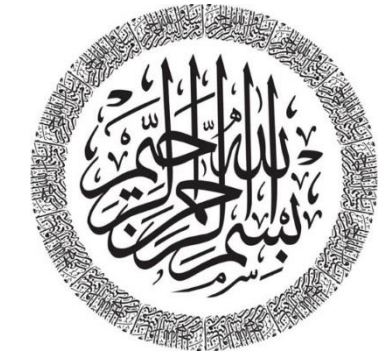


# نقشه کشی صنعتی ۱

# Industrial Drawing 1

مهر ۹۸

Adel.taheri@yahoo.com

@Dr.adeltaheri.tu

@Biosystem_tu

عنوان درس: **نقشه کشی صنعتی ۱**

هدف: **آشنایی با نقشه کشی و اصول آن. دانشجویان توانایی رسم تصویر، اجسام و انواع برش ها را فرا می گیرند.**
تعداد واحد: **۲ واحد**
نوع واحد: **۱ واحد نظری + ۱ واحد عملی**

**سرفصل درس:**
**نظری:** مقدمه ای بر پیدایش نقشه کشی صنعتی و کاربرد آن، تعریف تصویر، رسم تصویر، نقطه، خط، صفحه، جسم بر روی یک صفحه تصویر، معرفی صفحات اصلی تصویر، اصول رسم سه تصویر، رابطه هندسی بین تصاویر مختلف، وسایل نقشه کشی و کاربرد آنها، ابعاد استاندارد کاغذهای نقشه‌کشی، انواع خطوط، کاربرد آنها، جدول مشخصات نقشه، ترسیمات هندسی، روش-های مختلف و معرفی فرجه اول و سوم، طریقه رسم سه تصویر یک جسم در فرجه سوم، روش رسم شش تصویر یک جسم در فرجه اول، تبدیل فرجه، رسم تصویر از روی مدل‌های ساده ، اندازه‌نویسی و کاربرد حروف و اعداد، رسم تصویر یک جسم به کمک تصاویر معلوم آن با روش شناسایی سطوح و احجام، تعریف برش و قراردادهای مربوط به آن، برش ساده (متقارن و غیرمتقارن)، برش شکسته، بـــرش شکسته شعاعـــی و مایل، نیم‌برش ساده، نیم‌برش شکسته، برش موضعی، برش‌های گردشی و جابجا شده، مستثنیات در برش، تعریف تصویر مجسم و کاربرد آن، طبقه‌بندی تصاویر مجسم، تصویر مجسم قائم (ایزومتریک، دیمتریک، تری‌متریک)، تصویر مجسم مایل شامل مایل ایزومتریک (کاوالیر) و مایل دیمتریک (کابینت)، اتصالات پیچ و مهره، پرچ، جوش و طریقه رسم انواع آنها، طریقه رسم نقشه‌های سوار شده باختصار.

**عملی:** آموزش عملی در موارد فوق.

# فهرست مطالب


| فصل ها | عناوین فصل ها |
|---|---|
| | **مقدمه** |
| فصل اول | **الفبای مدل سازی دو بعدی در AutoCAD** |
| فصل دوم | **الفبای مدل سازی سه بعدی در AutoCAD** |
| فصل سوم | **اصول حاکم بر تصویر** |
| فصل چهارم | **تحلیل تصاویر نقشه** |
| فصل پنجم | **تصویر مجسم** |
| فصل ششم | **برش** |
| فصل هفتم | **نقشه اجرایی** |


# منابع


| عنوان | نویسندگان | انتشارات |
|---|---|---|
| **** نقشه کشی صنعتی ۱ به شیوه مدرن** | احمد متقی پور- مهدی متقی پور | دانشگاه صنعتی شریف |
| **رسم فنی و نقشه های صنعتی ۱** | احمد متقی پور- مبین متقی پور | دانشگاه صنعتی شریف |
| **نقشه کشی صنعتی ۱** | حدادی، ح | دانشگاه علم و صنعت ایران |

## نحوه آزمون:

| عنوان | سهم از نمره کل | زمان | توضیح |
|---|---|---|---|
| **امتحان پایان ترم** | ۲۰ نمره | ۳ بهمن ۱۳۹۸- ساعت ۸:۳۰<br>دانشجویان رشته مهندسی بیوسیستم | امتحان از کل جزوه تدریس شده است<br>به صورت عملی (رسم با قلم و با نرم افزار) |
| | | ۴ بهمن ۱۳۹۸ – ساعت ۸:۳۰<br>دانشجویان رشته مهندسی ماشین های صنایع غذایی | |

