به کمک مته به کیفیت دلخواه برای انطباق رساند. پس لازم است برای به اندازه رساندن سوراخها، از برقو استفاده شود.

۸ـ۱۳ـ دستگاه انطباقی ثبوت میله «میله مبنا»

طبق آنچه که برای سوراخ ذکر شد، برای میله هم می توان مراحل ۲۸ گانه را در نظر گرفت. جدول ۴ـ۱۳ مراحل ۲۸ گانهٔ انطباقی برای میله را که با حروف کوچک مشخص می شوند، نشان می دهد و همان گونه که دربارهٔ سوراخ ذکر شد، برای میله هم می توان دیاگرام شکل ۱۳ـ۱۳ را ترسیم کرد.

این دیاگرام برای قطر میله بین ۶ تا ۱۰ میلیمتر «مثلاً ۱۰mm» ترسیم شده است. همان طور که ملاحظه می شود، برای ردیف انطباقی مثلاً a بزرگترین قطر میلهٔ ۱۰ به اندازهٔ ۲۸۰μ کمتر از اندازهٔ اسمی ساخته می شود؛ یعنی بزرگترین اندازهٔ میله ۲۸۰μ زیر خط صفر قرار دارد. در این جا نیز مرحلهٔ h را به عنوان مبنا انتخاب کرده اند. پس میله ای که در مرحلهٔ h ساخته می شود دارای بزرگترین اندازه برابر اندازهٔ اسمی یا خط صفر خواهد بود.

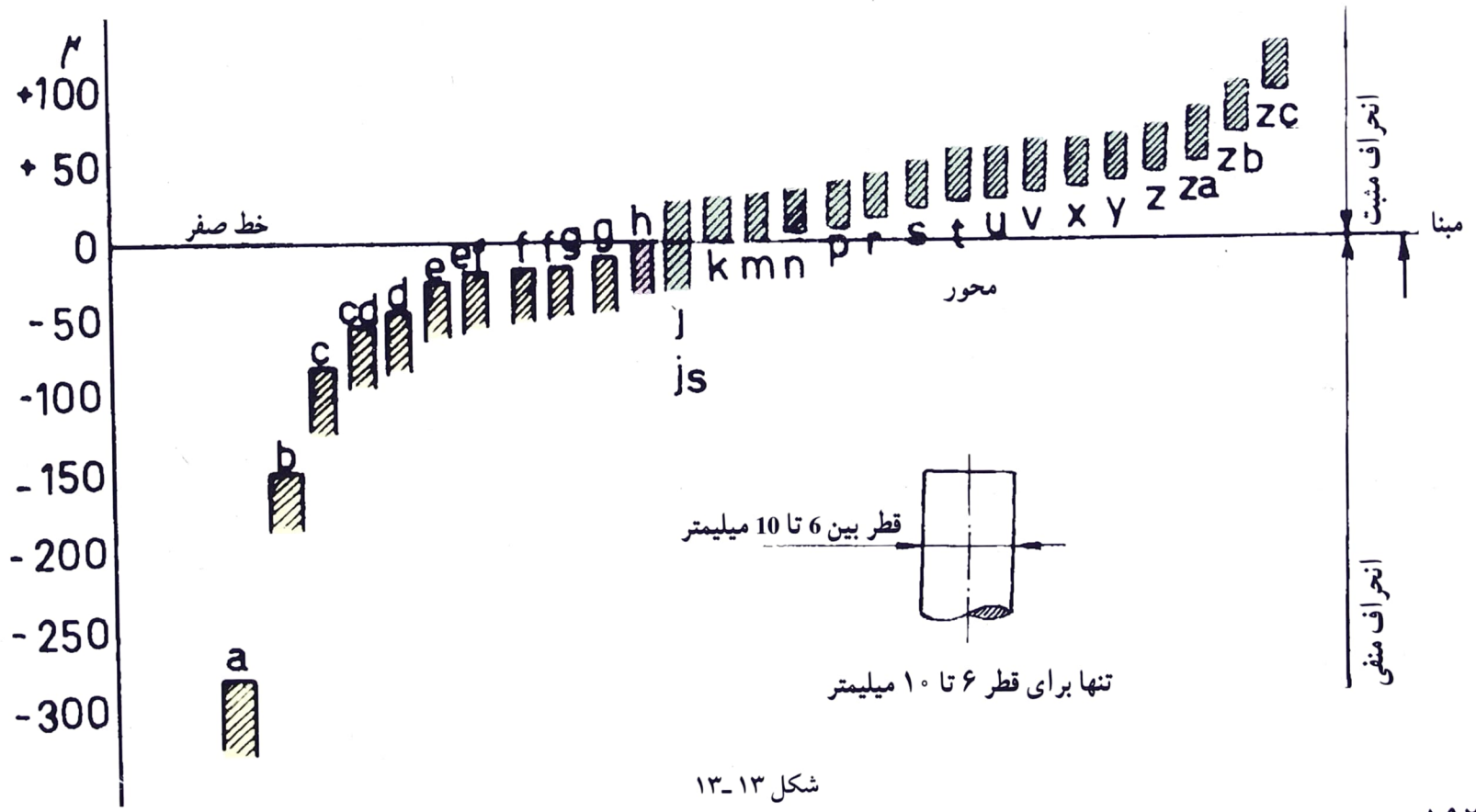
جدول ۴ـ۱۳

پرسی ← مبنا ← روان

فیت

میله	a	آزاد b	c	cd	خیلی روان d	روان e	ef	f	کمی روان fg	گردشی سفت g	لغزشی h	js	فشاری j	k	→
	فشاری چکشی →	m	n	محکم p	r	s	پرسی t	u	v	x	y	z	za	zb	zc

انطباق روان — انطباق مبنا «فیت» — انطباق پرسی



شکل ۱۳ـ۱۳

مثال: برای میله ای با قطر ۲۸ ، در مرحلهٔ h و با استفاده از جدول و IT7 اندازه را بنویسید. چون برای قطر ۲۸ ، IT7 برابر ۲۱μ است، می نویسیم:

$$\phi 28\ h7 = \phi 28 - \overset{0}{0/021}$$

در صنایع سنگین که سوراخهای بزرگ تراشکاری می شوند، می توان میله ها را قبلاً با اندازهٔ لازم در ردیف h ساخت و آنگاه با تغییرات اندازه روی سوراخ، انطباق لازم را به دست آورد.

مسأله: مرحله y مربوط به انطباق پرسی سنگین است. اگر قطر اسمی میله و سوراخ ۴۰ باشد، در سیستم سوراخ مبنا اندازه را نمایش دهید «عدد تولرانس برای سوراخ، ۷ و برای میله ۶».

حل: چون سوراخ مبنا است، ردیف انطباقی و عدد آن H7 خواهد بود؛ پس داریم:

$$\phi 40\ H7 / y6$$

اگر بخواهیم اندازه های سوراخ و میله را با اعداد نشان دهیم، به شرط آن که کوچکترین اندازهٔ میله ۹۴μ بالای خط صفر باشد، می نویسیم:

$$\phi 40\ H7 = \phi 40\ \overset{+0/025}{0} \quad \text{برای سوراخ}$$

$$\phi 40y6 = \phi 40 + \overset{+0/110}{0/094} \quad \text{برای میله}$$

مقادیر ۲۵μ و ۱۶μ را برای IT7 و IT6 از جدول استخراج کردیم.

جدول ۵ـ۱۳ مقادیر انحرافهای اصلی را برای سوراخها نشان می دهد.

ـ در این جدول ستون سمت چپ با عنوان «انحراف پایینی» نشان می دهد که کوچکترین اندازهٔ سوراخ چه قدر بالای اندازهٔ اسمی است.

ـ ستون سمت راست با عنوان «انحراف بالایی» نشان می دهد که بزرگترین اندازهٔ سوراخ چه قدر کمتر از اندازهٔ اسمی است.

اضافه می شود که این جدول مقادیر متری را مشخص می کند[1].

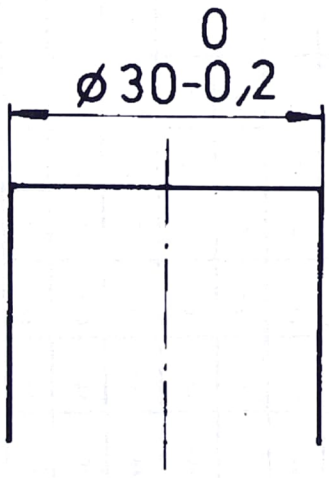
جدول ۶ـ۱۳ مقادیر انحرافهای اصلی را برای میله ها نشان می دهد.

ـ در این جدول ستون سمت چپ با عنوان «انحراف بالایی» نشان می دهد که بزرگترین اندازهٔ میله چه مقدار زیر اندازهٔ اسمی است.

ـ ستون سمت راست با عنوان «انحراف پایینی» نشان می دهد که کوچکترین اندازهٔ میله چه قدر بالای اندازهٔ اسمی است. جدولهای مفید دیگری که در کارهای عملی بسیار مفید هستند نیز داده می شوند.

اکنون برای درج صحیح و طبق استاندارد تولرانسهای ابعادی و نیز اندازه های انطباقی در نقشه ها به نمونه های زیر توجه کنید. این نمونه ها مثالهایی اساسی هستند[2]. در ضمن توجه کنید که همیشه کلیهٔ اندازه ها را برحسب میلیمتر درج می کنیم[3].

ـ شکل ۱۴ـ۱۳ میله ای را با تولرانس آزاد نشان می دهد. اندازهٔ قطر میله ۳۰ است که طبق معمول، انحراف پایینی در مقابل آن و انحراف بالایی «که در اینجا برابر 0 است، بدون هیچ گونه علامتی اضافه» در بالای آن نوشته شده است. اندازهٔ شماره ها تغییری نمی کند و همه با یک ارتفاع نوشته می شوند. در این مثال یکی از انحرافها صفر است.



شکل ۱۴ـ۱۳

---

۱ ـ جهت کسب اطلاعات بیشتر می توان به استانداردهای ISO مثلاً ISO/R286 مراجعه کرد.

۲ ـ براساس توصیه نامهٔ شمارهٔ ۴۰۶ ISO ISOR/406:1987(E)

۳ ـ از همکاران محترم تقاضا می شود که در نقشه ها نهایت دقت را در نوشتن صحیح این علائم و اعداد برطبق نمونه ها به کار برند.

جدول اصلی انطباقات، سوراخها

انحرافهای اصلی / حرف / گروه	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	J_s
	EI انحراف تحتانی											
	تمام گروهها											
<۳*	+۲۷۰	+۱۴۰	+۶۰	+۳۴	+۲۰	+۱۴	+۱۰	+۶	+۴	+۲	۰	انحرافها = ±IT:۲
>۳ to ۶	+۲۷۰	+۱۴۰	+۷۰	+۴۶	+۳۰	+۲۰	+۱۴	+۱۰	+۶	+۴	۰	
>۶ to ۱۰	+۲۸۰	+۱۵۰	+۸۰	+۵۶	+۴۰	+۲۵	+۱۸	+۱۳	+۸	+۵	۰	
>۱۰ to ۱۴	+۲۹۰	+۱۵۰	+۹۵	–	+۵۰	+۳۲	–	+۱۶	–	+۶	۰	
>۱۴ to ۱۸												
>۱۸ to ۲۴	+۳۰۰	+۱۶۰	+۱۱۰	–	+۶۵	+۴۰	–	+۲۰	–	+۷	۰	
>۲۴ to ۳۰												
>۳۰ to ۴۰	+۳۱۰	+۱۷۰	+۱۲۰	–	+۸۰	+۵۰	–	+۲۵	–	+۹	۰	
>۴۰ to ۵۰	+۳۲۰	+۱۸۰	+۱۳۰									
>۵۰ to ۶۵	+۳۴۰	+۱۹۰	+۱۴۰	–	+۱۰۰	+۶۰	–	+۳۰	–	+۱۰	۰	
>۶۵ to ۸۰	+۳۶۰	+۲۰۰	+۱۵۰									
>۸۰ to ۱۰۰	+۳۸۰	+۲۲۰	+۱۷۰	–	+۱۲۰	+۷۲	–	+۳۶	–	+۱۲	۰	
>۱۰۰ to ۱۲۰	+۴۱۰	+۲۴۰	+۱۸۰									
>۱۲۰ to ۱۴۰	+۴۶۰	+۲۶۰	+۲۰۰	–	+۱۴۵	+۸۵	–	+۴۳	–	+۱۴	۰	
>۱۴۰ to ۱۶۰	+۵۲۰	+۲۸۰	+۲۱۰									
>۱۶۰ to ۱۸۰	+۵۸۰	+۳۱۰	+۲۳۰									
>۱۸۰ to ۲۰۰	+۶۶۰	+۳۴۰	+۲۴۰	–	+۱۷۰	+۱۰۰	–	+۵۰	–	+۱۵	۰	
>۲۰۰ to ۲۲۵	+۷۴۰	+۳۸۰	+۲۶۰									
>۲۲۵ to ۲۵۰	+۸۲۰	+۴۲۰	+۲۸۰									
>۲۵۰ to ۲۸۰	+۹۲۰	+۴۸۰	+۳۰۰	–	+۱۹۰	+۱۱۰	–	+۵۶	–	+۱۷	۰	
>۲۸۰ to ۳۱۵	+۱۰۵۰	+۵۴۰	+۳۳۰									
>۳۱۵ to ۳۵۵	+۱۲۰۰	+۶۰۰	+۳۶۰	–	+۲۱۰	+۱۲۵	–	+۶۲	–	+۱۸	۰	
>۳۵۵ to ۴۰۰	+۱۳۵۰	+۶۸۰	+۴۰۰									
>۴۰۰ to ۴۵۰	+۱۵۰۰	+۷۶۰	+۴۴۰	–	+۲۳۰	+۱۳۵	–	+۶۸	–	+۲۰	۰	
>۴۵۰ to ۵۰۰	+۱۶۵۰	+۸۴۰	+۴۸۰									

حرف / گروه	J ۶	J ۷	J ۸	K <۸	K >۸	M <۸	M >۸	N <۸	N >۸	P ZC <۷
<۳*	+۲	+۴	+۶	۰	۰	۲	۲	۴	۴	همان انحراف گروهها > ۷ به اضافهٔ Δ
>۳ to ۶	+۵	+۶	+۱۰	۱+	–	۴+	-۴	۸+	۰	
>۶ to ۱۰	+۵	+۸	+۱۲	۱+	–	۶+	۶	۱۰+	۰	
>۱۰ to ۱۴	+۶	+۱۰	+۱۵	۱+	–	۷+	۷	۱۲+	۰	
>۱۴ to ۱۸										
>۱۸ to ۲۴	+۸	+۱۲	+۲۰	۲+	–	۸+	۸	۱۵+	۰	
>۲۴ to ۳۰										
>۳۰ to ۴۰	+۱۰	+۱۴	+۲۴	۲+	–	۹+	۹	۱۷+	۰	
>۴۰ to ۵۰										
>۵۰ to ۶۵	+۱۳	+۱۸	+۲۸	۲+	–	۱۱+	۱۱	۲۰+	۰	
>۶۵ to ۸۰										
>۸۰ to ۱۰۰	+۱۶	+۲۲	+۳۴	۳+	–	۱۳+	۱۳	۲۳+	۰	
>۱۰۰ to ۱۲۰										
>۱۲۰ to ۱۴۰	+۱۸	+۲۶	+۴۱	۳+	–	۱۵+	۱۵	۲۷+	۰	
>۱۴۰ to ۱۶۰										
>۱۶۰ to ۱۸۰										
>۱۸۰ to ۲۰۰	+۲۲	+۳۰	+۴۷	۴+	–	۱۷+	۱۷	۳۱+	۰	
>۲۰۰ to ۲۲۵										
>۲۲۵ to ۲۵۰										
>۲۵۰ to ۲۸۰	+۲۵	+۳۶	+۵۵	۴+	–	۲۰+ ***	۲۰	۳۴+	۰	
>۲۸۰ to ۳۱۵										
>۳۱۵ to ۳۵۵	+۲۹	+۳۹	+۶۰	۴+	–	۲۱+	۲۱	۳۷+	۰	
>۳۵۵ to ۴۰۰										
>۴۰۰ to ۴۵۰	+۳۳	+۴۳	+۶۶	۵+	–	۲۳+	۲۳	۴۰+	۰	
>۴۵۰ to ۵۰۰										

حرف / گروه	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	Δ برحسب میکرون ۳	۴	۵	۶	۷	۸
	ES انحراف فوقانی																	
<۳*	-۶	-۱۰	-۱۴	–	-۱۸	–	-۲۰	–	-۲۶	-۳۲	-۴۰	-۶۰	Δ = ۰					
>۳ to ۶	-۱۲	-۱۵	-۱۹	–	-۲۳	–	-۲۸	–	-۳۵	-۴۲	-۵۰	-۸۰	۱	۱/۵	۱	۳	۴	۶
>۶ to ۱۰	-۱۵	-۱۹	-۲۳	–	-۲۸	–	-۳۴	–	-۴۲	-۵۲	-۶۷	-۹۷	۱	۱/۵	۲	۳	۶	۷
>۱۰ to ۱۴	-۱۸	-۲۳	-۲۸	–	-۳۳	–	-۴۰	–	-۵۰	-۶۴	-۹۰	-۱۳۰	۱	۲	۳	۳	۷	۹
>۱۴ to ۱۸						-۳۹	-۴۵	–	-۶۰	-۷۷	-۱۰۸	-۱۵۰						
>۱۸ to ۲۴	-۲۲	-۲۸	-۳۵	–	-۴۱	-۴۷	-۵۴	-۶۳	-۷۳	-۹۸	-۱۳۶	-۱۸۸	۱/۵	۲	۳	۴	۸	۱۲
>۲۴ to ۳۰				-۴۱	-۴۸	-۵۵	-۶۴	-۷۵	-۸۸	-۱۱۸	-۱۶۰	-۲۱۸						
>۳۰ to ۴۰	-۲۶	-۳۴	-۴۳	-۴۸	-۶۰	-۶۸	-۸۰	-۹۴	-۱۱۲	-۱۴۸	-۲۰۰	-۲۷۴	۱/۵	۳	۴	۵	۹	۱۴
>۴۰ to ۵۰				-۵۴	-۷۰	-۸۱	-۹۷	-۱۱۴	-۱۳۶	-۱۸۰	-۲۴۲	-۳۲۵						
>۵۰ to ۶۵	-۳۲	-۴۱	-۵۳	-۶۶	-۸۷	-۱۰۲	-۱۲۲	-۱۴۴	-۱۷۲	-۲۲۶	-۳۰۰	-۴۰۵	۲	۳	۵	۶	۱۱	۱۶
>۶۵ to ۸۰		-۴۳	-۵۹	-۷۵	-۱۰۲	-۱۲۰	-۱۴۶	-۱۷۴	-۲۱۰	-۲۷۴	-۳۶۰	-۴۸۰						
>۸۰ to ۱۰۰	-۳۷	-۵۱	-۷۱	-۹۱	-۱۲۴	-۱۴۶	-۱۷۸	-۲۱۴	-۲۵۸	-۳۳۵	-۴۴۵	-۵۸۵	۲	۴	۵	۷	۱۳	۱۹
>۱۰۰ to ۱۲۰		-۵۴	-۷۹	-۱۰۴	-۱۴۴	-۱۷۲	-۲۱۰	-۲۵۴	-۳۱۰	-۴۰۰	-۵۲۵	-۶۹۰						
>۱۲۰ to ۱۴۰	-۴۳	-۶۳	-۹۲	-۱۲۲	-۱۷۰	-۲۰۲	-۲۴۸	-۳۰۰	-۳۶۵	-۴۷۰	-۶۲۰	-۸۰۰	۳	۴	۶	۷	۱۵	۲۳
>۱۴۰ to ۱۶۰		-۶۵	-۱۰۰	-۱۳۴	-۱۹۰	-۲۲۸	-۲۸۰	-۳۴۰	-۴۱۵	-۵۳۵	-۷۰۰	-۹۰۰						
>۱۶۰ to ۱۸۰		-۶۸	-۱۰۸	-۱۴۶	-۲۱۰	-۲۵۲	-۳۱۰	-۳۸۰	-۴۶۵	-۶۰۰	-۷۸۰	-۱۰۰۰						
>۱۸۰ to ۲۰۰	-۵۰	-۷۷	-۱۲۲	-۱۶۶	-۲۳۶	-۲۸۴	-۳۵۰	-۴۲۵	-۵۲۰	-۶۷۰	-۸۸۰	-۱۱۵۰	۳	۴	۶	۹	۱۷	۲۶
>۲۰۰ to ۲۲۵		-۸۰	-۱۳۰	-۱۸۰	-۲۵۸	-۳۱۰	-۳۸۵	-۴۷۰	-۵۷۵	-۷۴۰	-۹۶۰	-۱۲۵۰						
>۲۲۵ to ۲۵۰		-۸۴	-۱۴۰	-۱۹۶	-۲۸۴	-۳۴۰	-۴۲۵	-۵۲۰	-۶۴۰	-۸۲۰	-۱۰۵۰	-۱۳۵۰						
>۲۵۰ to ۲۸۰	-۵۶	-۹۴	-۱۵۸	-۲۱۸	-۳۱۵	-۳۸۵	-۴۷۵	-۵۸۰	-۷۱۰	-۹۲۰	-۱۲۰۰	-۱۵۵۰	۴	۴	۷	۹	۲۰	۲۹
>۲۸۰ to ۳۱۵		-۹۸	-۱۷۰	-۲۴۰	-۳۵۰	-۴۲۵	-۵۲۵	-۶۵۰	-۷۹۰	-۱۰۰۰	-۱۳۰۰	-۱۷۰۰						
>۳۱۵ to ۳۵۵	-۶۲	-۱۰۸	-۱۹۰	-۲۶۸	-۳۹۰	-۴۷۵	-۵۹۰	-۷۳۰	-۹۰۰	-۱۱۵۰	-۱۵۰۰	-۱۹۰۰	۴	۵	۷	۱۱	۲۱	۳۲
>۳۵۵ to ۴۰۰		-۱۱۴	-۲۰۸	-۲۹۴	-۴۳۵	-۵۳۰	-۶۶۰	-۸۲۰	-۱۰۰۰	-۱۳۰۰	-۱۶۵۰	-۲۱۰۰						
>۴۰۰ to ۴۵۰	-۶۸	-۱۲۶	-۲۳۲	-۳۳۰	-۴۹۰	-۵۹۵	-۷۴۰	-۹۲۰	-۱۱۰۰	-۱۴۵۰	-۱۸۵۰	-۲۴۰۰	۵	۵	۷	۱۳	۲۳	۳۴
>۴۵۰ to ۵۰۰		-۱۳۲	-۲۵۲	-۳۶۰	-۵۴۰	-۶۶۰	-۸۲۰	-۱۰۰۰	-۱۲۵۰	-۱۶۰۰	-۲۱۰۰	-۲۶۰۰						

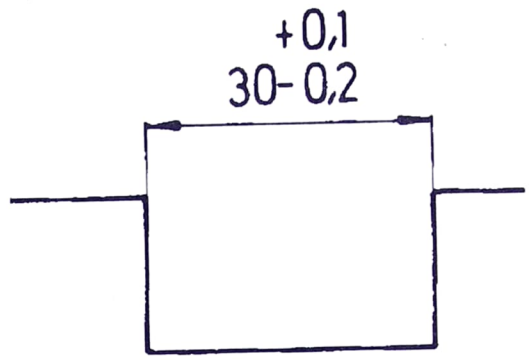
جدول ۵-۱۳- مقادیر عددی انحرافهای اصلی برای سوراخها

جدول اصلی انطباقات، میله‌ها

انحرافهای اصلی	es انحراف فوقانی												ei انحراف تحتانی																			
حرف	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j		k		m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
گروه	تمام گروهها												۵_۶	۷	۸	۴ a ۷	<۳ >۷	تمام گروهها													
۰<۳	-۲۷۰	-۱۴۰	-۶۰	-۳۴	-۲۰	-۱۴	-۱۰	-۶	-۴	-۲	۰		-۲	-۴	-۶	۰	۰	+۲	+۴	+۶	+۱۰	+۱۴	—	+۱۸	—	+۲۰	—	+۲۶	+۳۲	+۴۰	+۶۰
>۳ to ۶	-۲۷۰	-۱۴۰	-۷۰	-۴۶	-۳۰	-۲۰	-۱۴	-۱۰	-۶	-۴	۰		-۲	-۴	—	+۱	۰	+۴	+۸	+۱۲	+۱۵	+۱۹	—	+۲۳	—	+۲۸	—	+۳۵	+۴۲	+۵۰	+۸۰
>۶ to ۱۰	-۲۸۰	-۱۵۰	-۸۰	-۵۶	-۴۰	-۲۵	-۱۸	-۱۳	-۸	-۵	۰		-۲	-۵	—	+۱	۰	+۶	+۱۰	+۱۵	+۱۹	+۲۳	—	+۲۸	—	+۳۴	—	+۴۲	+۵۲	+۶۷	+۹۷
>۱۰ to ۱۴	-۲۹۰	-۱۵۰	-۹۵	—	-۵۰	-۳۲	—	-۱۶	—	-۶	۰		-۳	-۶	—	+۱	۰	+۷	+۱۲	+۱۸	+۲۳	+۲۸	—	+۳۳	—	+۴۰	—	+۵۰	+۶۴	+۹۰	+۱۳۰
>۱۴ to ۱۸																										+۴۵	—	+۶۰	+۷۷	+۱۰۸	+۱۵۰
>۱۸ to ۲۴	-۳۰۰	-۱۶۰	-۱۱۰	—	-۶۵	-۴۰	—	-۲۰	—	-۷	۰		-۴	-۸	—	+۲	۰	+۸	+۱۵	+۲۲	+۲۸	+۳۵	—	+۴۱	+۴۷	+۵۴	+۶۳	+۷۳	+۹۸	+۱۳۶	+۱۸۸
>۲۴ to ۳۰																						+۴۱	+۴۸	+۵۵	+۶۴	+۷۵	+۸۸	+۱۱۸	+۱۶۰	+۲۱۸	
>۳۰ to ۴۰	-۳۱۰	-۱۷۰	-۱۲۰	—	-۸۰	-۵۰	—	-۲۵	—	-۹	۰		-۵	-۱۰	—	+۲	۰	+۹	+۱۷	+۲۶	+۳۴	+۴۳	+۴۸	+۶۰	+۶۸	+۸۰	+۹۴	+۱۱۲	+۱۴۸	+۲۰۰	+۲۷۴	
>۴۰ to ۵۰	-۳۲۰	-۱۸۰	-۱۳۰																			+۵۴	+۷۰	+۸۱	+۹۷	+۱۱۴	+۱۳۶	+۱۸۰	+۲۴۲	+۳۲۵	
>۵۰ to ۶۵	-۳۴۰	-۱۹۰	-۱۴۰	—	-۱۰۰	-۶۰	—	-۳۰	—	-۱۰	۰		-۷	-۱۲	—	+۲	۰	+۱۱	+۲۰	+۳۲	+۴۱	+۵۳	+۶۶	+۸۷	+۱۰۲	+۱۲۲	+۱۴۴	+۱۷۲	+۲۲۶	+۳۰۰	+۴۰۵	
>۶۵ to ۸۰	-۳۶۰	-۲۰۰	-۱۵۰																			+۵۹	+۷۵	+۱۰۲	+۱۲۰	+۱۴۶	+۱۷۴	+۲۱۰	+۲۷۴	+۳۶۰	+۴۸۰	
>۸۰ to ۱۰۰	-۳۸۰	-۲۲۰	-۱۷۰	—	-۱۲۰	-۷۲	—	-۳۶	—	-۱۲	۰	۲ : IT = انحرافها	-۹	-۱۵	—	+۳	۰	+۱۳	+۲۳	+۳۷	+۵۱	+۷۱	+۹۱	+۱۲۴	+۱۴۶	+۱۷۸	+۲۱۴	+۲۵۸	+۳۳۵	+۴۴۵	+۵۸۵	
>۱۰۰ to ۱۲۰	-۴۱۰	-۲۴۰	-۱۸۰																			+۷۹	+۱۰۴	+۱۴۴	+۱۷۲	+۲۱۰	+۲۵۴	+۳۱۰	+۴۰۰	+۵۲۵	+۶۹۰	
>۱۲۰ to ۱۴۰	-۴۶۰	-۲۶۰	-۲۰۰	—	-۱۴۵	-۸۵	—	-۴۳	—	-۱۴	۰		-۱۱	-۱۸	—	+۳	۰	+۱۵	+۲۷	+۴۳	+۶۳	+۹۲	+۱۲۲	+۱۷۰	+۲۰۲	+۲۴۸	+۳۰۰	+۳۶۵	+۴۷۰	+۶۲۰	+۸۰۰	
>۱۴۰ to ۱۶۰	-۵۲۰	-۲۸۰	-۲۱۰																		+۶۵	+۱۰۰	+۱۳۴	+۱۹۰	+۲۲۸	+۲۸۰	+۳۴۰	+۴۱۵	+۵۳۵	+۷۰۰	+۹۰۰		
>۱۶۰ to ۱۸۰	-۵۸۰	-۳۱۰	-۲۳۰																		+۶۸	+۱۰۸	+۱۴۶	+۲۱۰	+۲۵۲	+۳۱۰	+۳۸۰	+۴۶۵	+۶۰۰	+۷۸۰	+۱۰۰۰		
>۱۸۰ to ۲۰۰	-۶۶۰	-۳۴۰	-۲۴۰	—	-۱۷۰	-۱۰۰	—	-۵۰	—	-۱۵	۰		-۱۳	-۲۱	—	+۴	۰	+۱۷	+۳۱	+۵۰	+۷۷	+۱۲۲	+۱۶۶	+۲۳۶	+۲۸۴	+۳۵۰	+۴۲۵	+۵۲۰	+۶۷۰	+۸۸۰	+۱۱۵۰	
>۲۰۰ to ۲۲۵	-۷۴۰	-۳۸۰	-۲۶۰																		+۸۰	+۱۳۰	+۱۸۰	+۲۵۸	+۳۱۰	+۳۸۵	+۴۷۰	+۵۷۵	+۷۴۰	+۹۶۰	+۱۲۵۰		
>۲۲۵ to ۲۵۰	-۸۲۰	-۴۲۰	-۲۸۰																		+۸۴	+۱۴۰	+۱۹۶	+۲۸۴	+۳۴۰	+۴۲۵	+۵۲۰	+۶۴۰	+۸۲۰	+۱۰۵۰	+۱۳۵۰		
>۲۵۰ to ۲۸۰	-۹۲۰	-۴۸۰	-۳۰۰	—	-۱۹۰	-۱۱۰	—	-۵۶	—	-۱۷	۰		-۱۶	-۲۶	—	+۴	۰	+۲۰	+۳۴	+۵۶	+۹۴	+۱۵۸	+۲۱۸	+۳۱۵	+۳۸۵	+۴۷۵	+۵۸۰	+۷۱۰	+۹۲۰	+۱۲۰۰	+۱۵۵۰	
>۲۸۰ to ۳۱۵	-۱۰۵۰	-۵۴۰	-۳۳۰																		+۹۸	+۱۷۰	+۲۴۰	+۳۵۰	+۴۲۵	+۵۲۵	+۶۵۰	+۷۹۰	+۱۰۰۰	+۱۳۰۰	+۱۷۰۰		
>۳۱۵ to ۳۵۵	-۱۲۰۰	-۶۰۰	-۳۶۰	—	-۲۱۰	-۱۲۵	—	-۶۲	—	-۱۸	۰		-۱۸	-۲۸	—	+۴	۰	+۲۱	+۳۷	+۶۲	+۱۰۸	+۱۹۰	+۲۶۸	+۳۹۰	+۴۷۵	+۵۹۰	+۷۳۰	+۹۰۰	+۱۱۵۰	+۱۵۰۰	+۱۹۰۰	
>۳۵۵ to ۴۰۰	-۱۳۵۰	-۶۸۰	-۴۰۰																		+۱۱۴	+۲۰۸	+۲۹۴	+۴۳۵	+۵۳۰	+۶۶۰	+۸۲۰	+۱۰۰۰	+۱۳۰۰	+۱۶۵۰	+۲۱۰۰		
>۴۰۰ to ۴۵۰	-۱۵۰۰	-۷۶۰	-۴۴۰	—	-۲۳۰	-۱۳۵	—	-۶۸	—	-۲۰	۰		-۲۰	-۳۲	—	+۵	۰	+۲۳	+۴۰	+۶۸	+۱۲۶	+۲۳۲	+۳۳۰	+۴۹۰	+۵۹۵	+۷۴۰	+۹۲۰	+۱۱۰۰	+۱۴۵۰	+۱۸۵۰	+۲۴۰۰	
>۴۵۰ to ۵۰۰	-۱۶۵۰	-۸۴۰	-۴۸۰																		+۱۳۲	+۲۵۲	+۳۶۰	+۵۴۰	+۶۶۰	+۸۲۰	+۱۰۰۰	+۱۲۵۰	+۱۶۰۰	+۲۱۰۰	+۲۶۰۰		

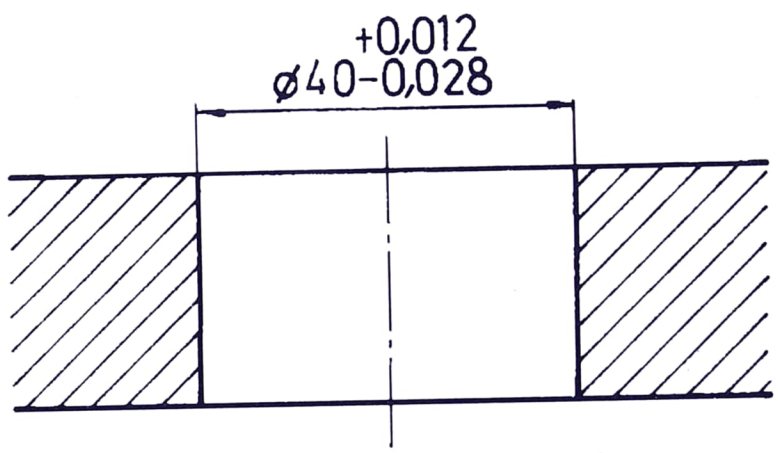
جدول ۶ــ ۱۳ــ مقادیر عددی انحرافهای اصلی برای میله‌ها

ـ در شکل ۱۵ـ۱۳ هر دو انحراف دارای مقدار است. در اینجا شکاف همان مفهوم سوراخ را خواهد داشت.



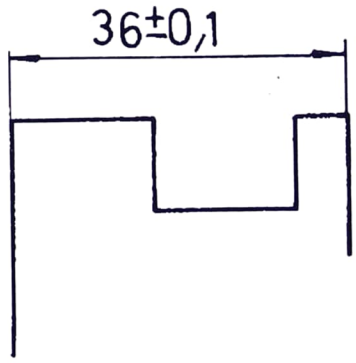
شکل ۱۵ـ۱۳

ـ شکل ۱۶ـ۱۳ مثال دیگری است از اندازه گذاری تولرانسی سوراخ.



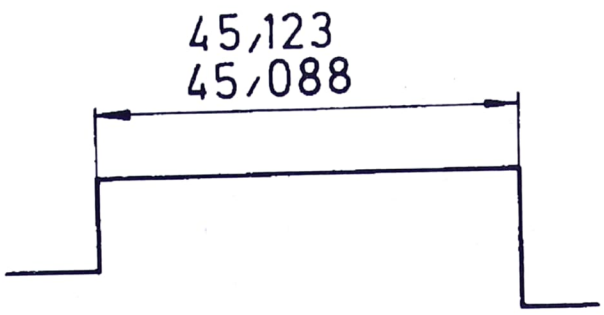
شکل ۱۶ـ۱۳

ـ در شکل ۱۷ـ۱۳ تولرانس متقارن است؛ پس می توان آن را یک بار نوشت و با علامت + و - این امر را رساند.



شکل ۱۷ـ۱۳

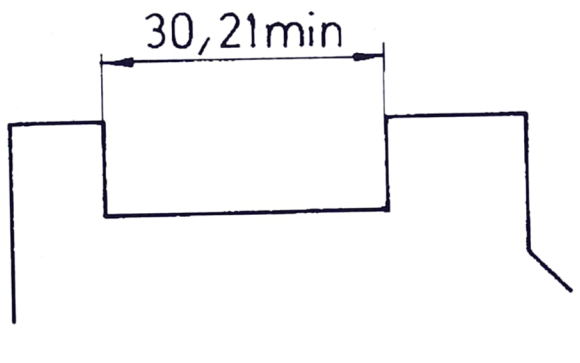
ـ می توان برای یک اندازه، بزرگترین اندازه و کوچکترین اندازه را نوشت. شکل ۱۸ـ۱۳ این مطلب را نشان می دهد. طبق این شکل بزرگترین اندازه در بالا قرار می گیرد.



شکل ۱۸ـ۱۳

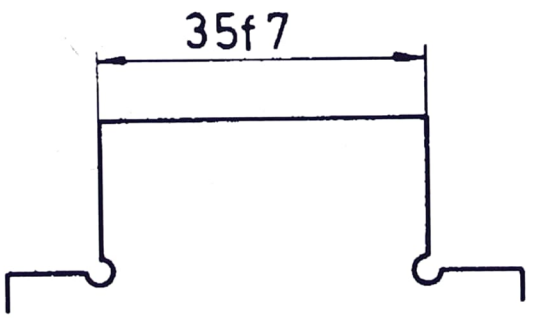
ـ ممکن است بخواهیم کوچکترین اندازه از حد معینی کمتر نشود؛ در این صورت با استفاده از علامت .min «مینیمم»، کوچکترین اندازه را می نویسیم.

شکل ۱۹ـ۱۳ این موضوع را بیان می کند. این کار را با استفاده از علامت .max برای بزرگترین اندازه نیز می توان انجام داد.



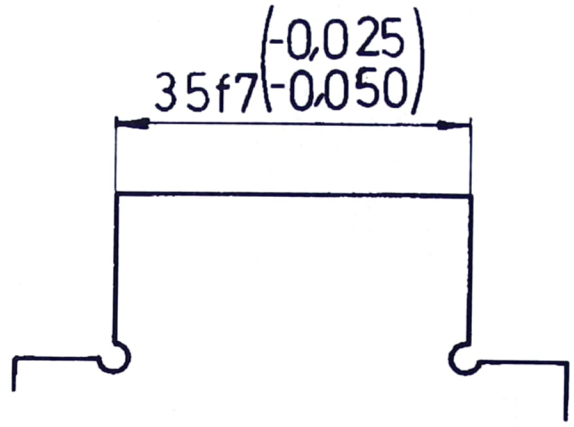
شکل ۱۹ـ۱۳

ـ می توان یک اندازه را با استفاده از ردیفهای انطباقی و عدد تولرانس نمایش داد. شکل ۲۰ـ۱۳ اندازهٔ ۳۵ را در ردیف f نشان می‌دهد. توجه دارید که چون قسمت اندازه گذاری شده یک زبانه است، مفهوم میله را دارد و برای آن از حرف کوچک «f» استفاده شده است. البته با مراجعه به جدول مقادیر انحراف بالایی و پایینی را می توان به دست آورد.