**توجه:** دانشجویان علاقمند به فعالیت های تکمیلی و یا دانشجویانی که از بابت قبولی در این درس نگران هستند میتوانند از فرصت زیر استفاده کنند و تا ۲ نمره اضافه دریافت کنند.

| عنوان | نمره | زمان | توضیح |
|---|---|---|---|
| **حل تمرین** | ۰/۲۵ تا ۲ نمره | از جلسه اول تا جلسه آخر | |

**توجه:** دانشجویان تا سه جلسه می توانند غیبت داشته باشند. برای چهارمین جلسه غیبت ۱ نمره کسر می شود. چنانچه غیبت ها بیشتر شود به آموزش معرفی خواهد شد و درس حذف میگردد. (هرروز کلاس عملی دو جلسه محسوب میشود)

## مهندسی مکانیک بیوسیستم

دوشنبه ها (گروه ها یک در میان)-به صورت عملی
کلاس رایانه کارشناسی ساختمان تحصیلات تکمیلی
۸ تا ۱۲

| گروه الف | گروه ب |
|---|---|
| ۸ مهر | ۱۵ مهر |
| ۲۲ مهر | ۲۹ مهر |
| ۶ آبان | ۱۳ آبان |
| ۲۰ آبان | ۲۷ آبان |
| ۴ آذر | ۱۱ آذر |
| ۱۸ آذر | ۲۵ آذر |
| ۲ دی | ۹ دی |

## مهندسی ماشین های صنایع غذایی

یکشنبه ها (گروه ها یک در میان)-به صورت عملی
کلاس رایانه کارشناسی ساختمان تحصیلات تکمیلی
۱۴ تا ۱۸

| گروه الف | گروه ب |
|---|---|
| ۷ مهر | ۱۴ مهر |
| ۲۱ مهر | ۲۸ مهر |
| ۱۲ آبان | ۱۹ آبان |
| ۲۶ آبان | ۳ آذر |
| ۱۰ آذر | ۱۷ آذر |
| ۲۴ آذر | ۱ دی |
| ۸ دی | ۱۵ دی |

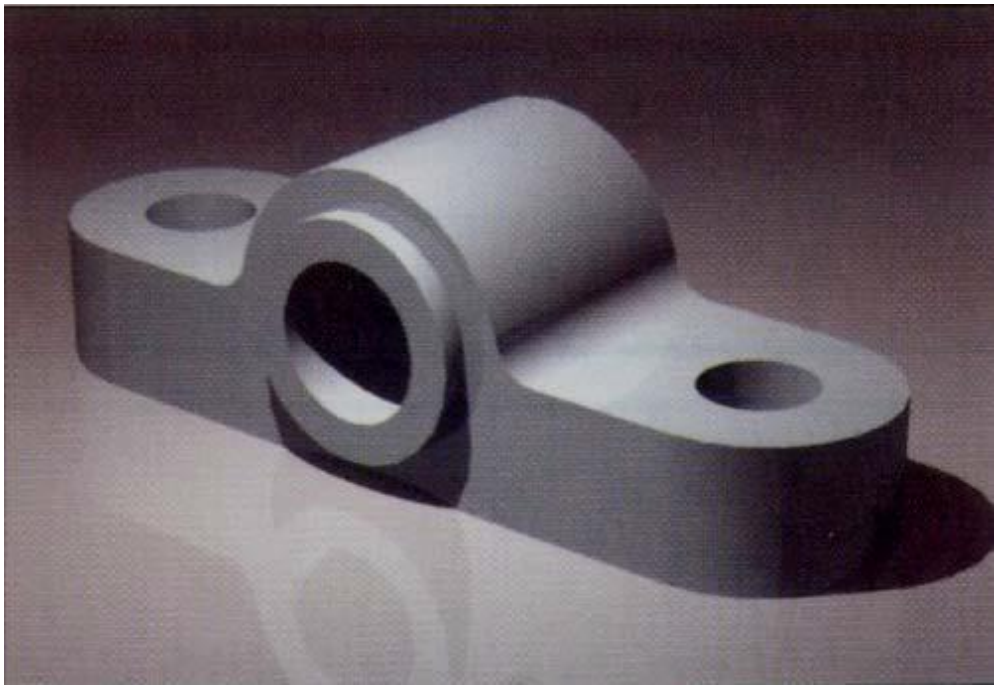
لازم به ذکر است که مباحث نظری و عملی به صورت توامان و ترکیبی تدریس خواهد شد. با توجه به نبود رایانه در کلاس دانشکده لذا کلاس نظری برگزار نمی گردد و جایگزین آن در محل کلاس رایانه کارشناسی ساختمان تحصیلات تکمیلی کلاس تشکیل خواهد شد.