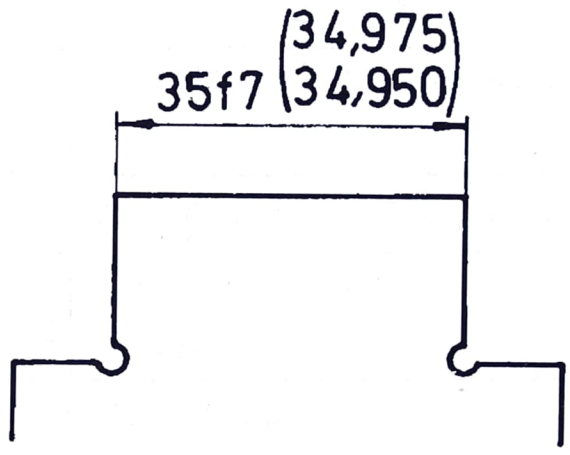
شکل ۲۰ـ۱۳

ـ اگر به دلایلی لازم باشد که انحرافات بالایی و پایینی هم نوشته شود، می توان آنها را برحسب میلیمتر و در داخل پرانتز اضافه کرد. شکل ۲۱ـ۱۳ موضوع را بیان می کند.



شکل ۲۱ـ۱۳

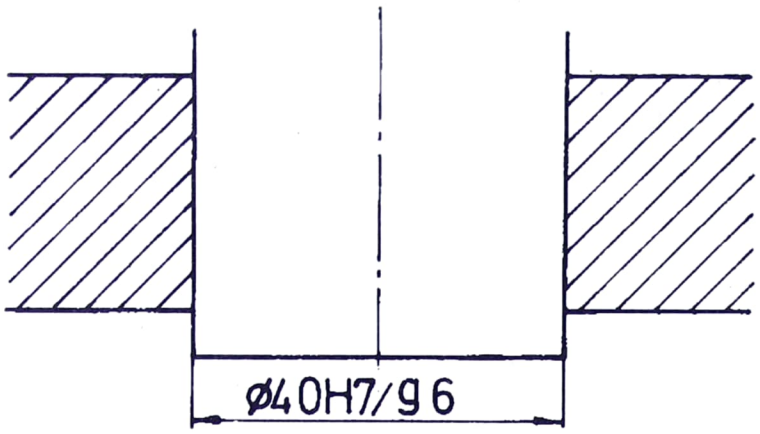
ـ ممکن است ضمن استفاده از علائم انطباقی، بزرگترین اندازه و کوچکترین اندازه را نیز بخواهیم درج کنیم؛ در این صورت طبق شکل ۲۲ـ۱۳ عمل خواهیم کرد.



شکل ۲۲ـ۱۳

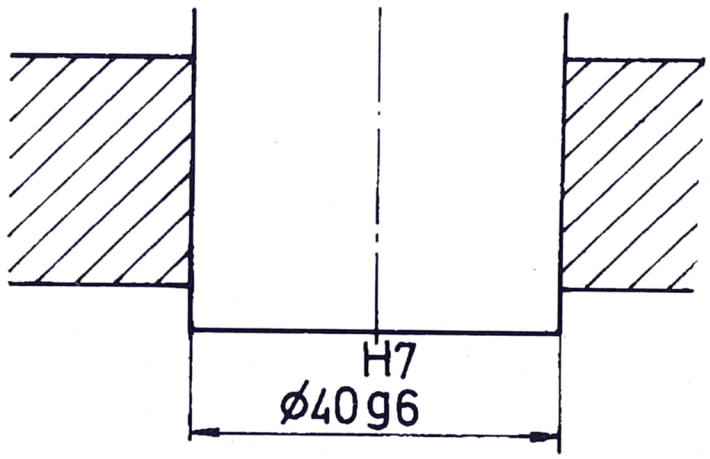
ـ در یک اندازه گذاری انطباقی که میله و سوراخ هر دو موجودند، ابتدا علائم انطباقی مربوط به سوراخ «با حرف بزرگ» و سپس علائم انطباقی مربوط به میله «با حرف کوچک» درج خواهد شد. شکل ۲۳ـ۱۳ مثالی در این باره است.

در اینجا قطر میله ۴۰، ردیف انطباقی H7 و برای میله g6 خواهد بود. اضافه می شود که بهتر است اندازه ها طبق این شکل، به صورت خطی نوشته شوند، «دو علامت با یک خط مورب از هم جدا هستند».



شکل ۲۳ـ۱۳

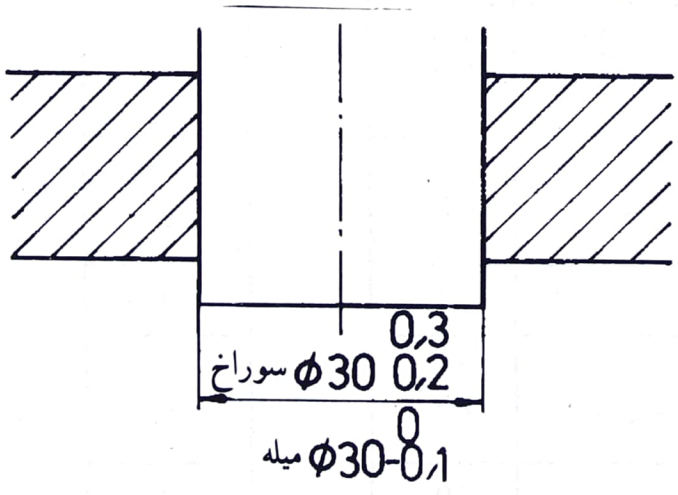
ـ در صورت کمبود جا یا به دلایل دیگر، ممکن است علائم انطباقی به صورت کسری درج شوند. شکل ۲۴ـ۱۳ نمونه ای را ارائه می دهد، «بدون خط کسری».



شکل ۲۴ـ۱۳

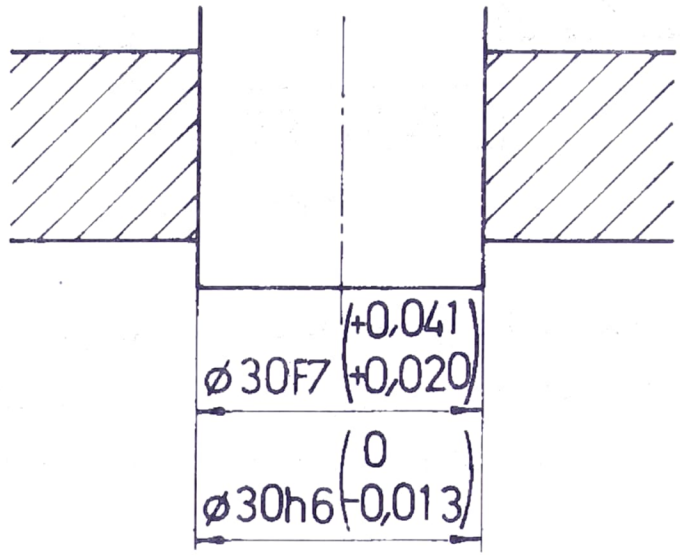
ـ در موردی که از تولرانسهای آزاد «آنچه که در جدول اصلی تولرانسها نیست» استفاده می شود، می توان سوراخ را جداگانه و میله را نیز جداگانه اندازه گذاری کرد.

در این مورد باید از کلمات سوراخ «شکاف ...» و میله «زبانه ...» استفاده کرد، «طبق معمول سوراخ در بالا و میله در پایین» (شکل ۲۵ـ۱۳).



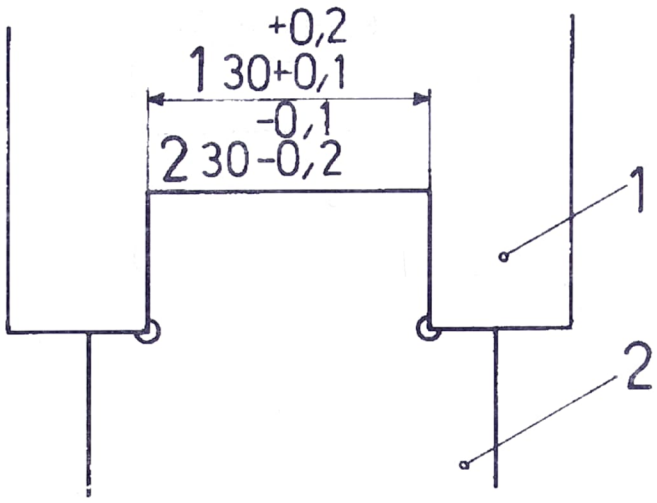
شکل ۲۵ـ۱۳

ـ اگر بخواهیم ضمن استفاده از علائم انطباقی مقادیر انحراف را هم درج کنیم، می توانیم مطابق شکل ۲۶ـ۱۳ عمل کنیم.



شکل ۲۶ـ۱۳

ـ در صورتی که قطعات شماره داشته باشند، می توان به جای نوشتن کلمات میله و سوراخ، به طور مستقیم شمارهٔ آنها را نوشت؛ پس اندازه گذاری طبق شکل ۲۷ـ۱۳ خواهد بود «در اینجا از تولرانسهای آزاد استفاده شده است».



شکل ۲۷ـ۱۳

جدول ۷ـ۱۳ـ ماشین سازی دقیق

دستگاه سوراخ مبنا		دستگاه میله مبنا		نوع انطباق	مثالهایی از کاربرد
H7	r6	h6	R7	با فشار زیاد	بوش یاتاقانها ـ صفحات روتور ماشینهای برق
	s6		S7		
	n6		N7	نشیمن محکم بدون ضامن	بوش یاتاقانها ـ اهرم و لنگ روی میله ها
	m6		M7	سوار شدن به وسیلهٔ چکش با ضامن	چرخ دنده ها ـ چرخ تسمه ها، حلقهٔ داخلی بلبرینگ روی میله
	k6		K7	با نیروی کمتر و با ضامن «جلوگیری کننده از چرخش»	فلکه ها ـ اهرمها
	j6		J7	اتصال به آسانی	چرخ دنده های عوض شونده در جعبه دنده حلقه های خارجی بلبرینگها موقع سوار شدن در جای خود
	h6		H7	قابل حرکت انتقالی با دست	قسمتهای با حرکت انتقالی ـ پین دسته ها ـ فلانشهای متحدالمرکزکننده
	g6		G6	متحرک با بازی کم	چرخ دنده های آزاد ـ میلهٔ دستگاه تقسیم ماشین فرز ـ پیستونها
	f7		F7	متحرک	یاتاقانها ـ غلافها ـ میله ها با دور زیاد
	e8		E8	قسمتهای متحرک با بازی نسبتاً زیاد	میله پیچهای حرکتی ـ میله های گذرنده از داخل چند یاتاقان ـ میله ها با دور متوسط
	d9		D9	متحرک با بازی خیلی زیاد	میله های ترانسمیسیون وچرخهای آزاد روی آنها

جدول ۸ـ۱۳ـ ماشین‌سازی عمومی با دقت معمولی

دستگاه سوراخ مبنا		دستگاه میله مبنا		نوع انطباق	برخی از کاربردها
	h8 و h9		H8	قسمتهایی که به آسانی متصل می شوند با امکان حرکت انتقالی	حلقه های مکانی ـ دسته های لنگ ـ چرخ دنده ها چرخ تسمه ها محکم
	e9 و f8	h8 و h9	E9 و F8	قسمتهای متحرک با بازی	میله سوپاپها ـ پیستونهای اتومبیل ـ یاتاقان دینام ـ یاتاقان تلمبه
	d10		D10		بوش محور جرثقیلها ـ یاتاقان ماشینهای کشاورزی

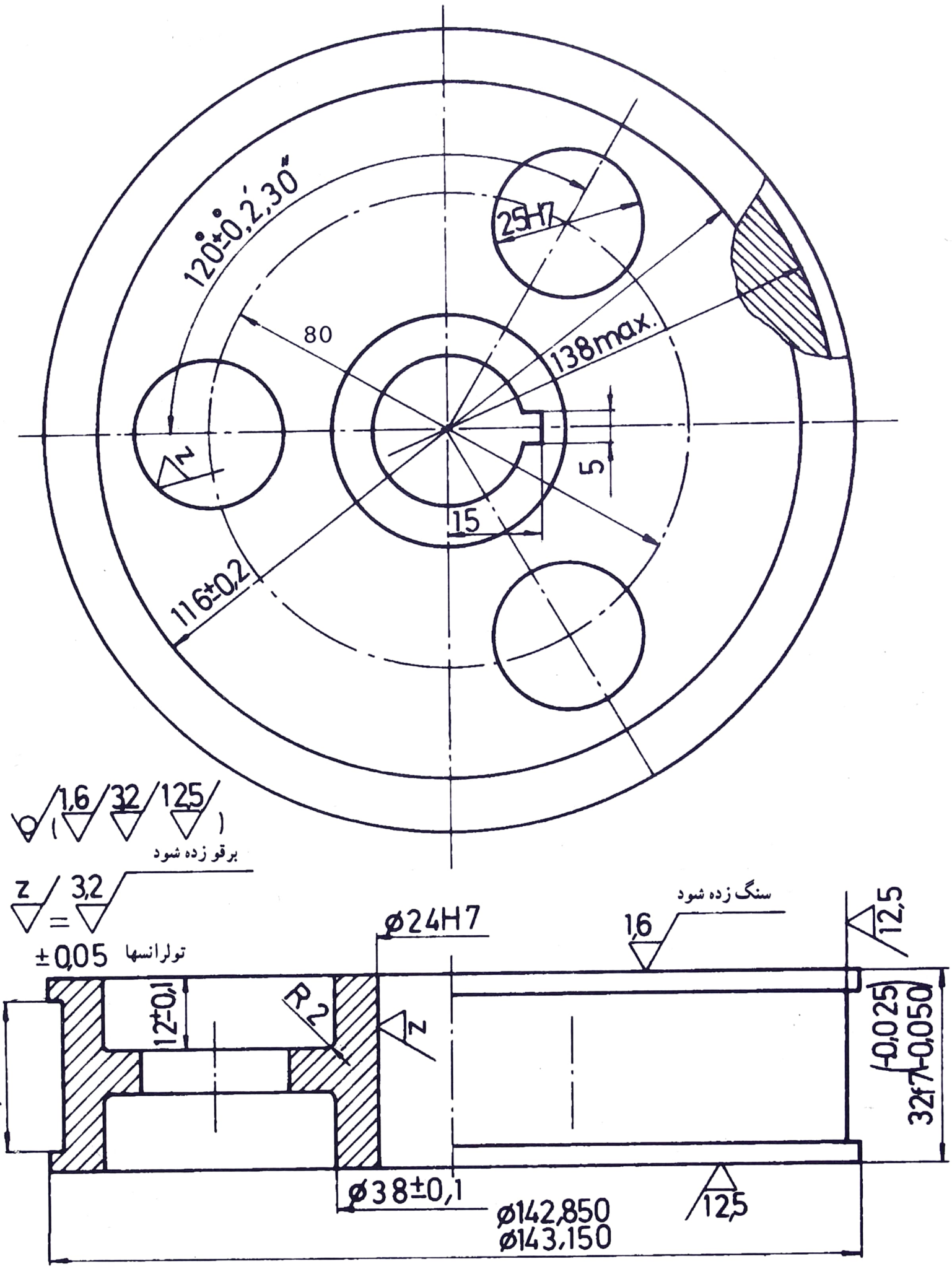
جدول ۹ـ۱۳ـ مواردی که تولرانس زیاد مجاز است «در صورت زنگ زدن اشکالی پیش نمی‌آید»

دستگاه سوراخ مبنا		دستگاه میله مبنا		نوع انطباق	برخی از کاربردها
H11	h11	h11	H11	جایی که با وجود تولرانس زیاد در ساختن دو قسمت بازی میان آنها کم باشد	قطعاتی که برای جوشکاری روی هم سوار می شوند ـ قطعاتی که با پین متصل شوند ـ لوله ها ـ ماشینهای تحریر
	d11		D11	حرکت تحت هر شرایطی امکان دارد	اهرمهایی که بتوان از روی قطعات دیگر برداشت ـ میخ پرچها ـ پین مفصلها
	C11 و b11		C11 و B11	حداقل بازی با IT11	یاتاقان کلیدهای گردندهٔ برق ـ پینهای متحرک
	a11		A11	قسمتهای خیلی لق نسبت به هم حداقل بازی با IT13	میلهٔ رگولاتور بخار در لوکوموتیو ـ یاتاقان میلهٔ ترمز ـ بوش چرخها در دربهای کشویی

ـ شکل ۲۸ـ۱۳ یک مثال کلی است. این شکل یک چرخ تسمه را که قطعه‌ای صنعتی است، نشان می دهد. در این نقشه از علائم انطباقی و پرداخت سطح استفاده شده است. لازم است شکل را به طور دقیق بررسی کنید.

در این نقشه تولرانسهای آزاد داده نشده برابر $\pm ۰/۰۵$ است که در خارج نقشه درج شده است. پس از دقت کامل در نقشه، در مواردی که لازم است با مربی محترم مشورت کنید.

در خاتمه لازم به تذکر است که کلیهٔ اندازه های انطباقی داده شده در جدولها، در سیستم ISO در حرارت $۲۰^{\circ}C$ در نظر گرفته می شود و اعتبار دارد. همچنین استانداردهای ISO مورد قبول در هر دو سیستم متریک و اینچی هست. جدولهای ضمیمه اطلاعات بیشتری راجع به انطباقات می دهند.


120°±0°2'30"
80
29H7
138max.
5
15
2
116±0,2
1,6/ (32/125/)
برقو زده شود
z/ 3,2
=
±0,05 تولرانسها
ø24H7
1,6
سنگ زده شود
12,5
25,1min.
12±0,1
R2
z
32f7 (-0,025 -0,050)
ø38±0,1
ø142,850
ø143,150
125

شکل ۲۸ـ۱۳

تمرین

۱ـ مفهوم میله و سوراخ را در انطباق شرح دهید.

۲ـ در مورد انطباقات بازی، عبوری و پرسی توضیح دهید.

۳ـ استاندارد چند مرحلهٔ انطباقی را در نظر می گیرد؟

۴ـ در مورد دستگاههای انطباقی ثبوت سوراخ و ثبوت میله توضیح کافی بدهید.

۵ـ انطباق میان یک زبانه و شکاف با علائم m9 و K10 مشخص شده، انطباق از چه نوعی است؟

۶ـ انطباق میان یک میله و سوراخ با علائم h11 و D9 مشخص شده است، نوع انطباق و سیستم چیست؟

۷ـ با توجه به جدول ۷ـ۱۳ بگویید برای سوار کردن چرخ دنده روی محور، معمولاً از چه انطباقی استفاده می شود؟

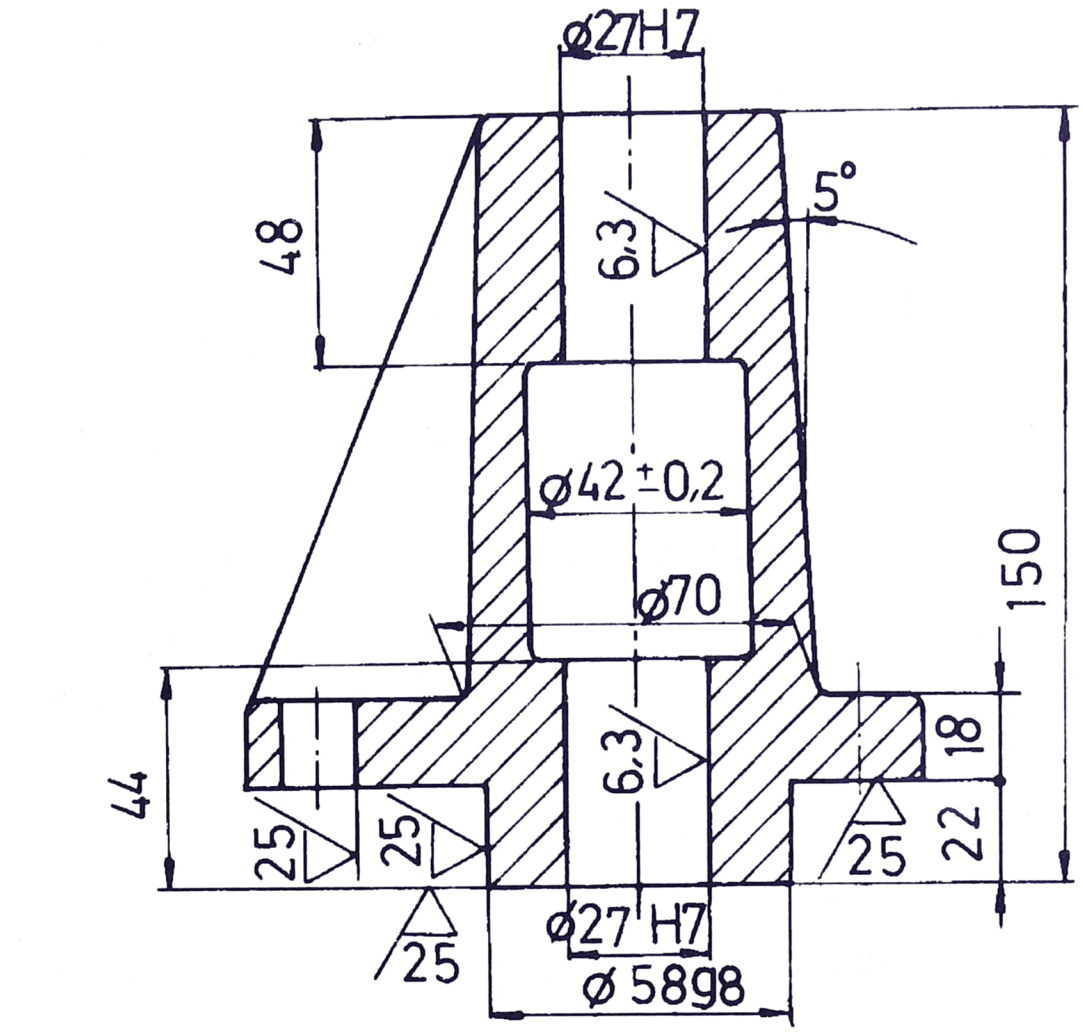
۸ـ شکلهای ۱۴ـ۱۳ تا ۲۸ـ۱۳ را مجدداً و با دقت کامل رسم کنید.

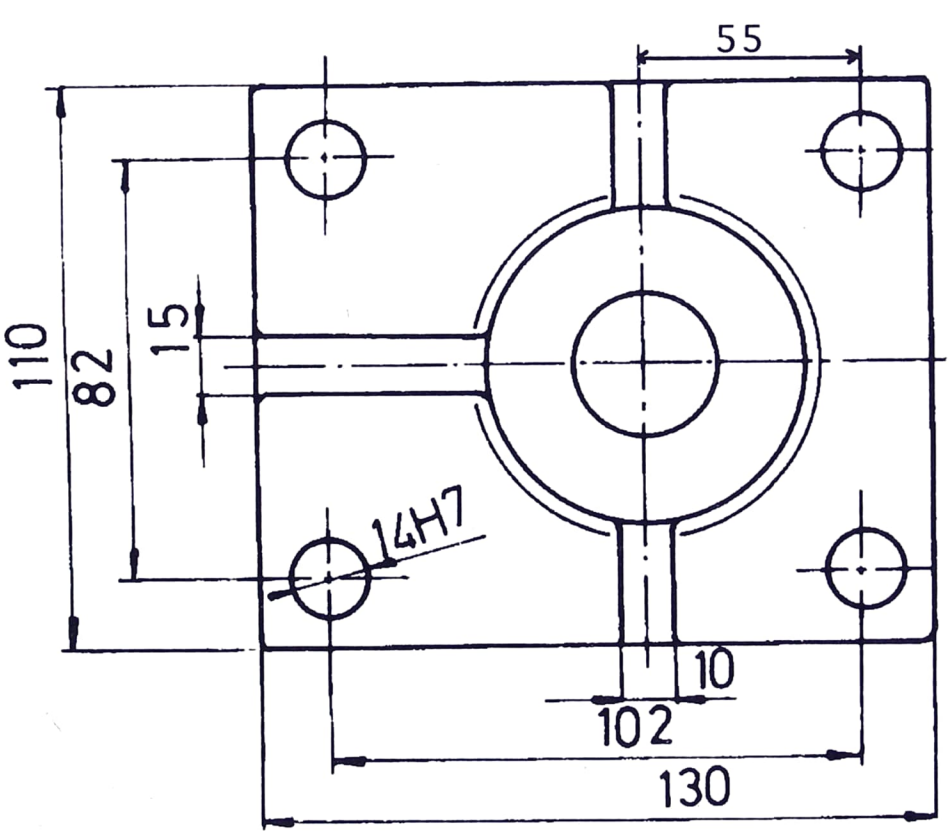
۹ـ برای تصاویر داده شده که مربوط به یک بدنه است، کارهای زیر را انجام دهید (شکل ۲۹ـ۱۳):

الف ـ با توجه به نماها، کلیهٔ قسمتهایی را که می توان به عنوان سوراخ نامید مشخص کنید. میله ها کدامند؟

ب ـ مشخصات پای نقشه را با توجه به کلیهٔ تولرانسهای داده نشده برابر ۰/۱± ، سطوح فاقد علامت پرداخت سطح، دارای دستور ساخت خوب و راکوردها برابر ۲ تکمیل کنید.

پ ـ مقیاس نقشه ۱ : ۱ ، تصاویر از جلو و از بالا بدون برش، از چپ نیم برش. اندازه گذاری و علائم کامل.





مقیاس ۱:۲

$\sqrt{}$ ($\sqrt{25}$, $\sqrt{6,3}$)

تولرانسها ±0,1

راکوردها R2

جنس GG۱۵

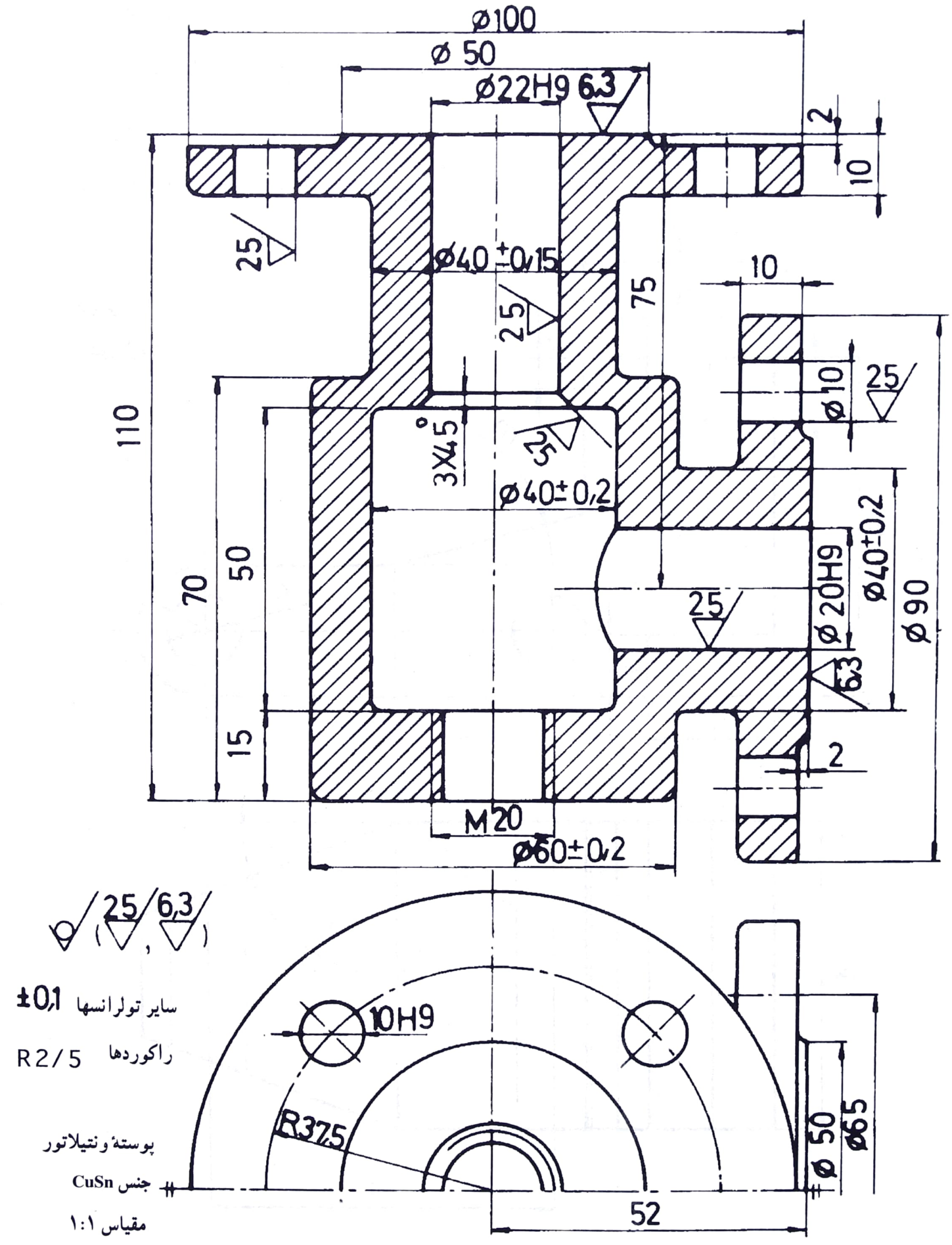
شکل ۲۹ـ۱۳

۱۰ـ شکل ۳۰ـ۱۳ مربوط به پوستهٔ ونتیلاتور است. خواسته ها:

الف ـ ترسیم نمای از جلو در نیم برش و نمای از بالا کامل (نیم برش تصویر از جلو در سمت راست).

ب ـ نوشتن اندازه ها و علائم انطباقی و پرداخت سطح در شرایط جدید.

پ ـ برای کلیهٔ اندازه های فاقد تولرانس، تولرانس آزاد را از جدول استخراج کنید و در کنار اندازه بنویسید. تولرانسها از مرحلهٔ متوسط انتخاب شود.



شکل ۳۰ـ۱۳

۱۱ـ یک اهرم در نماهای شکل ۳۱ـ۱۳ داده شده است . این نقشه را دوباره ترسیم و با مشخصات زیر برای علائم داده شده تکمیل کنید :

ـ a برابر ۳۰ با f۷ و نمایش اعداد تولرانس «با استفاده از جدول ۲ـ۱۲ و ۶ ـ۱۳»

ـ b برابر ۱۰ با علامت H۷

ـ c برابر $45^\circ \times 5$ و با تولرانس زاویهٔ $\pm 10'$

ـ d برابر ۱۰

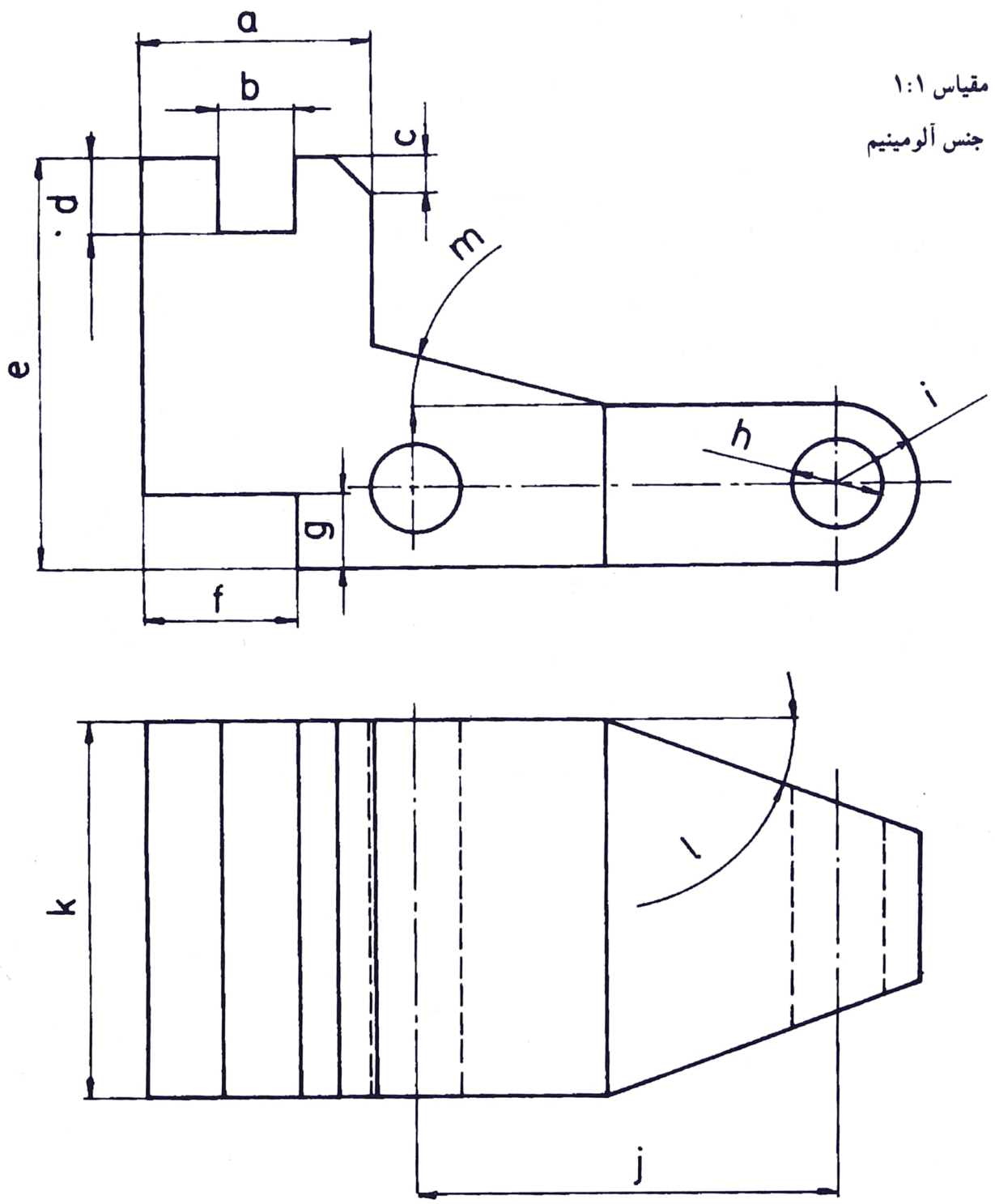
ـ e برابر ۵۵ با تولرانس $^{-0/2}_{-0/1}$

ـ f برابر ۲۰ و با تولرانس $\pm 0/1$

ـ g برابر ۱۰ و با اختلاف اندازهٔ مجاز $^{+0/2}_{+0/05}$

مقیاس ۱:۱

جنس آلومینیم



شکل ۳۱ـ۱۳

ـ h برابر ۱۲ با علامت انطباقی H۷

ـ i با اندازهٔ حداکثر R ۱۱/۱

ـ j برابر ۵۶ به صورت اعشاری، ۰/۰۱۳ اضافه ۰/۰۷۰ کم

ـ k با حداقل ۵۰/۱

ـ l برابر ۲۰° با ″۱۰ و ′۲ و ° ۰ اضافه و ″۱۸ و ′۲ و ° ۰ کسری نشان داده شود.

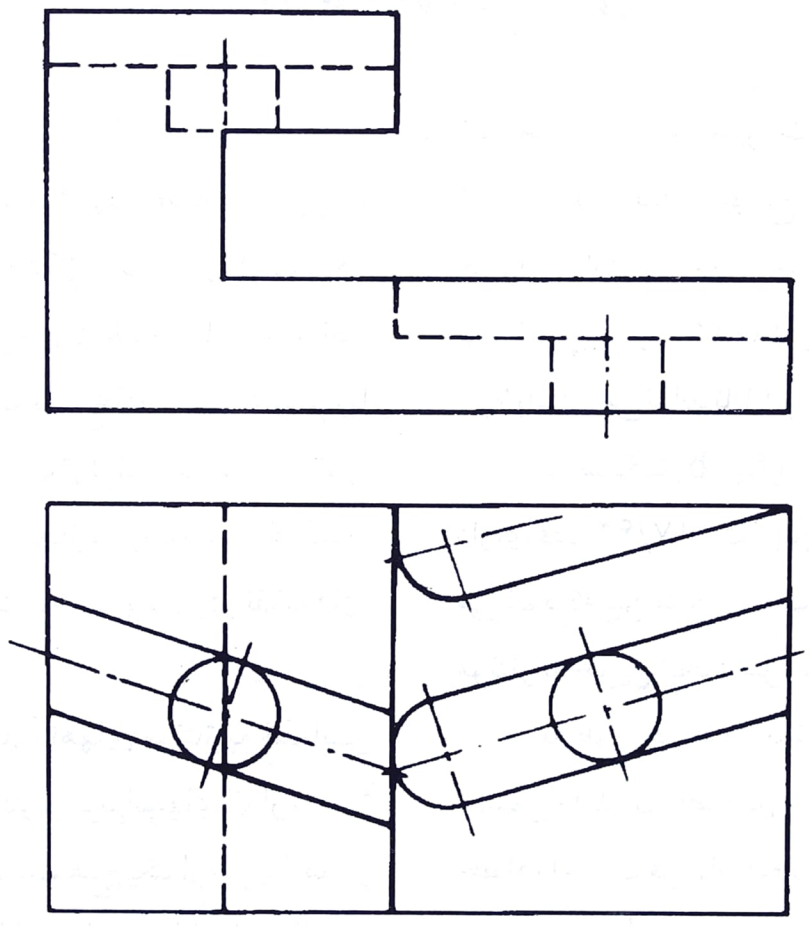
ـ m معادل ۱۵ درجه با تولرانس ″۲۰ و ′۲۰ و °±۰ نمایش داده شود، «تولرانس متقارن».

ـ طول کلی جسم نیز برابر ۱۰۳ می باشد که لازم است طول به صورتی مناسب داده شود.

تولرانسهای داده نشده عموماً برابر ۰/۱ ± .