| گروه الف | گروه ب |
|---|---|
| | |
| | |

| گروه الف | گروه ب |
|---|---|
| | |
| | |

# مقدمه

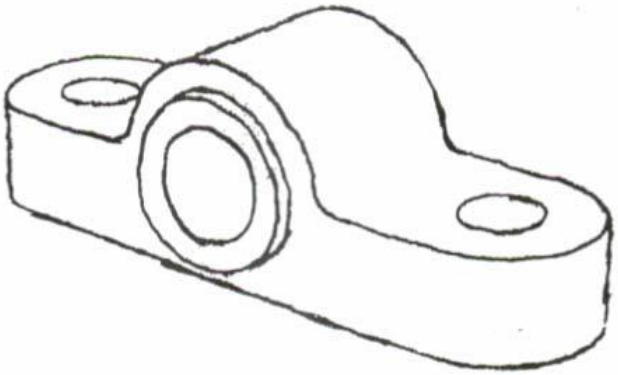
سعی کنید شکل پایین را توصیف نمایید. اگر شخص دیگری بخواهد توصیف شما را رسم نماید، آیا بر این شکل منطبق است؟ مسلماً بیان شما برای معرفی شکل و ابعاد این جسم کافی نخواهد بود .

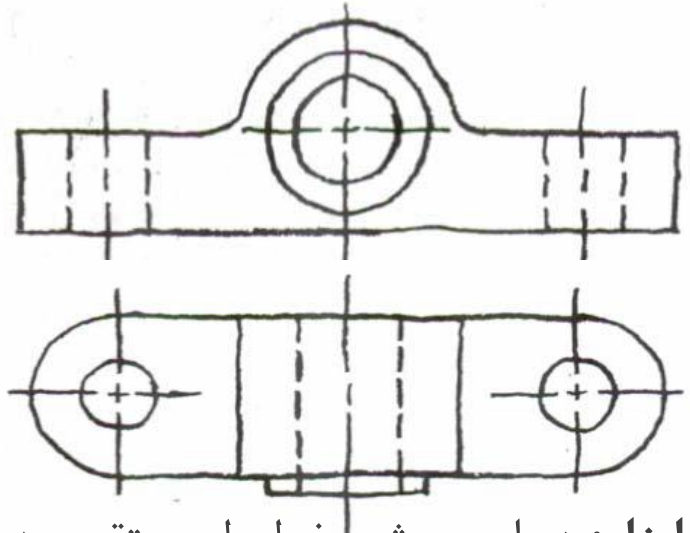


زبان گرافیک در کاربردهای مهندسی با استفاده از خطوط، سطوح ، گوشه ها (رأس ها) و محیط یک جسم را معرفی می کند. این زبان تحت عنوان، "رسم" و یا " نقشه کشی" شناخته می شود.

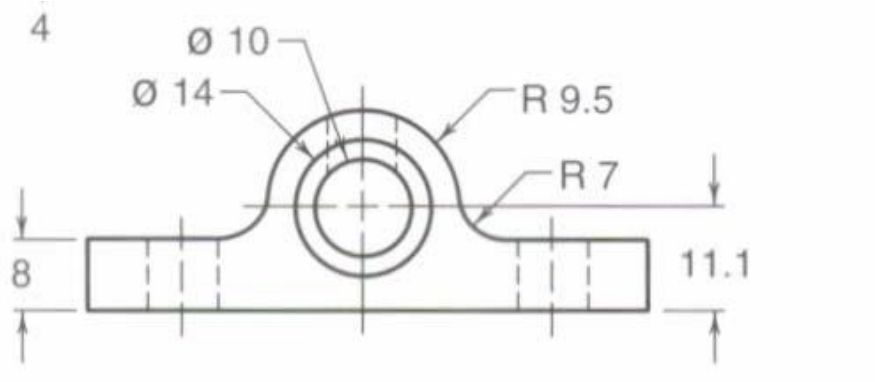
ترسیم را می توان بدون ابزار، به کمک وسایل نقشه کشی و یا روش رایانه ای انجام داد .