ضمناً در این نقشه لازم است که پرداخت سطح Ra برابر ۳/۲، برای شکاف b و سوراخها، Ra برابر ۱۲/۵ برای شیبها و Ra = ۶/۳ برای کلیهٔ سطوح دیگر باشد. این علائم را نیز به کار برید.

۱۲ـ برای قطعهٔ داده شده در شکل ۳۲ـ۱۳، کلیهٔ مشخصات سطح و تولرانسها و موارد انطباقی را خود با استفاده از جداول تعیین و به همراه اندازه گذاری کامل در نقشه درج کنید (روشهای ماشین کاری را خود معین کنید).



شکل ۳۲ـ۱۳

فصل چهاردهم

تولرانسهای هندسی

هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می رود که در پایان این فصل:

- تولرانسهای هندسی را تعریف کند.
- علائم تولرانسهای هندسی را شرح دهد.
- علائم تولرانسهای هندسی را در نقشه های مکانیکی به کار برد.

مدت زمان آموزش

۱۲ ساعت

۱۴ـ تولرانسهای هندسی

۱ـ۱۴ـ تعریف

همان طورکه می دانید، ساخت یک قطعه صنعتی با دقت مطلق، از یک طرف بسیار مشکل است و از طرف دیگر مقرون به صرفه نیست؛ به همین جهت اندازه ها را با در نظر گرفتن تولرانسهای معیّنی با توجه به نوع کاربرد و متناسب با نیازهای آن می سازند. به این ترتیب تولرانسهای ابعادی نشانگر اختلاف اندازه های طولی مجاز برای ساخت یک قطعه است و این همان تولرانسی است که معمولاً روی نقشه های ساخت به کار برده می شود.

در بسیاری از موارد در کارگاههای مونتاژ به قطعاتی برخورد می شود که از لحاظ ابعادی و تولرانسهای اندازه کاملاً سالم و تأیید شده است ولیکن تحت هیچ یک از شرایط مجاز مونتاژ نمی شود. دلیل چنین اتفاقی را می توان، انحرافات شکلی قطعات از اشکال هندسی تئوریک آنها دانست. بنابراین باید انحرافات شکلی به صورتی محدود شود.

مثال: در شکل a ۱ـ۱۴ یک پین استوانه ای به قطر اسمی ۷/۶۲ دیده می شود که قرار است در سوراخ به قطر اسمی ۷/۶۲ وارد شود.

حال فرض می شود هر دو قطعه دقیقاً در اندازهٔ اسمی خود هستند. در این صورت مونتاژ تنها در صورتی امکان پذیر خواهد بود که پین و سوراخ کاملاً گرد و از لحاظ محوری و خطوط موازی با محور، مستقیم باشند. اکنون با توجه به تولرانس پیش بینی شده، اگر پین در کمترین اندازهٔ خود یعنی ۷/۵ باشد، می تواند تا ۰/۱۲ میلیمتر خمیدگی هم داشته باشد.

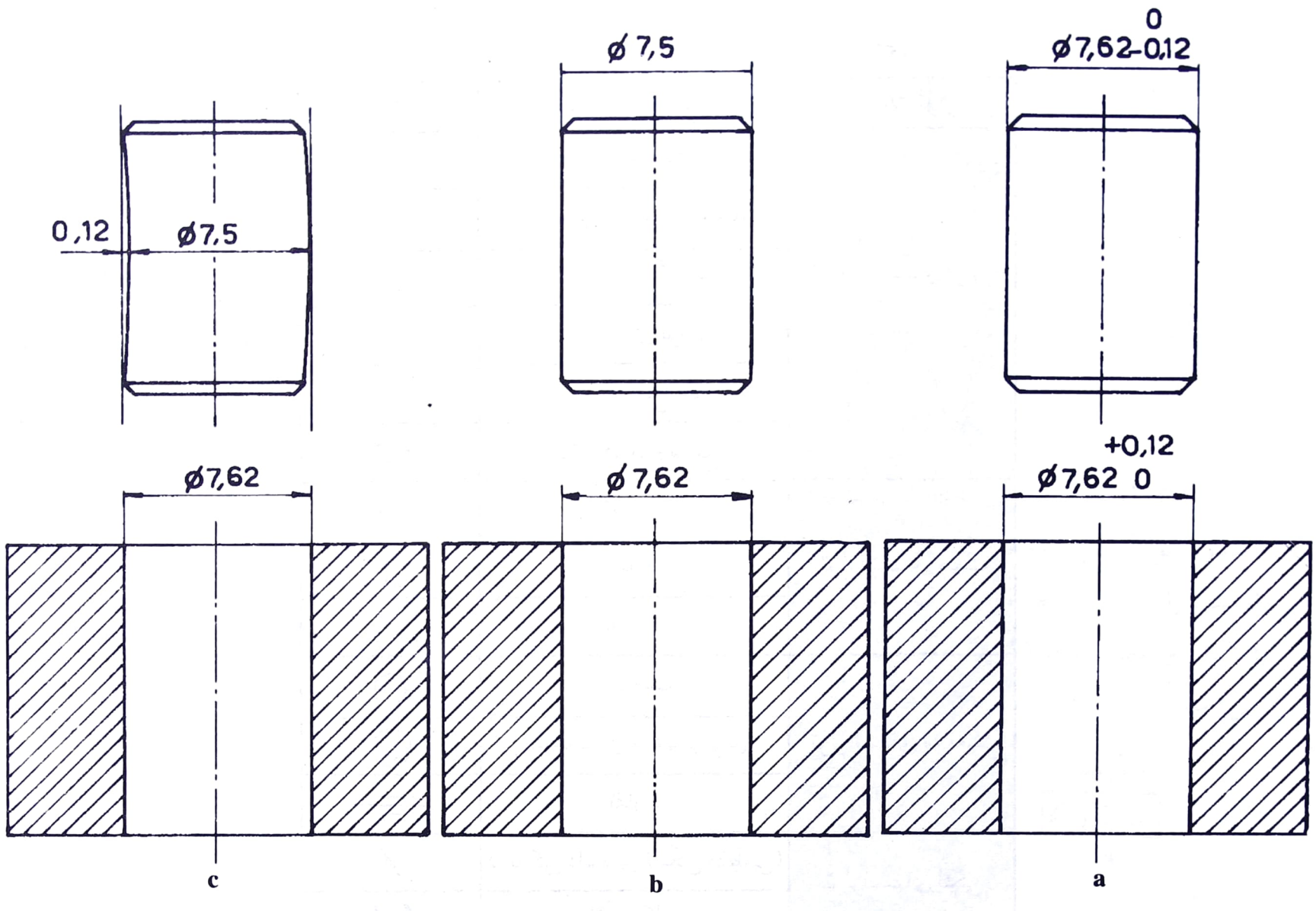
در شکل b ۱ـ۱۴، پین دارای قطر ۷/۵ و سوراخ دارای قطر ۷/۶۲ است. بنابراین طبق شکل c ۱ـ۱۴، روشن می شود که پین ممکن است کاملاً مستقیم یا گرد نباشد ولی مونتاژ به خوبی انجام شود.

به طور خلاصه، با توجه به اینکه هرگز نمی توان جسمی را بدون خطاهای هندسی ساخت، محدود کردن این خطاها اهمیت فوق العاده در سوار کردن و کارکرد بعدی آنها دارد. پس تولرانسهای هندسی به جهت محدود کردن این خطاها مورد توجه واقع می شوند.

تولرانسهای هندسی معمولاً در نقشه های کنترل کیفی مورد استفاده قرار می گیرند.

تولرانسهای هندسی را می توان به دو بخش تولرانسهای فرم و تولرانسهای موقعیت تقسیم نمود.

تولرانسهای فرم مقدار خطا یا انحراف یک جزءِ هندسی



شکل ۱ـ۱۴

را از فرم ایده آل آن تعیین می کند.

تولرانسهای موقعیت، مقدار انحراف یک جزء را نسبت به اجزای دیگر معین می کند.

قبل از آن که به علائم و چگونگی تولرانسهای هندسی و کاربرد آن بپردازیم، لازم است به چند نکته توجه شود.

۱ـ استانداردهای بین المللی تولرانسهای هندسی شامل اصول، نشانه و علامتگذاری روی نقشه های صنعتی در زمینه تولرانسهای هندسی، جهت، موقعیت و دویدگی (لنگی) است و تعریفهای هندسی لازم در زمینه های فوق را بیان می کند.

۲ـ در این مبحث تولرانسهای هندسی به عنوان معادلی برای کلیّه تولرانسهای ذکر شده به کار می رود.

۳ـ از تولرانسهای هندسی تنها در جایی که نیاز باشد استفاده می شود.

۴ـ مشخصات تولرانس برای هر شکل در محدوده تولرانس می تواند به کار برده شود، مگر آن که بخواهیم محدودیت بیشتری برای آن ایجاد کنیم، مانند توضیحات اضافی در کنار جدول تولرانس.

۵ـ تولرانسهای هندسی انحرافات مجاز یک قطعه را از فرم ایده آل آن محدود می کند یا به عبارت دیگر تولرانسهای هندسی انحرافات مجازی را که یک قطعه در حد ممکن و خوب می تواند داشته باشد تعیین می کند.

۶ـ تولرانسهای موقعیت عبارتند از: تولرانسهای جهت، موضع، دویدگی (لنگی). این تولرانسها موقعیت یک یا چند جزء از یک قطعه را نسبت به هم تعیین می کند.

۲ـ۱۴ـ جدول علائم و خواص تولرانسهای هندسی

جدول ۱ـ۱۴ علائم و خواص تولرانسهای هندسی جهت، موقعیت و لنگی را نشان می دهد. از این علائم با توجه به نوع تولرانس می توان در کنار نقشه های هندسی استفاده کرده کیفیت قطعات ساخته شده را در موقع مونتاژ کنترل کرد.

جدول ۱ـ۱۴ـ علائم و خواص تولرانسهای هندسی

علائم	خواص تولرانس	مشخصات تولرانس
—	مستقیم بودن	تولرانسهای فرم
▱	تخت بودن (صاف بودن)	
○	دایره ای بودن (گرد بودن)	
⌭	استوانه ای بودن	
⌒	شکل هر نوع خط	
⌓	شکل هر نوع سطح	
//	توازی	تولرانسهای جهت
⊥	تعامد	
∠	زاویه دار بودن	
⌖	وضعیت	تولرانسهای موقعیت
◎	هم محوری و هم مرکزی	
⌯	تقارن	
⌰	دویدگی دایره ای (لنگی مقطعی)	تولرانسهای لنگی
⌰	لنگی کلی	

۳ـ۱۴ـ علائم و نشانه ها

قبل از آن که به روش و چگونگی تولرانس گذاری در نقشه های صنعتی بپردازیم، لازم است ابتدا با مفاهیم علائم و نشانه ها و کاربرد آنها آشنا شویم. برای این منظور به نکات زیر توجه کنید.

۱ـ۳ـ۱۴ـ کادر تولرانس: اندازه و مشخصات تولرانس در داخل خانه های مستطیل شکل (قاب مستطیل) که از دو، سه و گاهی از چند قسمت تشکیل شده، قرار می گیرند. ترتیب قرار گرفتن این علائم و اندازه ها در داخل خانه ها به ترتیب از چپ به راست از دستورات زیر پیروی می کند. شکل ۲ـ۱۴ طرز قرار گرفتن این علائم را نشان می دهد.

//	0,1	A

شکل ۲ـ۱۴

ـ □ کادر تولرانس (با خط نازک رسم می شود).

ـ // علامت نوع یا خصوصیات تولرانس است که با خط متوسط رسم می شود.

ـ 0/1 ارزش یا مقدار تولرانس را مشخص می کند. مقدار تولرانس از روی جدول یا توسط طراح تعیین می شود.

ـ A، حروف بزرگ مبنای تولرانس (قسمتی از قطعه) را برای جزءِ دیگر قطعه که باید تولرانس گذاری شود، مشخص می کند (در مورد مبنا و حروف مبنا، در قسمت ۵ـ۱۴ توضیح داده شده است).

۲ـ۳ـ۱۴ـ توضیحات اضافی مربوط به تولرانس قسمتهایی از قطعه (جزءهایی از قطعه) مانند سوراخ یا ... باید در بالای کادر تولرانس نوشته شود، مانند تولرانسهای مربوط به (۴ سوراخ و یا ×۴).

به شکل a ۳ـ۱۴ و شکل b ۳ـ۱۴ توجه کنید.

جدول ۲ـ۱۴ـ علائم اضافی (کمکی)

علائم	توضیحات	
	مستقیم	علائم جهت جزءِ تولرانس گذاری شده
	به وسیله حروف	
	مستقیم	علائم و نشانه های مبنا
	به وسیله حروف	
		اندازه دقیق تئوری

4X Ø0,01

a

سوراخ 4 Ø 0,01

b

شکل ۳ـ۱۴

۳ـ۳ـ۱۴ـ توضیحاتی که لازم است شکل مشخصه و محدوده تولرانسی را معرفی کند باید در کنار کادر تولرانس نوشته، یا به وسیله خط راهنما به کادر متصل شود. شکل ۴ـ۱۴ a و شکل ۴ـ۱۴ b چگونگی کاربرد آن را نشان می دهد.

مقعّر نیست 0,3

a

مقعّر نیست 0,1 A

b

شکل ۴ـ۱۴

۴ـ۳ـ۱۴ـ اگر لازم باشد بیش از یک علامت تولرانس برای یک جزء از قطعه تعیین شود، مشخصات تولرانس مورد نظر را در کادرهای تولرانس مطابق شکل ۵ـ۱۴ زیر یکدیگر می نویسند.

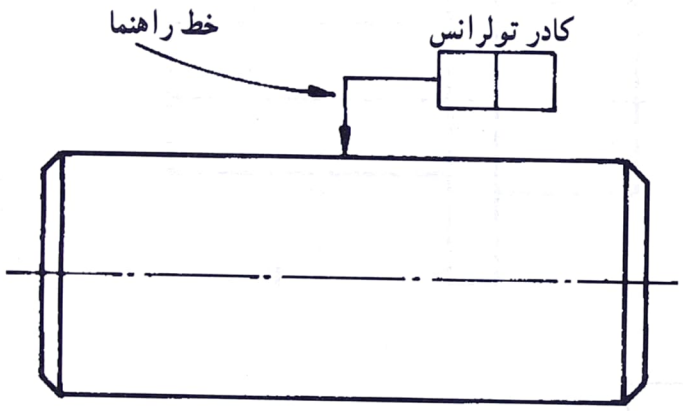
○	0,1	
//	0,06	B

شکل ۵ـ۱۴

۴ـ۱۴ـ نحوه تولرانس گذاری در نقشه

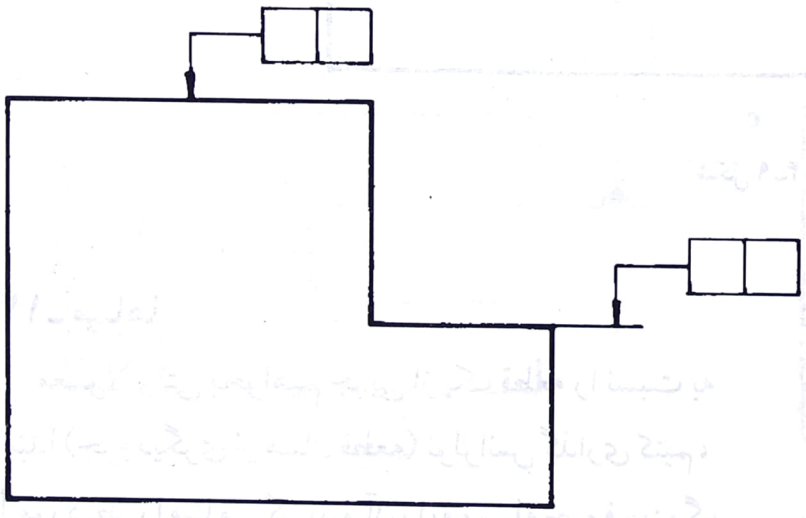
کادر تولرانس به وسیله خط راهنما (خط نازک) همراه با فلش باید به قسمت مورد نظر متصل شود (جزیی از قطعه که لازم است تولرانس گذاری شود).

شکل ۶ـ۱۴ طریقه قرار گرفتن کادر تولرانس به وسیله خط راهنما روی نقشه را نشان می دهد.

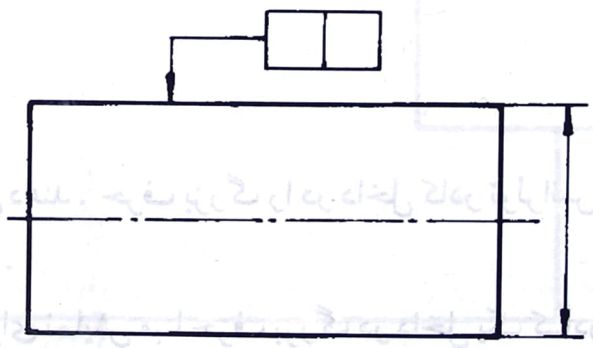


شکل ۶ـ۱۴

۱ـ۴ـ۱۴ـ اگر تولرانس مربوط به یک سطح یا خط باشد باید خط راهنما را روی جدار قطعه مربوط به سطح یا خط مطابق شکلهای ۷ـ۱۴ a و ۷ـ۱۴ b قرار داد.



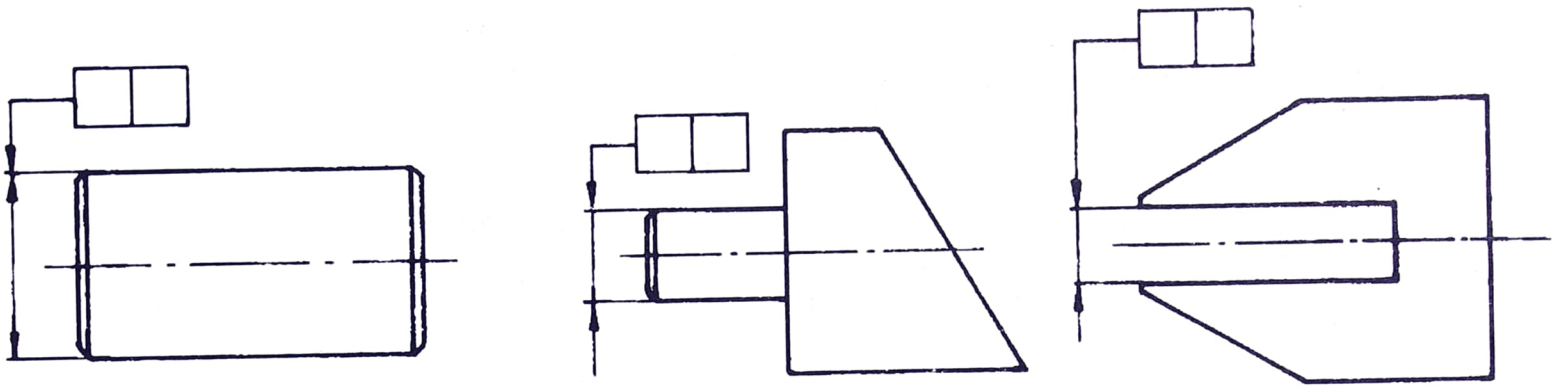
b



a

شکل ۷ـ۱۴

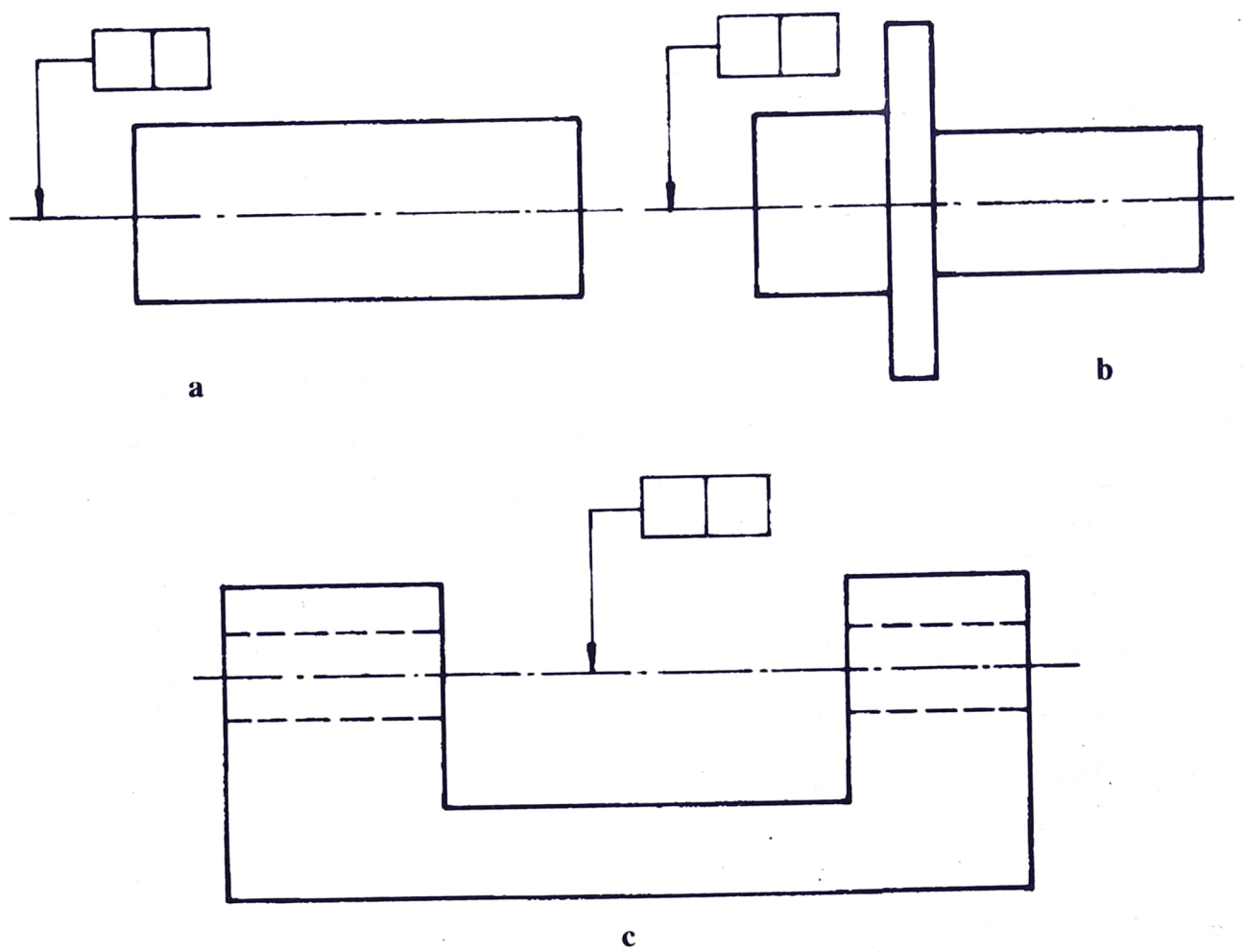
۲ـ۴ـ۱۴ـ اگر تولرانس مربوط به محور یا صفحه میانی باشد که تنها به همان قسمت از قطعه تعلق گیرد، در این صورت کادر تولرانس همراه با خط راهنما در امتداد خط اندازه قرار می گیرد. به شکل ۸ـ۱۴ از a تا c توجه کنید.



a b c

شکل ۸ـ۱۴

۳ـ۴ـ۱۴ـ در مواقعی که تولرانس هندسی به کل شکل یا قطعه تعلق داشته باشد باید خط راهنما روی خط محور قرار گیرد؛ به عبارت دیگر باید خط محور به عنوان مبنا قرار داده شود. شکل ۹ـ۱۴ از a تا c نحوه تولرانس گذاری را نشان می دهد.



a b c

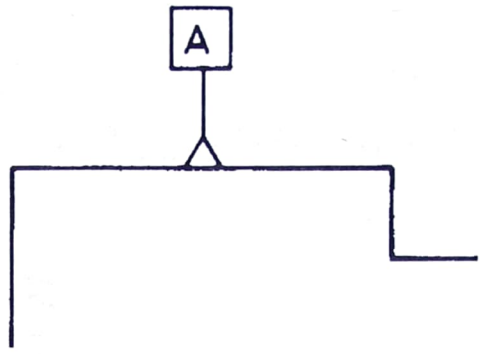
شکل ۹ـ۱۴

۵ـ۱۴ـ مبناها

معمولاً وقتی بخواهیم جزیی از یک قطعه را نسبت به یک مبدأ (جزءِ دیگری از همان قطعه) تولرانس گذاری کنیم، مبدأ مورد نظر را مبنا می گیرند و آن را به وسیله حروف بزرگ نشان می دهند. حرف بزرگ را در داخل کادر تولرانس قرار می دهند.

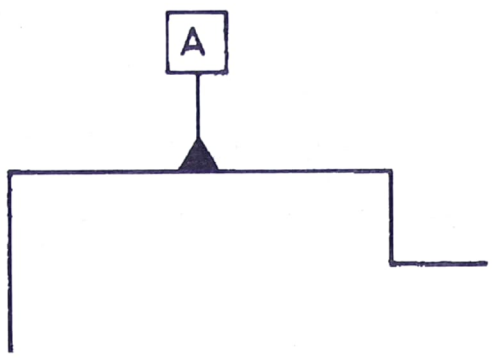
برای نمایش مبنا حرف بزرگ در داخل یک کادر که به وسیله خط نازکی به یک مثلث مبنای توپر یا توخالی وصل

می شود، قرار می گیرد و در محل مورد نظر رسم می شود.



مناسب برای شکلهای مختصر ــ b

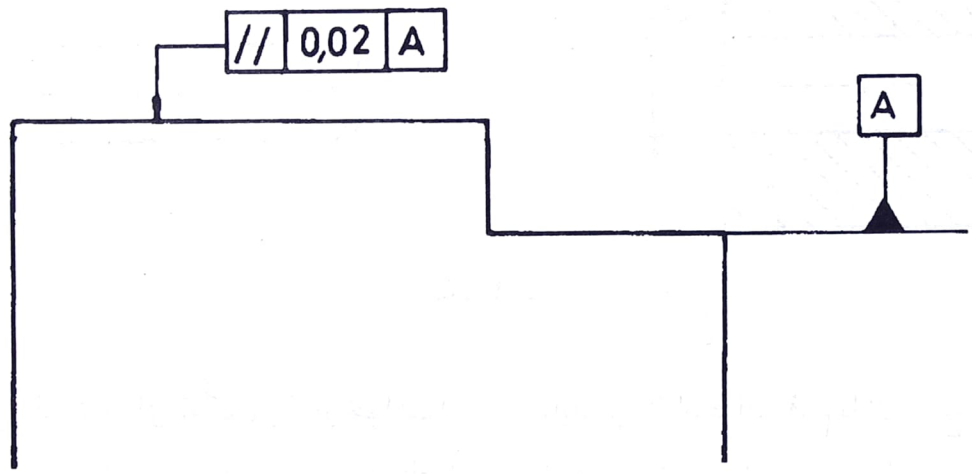
در شکل ۱۰ـ۱۴ a و b طریقه رسم مثلث مبنا را می بینید.



مناسب برای شکلهای مفصل ــ a

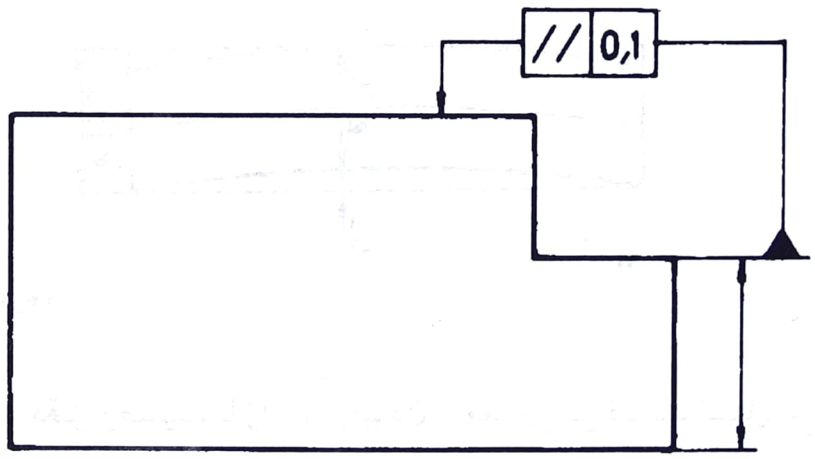
شکل ۱۰ـ۱۴

۱ـ۵ـ۱۴ـ کاربرد مثلث مبنا در نقشه: در شکل ۱۱ـ۱۴ کاربرد مثلث مبنا را در تولرانس گذاری یک قسمت از نقشه ملاحظه می کنید. همان طورکه در شکل دیده می شود، توازی سطح تولرانس گذاری شده نسبت به سطح مبنای A نباید بیش از 0/02 میلیمتر تغییر کند.



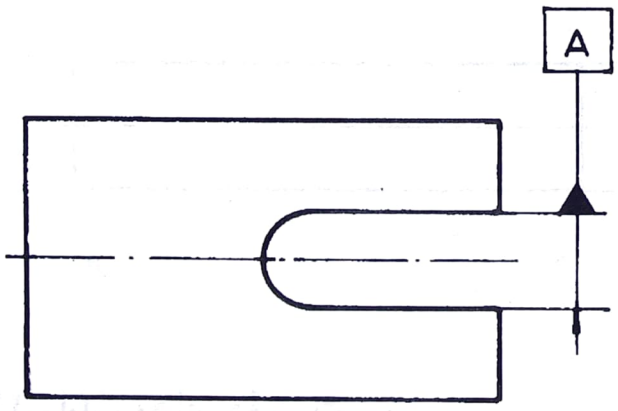
شکل ۱۱ـ۱۴

۲ـ۵ـ۱۴ـ اگر کادر تولرانس بتواند به طور مستقیم به مثلث مبنای مورد نظر وصل شود، در این صورت می توان حرف مبنا را حذف کرد (شکل ۱۲ـ۱۴).



شکل ۱۲ـ۱۴

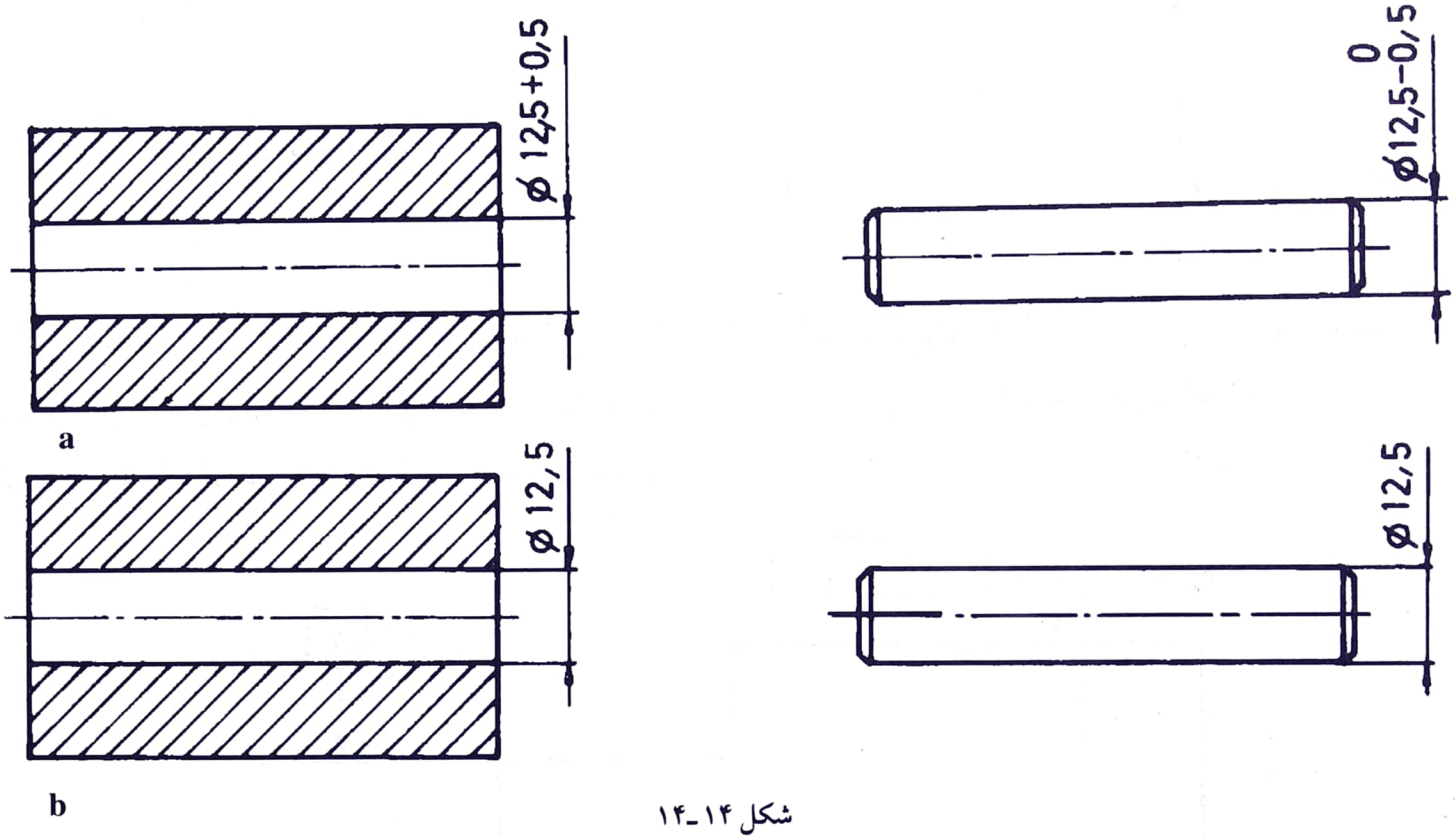
۳ـ۵ـ۱۴ـ اگر فضای کافی برای نشان دادن دو فلش موجود نباشد، می توان به جای یکی از آنها از مثلث مبنا استفاده کرد (شکل ۱۳ـ۱۴).



شکل ۱۳ـ۱۴

مثلث مبنا معمولاً به شکل متساوی الاضلاع است که برای نقشه های شلوغ یا مفصل آن را توپر و در نقشه های خلوت یا مختصر آن را توخالی رسم می کنند.

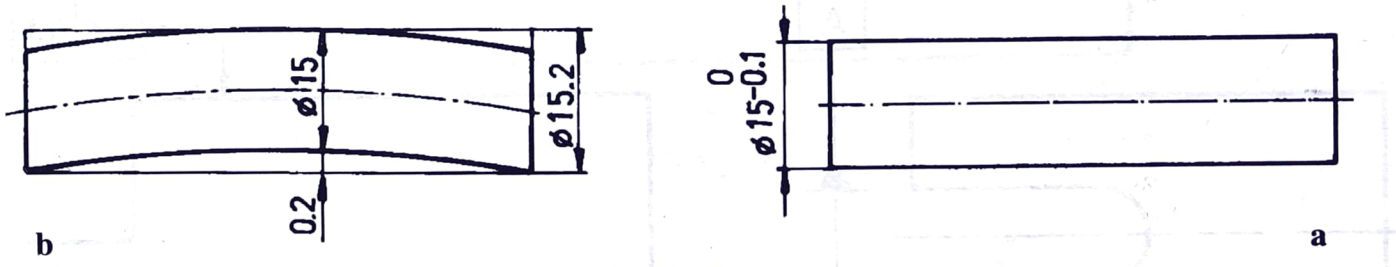
در شکل a ۱۴ـ۱۴ میله ای و سوراخی به طور معمول اندازه گذاری شده است. میله می تواند کوچکترین اندازهٔ ممکنهٔ ۱۲ را داشته باشد و سوراخ نیز در حالتی که کوچکترین اندازهٔ ممکن را داشته باشد، دارای قطر ۱۲/۵ خواهد بود. در شکل b ۱۴ـ۱۴ میله در بزرگترین قطر خود یعنی ۱۲/۵ و سوراخ در کوچکترین اندازهٔ خود یعنی ۱۲/۵ قرار دارد.



شکل ۱۴ـ۱۴

در هر حال این شرایط اندازه ای امکان وقوع خواهند داشت. لذا باید در تعیین اندازهٔ تولرانس هندسی این حالتها مدّنظر قرار گیرند.

در شکل a ۱۵ـ۱۴ میله ای با قطر اسمی ۱۵ معرفی شده است. برای این میله تولرانس ۰/۱ را داریم. از طرف دیگر انحراف فرم ۰/۲ هم برای میله در نظر گرفته شده است. اکنون اگر میله در بزرگترین قطر خود یعنی ۱۵ قرار گیرد، باید میزان انحراف فرم با آن جمع شود. لذا با در نظر گرفتن انحراف ۰/۲، بایستی سوراخ مربوط به آن بتواند این انحراف را هم تحمل کند. پس قطر ۱۵/۲، حداکثر قطری است که میله در بدترین شرایط تولید خود به آن نیاز خواهد داشت. در اینجا متوجه می شویم که چگونه می توان تولرانس هندسی را در نظر گرفت. میله در بدترین شرایط خود یعنی با قطر ۱۵ و انحراف از مستقیم بودن ۰/۲ یک مثال است.

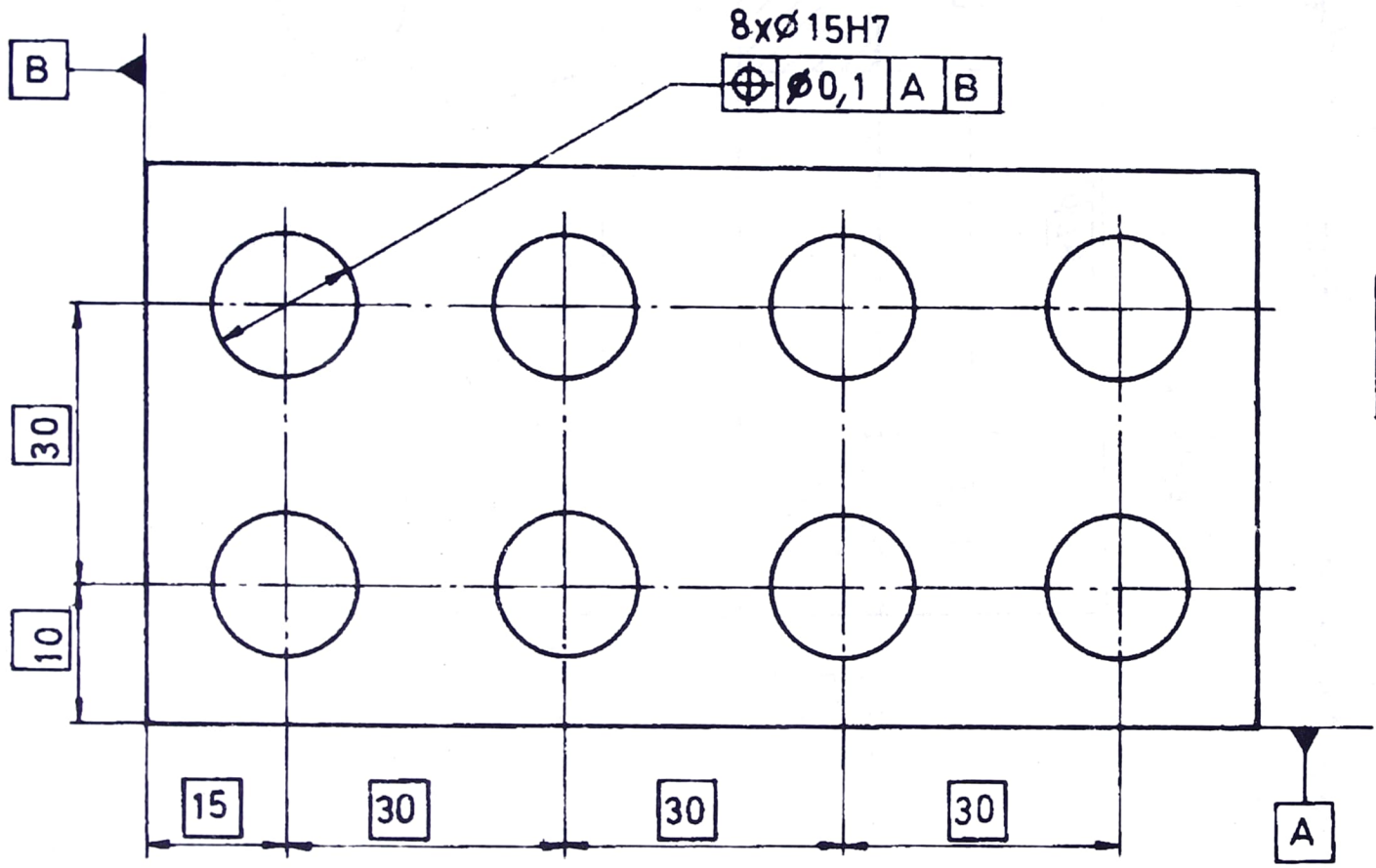


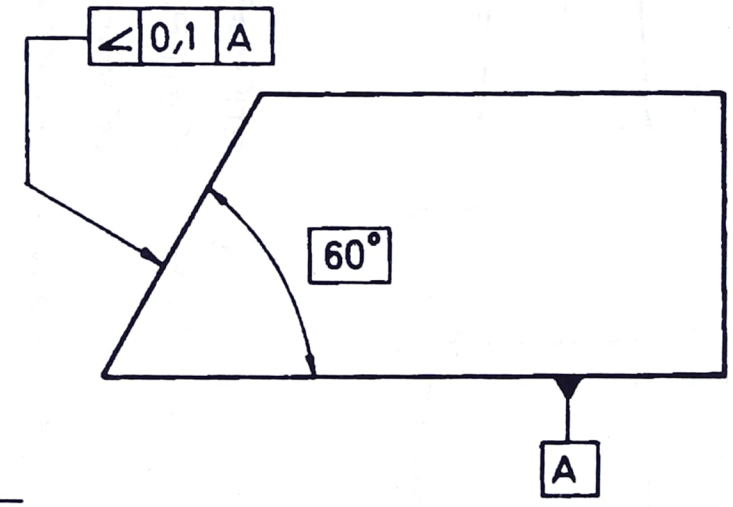
شکل ۱۵ـ۱۴

۶ـ۱۴ـ اندازه‌های دقیق تئوری

اگر تولرانسهای موقعیت یا زاویه دار بودن برای یک جزء از قطعه ای در نظر گرفته شود، اندازه هایی که به مقدار دقیق وضعیت یا زاویه دار بودن را معرفی می کنند نباید تولرانس گذاری شده یا با تولرانس نشان داده شوند.

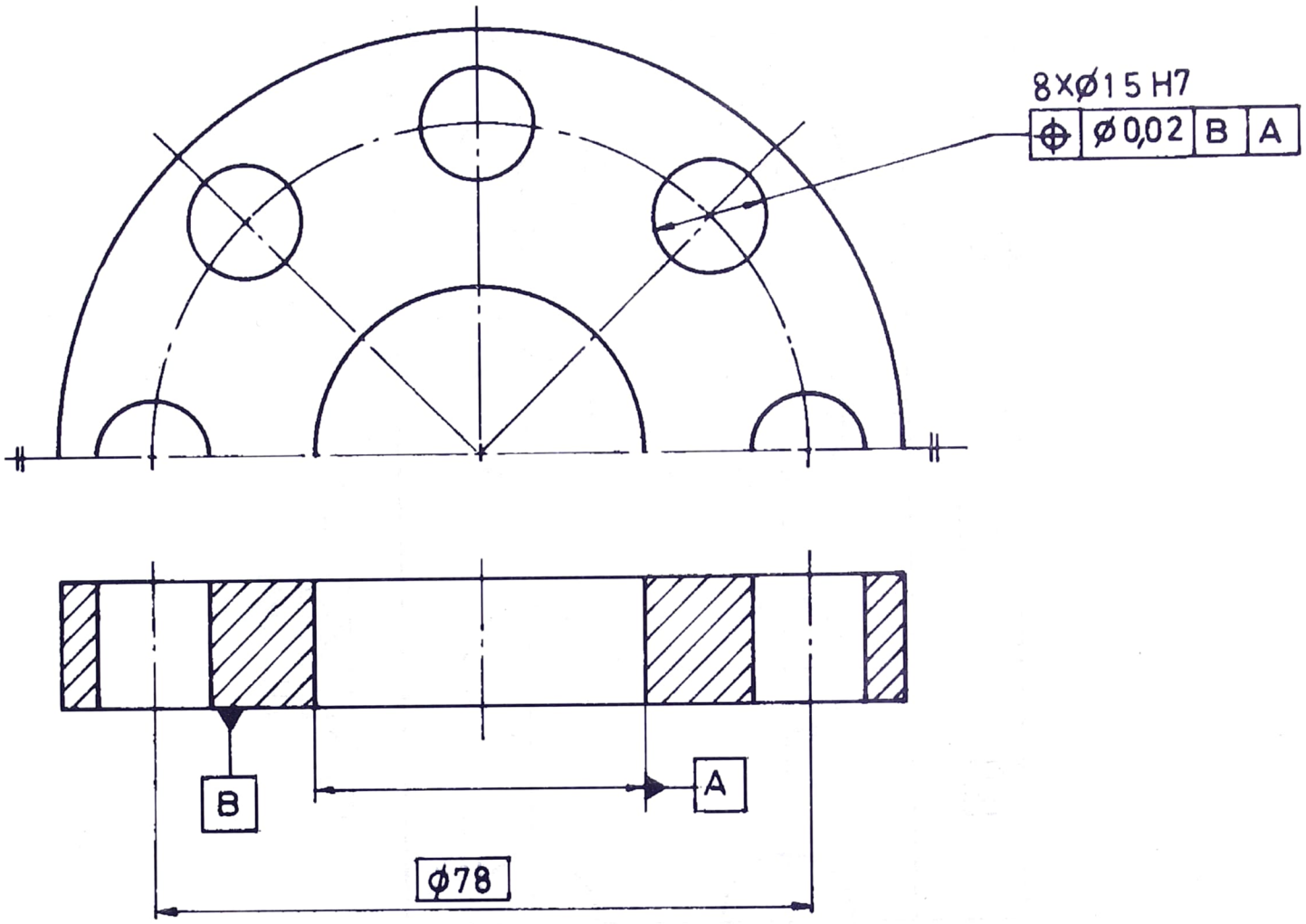
در شکل ۱۶ـ۱۴، a و b اندازه های داخل کادر مانند





شکل ۱۴-۱۶

۳۰ و ۱۵ و ۶۰ اندازه های دقیق تئوری را نشان می دهند. بنابراین اندازه های تئوری را داخل کادر قرار می دهیم. در شکل ۱۷ـ۱۴ ، اندازهٔ ∅78 ، یک اندازهٔ دقیق تئوری است.



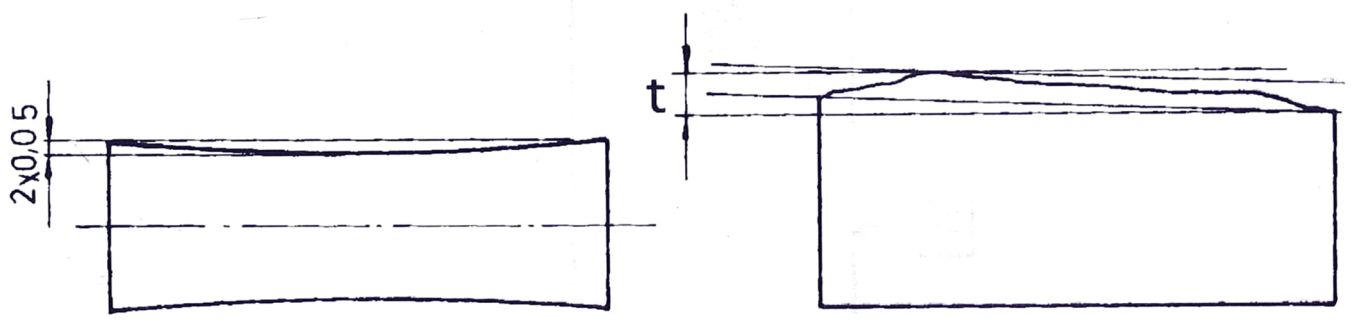
شکل ۱۷ـ۱۴

۱۴ـ۷ـ خواص و کاربرد تولرانسهای هندسی

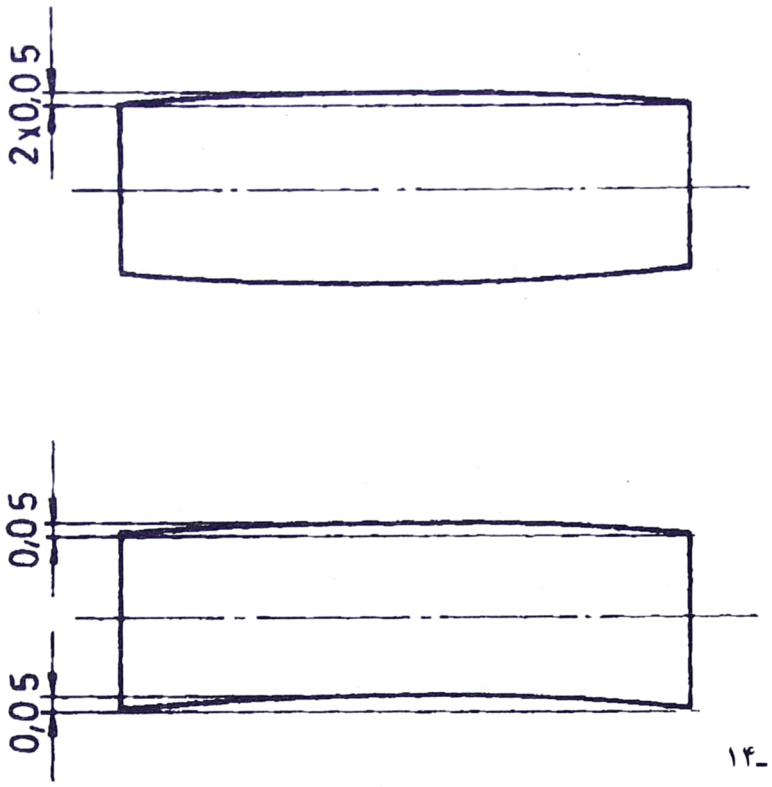
برای آشنایی بیشتر با مفهوم هر یک از تولرانسها و کاربردشان به شرح آنها می پردازیم.

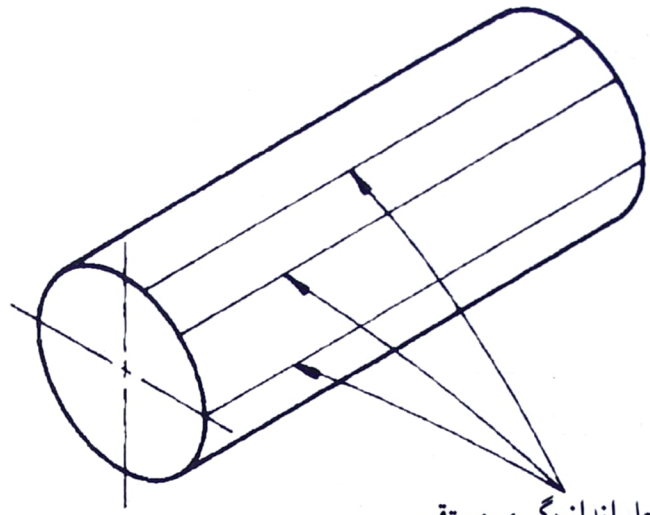
۱ـ۷ـ۱۴ـ مستقیمی[1] : مستقیمی، مستقیم بودن یا راستی به طور معمول مربوط به یک خط از جسم است. مثلاً یک لبه یا یک محور از آن.

تولرانس مستقیمی در حقیقت انحراف مجاز خط مورد نظر را از راستی هندسی محدود می کند. در شکل زیر مقدار t در حقیقت تولرانس مستقیمی است. یعنی خط مورد نظر می تواند بین دو خط متوازی به فاصلهٔ t قرار داشته باشد. مقدار مستقیمی در شکل ۱۸ـ۱۴ معرفی می شود.



۱ـ Straightness

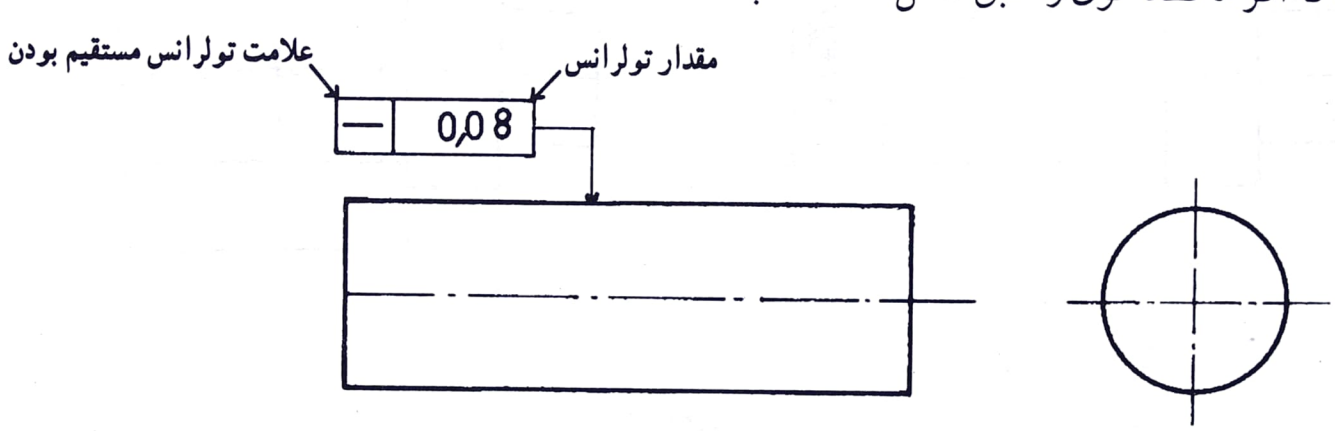




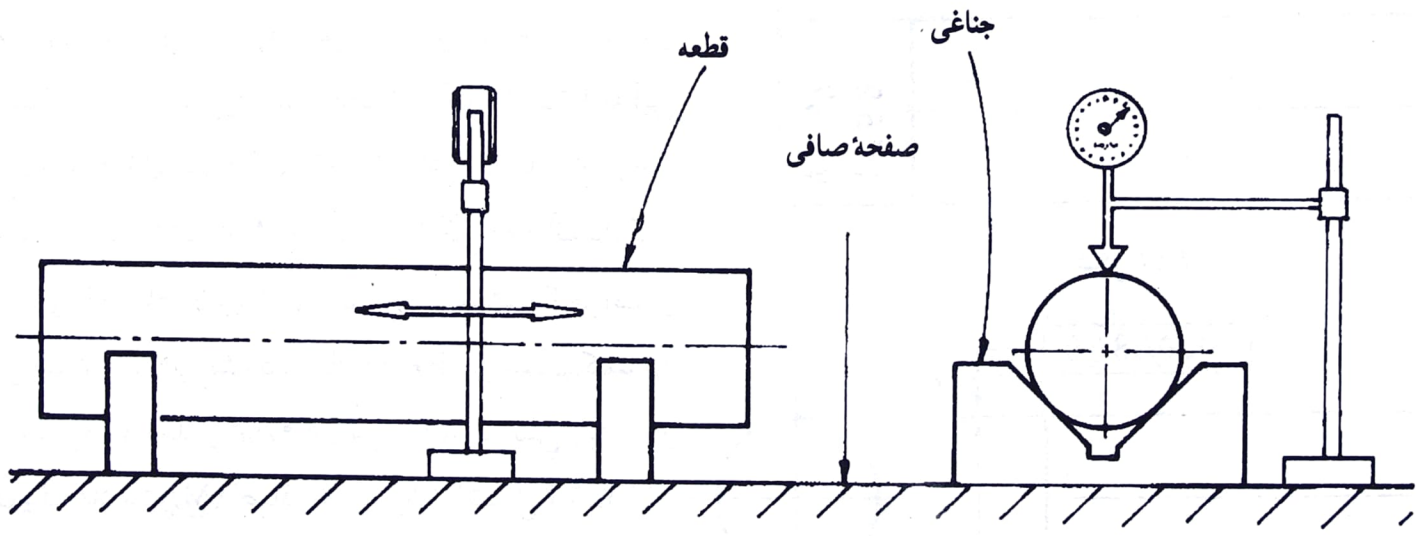
خطوط محل اندازه‌گیری مستقیمی

شکل ۱۸ـ۱۴

مثال: تولرانس مستقیم بودن برای شکل ۱۹ـ۱۴، برابر ۰/۰۸ میلیمتر تعیین شده است. یعنی حداکثر خطاهای هندسی مجاز هر خط طولی از جسم ۰/۰۸ است. این بدان معنی است که اگر ما قطعهٔ فوق را طبق شکل ۲۰ـ۱۴ ثابت کنیم و لمس کنندهٔ ساعت اندازه گیری را عمودی حرکت دهیم «به چپ و راست»، ماکزیمم انحراف ثبت شده نباید از ۰/۰۸ بیشتر باشد[1].



شکل ۱۹ـ۱۴



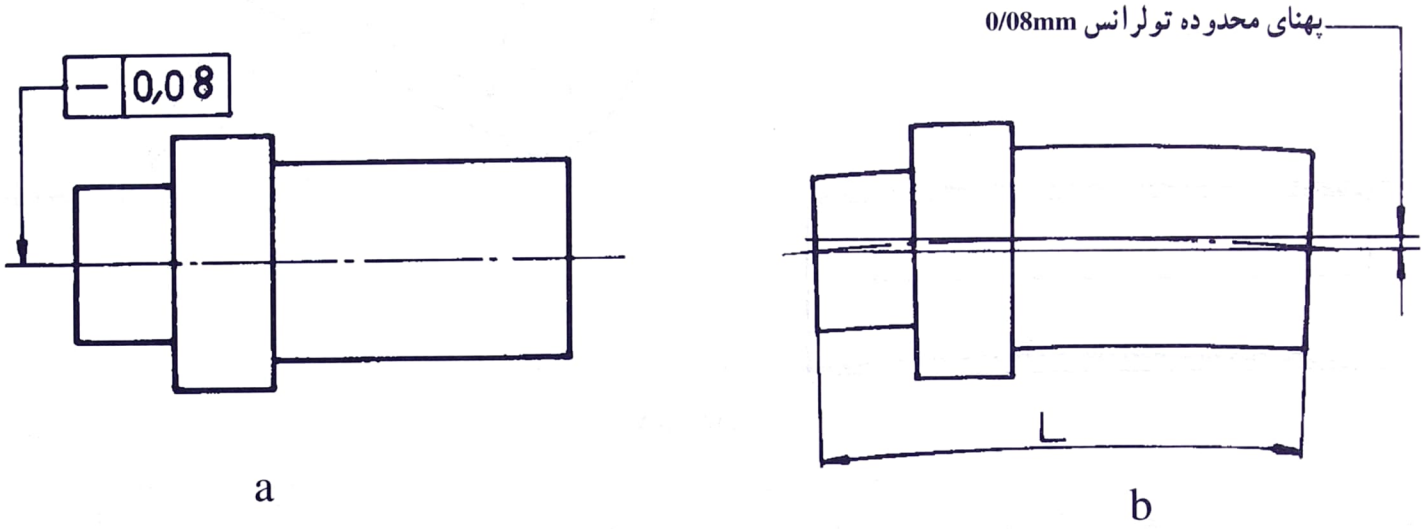
شکل ۲۰ـ۱۴

۱ـ آزمایش مستقیمی برای نمونه ذکر شد. همهٔ موارد بعدی هم قابل آزمایش هستند، همکاران محترم در صورتی که لازم بدانند توضیح خواهند داد.

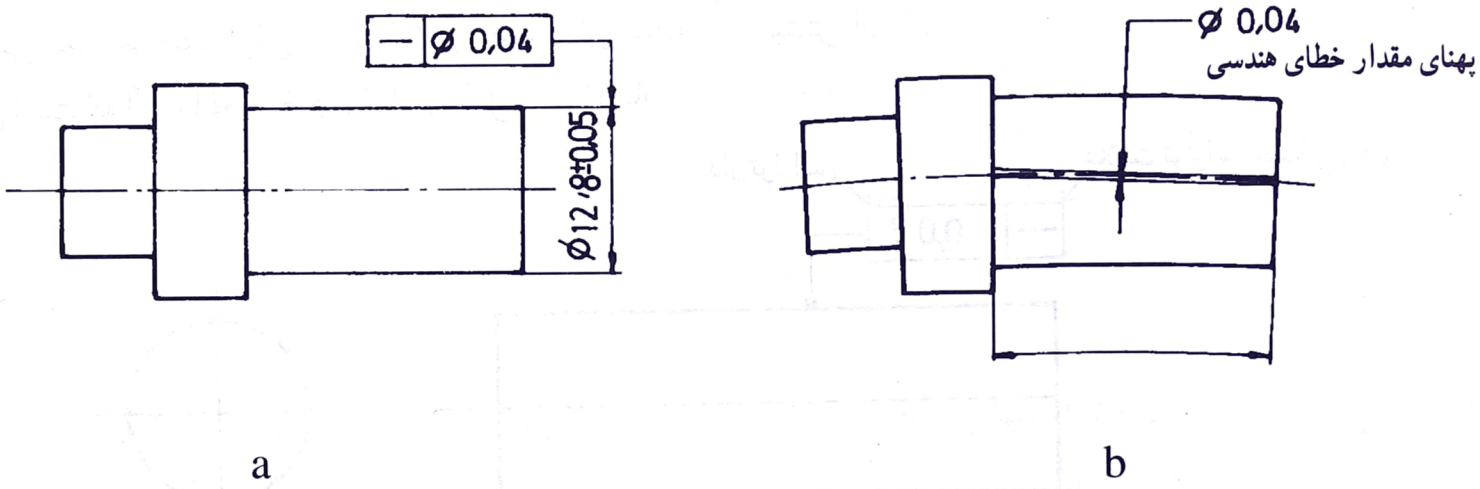
توجه : در موقعی که خط محور به عنوان مبنا قرار گیرد، تولرانس هندسی به کل شئ تعلق می گیرد. به شکل ۲۱ـ۱۴ توجه کنید.

اگر تولرانس مستقیمی مربوط به محور باشد بایستی به آن اشاره شود. پس خط راهنما باید در امتداد خط اندازه قرار گیرد (شکل ۲۲ـ۱۴).

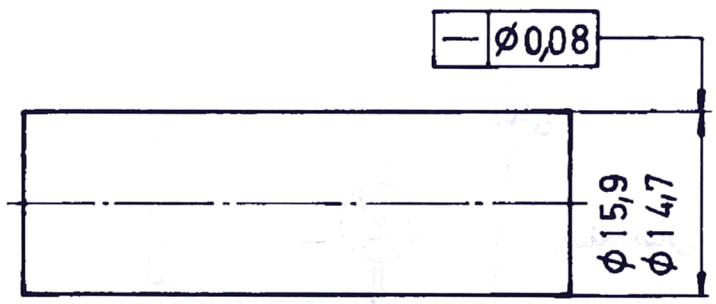
طبق این شکل، محور استوانه می تواند در داخل یک استوانهٔ هندسی به قطر ۰/۰۴ بازی کند.



شکل ۲۱ـ۱۴ـ خطای هندسی به کل جسم تعلق می گیرد.

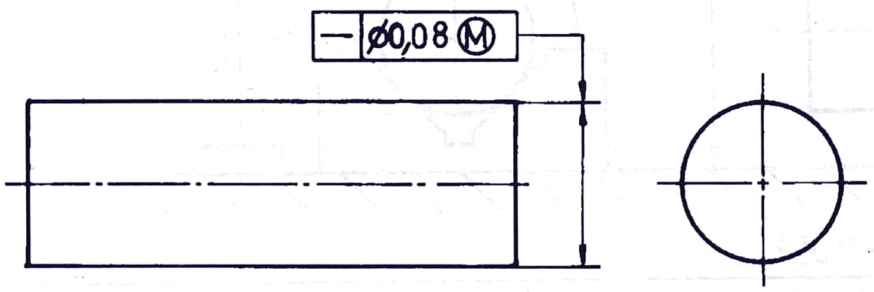


شکل ۲۲ـ۱۴



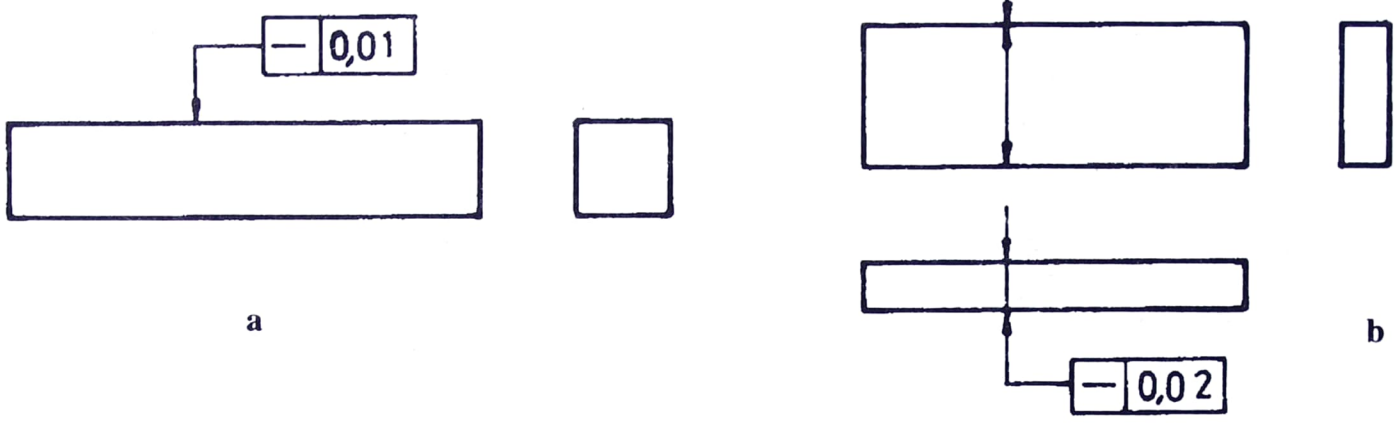
شکل ۲۳ـ۱۴

ممکن است تولرانس مستقیمی را برای محـور بـه دو صورت نمایش داد. صورت اول مطابق شکل ۲۳ـ۱۴ به این معنی است که به ازای هر قطری که میله داشته باشد، انحراف از مستقیمی نباید بیشتـر از ۰/۰۸ شود. شکل دوم آنست کـه تنها در زمانی که میله در بیشترین قطر خود است، انحراف از مستقیمی بیشتر از ۰/۰۸ نشود. حال اگر قطر به سمت کمترین اندازهٔ خود برود، مقدار ۰/۰۸ هم می تواند افزایش یابد. در این حال یک علامت Ⓜ اضافه خواهد شد (شکل ۲۴ـ۱۴).



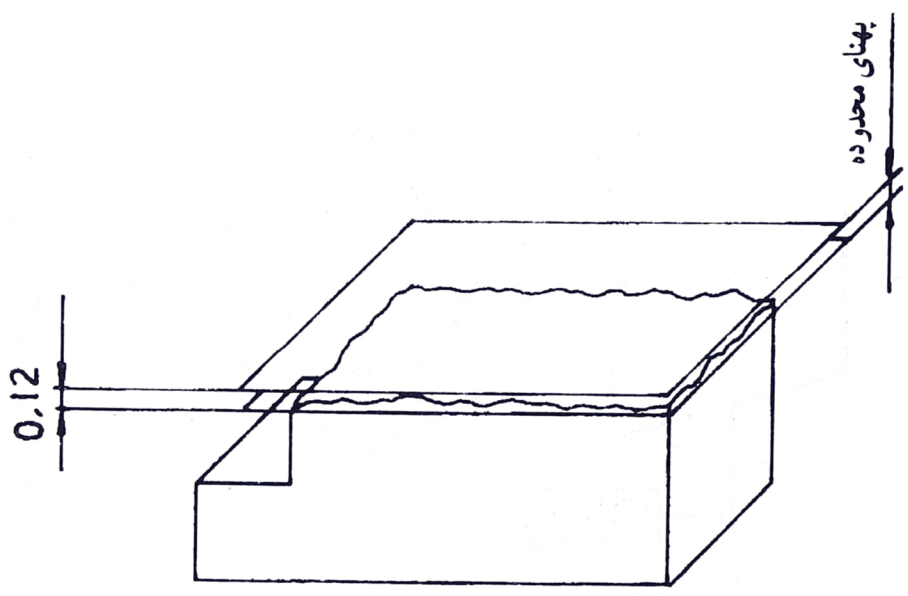
شکل ۲۴ـ۱۴

به شکل ۲۵ـ۱۴ نگاه کنید. در حالت a، هر خط موازی با صفحهٔ تصویر، یعنی کاغذ ما، از سطح بالایی جسم، می تواند انحراف مجاز ۰٫۰۱ را داشته باشد. در شکل b که اشاره به محور دارد، می گوید که محور جسم باید در داخل یک مکعب مستطیل به ابعاد ۰/۰۲×۰/۰۱×۰/۰ محدود شود.



شکل ۲۵ـ۱۴

۲ـ۷ـ۱۴ـ تخت بودن (صاف بودن)[1] (▱): صاف بودن سطوح یکی دیگر از مشخصات هندسی است که نوسانات آن موجب به هم خوردن یکی دیگر از شرایط مونتاژ می شود. در شکل ۲۶ـ۱۴ با مفهوم صاف بودن آشنا می شوید.



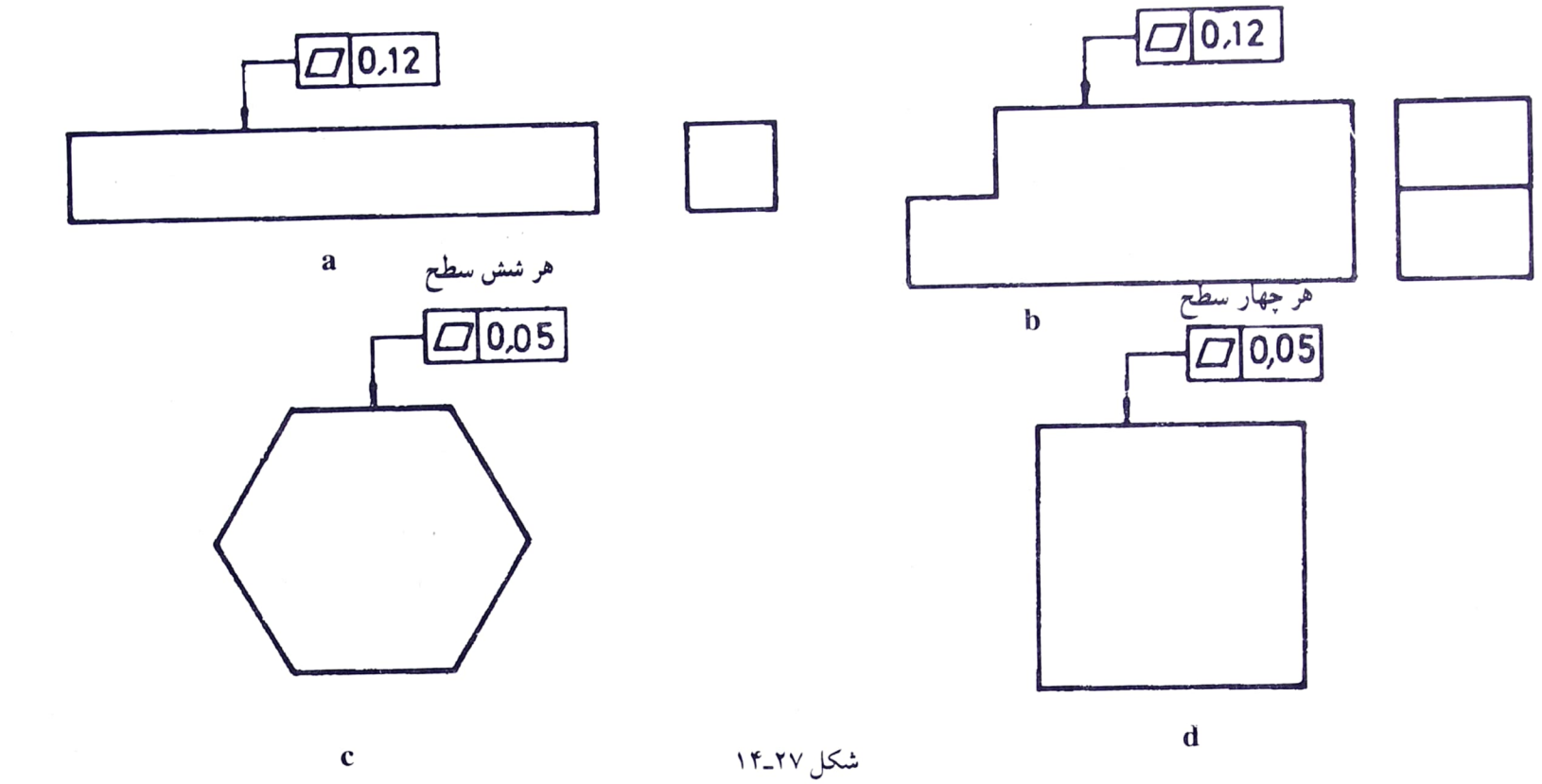
شکل ۲۶ـ۱۴

حال چنانچه سطحی را تولرانس گذاری کنیم، مقدار این تولرانس می تواند ناصاف بودن یا به عبارتی دیگر محدب یا مقعر بودن آن را نشان دهد؛ بنابراین انحراف سطح می تواند اندازه تولرانس را به بازی بگیرد. در چنین مواردی حدود ناصافی قطعات را تولرانس گذاری می کنند. شکل ۲۷ـ۱۴ از a تا d چگونگی تولرانس گذاری صاف بودن را نشان می دهد.

۳ـ۷ـ۱۴ـ تولرانس دایره بودن (گرد بودن)[2] (○): همان طورکه تولید خط کاملاً مستقیم ممکن نیست، تولید دایرهٔ دقیق، یعنی یک جسم گرد هندسی هم امکان ندارد.

۱ـ Flatness

۲ـ Circularity Tolerance

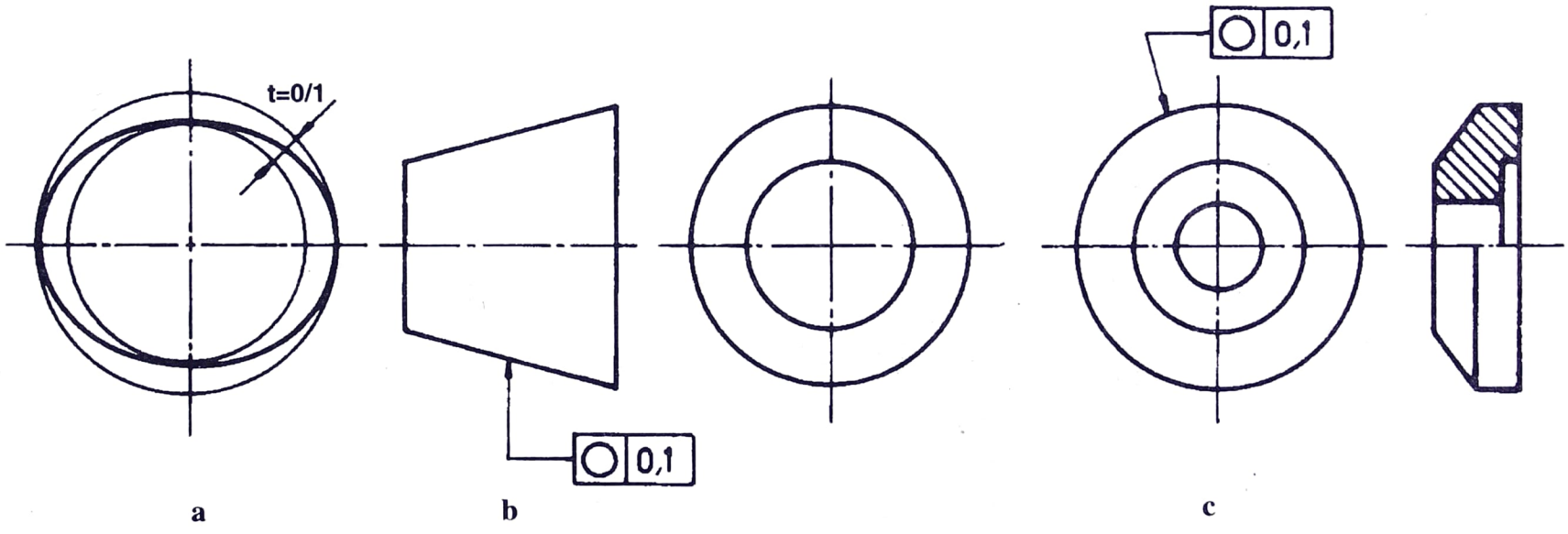


شکل ۱۴ـ۲۷

تولرانس دایره ای بودن مقدار مجاز انحراف از حالت گردی هندسی را مشخص می کند.