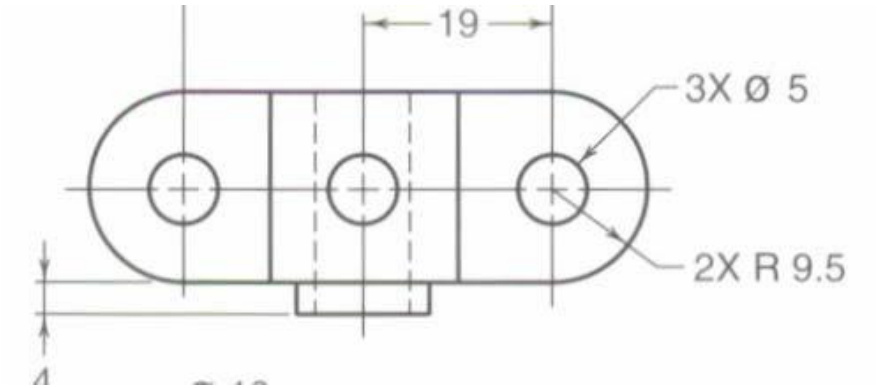
**ترسیم بدون ابزار:** در این روش، خطوط بدون استفاده از ابزاری به کمک مداد (و پاک کن ) رسم می شوند.





**ترسیم با ابزار:** در این روش، خطوط مستقیم، دوایر و منحنی ها با استفاده از وسایل نقشه کشی و با دقت رسم می شوند. از این رو در این روش، ترسیم با مقیاس خواهد بود .



**ترسیم با رایانه:** در این روش، نقشه های صنعتی با استفاده از نرم افزارهای تجاری نظیر *AutoCAD, Solid works, Catia, ...* رسم می شود.

با ورود رایانه و پیدایش نرم افزارهای متعدد ترسیمی این توهم به وجود می آید که رسم فنی کهنه و قدیمی شده است.

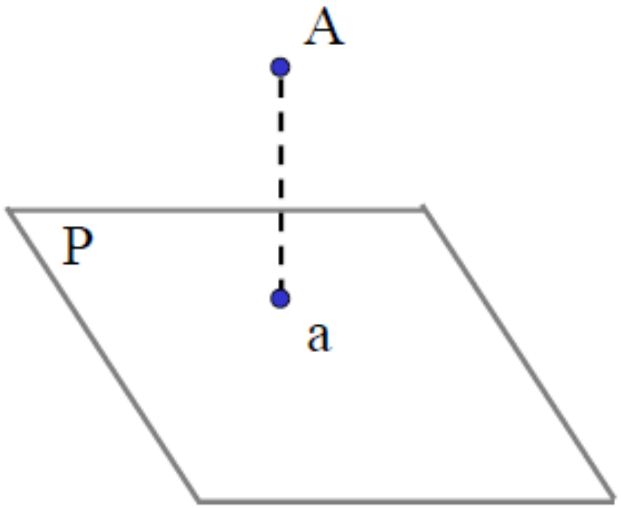
ولی باید توجه داشت که رایانه وسیله ای برای سرعت بخشیدن به کارهای ترسیمی است و از خود خلاقیت نشان نمی دهد.

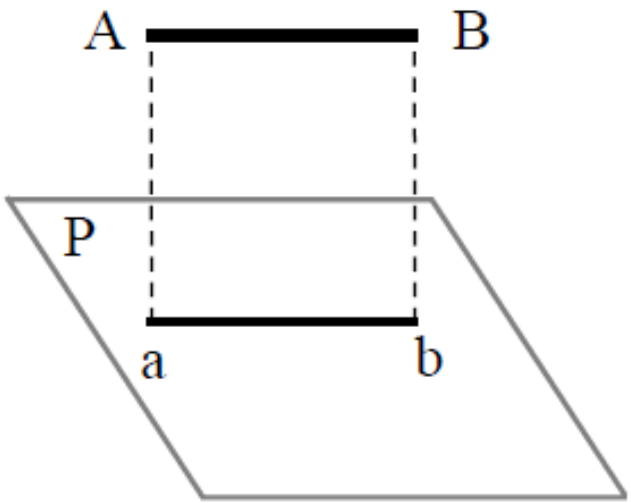
از این رو دانستن اصول ترسیم و روش های طراحی برای مهندسان اجتناب ناپذیر است.