این نوع تولرانسها به کلیه اشکالی که مقطع دایره ای دارند تعلق می گیرد، خواه مخروط، خواه استوانه و غیره.

دایره بودن در هر شکلی که قطعه داراست به صورت مقطعی مطرح می شود، برخلاف مستقیم بودن که در طول قطعه کار انجام می گیرد. به عبارت دیگر دایره بودن از یک دور کامل قطعه کار در یک مقطع مشخص تولرانس گذاری می شود. شکل ۱۴ـ۲۸ a و b و c چگونگی تولرانس گذاری را نشان می دهد.

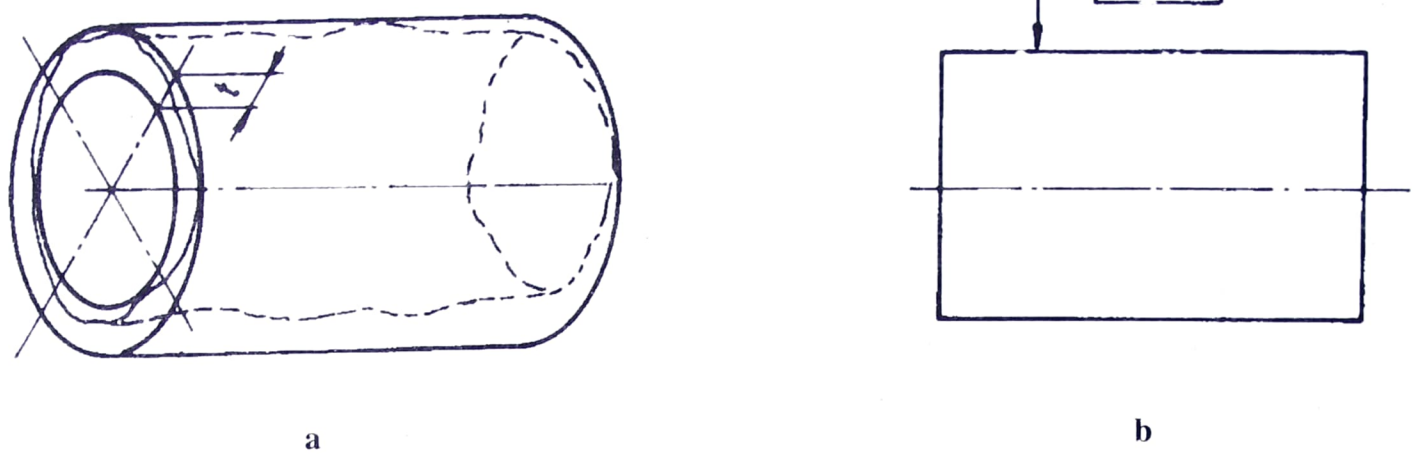


شکل ۱۴ـ۲۸

۱۴ـ۷ـ۴ ـ تولرانس استوانه‌ای بودن[1] (⌭) : استوانه ای بودن شباهت به دایره ای بودن دارد. در دایره ای بودن، گردی هر مقطع در نظر است ولی در استوانه ای بودن خود استوانه مورد توجه است(شکل ۱۴ـ۲۹). در حقیقت استوانه ای بودن ترکیبی است از مستقیمی، تختی و دایره بودن. در مستقیمی، تختی، دایره ای و استوانه ای فقط یک جزء از جسم به طور مستقل مورد نظر است[2].

۱ـ Cylindricity Tolerance

۲ـ شکل هر نوع خط و نیز شکل هر نوع سطح را در آخر کتاب تحت عنوان برای مطالعه آورده ایم.

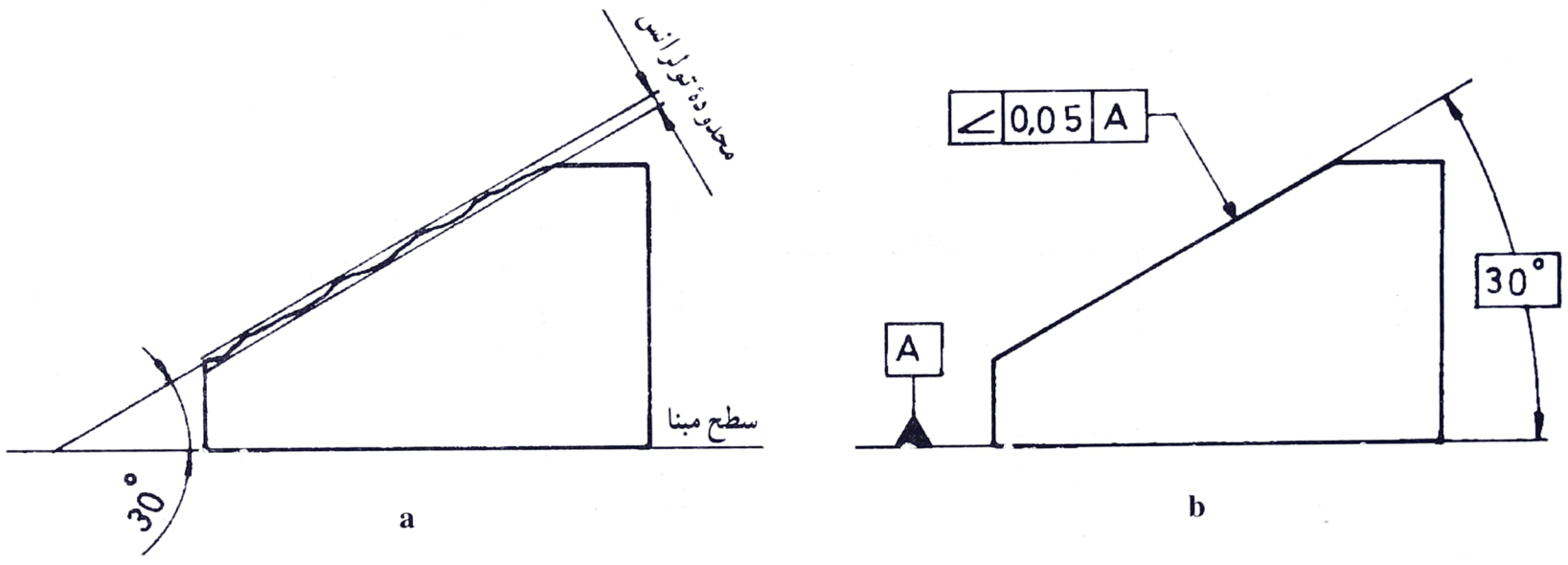


a

b

شکل ۲۹ـ۱۴

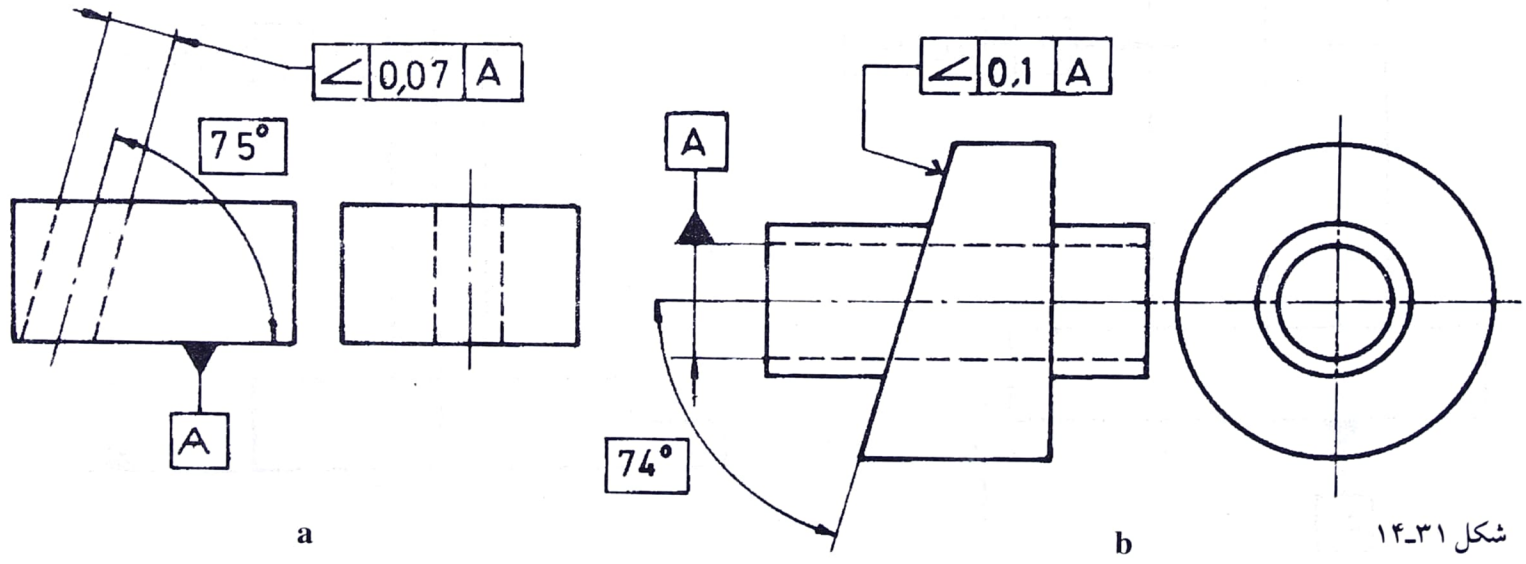
۵ـ۷ـ۱۴ـ تولرانس زاویه‌دار بودن[1] (∠): با در نظر گرفتن ضلع بلندتر زاویه به عنوان مبنا، وضعیت ضلع کوچکتر را بررسی می کنیم. این ضلع یا سطح باید بین دو صفحهٔ موازی و به فاصلهٔ مثلاً ۰/۰۵ از یکدیگر نسبت به سطح مبنای A با زاویهٔ ۳۰° قرار گیرد[2]. در شکل ۱۴ـ۳۰ b چگونگی تولرانس گذاری را ملاحظه می کنید. در شکل ۱۴ـ۳۱ در b و a نمونه های دیگری از روش تولرانس گذاری زاویه دار بودن را می بینید.



a

b

شکل ۱۴ـ۳۰



a

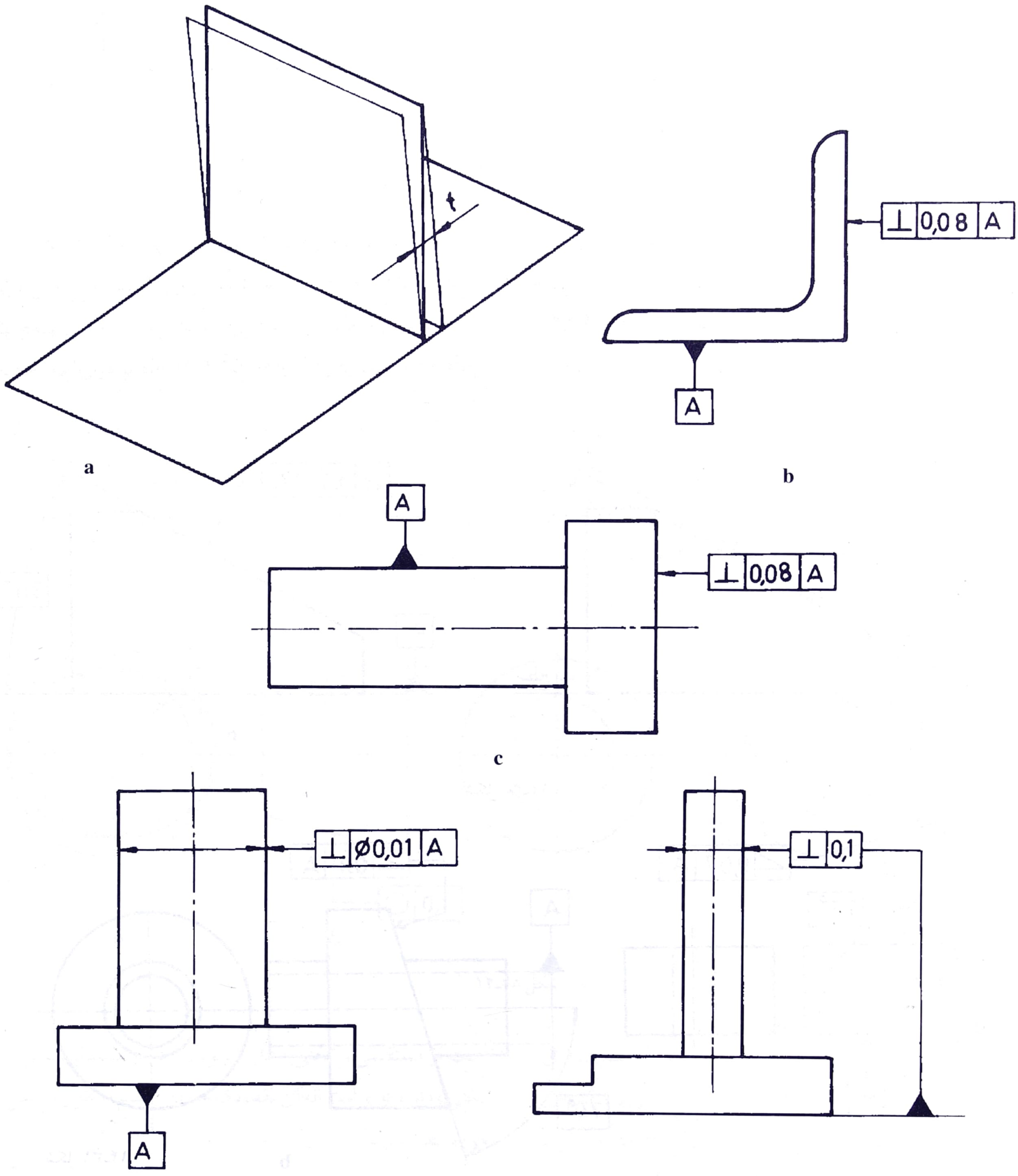
b

شکل ۱۴ـ۳۱

۱ـ Angularity of a Line

۲ـ زاویه دار بودن یا موارد بعد از این بایستی با در نظر گرفتن سطح مبنا تعریف شوند. به عبارت دیگر آنها اجزای مستقلی از یک قطعه نیستند و نوعی وابستگی دارند.

۶ـ۷ـ۱۴ـ تولرانس تعامد[1] : عمود بودن دو سطح در صنعت مثلاً در اجزای ماشینهای افزار اهمیت زیادی دارد. پس محدود کردن این قسمت از انحرافات زاویه‌ای لازم است. در شکل ۳۲ـ۱۴ از a تا e نمونه هایی از تولرانس گذاری تعامد را می بینید.

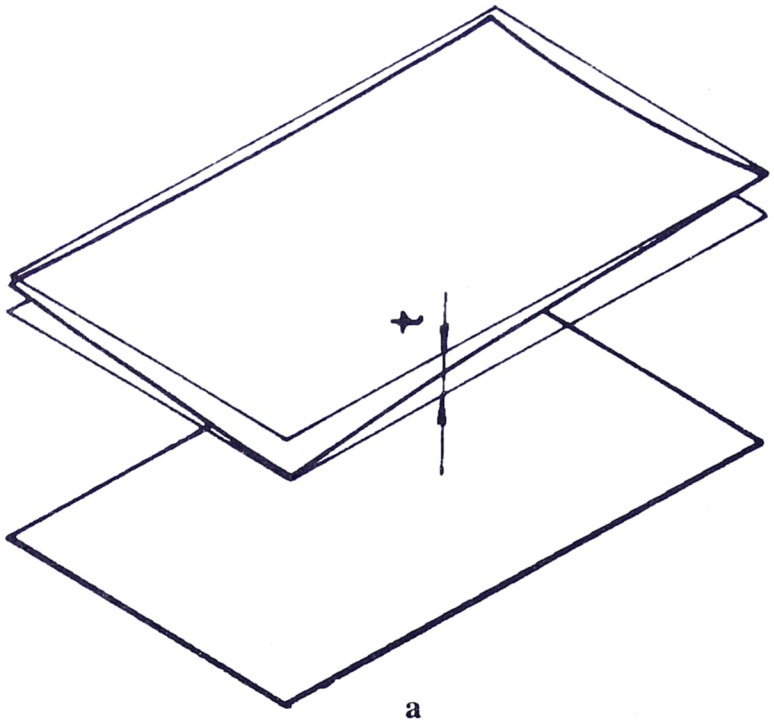


a b c d e

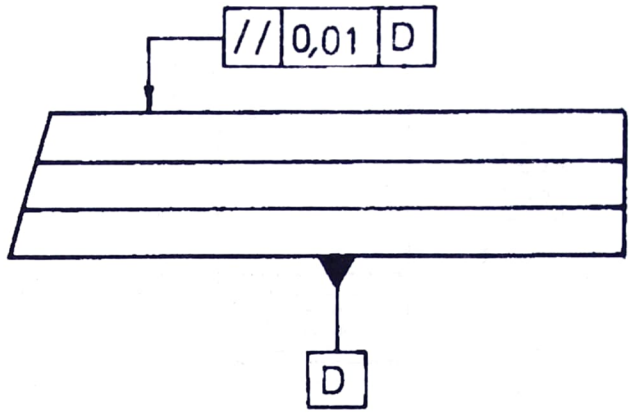
شکل ۳۲ـ۱۴

۱ـ Perpendicularity

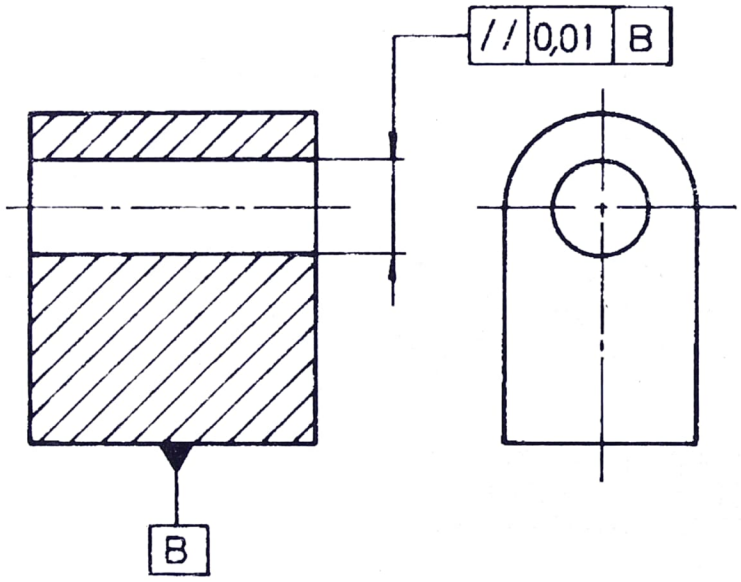
۷ـ۷ـ۱۴ ـ تولرانس گذاری توازی[۱] (//) : موازی بودن دو سطح از مسایل مهم تولید است . بنابراین لازم است با نشانه ها ، حدود تغییرات مجاز آن را تعیین کنیم . در شکل ۱۴ـ۳۳ از a تا e چگونگی نشانه گذاری را مشاهده می کنید .



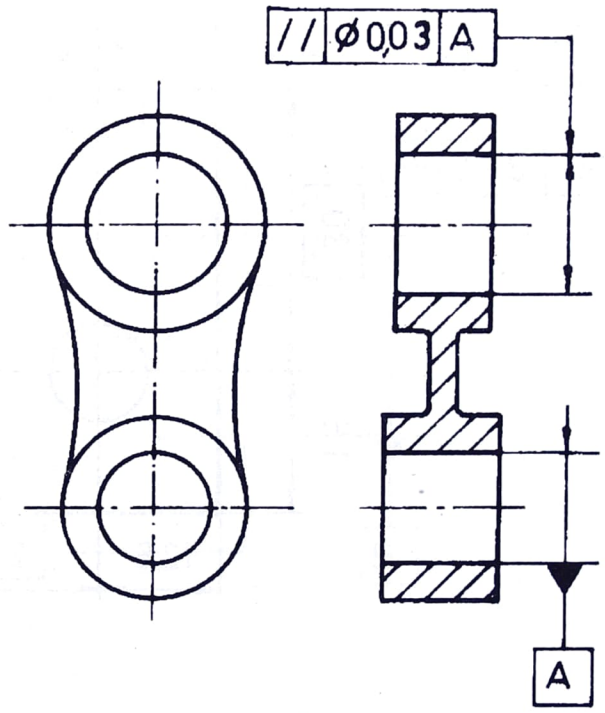
a



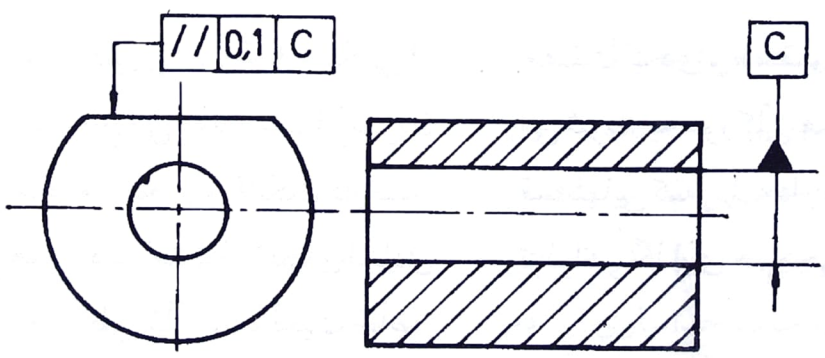
b



c



d

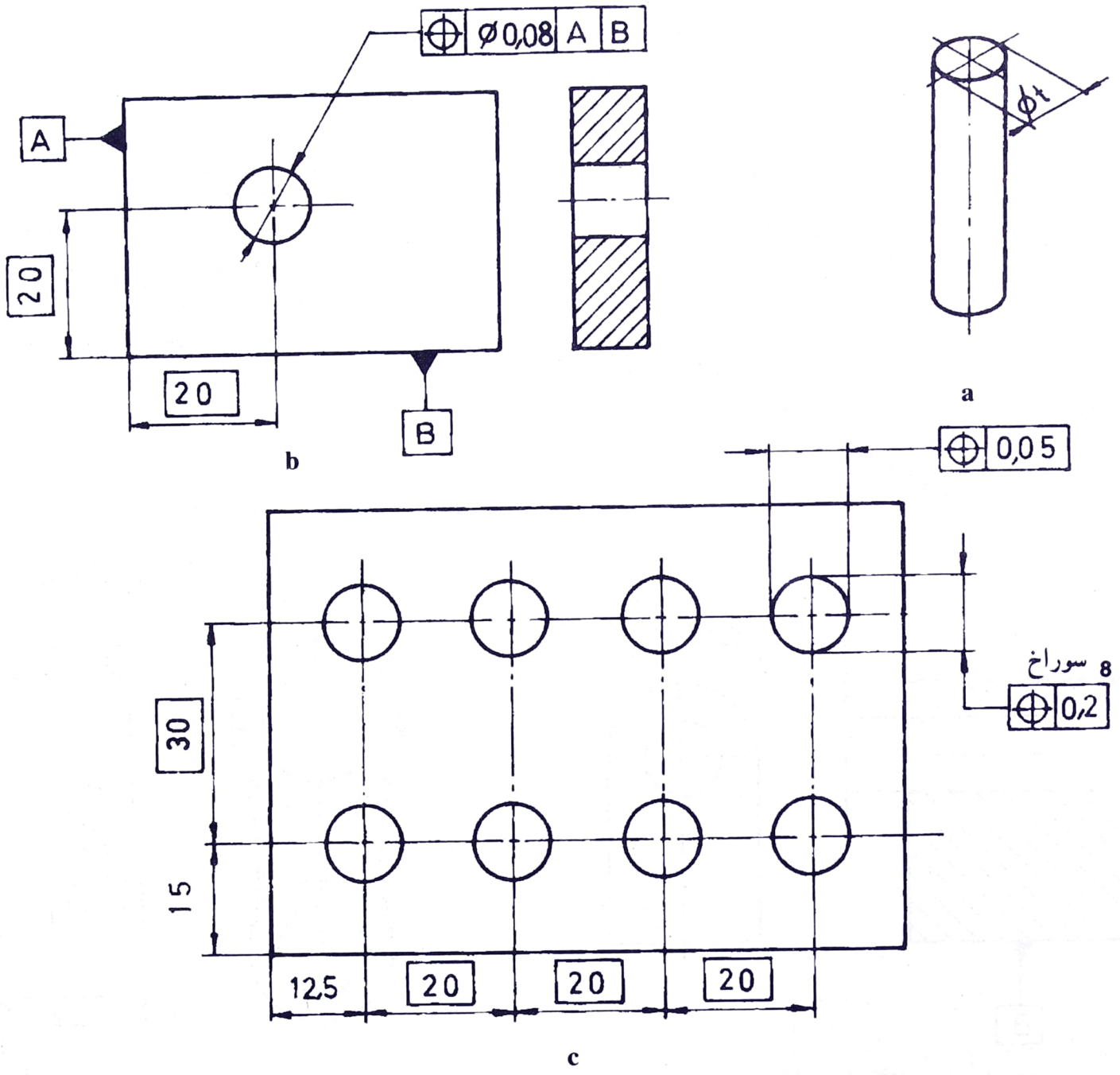


e

شکل ۱۴ـ۳۳

۱ـ Parallelism Tolerance

۸ـ۷ـ۱۴ـ تولرانس وضعیت[1] (⌖): موقعیت قرار گرفتن یک جزء از یک قطعه مثلاً محور یک سوراخ نسبت به لبه های قطعه کار را وضعیت محور سوراخ در آن قطعه می گویند که باید با توجه به دقّت آن تولرانس گذاری شود. این گونه تولرانس گذاری را تولرانس وضعیت گویند. به شکل ۱۴ـ۳۴ از a تا c، روش تولرانس گذاری وضعیت توجه کنید.

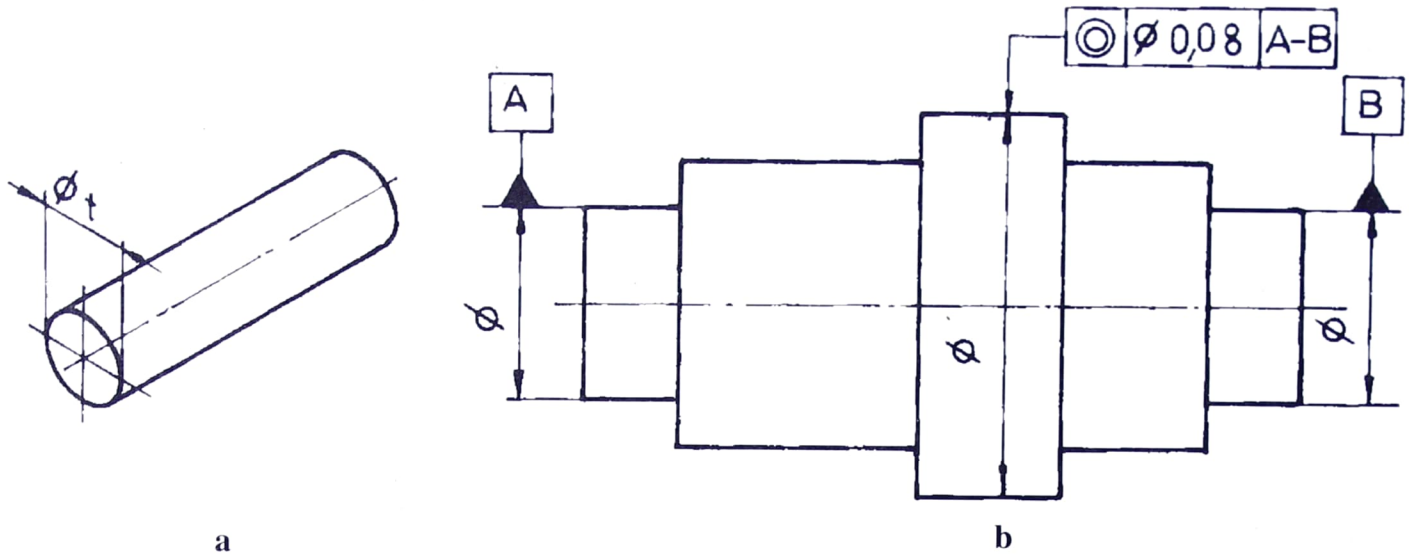


شکل ۱۴ـ۳۴

۹ـ۷ـ۱۴ـ تولرانس هم محوری[2] (◎): یکی از مهمترین اشکالاتی که در مونتاژ رخ می دهد، سوار کردن قطعات پلّه ای است که از لحاظ هم محوری اشکال دارند. مقدار تولرانس هم محوری همواره در حد تولرانسهای ابعادی قطعات و کمی کمتر است. و به طورکلّی به موقعیت خاص قطعه و شرایط مونتاژ بستگی دارد. تولرانس هم محوری در حقیقت گردی، مستقیم بودن و استوانه ای بودن را شامل می شود. به طورکلّی هم محور بودن یعنی هم محور بودن قسمتهایی که پله دار می باشد. شکل ۱۴ـ۳۵ a و b تولرانس گذاری هم محوری قطعات را نشان می دهد.

۱ـ Positional Tolerance

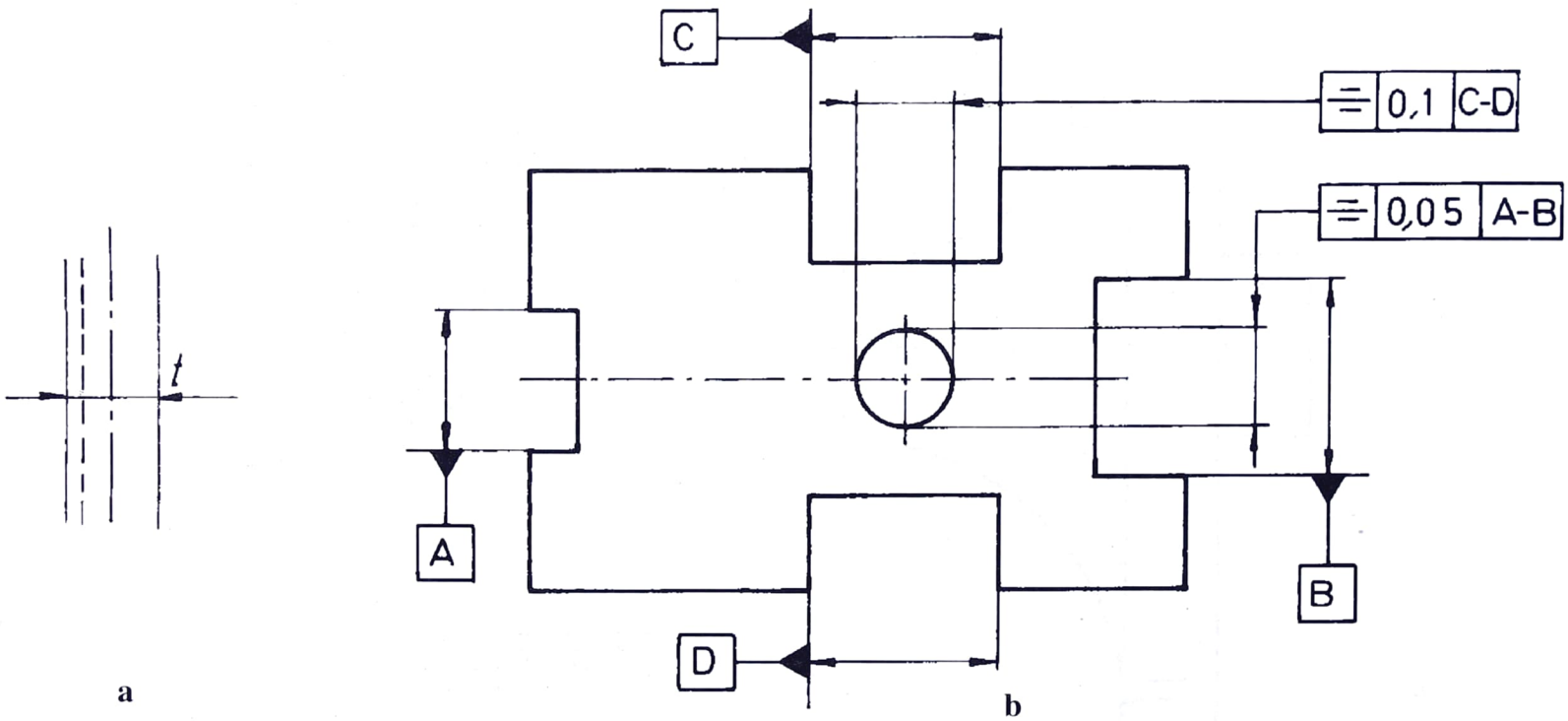
۲ـ Concentricity Tolerance



a b

شکل ۱۴ـ۳۵

۱۰ـ۷ـ۱۴ـ تولرانس تقارن[1] (⌯): تولرانس متقارن بودن به جهت محدود کردن انحرافات دو سطح موازی است که با فاصله یکسان از خط محور (محور تقارن) قطعه یا یک شکل هندسی قرار دارند. شکل ۱۴ـ۳۶ a و b طریقه تولرانس گذاری تقارن را نشان می دهد.



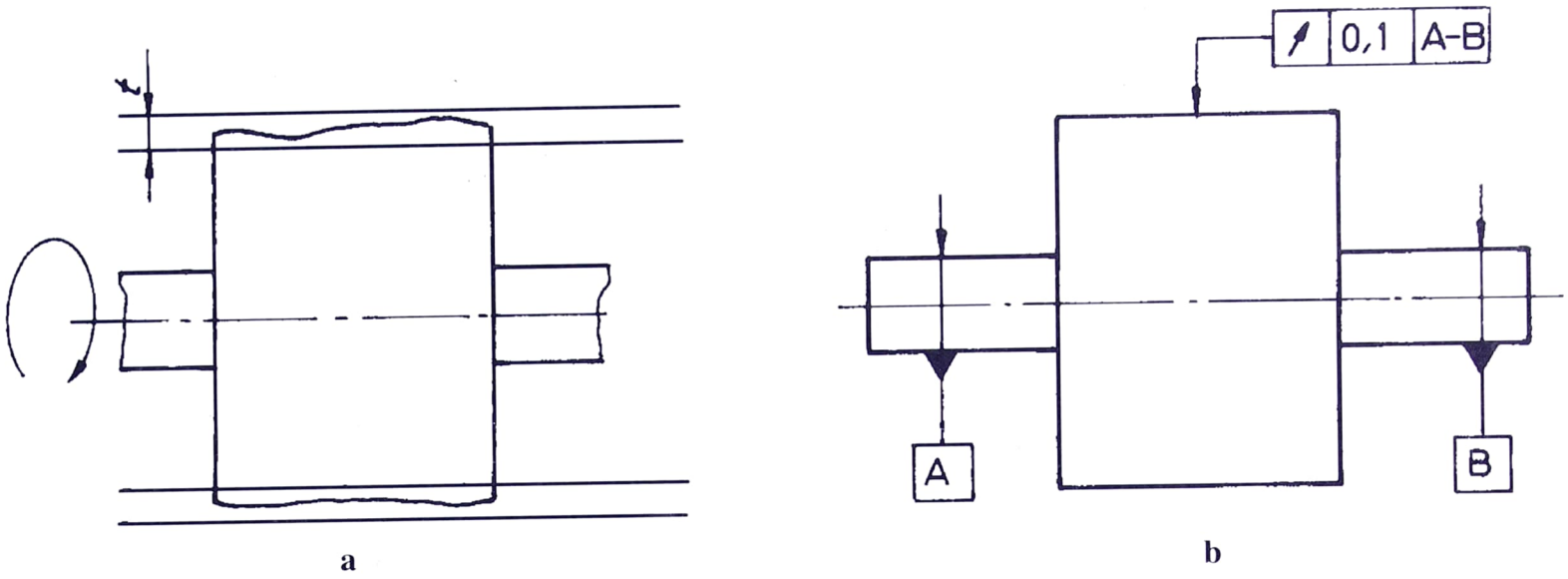
a b

شکل ۱۴ـ۳۶

۱۱ـ۷ـ۱۴ـ تولرانس دویدگی شعاعی (لنگی)[2] (↗): تولرانسهای لنگی تقریباً شبیه تولرانسهای هم محوری و بسیار مهمّ است زیرا بسیاری از خطاهای هندسی را تحت الشعاع خود قرار می دهد. لنگی و هم محوری تقریباً در هم حل می شوند. تنها مسأله ای که می توان جهت جداسازی این دو از یکدیگر مطرح کرد، وجود جای مرغک در بین دو سر قطعه کار در موقع آزمایش و کنترل آن است و این خود معلوم می کند که لنگی عبارت است از عدم گرد بودن خطوط و سطوح کار و خارج از مرکز بودن این دو نسبت به محور تقارن قطعه کار (خط محور). کنترل چنین قطعه ای باید بین دو مرغک انجام شود. در شکل ۱۴ـ۳۷ a و b چگونگی تولرانس گذاری لنگی شعاعی یا مقطعی را ملاحظه می کنید. لنگی می تواند برای هر مقطعی در طول محور سنجیده شود.

۱ـ Symmetry Tolerance

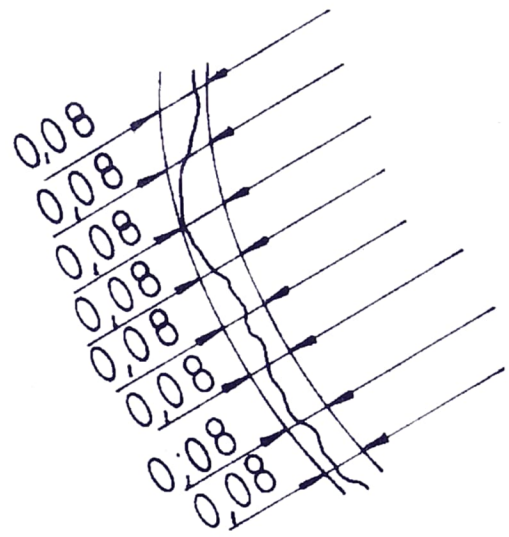
۲ـ Circular run-out Tolerance Radial



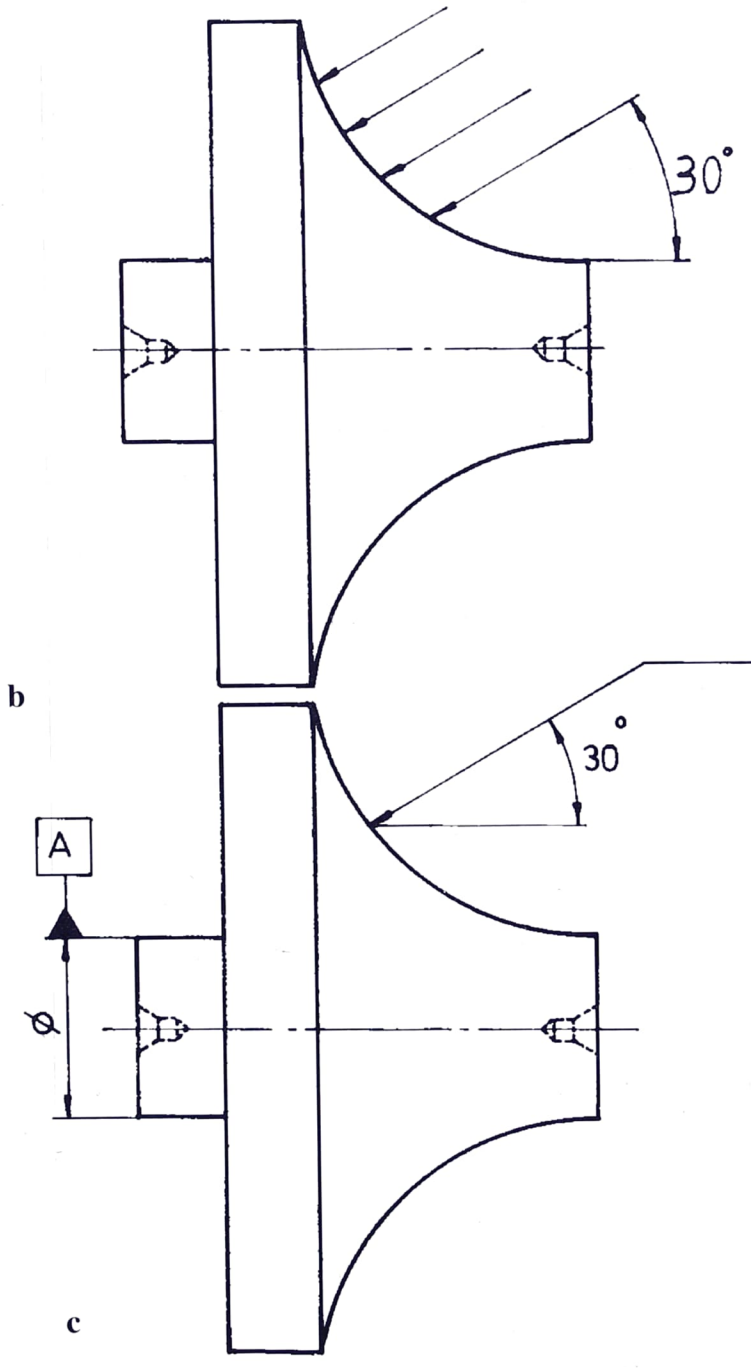
a b

شکل ۳۷ـ۱۴

در مواقعی که روی قوسی را تولرانس گذاری لنگی شعاعی می کنیم، زاویه اندازه گیری را باید مشخص کنیم تا کنترل به نحو احسن انجام پذیرد. در شکل ۳۸ـ۱۴ از a تا c چگونگی تولرانس گذاری روی قوس را ملاحظه می کنید.



a



b

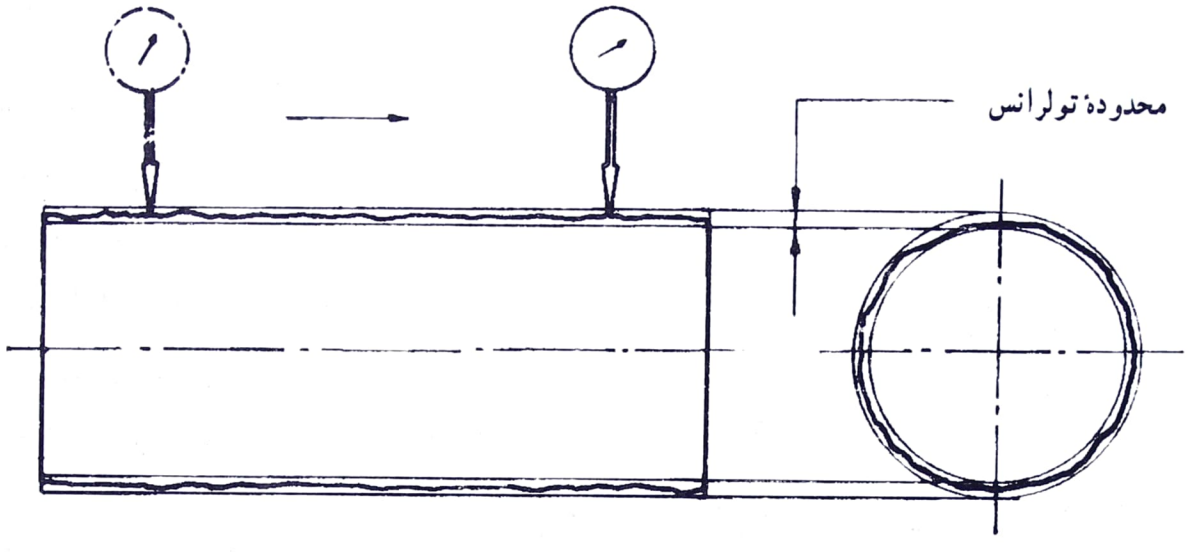
c

شکل ۳۸ـ۱۴ـ زاویهٔ ۳۰° مشخص شده روی شکل مخصوص کنترل این قطعه است «برای هر قطعه‌ای فرق می کند.»

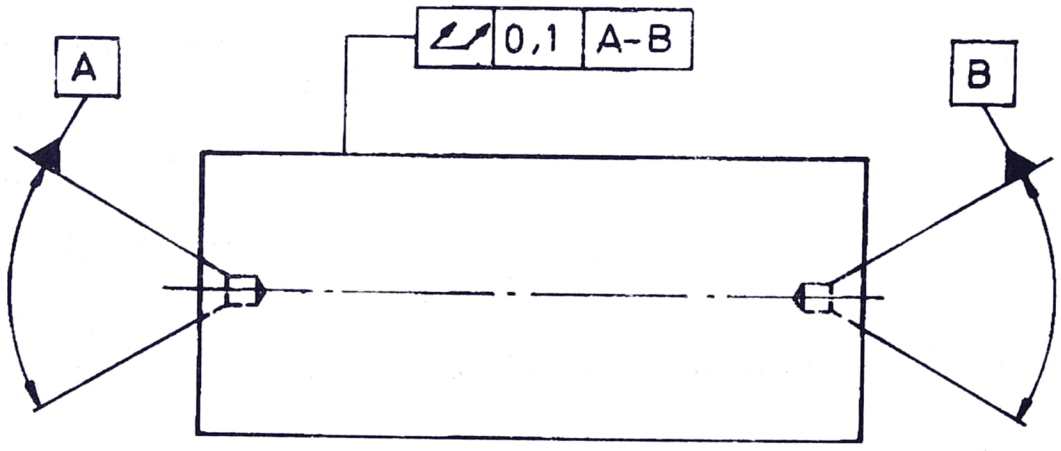
۱۲ـ۷ـ۱۴ـ تولرانس لنگی محوری[1] ( ) :

تولرانسهای لنگی محوری همانند لنگی شعاعی است، با این تفاوت که کنترل لنگی محوری در کل طول قطعه کار انجام می شود. لنگی محوری همانند استوانه ای در تمام طول قطعه کار مطرح می شود.

در لنگی کلّی قطعه کار را میان دو مرغک قرار می دهند و پس از چرخش آن، ساعت اندازه گیری را در طولِ قطعه کار به حرکت درمی آورند. در این حالت مقدار خطای به دست آمده نباید بیشتر از تولرانس باشد. شکل ۱۴ـ۳۹ a و b تولرانس گذاری محوری را نشان می دهد.



a



b

شکل ۱۴ـ۳۹

۱ـ Total run-out Tolerance

تمرین

الف ـ سؤالات چند گزینه‌ای

۱ـ کدامیک از علائم زیر به عنوان تولرانس فرم مورد استفاده قرار می گیرد؟

الف) تنها شکل ۱

ب) تنها شکل ۶

پ) شکلهای شماره ۱ ، ۲ ، ۳ ، ۵ و ۸

ت) شکلهای شماره ۱ ، ۲ ، ۳ ، ۴ و ۹

ث) شکلهای شماره ۵ ، ۶ ، ۷ و ۹

۲ـ کدامیک از شکلهای زیر جهت تولرانس موقعیت مورد استفاده قرار می گیرد؟

الف) شکلهای ۲ ، ۵ و ۸

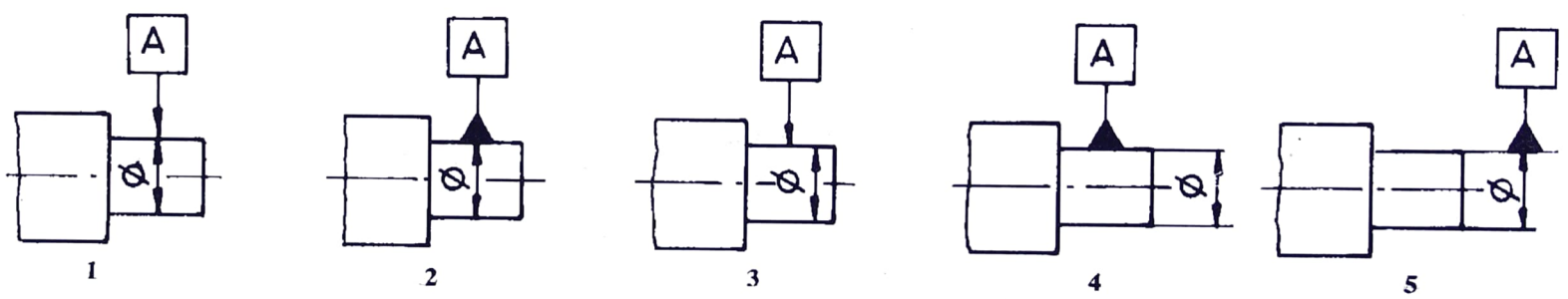
ب) شکلهای ۱ ، ۳ ، ۴ ، ۷ و ۹

پ) شکلهای ۱ و ۴

ت) شکلهای ۱ ، ۳ و ۸

ث) تنها شکل ۶

۳ـ محور یک میله به عنوان جزء مبنا در نظر گرفته شده است ، کدامیک از شکلهای زیر صحیح رسم شده است؟



الف) شکلهای ۱ و ۲

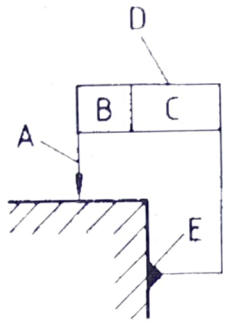
ب) تنها شکل ۴

پ) شکلهای ۳ و ۴

ت) تنها شکل ۲

ث) شکلهای ۵ و ۲

۴ـ در شکل زیر چگونگی قرار گرفتن علائم و نشانه های تولرانس هندسی با حروف بزرگ مشخص شده است، کدامیک از پاسخهای زیر صحیح است؟



الف) A = جزء مبنا

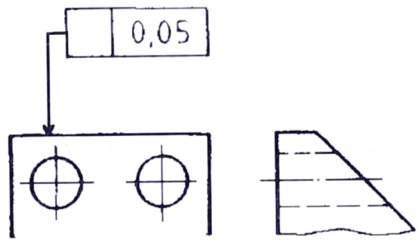
ب) B = حرف مبنا

پ) C = ارزش یا مقدار تولرانس

ت) D = قاب سه قسمته تولرانس

ث) E = فلش راهنما

۵ـ مفهوم کدامیک از علائم زیر برای شکل داده شده مناسب است و باید در خانه خالی قرار گیرد؟



الف) ⊥

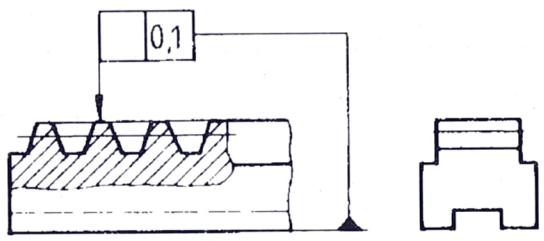
ب) ≡

پ) <

ت) ▱

ث) //

۶ـ کدامیک از علائم زیر برای شکل داده شده مناسب است و باید در خانه خالی قرار گیرد؟



الف) ▱

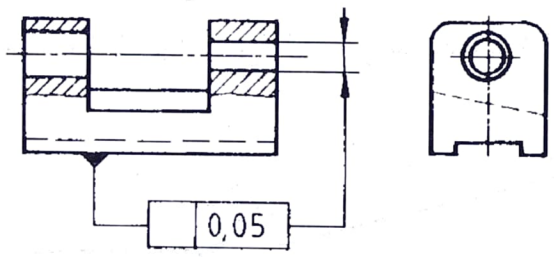
ب) ≡

پ) —

ت) ⊥

ث) //

۷ـ کدامیک از علائم زیر برای شکل داده شده مناسب است و باید در خانه خالی قرار گیرد؟



الف) ▱

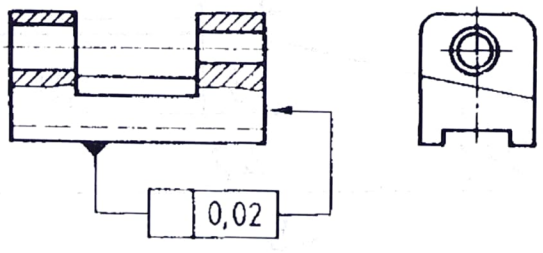
ب) ⊥

پ) ≡

ت) //

ث) —

۸ـ کدامیک از علائم زیر برای شکل داده شده مناسب است و باید در خانه خالی قرار گیرد؟



الف) ⊥

ب) ▱

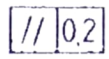
پ) //

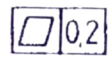
ت) —

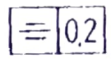
ث) ≡

۹ـ کدامیک از کادر تولرانسهای زیر برای شکل داده شده مناسب است؟

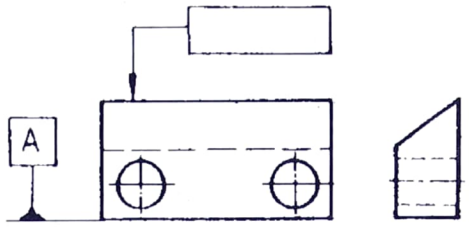
الف) | ⊥ | 0,2 | A |

ب) 

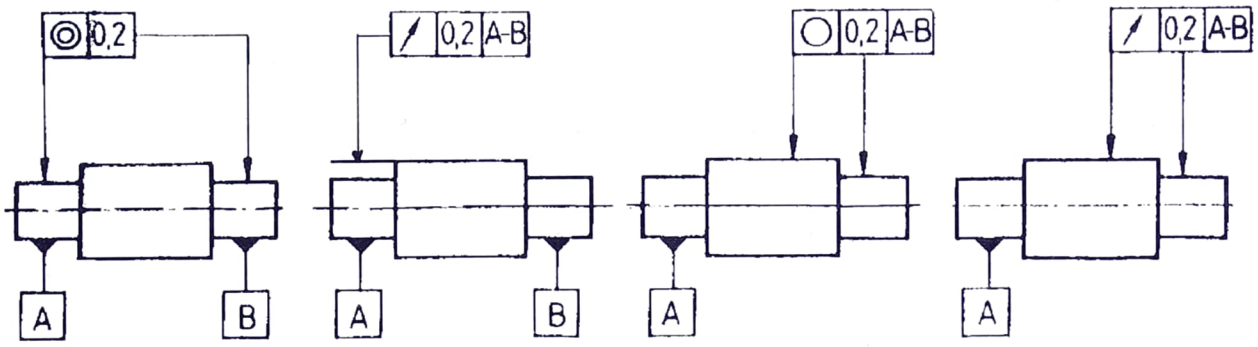
پ) 

ت) 

ث)



۱۰ـ کدامیک از شکلهای زیر تولرانس صحیح دویدگی (لنگی) را نسبت به جزء مبنا A و B نشان می دهد؟



الف) شکل ۱

ب) شکل ۲

پ) شکل ۳

ت) شکل ۴

ث) هیچکدام

ب ـ سؤالات ترسیمی

۱ـ کلیهٔ اشکال مربوط به متن دروس «از شکل ۱ تا ۳۹» مجدداً و با دقت بایستی ترسیم شود.

۲ـ در قطعه ای مطابق شکل ۴۰ـ۱۴ که با مقیاس ۱ : ۲ رسم شده است، مطلوب است:

الف) رسم نقشه با مقیاس ۱ : ۲ روی کاغذ A۴

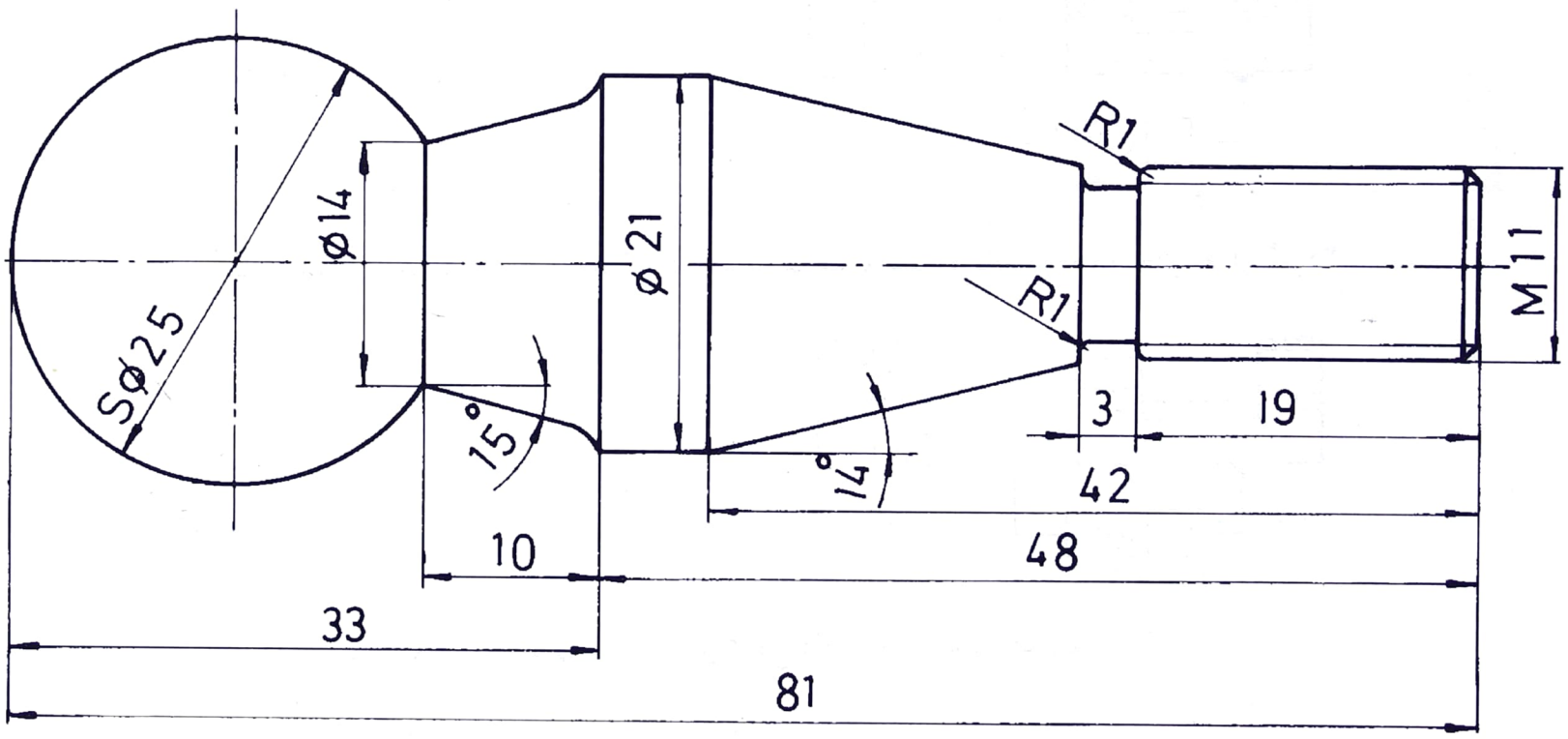
ب) تعیین تولرانس مستقیم بودن روی مولد مخروط به طول ۲۰

پ) تعیین تولرانس دایره ای روی مولد مخروط

ت) تعیین تولرانس لنگی (دویدگی) روی کره به قطر ۲۵ میلیمتر نسبت به محور مخروط

ث) تصویر جانبی دید از راست

توجه: مقدار تولرانس را در هر سه حالت ۰/۰۱ میلیمتر در نظر بگیرید.



شکل ۴۰ـ۱۴

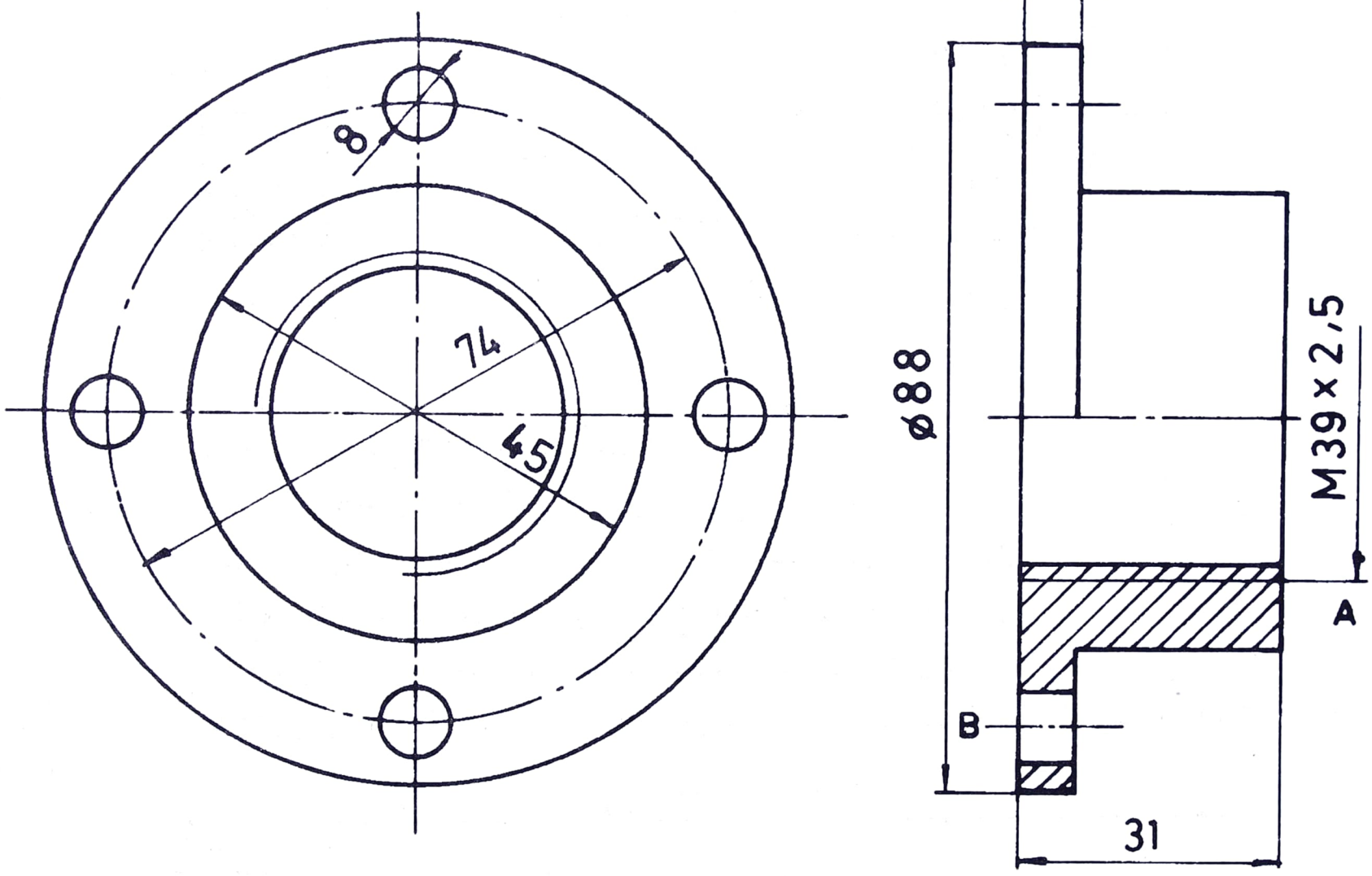
۳ـ در فلانش دنده شده مطابق شکل ۴۱ـ۱۴ که با مقیاس ۱ : ۱ رسم شده است، مطلوب است :

الف) رسم نقشه بر روی کاغذ A۴

ب) تعیین تولرانس تعامد پیچ M39 نسبت به سطح A به مقدار ۰/۰۲ میلیمتر

پ) تعیین تولرانس توازی بین دو سطح A و B به مقـدار ۰/۰۲ میلیمتر، جزء مبنا را سطح A در نظر بگیرید.

ت) تولرانس موقعیت ۴ سوراخ به قطـر ۸ نسبت به جزءِ مبنا، به مقدار ۰/۰۲ «محور جسم جزءِ مبنا است».



شکل ۴۱ـ۱۴

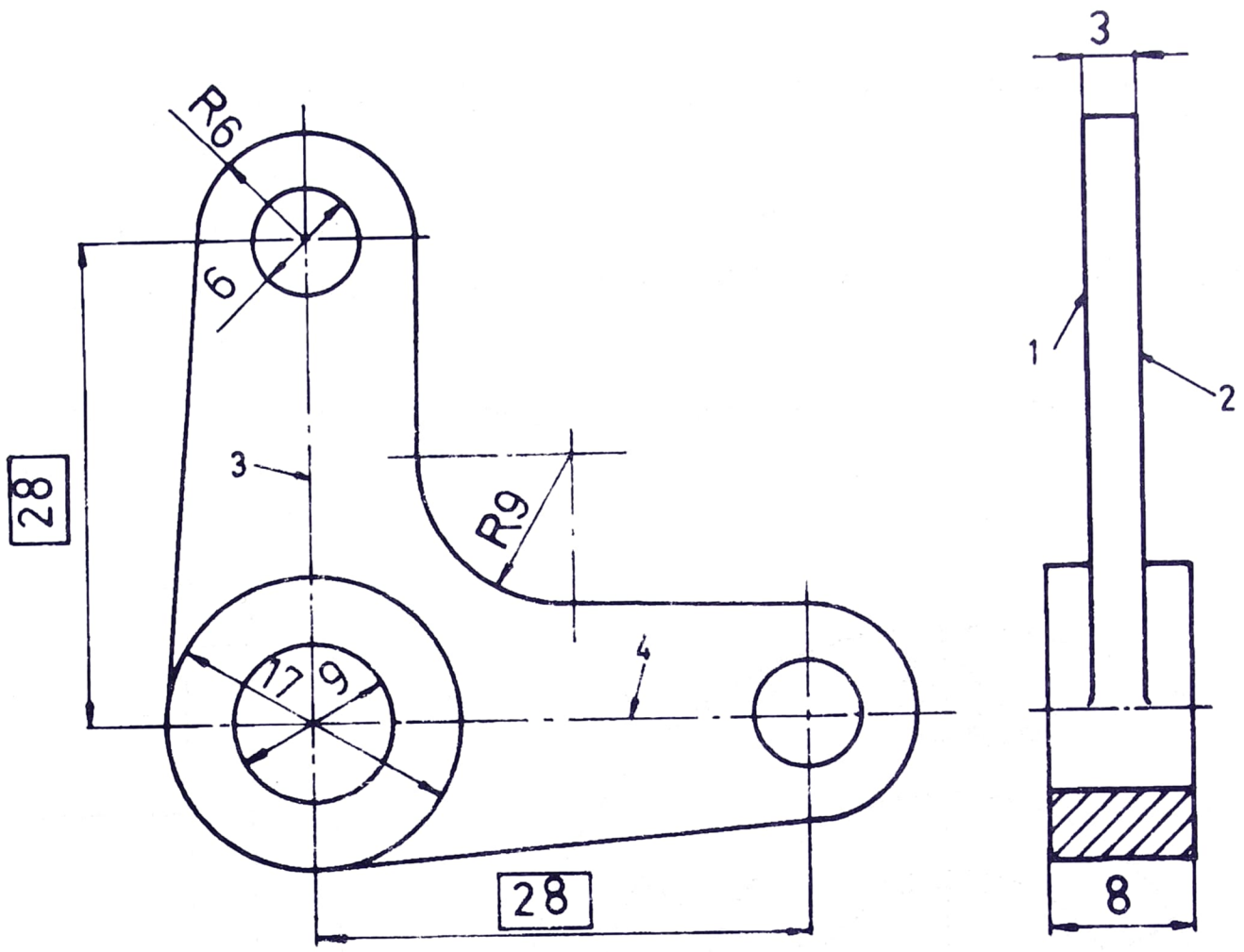
۴ـ در اهرم زاویه ای شکل ۴۲ـ۱۴ مطلوب است :

الف) رسم نقشه روی کاغذ A۴ با مقیاس ۱ : ۲

ب) تعیین تولرانس توازی در سطح ۱ و ۲ به مقدار ۰/۱، جزءِ مبنا را سطح ۱ در نظر بگیرید.

پ) تعیین تولرانس موقعیت سوراخ به قطر ۶ با سوراخ به قطر ۹ به اندازه ۰/۱

ت) تعیین تولرانس تعامد محوری ۳ نسبت به محور ۴ به اندازه ۰/۱



شکل ۴۲ـ۱۴

۵ـ در محور شکل ۴۳ـ۱۴ مطلوب است:

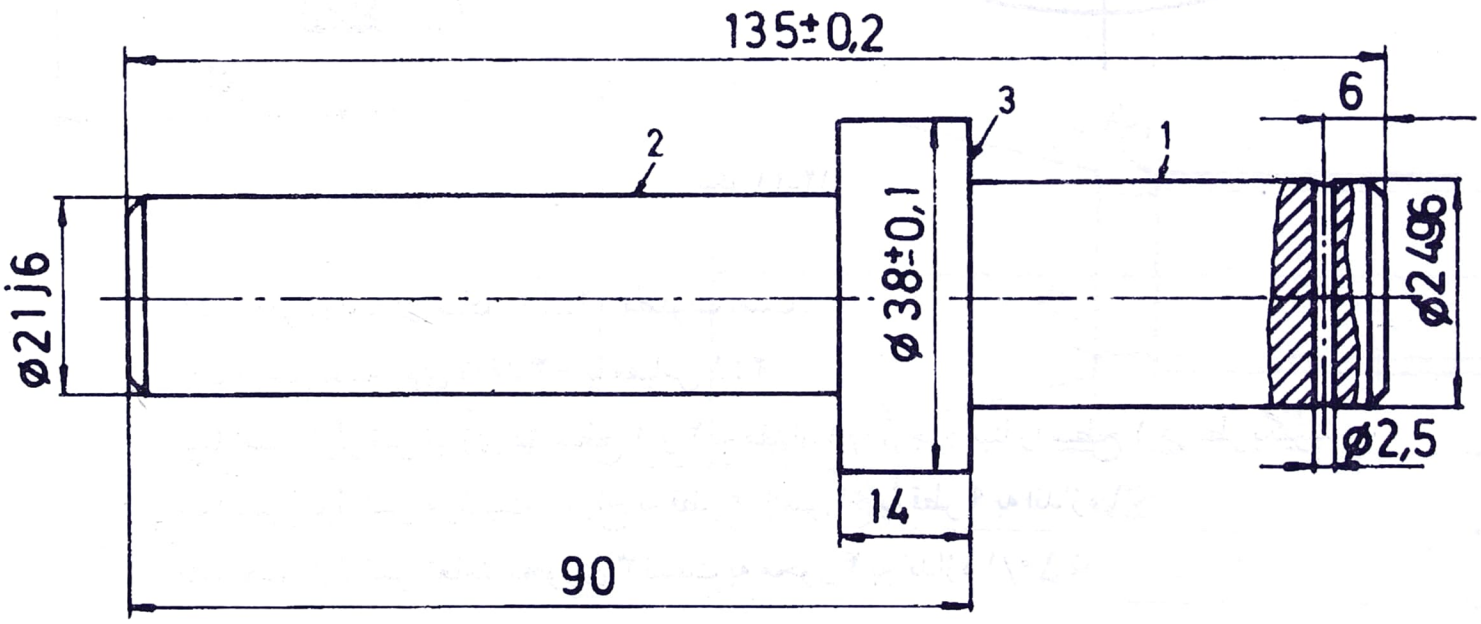
الف) رسم قطعه روی کاغذ A۴

ب) تعیین تولرانس استوانه ای بودن به اندازه ۰/۰۸ میلیمتر روی استوانه شماره ۱ و ۲

پ) تعیین تولرانس توازی محور سوراخ نسبت به سطح مبنای ۳ به اندازه ۰/۱

ت) تعیین تولرانس مستقیمی روی استوانه شماره ۱ «خودتان مقداری در نظر بگیرید».

ث) تعیین تولرانس لنگی کلّی به اندازه ۰/۱ برای استوانهٔ شمارهٔ ۳ نسبت به محور استوانه های ۱ و ۲



شکل ۴۳ـ۱۴

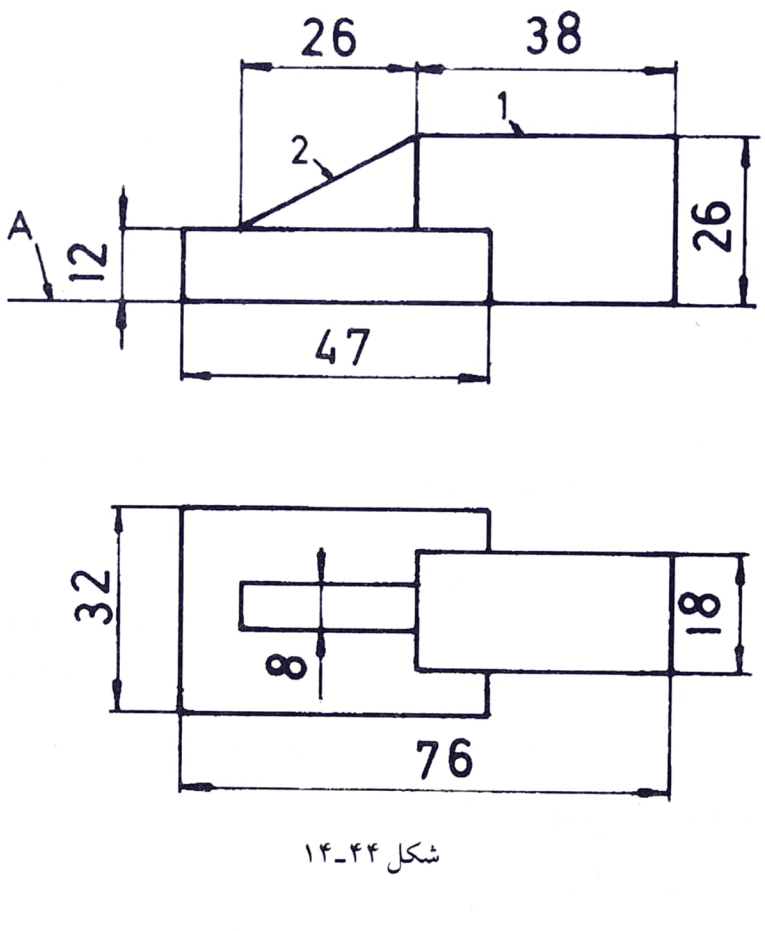
۶ـ قطعه ای مطابق شکل ۴۴ـ۱۴ در دو نما رسم شده است . کارهای زیر را انجام دهید .

الف) رسم تصویر قائم و افقی روی کاغذ A4 با مقیاس ۱ : ۱

ب) تعیین و رسم تولرانس تختی در سطح شماره ۱ به اندازه ۰/۱

پ) تعیین تولرانس زاویه ای سطح ۲ نسبت به سطح مبنای A به اندازه ۰/۲

ت) تعیین تولرانس تقارن پهنای ۱۸ نسبت به زبانه (سطح شیب دار) به اندازه ۰/۰۵



شکل ۴۴ـ۱۴

فصل پانزدهم

اندازه گذاری اجرایی

هدفهای رفتاری: از فراگیر انتظار می رود که در پایان این فصل:
ـ نقشه های مکانیکی را اندازه گذاری اجرایی کند.

مدت زمان آموزش
۱۲ ساعت

۱۵ـ اندازه گذاری اجرایی

۱ـ۱۵ـ چگونگی اندازه گذاری اجرایی

با اندازه گذاری روی نقشه ها قبلاً (رسم فنی عمومی) آشنا شده اید. اینک در مورد اندازه گذاری اجرایی که ادامه مبحث اندازه گذاری است، توضیحاتی داده می شود.

کلیهٔ قطعات صنعتی از روی نقشه هایی که شامل تمامی اندازه های جسم است، ساخته می شوند. اندازه گذاری اجرایی بر روی نقشه ها به گونه ای است که چگونگی ساخت و ماشین کاری و همچنین کنترل اندازه ها را تعیین می کند. برای اندازه گذاری یک نقشه بر اساس استاندارد ISOR 129 قوانین و مقرراتی وضع شد که در ذیل به شرح آنها می پردازیم.

۱ـ۱ـ۱۵ـ فاصله میان دو خط رابط اندازه (طول اندازه): در نقشه های مختلف صنعتی به وسیله یکی از روشهای هفتگانه مطابق شکل ۱ـ۱۵ انجام می شود.

ـ سهم یا فلش سیاه تُوپر که در نقشه کشی صنعتی از آن استفاده می شود (به طور عموم).

ـ سهم تُوخالی بسته گاهی به کار می رود.

ـ سهم تُوخالی با زاویه باز که در نقشه کشی ساختمان به کار می رود (گاهی).

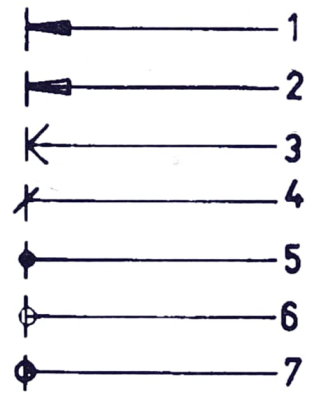
ـ خط مورب تحت زاویهٔ ۴۵° برای نقشه های ساختمانی به کار می رود.