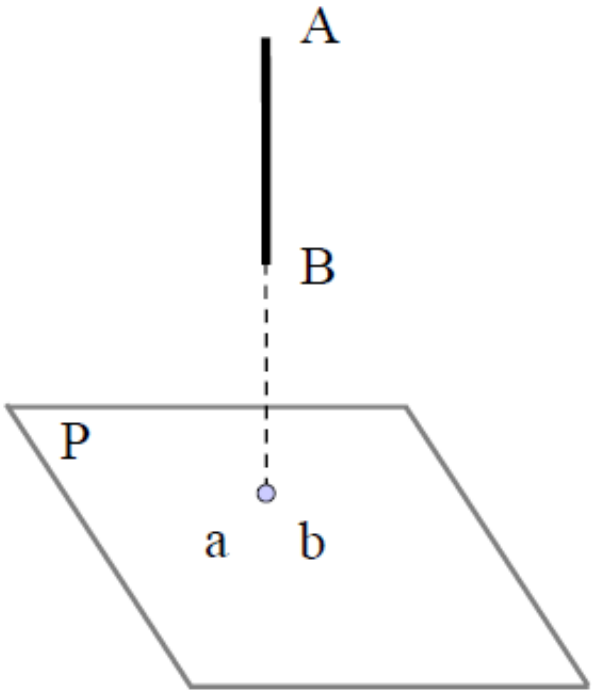
قدرت تجسم را نمی توان از رایانه فرا گرفت، بلکه لازم است با آموختن اصول ترسیم همراه با تمرین عملی بدست آورد.

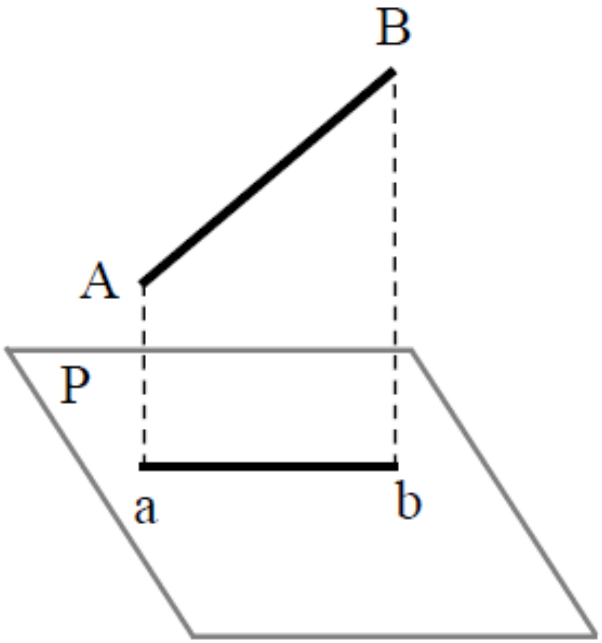
هدف از این درس، بیان اصول و مبانی نقشه کشی است .