ـ در مواقعی که فاصله میان دو خط رابط اندازه کم باشد از نقطهٔ سیاه تُوپر استفاده می شود (شکل ۲ـ۱۵).

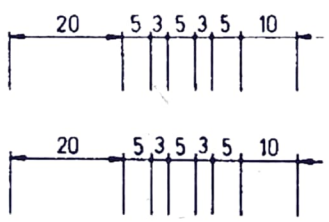
ـ در نقشه های ساختمانی از نقطهٔ تُوپر نیز استفاده می شود.

ـ نقطهٔ تُوخالی برای تعیین سطح مبنا در اندازه گذاری کاربرد دارد.

البته در نقشه کشی صنعتی در تمام موارد از فلش سیاه تُوپر می توان استفاده کرد.



شکل ۱ـ۱۵



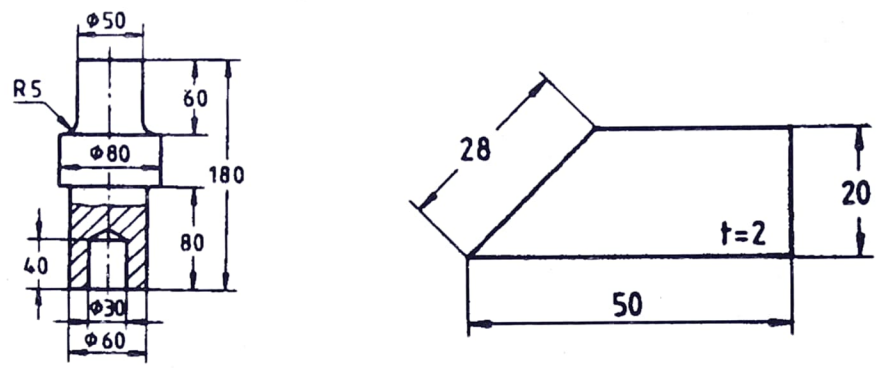
شکل ۲ـ۱۵

تذکّر: سطح مبنا سطحی است که راحت ترین عملیات ماشینکاری را می توان از آن جا شروع کرد و نیز می توان کلیه قسمتهای جسم را به هنگام ساختن نسبت به آن اندازه گذاری کرد.

نقاط و خطوطی در نقشه که طراح قسمتهای دیگر نقشه را نسبت به آن تعیین محل کرده و اندازه گذاری می کند، مبنا گویند.

۲ـ ۱ـ۱۵ـ دو نوع اندازه گذاری وجود دارد:

۱ـ ۲ـ ۱ـ۱۵ـ سیستم هم ردیف (یکسویه): در سیستم یکسویه تمام اندازه ها به نحوی قرار می گیرند که تنها از لبهٔ پایینی کاغذ نقشه خوانده می شود. در اندازه گذاری یکسویه خط وسط اندازه را قطع و عدد اندازه را بین آن می نویسند. این سیستم گاهی در نقشه های بزرگ مانند نقشه های اتومبیل و هواپیما که خواندن اندازه ها از طرف راست و چرخاندن کاغذ مشکل است، به کار می رود (شکل ۳ـ۱۵).



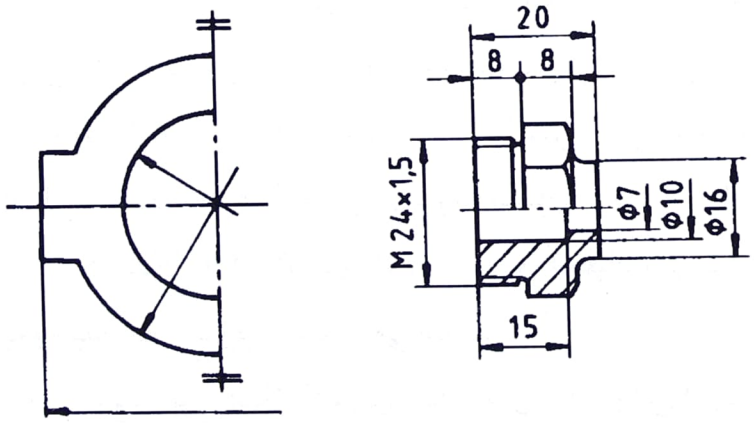
شکل ۳ـ۱۵

۲ـ ۲ـ ۱ـ۱۵ـ سیستم غیرهم ردیف(دوسویه): در این سیستم اندازه ها را عمود بر خط اندازه می گذارند؛ به طوری که از لبهٔ پایین یا سمت راست کاغذ نقشه خوانده شود(شکل ۴ـ۱۵).

شکل ۴ـ۱۵

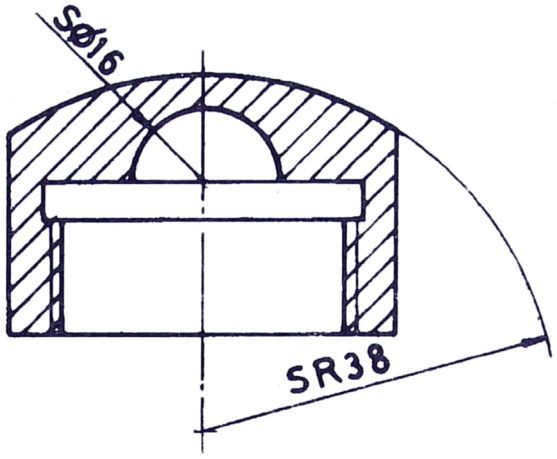
۳ـ ۱ـ۱۵ـ در نیم نماها و نیم برشها خط اندازه همان طورکه در شکل ۵ـ۱۵ b و a نشان داده شده است، باید کمی از خط وسط بگذرد.

۴ـ ۱ـ۱۵ـ برای نوشتن اندازهٔ کره قبل از علائم R یا ∅ حرف S از اول کلمهٔ Sphere نوشته می شود (شکل ۶ـ۱۵).

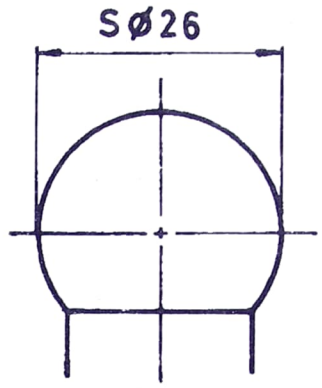


a b

شکل ۵ـ۱۵



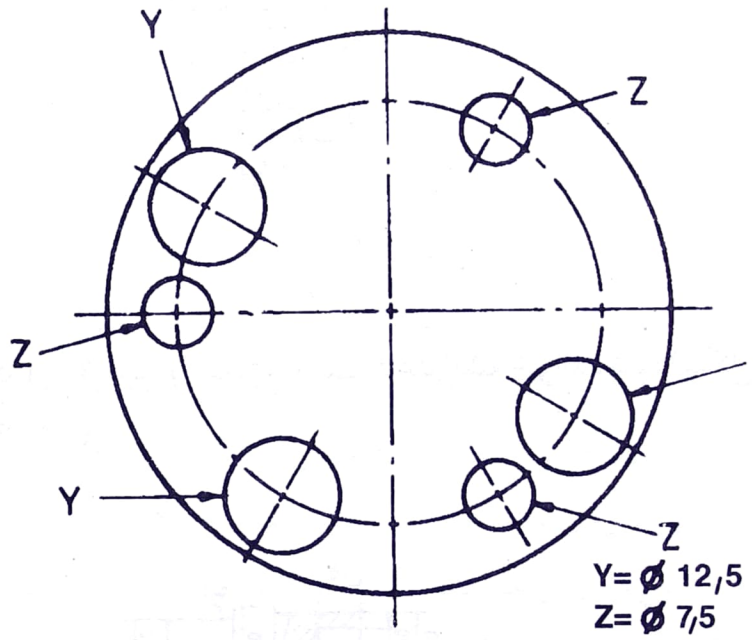
a



b

شکل ۶ـ۱۵

۵ـ۱ـ۱۵ـ برای جلوگیری از تکرار اعداد اندازه و همچنین شلوغ شدن نقشه می توان از حروف اختصاری (حروف بزرگ) استفاده کرد (شکل ۷ـ۱۵) .

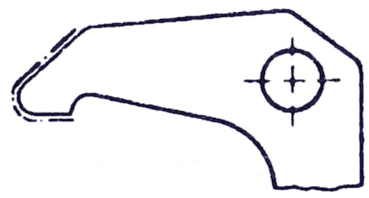


شکل ۷ـ۱۵

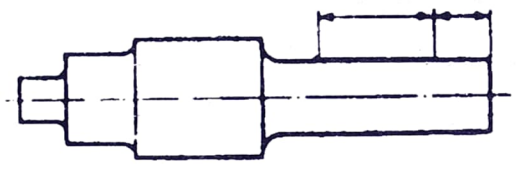
۶ـ۱ـ۱۵ـ هرگاه لازم باشد بر روی قسمتی از سطح عملیات[1] حرارتی یا پوششی انجام شود . محل عملیات بر روی نقشه باید به وسیله خط و نقطه ضخیم مشخص شود . این خط و نقطه باید به فاصله ۰/۵ تا ۱ میلیمتر به موازات خط اصلی در محدوده عملیات رسم شود (شکل ۸ـ۱۵ a و b) .

در شکل ۸ـ۱۵ a محدوده و سطح عملیات می تواند به وسیله خط اندازه مشخص می شود .

۷ـ۱ـ۱۵ـ **اندازه گذاری زنجیره‌ای** : در جایی انجام می شود که امکان تجمع تولرانسها برای احتیاجات عملی آن قسمت مشکلی را به وجود نیاورد . در غیراین صورت از اندازه گذاری مطابق شکل ۹ـ۱۵ خودداری شود .

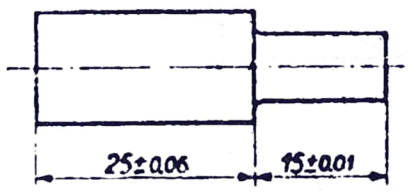


b



a

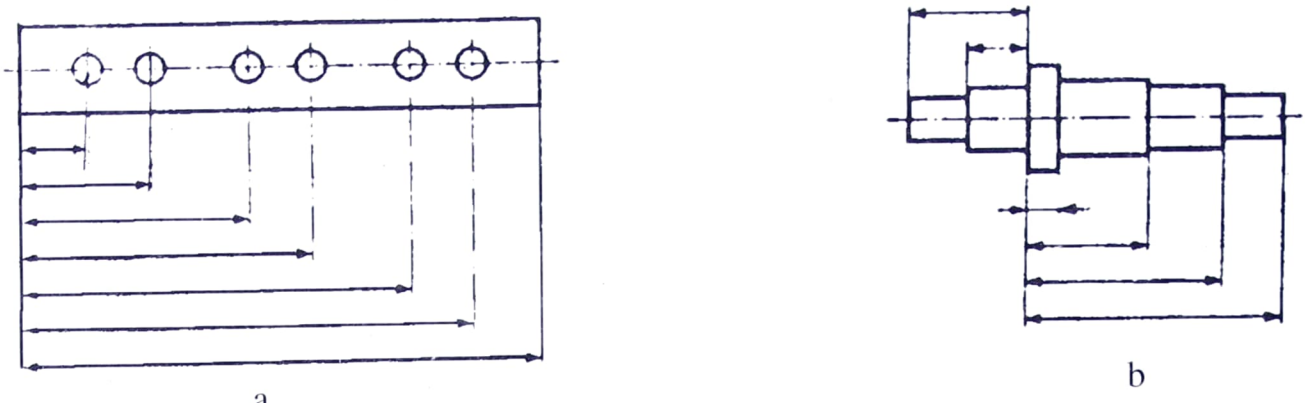
شکل ۸ـ۱۵



شکل ۹ـ۱۵

۸ـ۱ـ۱۵ـ **اندازه گذاری پلّه‌ای (موازی)** : در جایی که تعدادی از اندازه ها دارای یک نقطه یا شروع مشترک باشند با درنظر گرفتن سطح مبنا اندازه گذاری می شوند (شکل ۱۰ـ۱۵ a و b) .

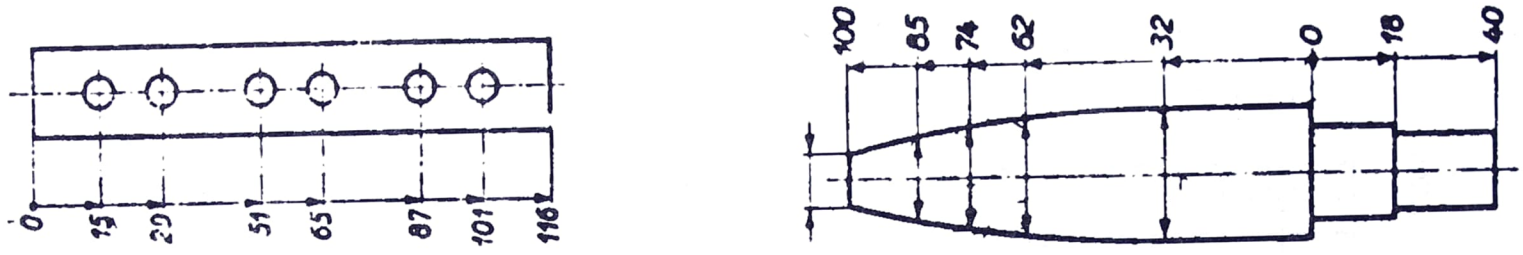
۱ـ این عملیات عبارتند از سخت کردن ، آبکاری ، پرداخت کردن و غیره .



a b

شکل ۱۰ـ۱۵

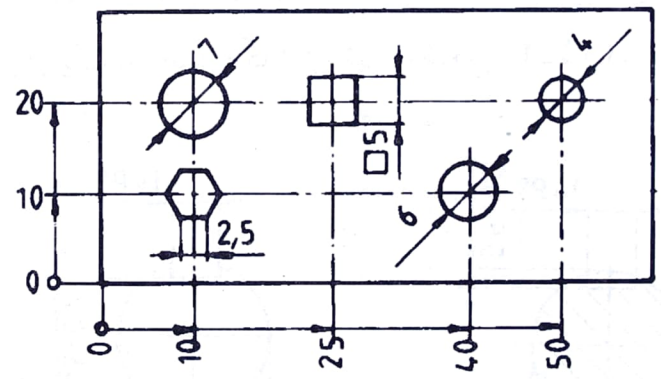
۹ـ۱ـ۱۵ـ برای جلوگیری از شلوغ شدن نقشه و نیز برای سهولت در امر ساخت و همچنین کنترل آن با وسایل اندازه گیری، روش نشان داده شده در شکل ۱۱ـ۱۵ a و b مورد استفاده قرار می گیرد. در این روش، مبنا با صفر مشخص می شود.



a b

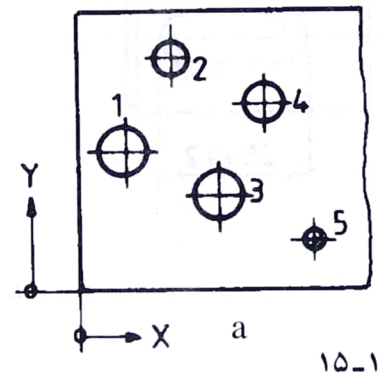
شکل ۱۱ـ۱۵

۱۰ـ۱ـ۱۵ـ اندازه گذاری مختصاتی: در بعضی مواقع می توان نقطه مبنا را مبدأ مختصات درنظر گرفت و نسبت به محور x و y اندازه گذاری کرد (شکل ۱۲ـ۱۵).



شکل ۱۲ـ۱۵

برای جلوگیری از شلوغ شدن نقشه و اشتباه در موقع ساخت می توان از جدول نیز استفاده کرد (شکل ۱۳ـ۱۵).



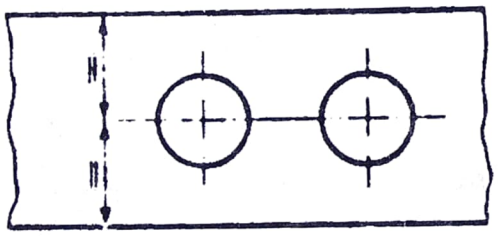
a

	X	Y	ϕ
1	5	15	5
2	10	25	3
3	15	10	5
4	20	20	4
5	25	5	2

b

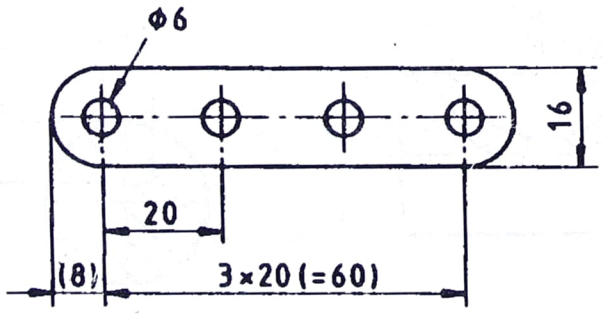
شکل ۱۳ـ۱۵

۱۱ـ۱ـ۱۵ـ وقتی یک اندازه به چند بخش تقسیم می شود، علامت (=) ممکن است در نشان دادن آن اندازه هایی که با هم برابرند به کار رود (شکل ۱۴ـ۱۵).



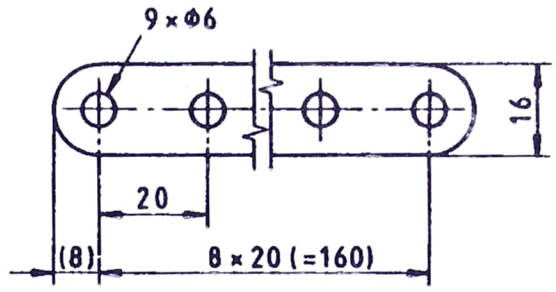
شکل ۱۴ـ۱۵

۱۲ـ۱ـ۱۵ـ قطعاتی که دارای اجزای مساوی با اندازه های مساوی باشند، مطابق شکل ۱۵ـ۱۵ اندازه گذاری می شوند.



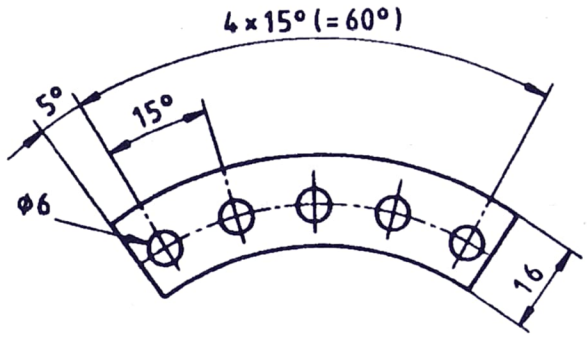
شکل ۱۵ـ۱۵

۱۳ـ۱ـ۱۵ـ اگر قطعاتی مانند شکل ۱۵ـ۱۵ دارای طول بزرگی باشد، به طوری که آن را نتوان روی صفحه کاغذ رسم کرد، می توان مطابق شکل ۱۶ـ۱۵ رسم و اندازه گذاری کرد.

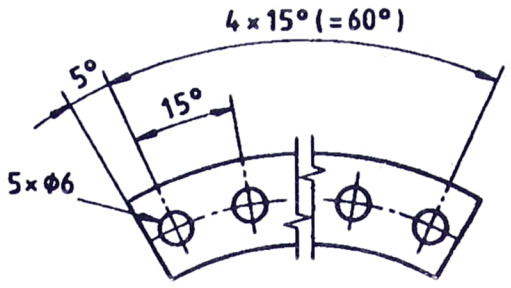


شکل ۱۶ـ۱۵

۱۴ـ۱ـ۱۵ـ در اندازه گذاری زوایا نیز اگر تعداد زاویه محدود و مساوی باشد مانند شکلهای ۱۷ـ۱۵ و ۱۸ـ۱۵ اندازه گذاری می شوند.

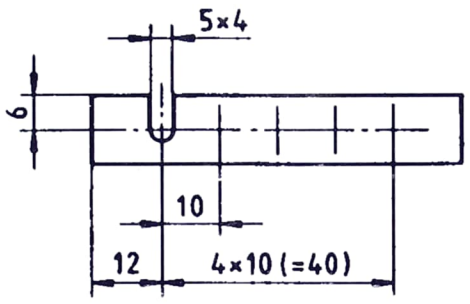


شکل ۱۷ـ۱۵



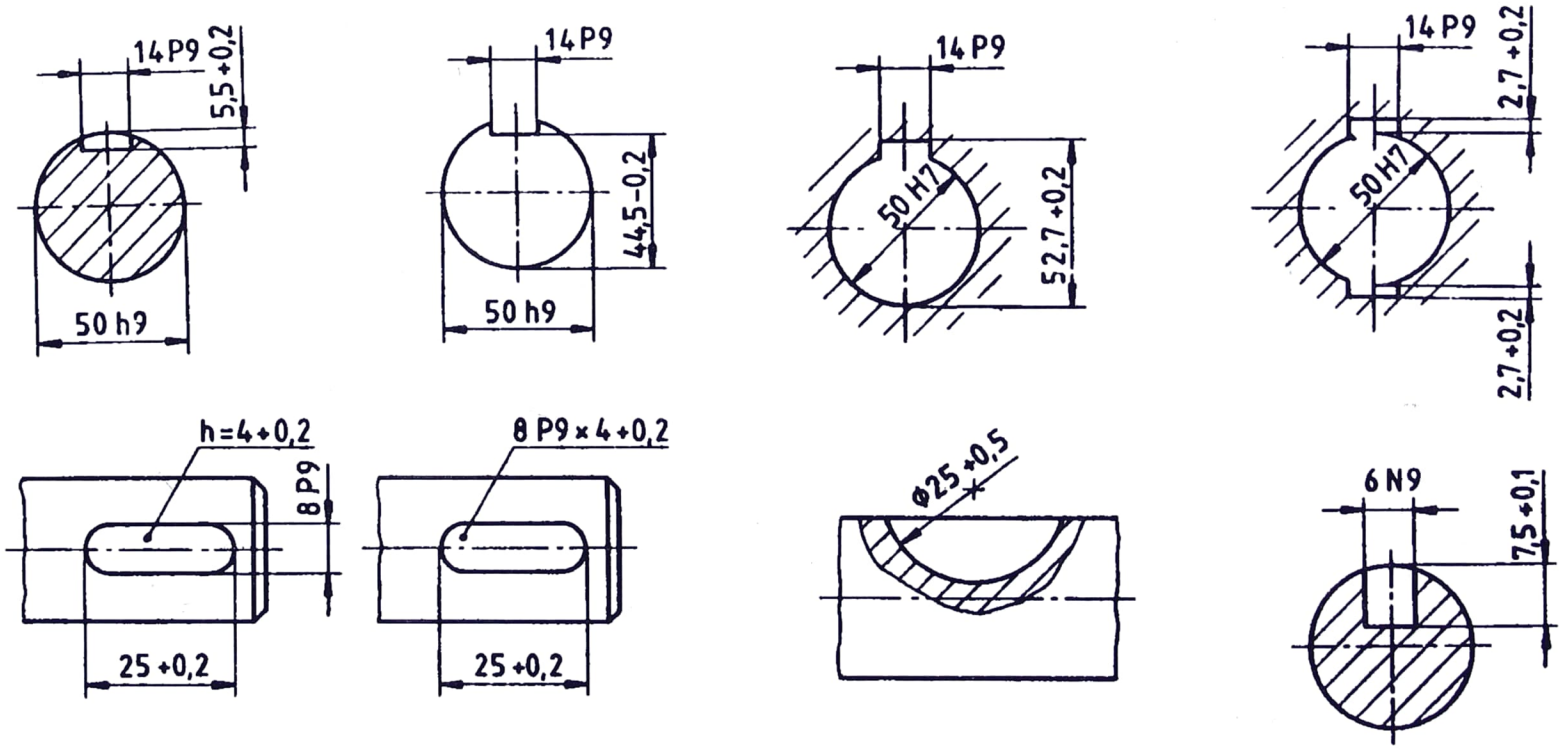
شکل ۱۸ـ۱۵

۱۵ـ۱ـ۱۵ـ در شکل ۱۹ـ۱۵ پنج شکاف به پهنای ۴ میلیمتر و به فاصله ۱۰ میلیمتر باید روی قطعه ایجاد شود و به جای رسم این شکافها می‌توان مطابق شکل رسم و اندازه گذاری کرد.

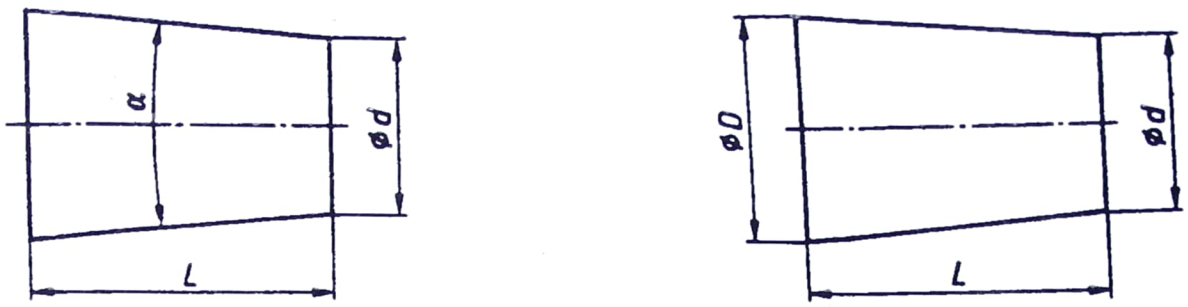


شکل ۱۹ـ۱۵

۱۶ـ۱ـ۱۵ـ اندازه گذاری جای خارها: در اندازه گذاری جای خارها توجه شود که عمق و پهنای جای خار در یک نما اندازه گذاری شود (شکل ۲۰ـ۱۵).



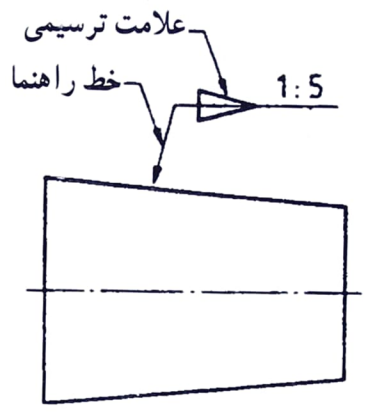
شکل ۲۰ـ۱۵



a b

شکل ۲۱ـ۱۵

۱۷ـ ۱ـ۱۵ـ اندازه مخروط را در شکل ۲۱ـ۱۵ a و b، شیب و باریک شدن مخروط را در شکل ۲۲ـ۱۵ می بینید.



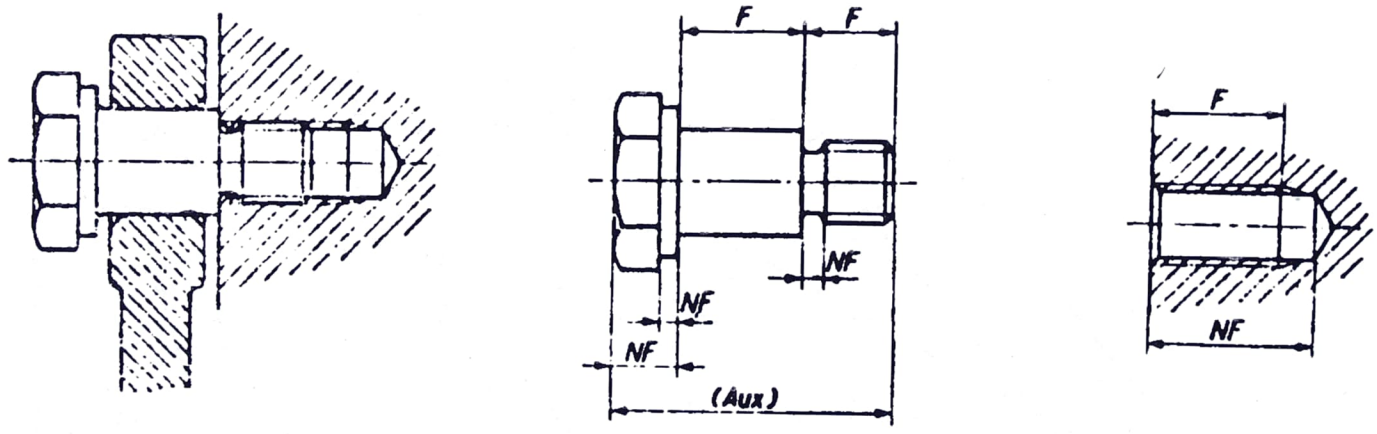
شکل ۲۲ـ۱۵

۱۸ـ ۱ـ۱۵ـ اندازه‌های مؤثر و غیرمؤثر: اندازه های عملی و مؤثر اندازه هایی هستند که برای کار صحیح قطعه ضروری است و باید قطعه به طور دقیق طبق اندازهٔ عملی ساخته شود. اندازهٔ غیرعملی یا غیرمؤثر اندازه ای است که در انجام کار قطعه مشکلی ایجاد نمی کند. در شکل ۲۳ـ۱۵ اندازه گذاری مؤثر و غیرمؤثر را ملاحظه می کنید.

F: یک اندازهٔ مؤثر[1]

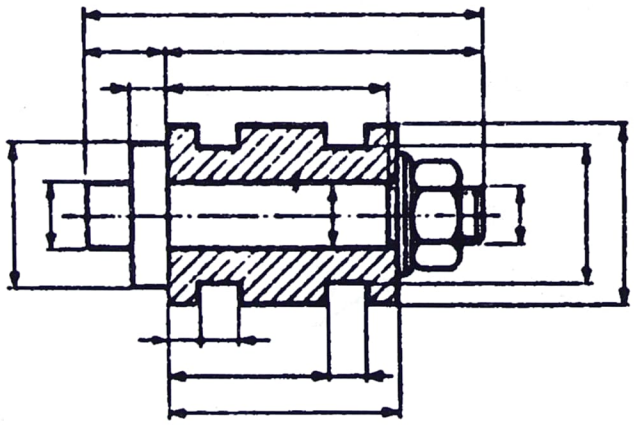
NF: یک اندازه غیرمؤثر

Aux: یک اندازه کمکی بدون تولرانس و تنها برای اطلاع



شکل ۲۳ـ۱۵

۱۹ـ ۱ـ۱۵ـ اندازه گذاری مرکب: در اندازه گذاری یک نقشه مرکب (نقشه سوار شده چند قطعه) استفاده همزمان از دو روش پلّه ای و زنجیره ای ممکن است (شکل ۲۴ـ۱۵).



شکل ۲۴ـ۱۵

۱ـ Functional

تمرین

۱ـ سطح مبنا را توضیح دهید.

۲ـ در نیم نماها و نیم برشها خط اندازه باید به گونه ای رسم شود که کمی از . . . . . بگذرد.

۳ـ اگر لازم باشد روی سطحی از یک قطعه عملیات پوششی یا حرارتی انجام شود، محدودهٔ عملیات حرارتی و پوششی در نقشه چگونه مشخص می شود؟

۴ـ اندازه گذاری پلّه ای را توضیح دهید.

۵ـ یک اندازه عملی و مؤثر چیست؟

۶ـ در استاندارد ISO دو روش اندازه گذاری وجود دارد، نام ببرید.

۷ـ مزایا و معایب اندازه گذاری متوالی یا زنجیره ای را توضیح دهید.

۸ـ کلیهٔ اشکال متن درس مجدداً و با دقت رسم شود.

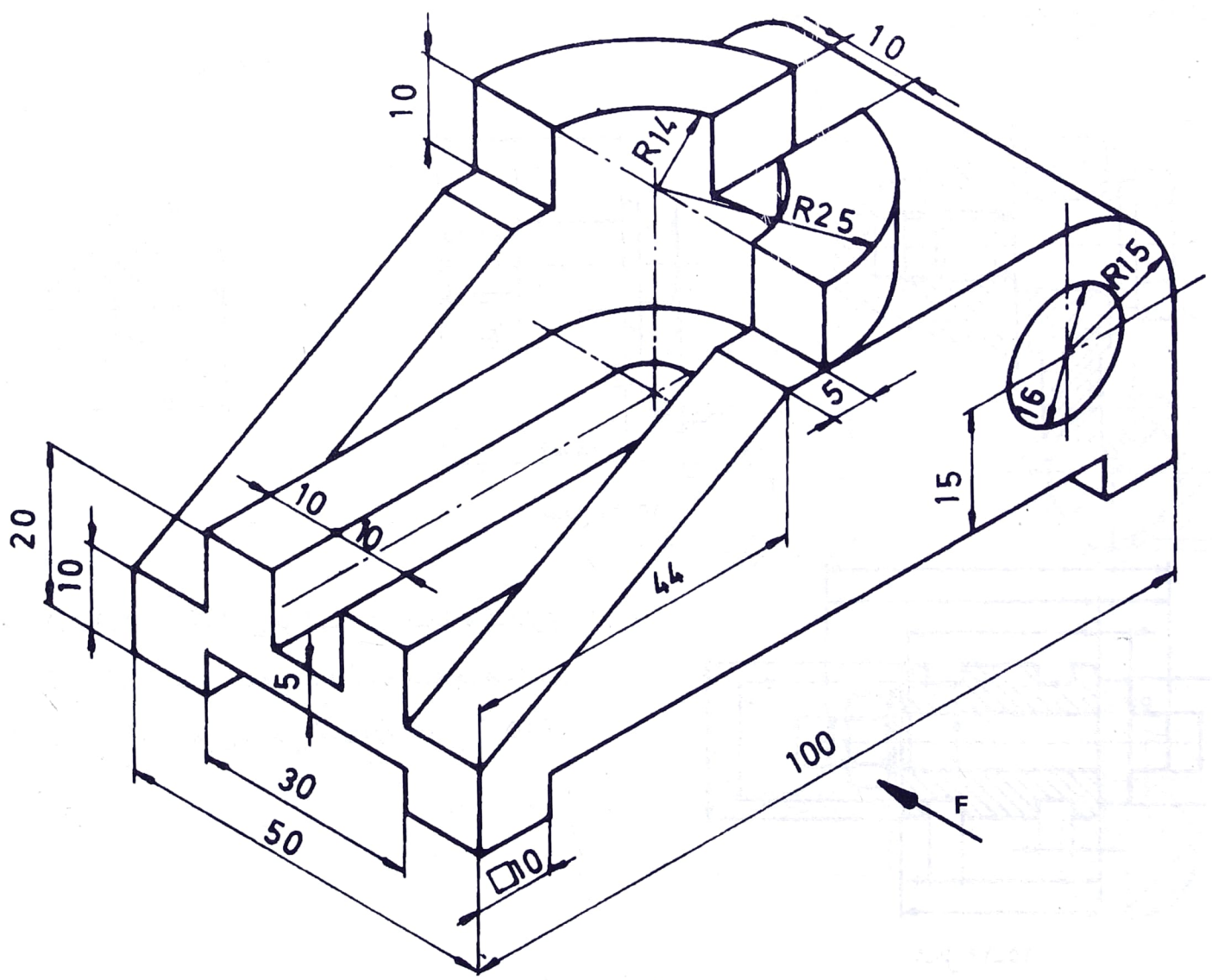
۹ـ برای جسمی که در تصویر مجسم ایزومتریک مطابق شکل ۲۵ـ۱۵ رسم شده است، کارهای زیر را انجام دهید:

الف) رسم تصویر قائم از جهت دید F

ب) رسم تصویر جانبی دید از چپ

پ) رسم تصویر افقی

ت) اندازه گذاری کامل



شکل ۲۵ـ۱۵

۱۰ـ دو قطعه در تصاویر ۲۶ـ۱۵ و ۲۷ـ۱۵ به صورت سه بعدی معرفی شده است. برای آنها خواسته های زیر را انجام دهید. در هر دو مورد مقیاس ۲ : ۱ .

الف) رسم نمای اصلی از دید F

ب) رسم نمای جانبی

پ) رسم نمای سطحی

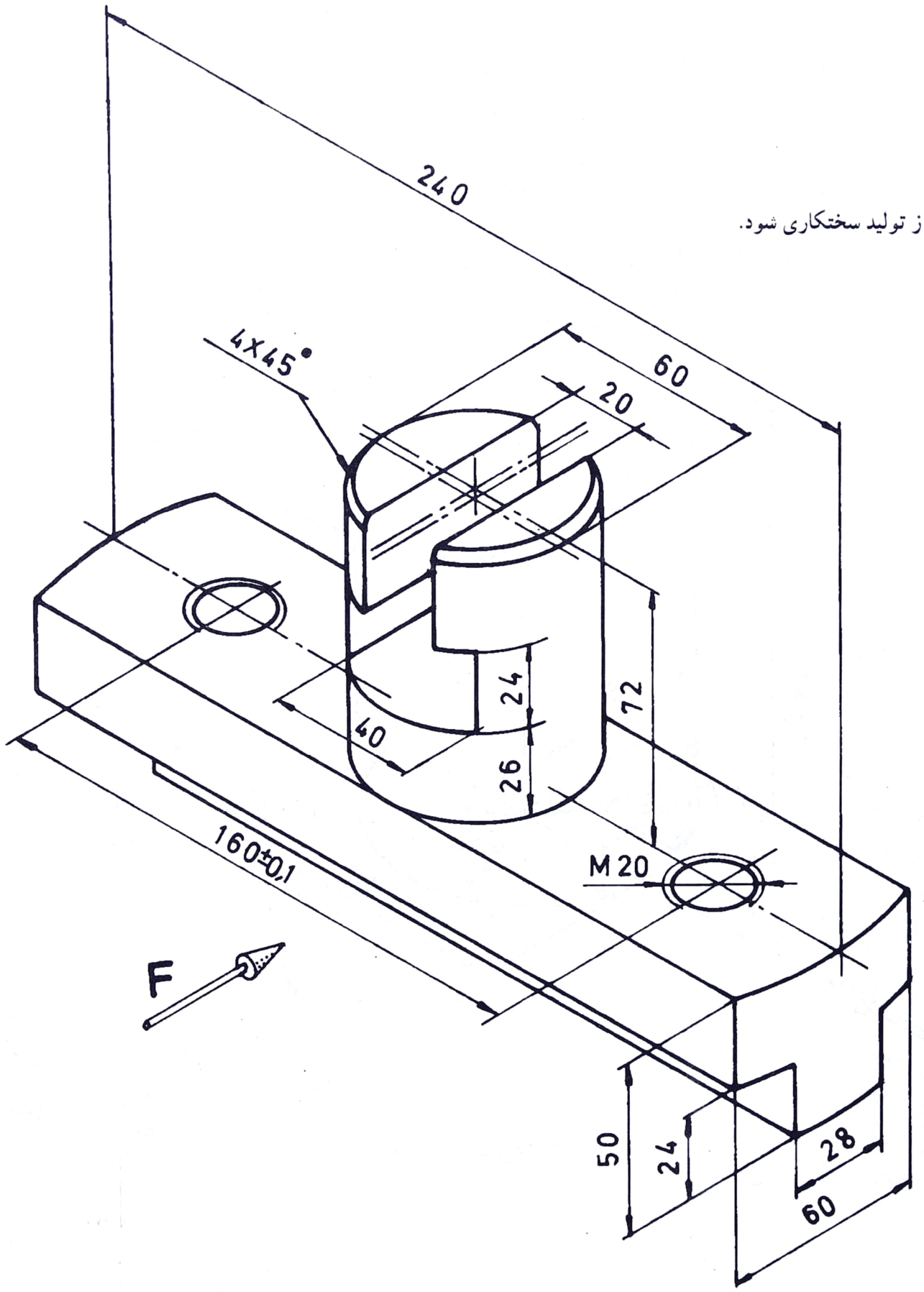
ت) اندازه گذاری کامل

قطعهٔ واسطه

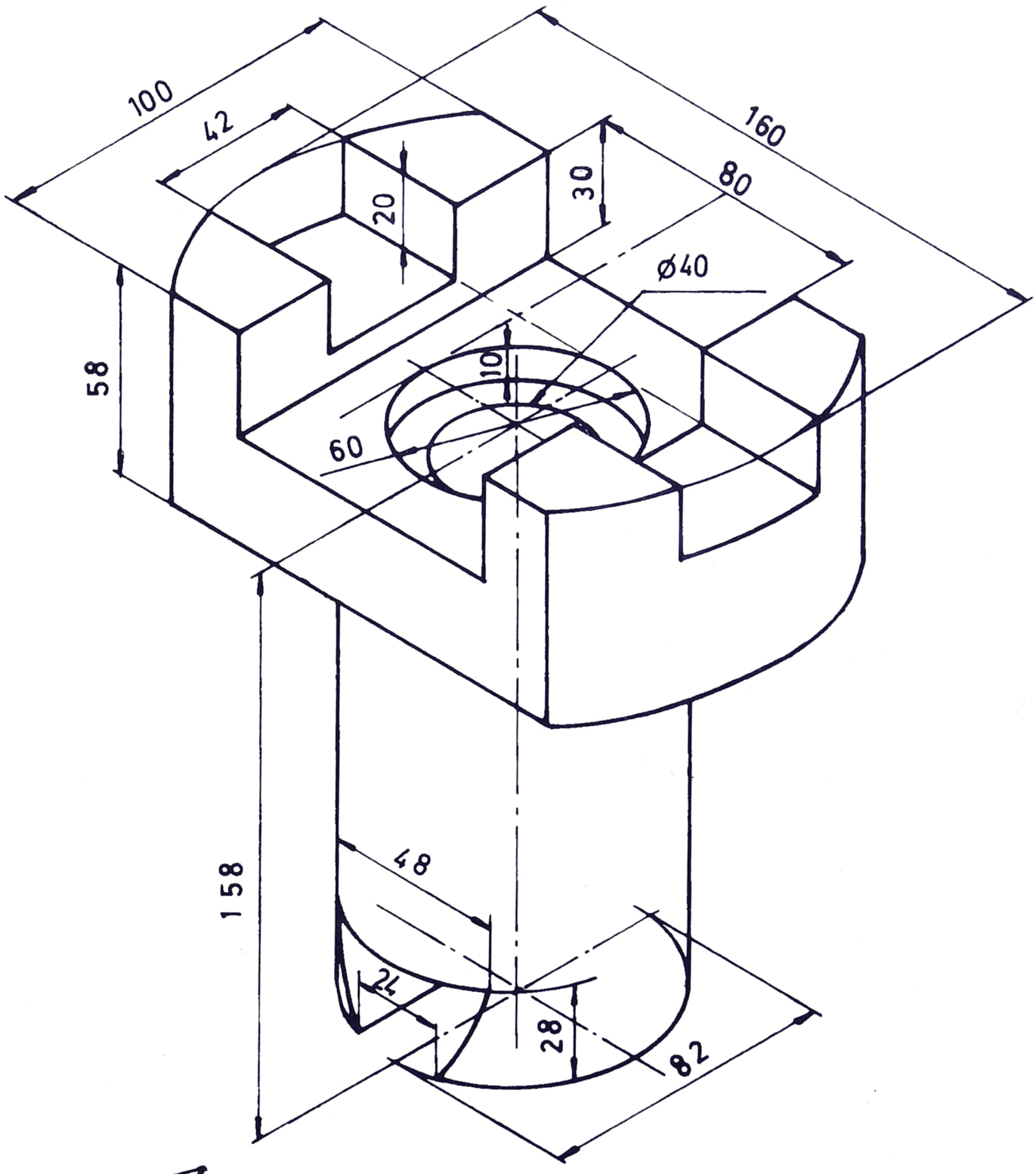
مقیاس: ۲:۱

جنس: فولاد

این قطعه پس از تولید سختکاری شود.



شکل ۲۶ـ۱۵



قطعهٔ کوپلینگ

مقیاس: ۱:۲

جنس : چدن

شکل ۲۷ـ۱۵

ارزشیابی پایان درس[1] «بخش دوم»

۱ـ شکل زیر مربوط به قسمتی از یک کوپلینگ است، تصاویر خواسته شده را با مقیاس ۱ : ۱ روی کاغذ A۴ رسم کنید.

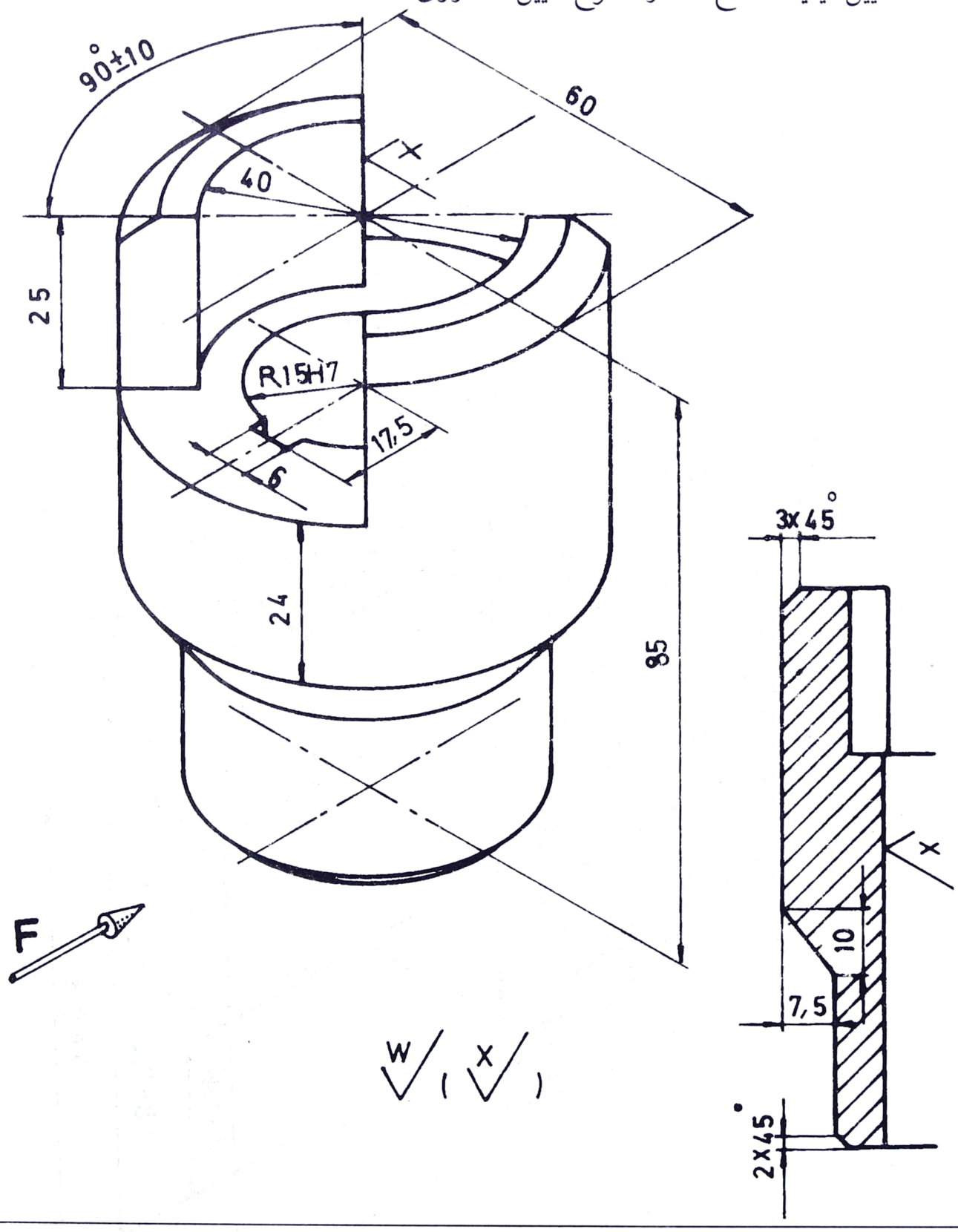
الف) رسم تصویر قائم از جهت دید F در برش کامل

ب) رسم نمای جانبی

پ) رسم نمای افقی

ت) اندازه گذاری کامل

ث) تعیین کیفیت سطح Ra در سطوح تعیین شده روی نقشه



۱ـ این نقشه ها نمونه هستند. برای ارزشیابی پایان ترم می توان یک تصویر مجسم و یک نقشهٔ دو بعدی به همراه تعدادی سؤال تشریحی از متون درسی داد. برای دو نقشه در حدود نقشه های موجود و نیز چند سؤال تشریحی، ۴ ساعت کامل وقت مناسب است. ضمناً هیچ یک از مباحث را نمی توان فقط به صورت تست امتحان کرد.

۲ـ شکل زیر یک قطعه چدنی است، مطلوب است:

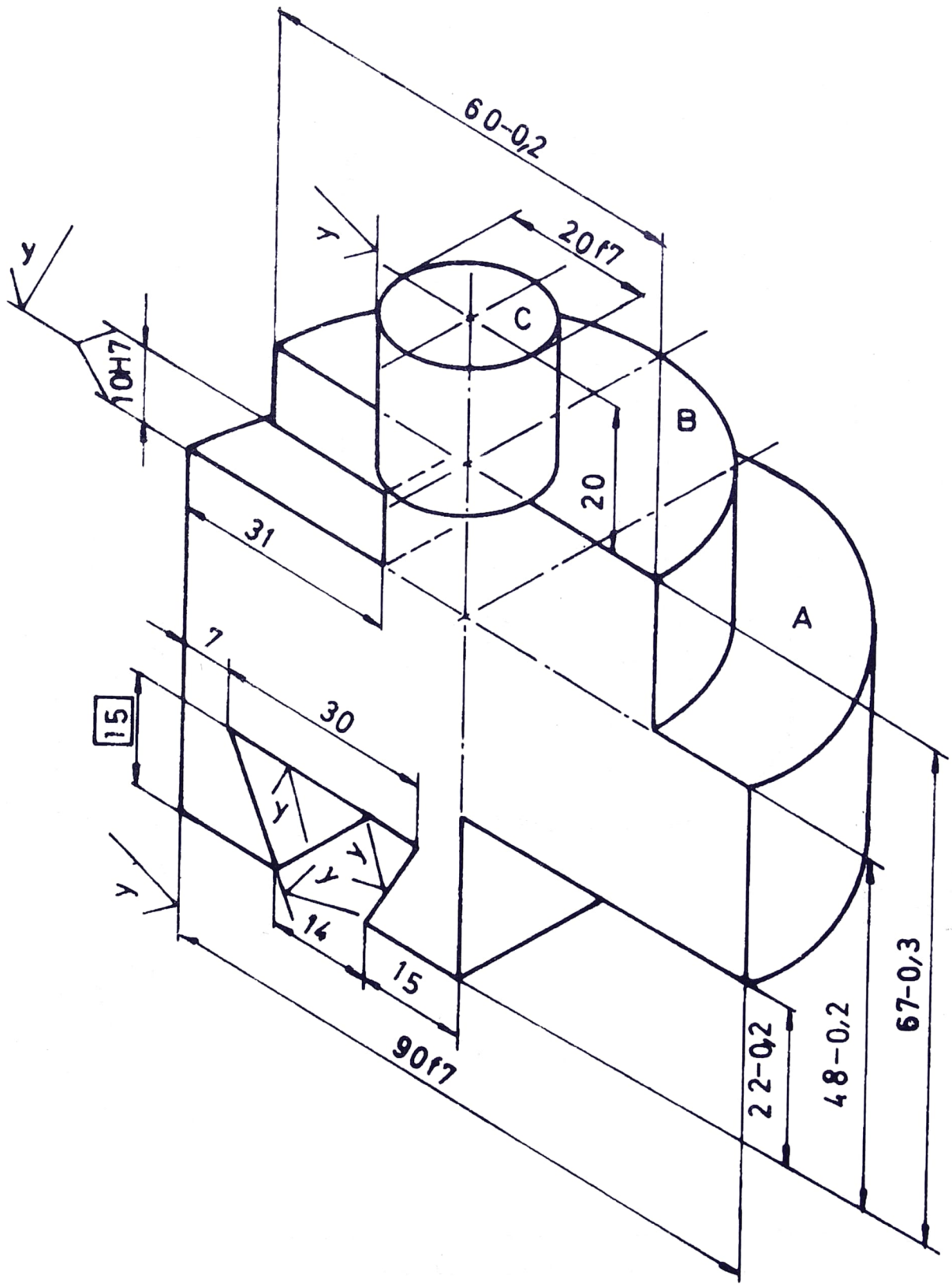
الف) رسم نمای اصلی، جانبی و سطحی با مقیاس ۱ : ۱ جهت دید از جلو با مشورت استاد معین شود.

ب) اندازه گذاری کامل نقشه

پ) رسم کیفیت سطح بر اساس Rz به شرط آن که در ازای $\sqrt[y]{}$ مقدار $\sqrt{Rz6/3}$ قرار گیرد و بقیهٔ سطوح دارای کیفیت Rz25 باشد.

ت) رسم تولرانسهای ابعادی و انطباقی روی نقشه

ث) رسم تولرانس تعامد سطوح A و B و C به اندازه 0.1 میلیمتر نسبت به محور قطعه و همچنین رسم تولرانس توازی 0.05 بین دو محور سوراخ M8 و محور اصلی قطعه کار



۳ـ برای پایه داده شده که در دو تصویر رسم شده است، کارهای زیر را انجام دهید :

الف) رسم نمای اصلی در برش

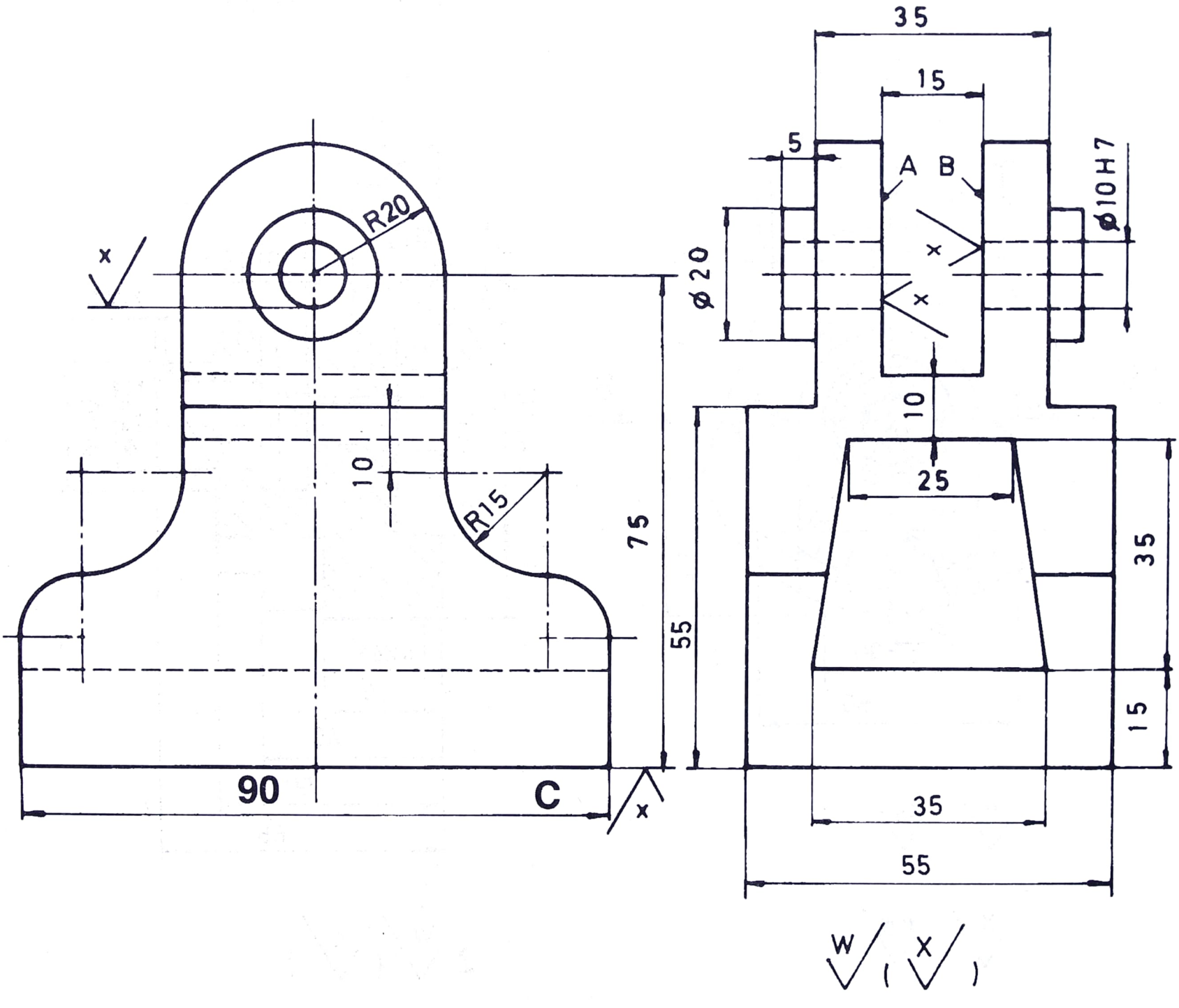
ب) رسم نمای جانبی دید از چپ در برش

پ) رسم نمای سطحی

ت) اندازه گذاری کامل

ث) رسم کیفیت سطوح تعیین شده بر اساس Ra طبق جدول ISO 1302

ج) رسم تولرانس توازی سطوح A و B، تولرانس تعامد سطوح A و B نسبت به سطح C و همچنین تولرانسهای مستقیم بودن سوراخ ∅10H7 به اندازه 0.2 میلیمتر .



۴ـ برای یک واسطهٔ داده شده دو تصویر رسم شده است، مطلوب است:

الف) رسم نمای اصلی

ب) رسم جانبی در برش A-A

پ) رسم نمای جانبی دید از راست در نمای ساده

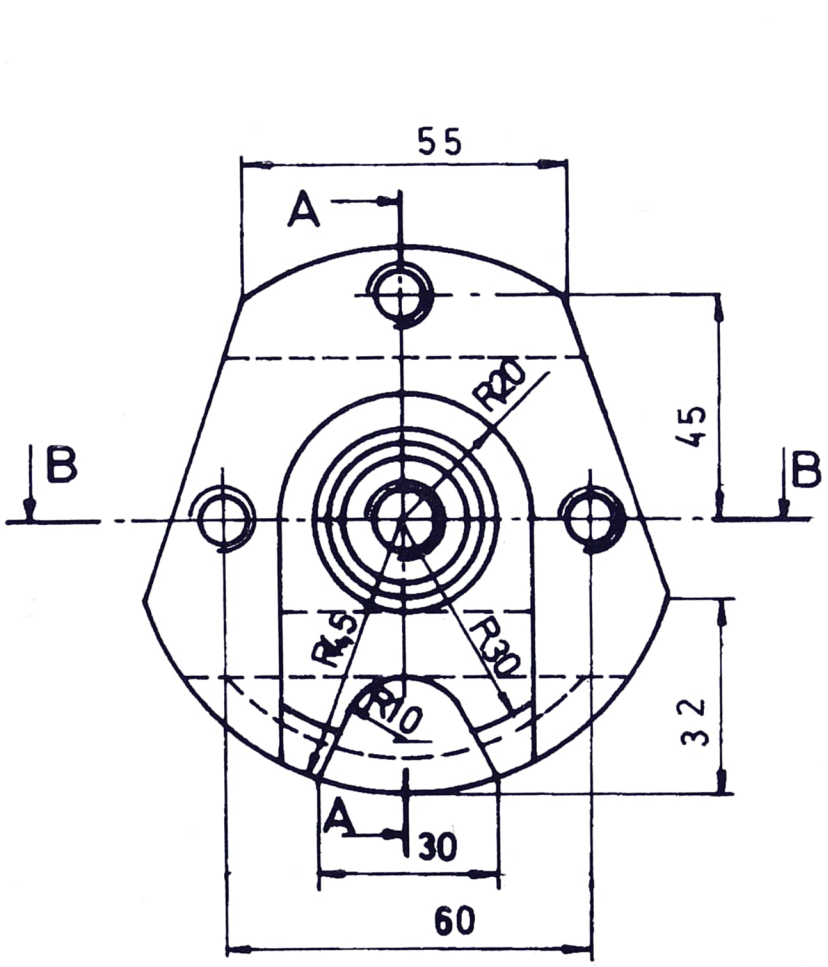
ت) رسم نمای افقی در برش B-B

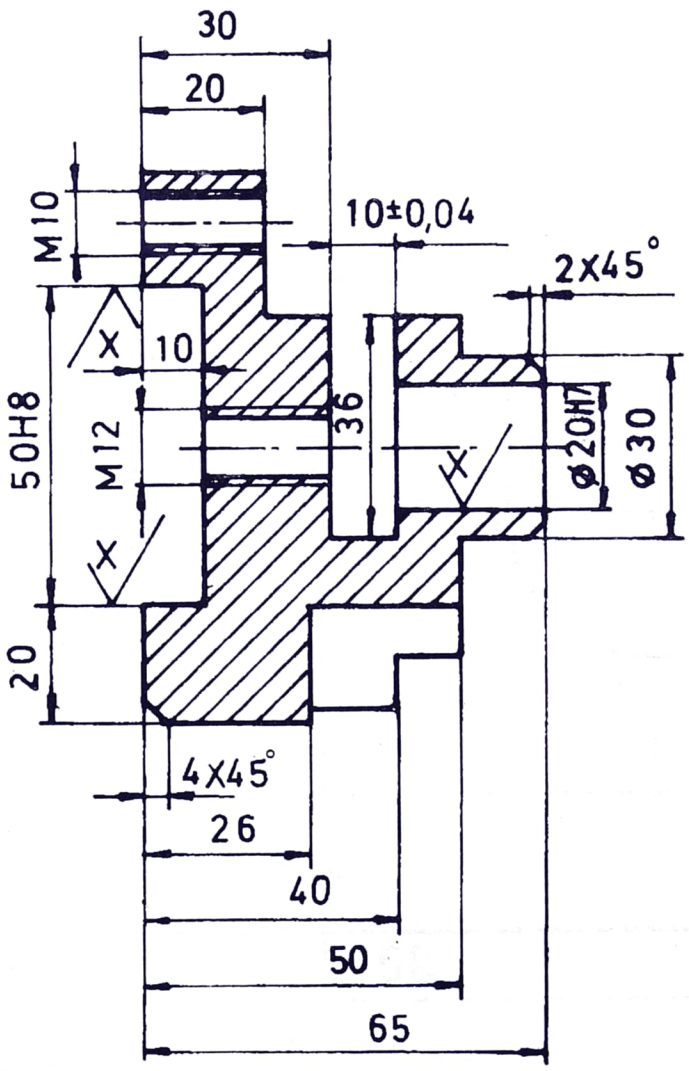
ث) اندازه گذاری کامل

ج) رسم کیفیت سطح، بر اساس Ra

چ) تعیین انحرافات فوقانی و تحتانی سوراخ ⌀20H7 و شکاف 50H8 از جدول انطباقات ISO

ح) تعیین تولرانس استوانه ای بودن برای سوراخ ⌀20H7 به اندازه 0.02 میلیمتر





$\sqrt{W} = \sqrt{6/3}$

$\sqrt{X} = \sqrt{12/5}$

$2\sqrt{W}\,(\sqrt{X})$

۵ـ شکل مربوط به یک قطعه برنجی است. نقشه را با مقیاس ۱ : ۱ روی کاغذ A3 و با مشخصات و خواسته های زیر رسم کنید.

الف) رسم نمای اصلی

ب) رسم نمای سطحی (رسم خطوط کمکی الزامی است)

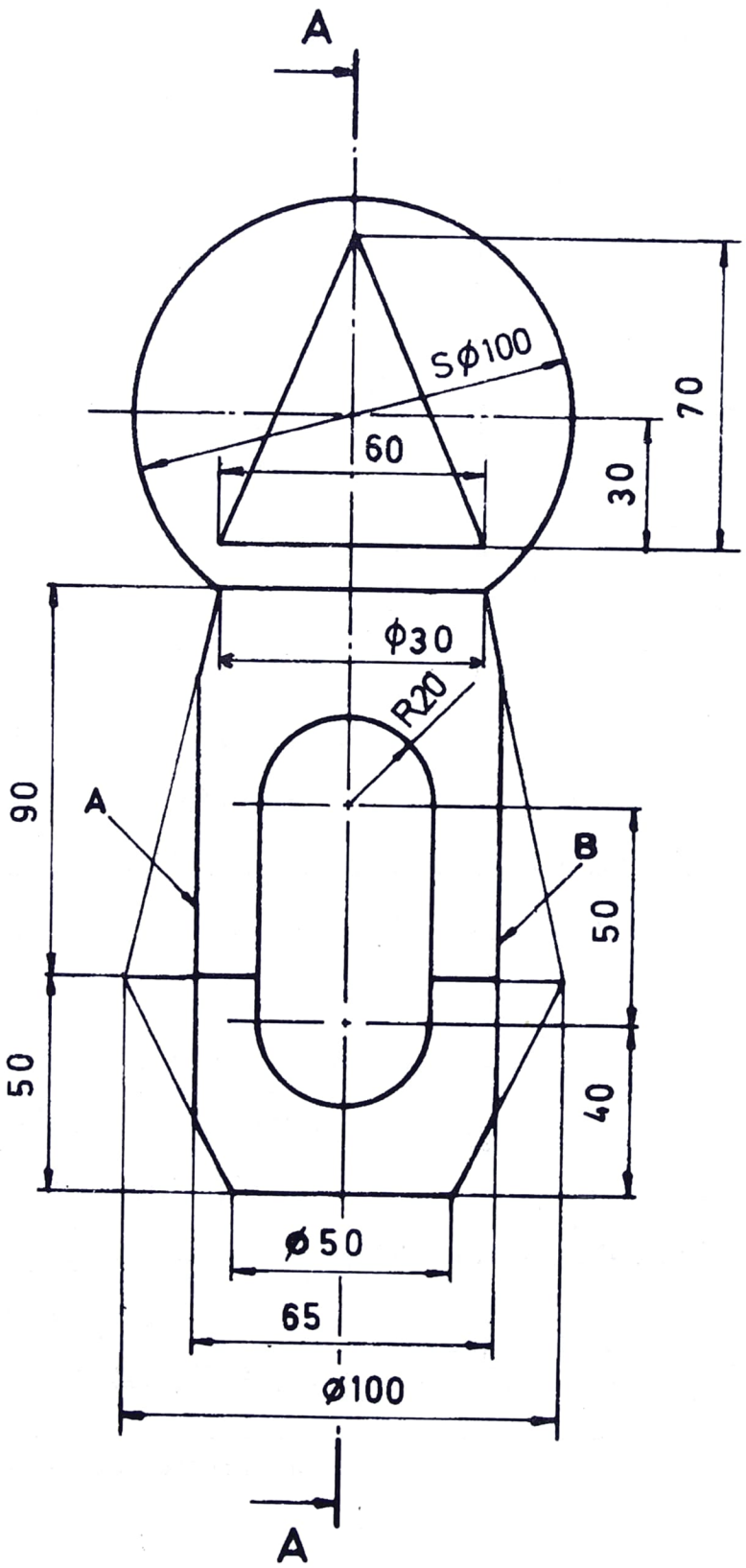
پ) رسم نمای جانبی در برش نشان داده شده در شکل

ت) اندازه گذاری کامل

ث) اگر شکاف مثلث شکل و شکاف با عرض ۴۰ با کیفیت N6 و بقیه سطوح با کیفیت N7 پرداخت شود، صافی سطح را روی نقشه مشخص کنید.

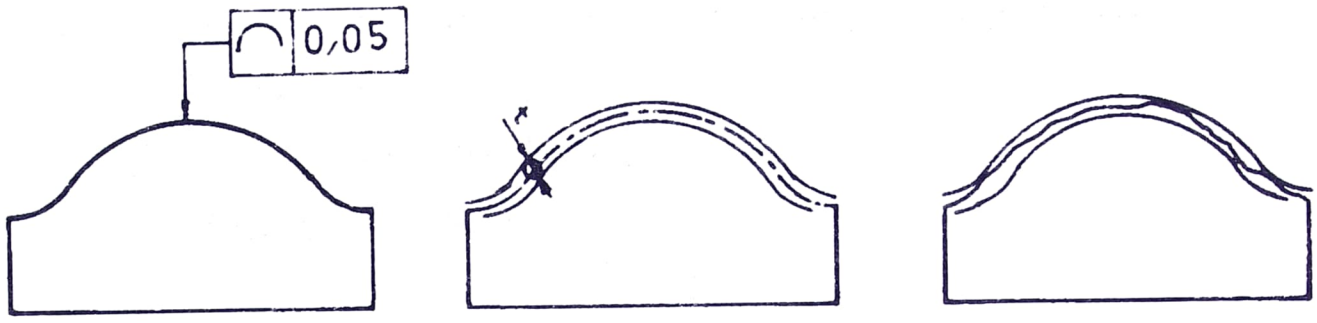
ج) تولرانس تخت بودن سطوح A و B به اندازهٔ 0.2 میلیمتر

چ) تولرانس توازی A و B به اندازهٔ ۰/۰۱۵

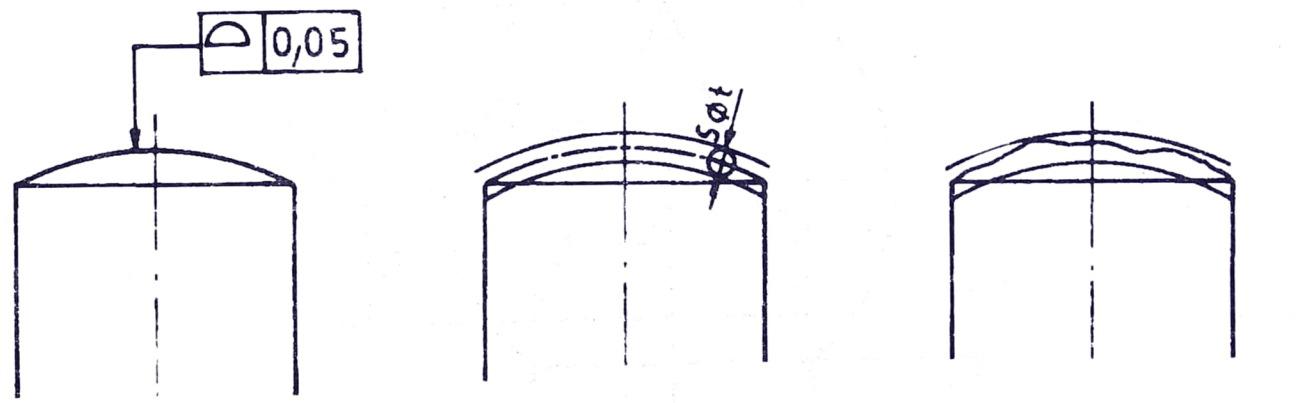


ضمیمه (برای مطالعه)

در ادامهٔ تولرانسهای هندسی غیروابسته می توان از شکل هر نوع خط یا شکل هر نوع سطح و به عبارت روشنتر خط یا سطح فرم دار صحبت کرد. پس زمانی که خط مورد نظر دارای فرمی غیرمستقیم باشد از علامت ⌒ برای معرفی تولرانس هندسی استفاده می شود. در این حال فرم مورد نظر می تواند در محدوده ای به فاصلهٔ t، یعنی مقدار تولرانس قرارگیرد. این محدوده را می توان این گونه تعبیر کرد که دایره ای به قطر t به ترتیبی حرکت کند که مرکز آن همواره روی یک خط فرم دار ایده آل هندسی قرار داشته باشد. به شکل توجه کنید.



هنگامی که مطلب فوق درمورد سطح مطرح شود به جای دایره، کره ای به قطر t در نظر گرفته می شود که مرکز آن همواره روی صفحهٔ فرم دار ایده آل هندسی قرار دارد. به شکل توجه کنید.



آشنایی با چند اصطلاح در تولرانسهای هندسی

۱ـ ماکزیمم اندازهٔ ماده یا MMS[1]، در موقعی که میله در بالاترین قطر مجاز خود یا سوراخ در کوچکترین اندازهٔ مجاز خود باشد گفته می شود که میله یا سوراخ درماکزیمم اندازهٔ مادهٔ خود قرار دارد «قطعه از حداکثر مواد ممکنه ساخته شده است». برای سوراخ یا میله به اندازهٔ $\varnothing 20 \pm 0/2$ ماکزیمم اندازه ماده چیست؟

۲ـ ماکزیمم شرایط ماده یا MMC[2]، اگر اندازهٔ میله در بالاترین حد مجاز باشد« یا سوراخ در کمترین اندازهٔ مجاز» و در این حال مقدار تولرانس هندسی را با آن جمع کنیم، حداکثر شرایط ماده حاصل خواهد شد. مثلاً برای میله با اندازهٔ $\varnothing 20 \pm 0/2$ که تولرانس مستقیمی آن ۰/۰۵ است، ماکزیمم شرایط ماده اندازهٔ $\varnothing 20/25$ را معین می کند. برای سوراخ چه؟ این اصل را با علامت M مشخص می کنند. «مانند آنچه که در شکل ۲۴ـ۱۴ عمل شد».

۳ـ عدم توجه به اندازهٔ قطعه یا RFS[3]، در این جا مقدار تولرانس هندسی را بدون توجه به ابعاد قطعه

۱ـ Maximum Material Size

۲ـ Maximum Material Condition

۳ـ Regardless of Feature Size

و به صورتی ساده بیان می کنند. پس قطعه هر اندازه ای که داشته باشد «مثلاً هر قطر برای میله»، مقدار تولرانس ثابت است. به توضیح شکل ۲۳ـ۱۴ بیشتر توجه کنید.

نتیجه: تولرانسهای هندسی یا بر اساس MMC و یا بر اساس RFS معین خواهد شد.

در خاتمه اضافه می شود که مقادیر تولرانس هندسی را می توان از جداول استاندارد استخراج نمود یا آنکه طبق نظر طراح انتخاب کرد. محدوده ای از چند نوع تولرانس در جداول ضمیمه داده شده است[1].

برای مستقیمی و تختی «اجزای مستقل»

mm ↓ / µm									
Ra →	۰/۴ تا ۰/۱			۳/۲ تا ۰/۸			۱۲/۵ تا ۶/۳		
مرغوبیت →	A	B	C	A	B	C	A	B	C
۱۰ تا	۱/۶	۲/۵	۴	۴	۶	۱۰	۱۰	۱۶	۲۵
۱۰_۳۰	۲/۵	۴	۵	۵	۸	۱۲	۱۲	۱۸	۳۰
۳۰_۸۰	۴	۶	۱۰	۱۰	۱۶	۲۵	۲۵	۴۰	۶۰
۸۰_۱۸۰	۶	۱۰	۱۵	۱۲	۱۸	۳۰	۳۰	۵۰	۸۰
۱۸۰_۴۰۰	۸	۱۲	۱۸	۱۸	۲۵	۴۰	۴۰	۶۰	۱۰۰

A خیلی خوب　　**B** خوب　　**C** متوسط

برای توازی «جزءِ غیرمستقل»

mm ↓ / µm									
کیفیت تولرانس →	IT 7			IT 8			IT 9		
مرغوبیت →	A	B	C	A	B	C	A	B	C
۱۰ تا	۴	۵	۸	۶	۶	۱۰	۸	۱۴	۲۰
۱۰_۳۰	۶	۹	۱۵	۸	۱۴	۲۰	۱۶	۲۵	۴۰
۳۰_۸۰	۸	۱۴	۲۰	۱۳	۲۰	۳۰	۲۵	۳۵	۶۰
۸۰_۱۸۰	۱۳	۲۰	۳۰	۲۰	۳۰	۵۰	۳۰	۵۰	۸۰
۱۸۰_۴۰۰	۱۶	۲۵	۴۰	۲۵	۳۵	۶۰	۴۰	۶۰	۱۰۰

در تولرانس توازی علاوه بر درنظر گرفتن IT مقدار تولرانس فاصلهٔ جزءِ مورد نظر تا مبنا هم مهم خواهد بود.

۱ـ جداول مفصل برای تمام موارد موجود است. جداول داده شده فقط برای آشنایی است.

فهرست منابع

1. Die technische Zeichnung
Grund fertigkeiten Metall ناشر KLEH سال نشر 1990

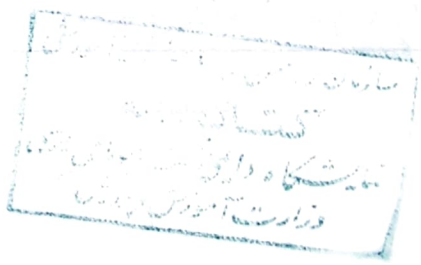
2. ENGINEERING DRAWING
for Metalworkers . Mir Publishers Moscow 1986

3. ISO 1302 1978
Technical drawings- Method of indicating Surface
Texture on drawings

4. ISO 406 1987 Technical drawings- Tolerancing of linear
and anqular dimensions.

5. DARSTELLEN DE GEOMETRIE
von Ober baurat Dipling . Rumann

از انتشارات مرکز آموزش عالی فنی انقلاب اسلامی



شابک ۷-۰۹۰۲-۰۵-۹۶۴
ISBN 964-05-0902-7

۱۳۸۲

قیمت در تمام کشور ۵۳۰۰ ریال