# تصویر نقطه و خط بر روی صفحه
# موازی-عمود-مایل

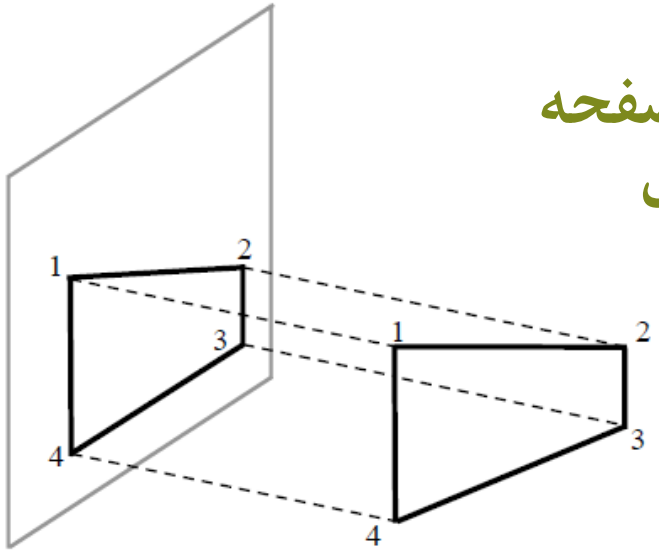


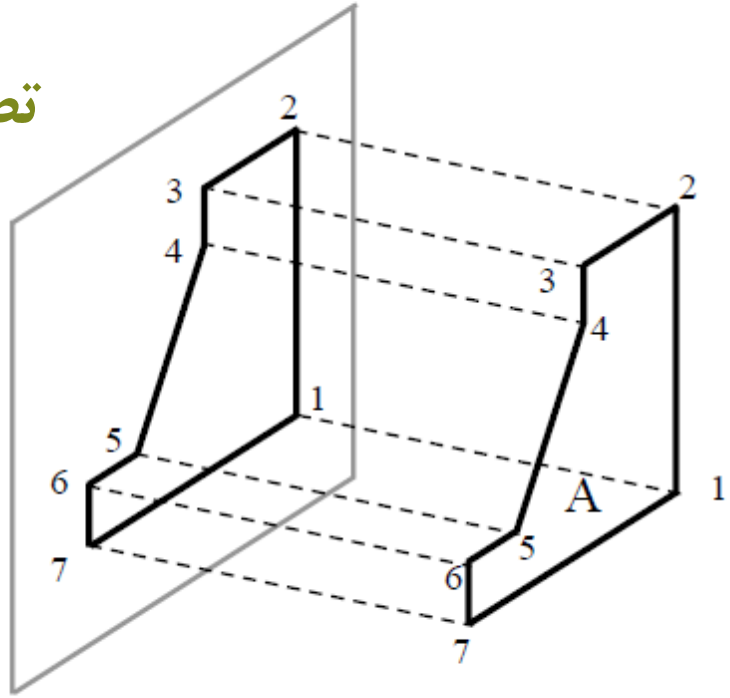



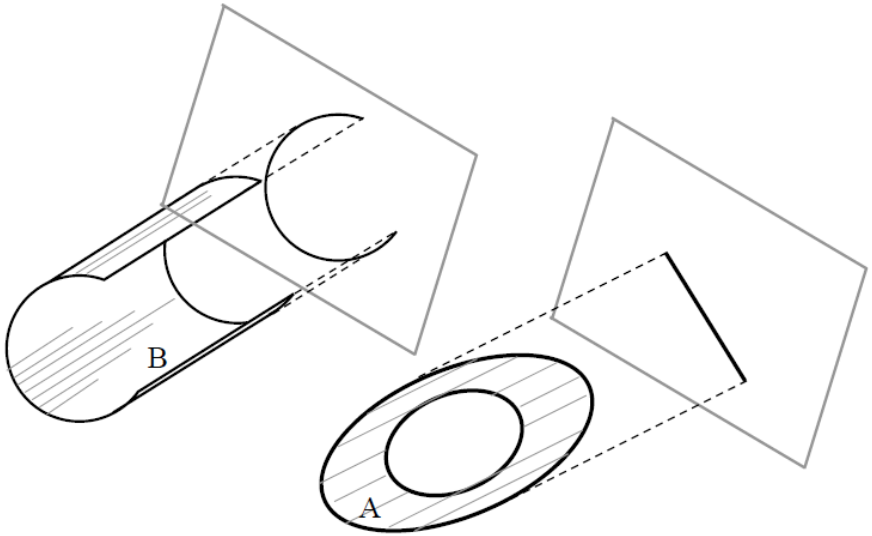



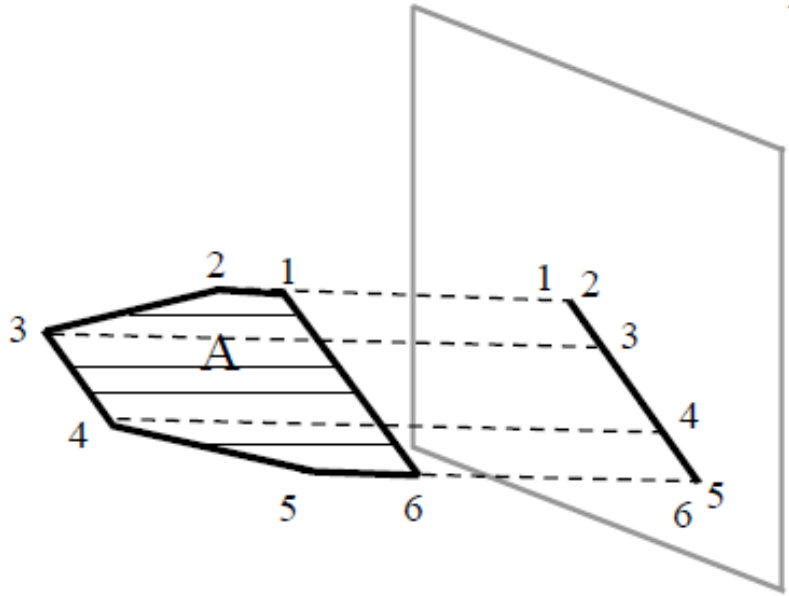



# تصویر صفحه بر روی صفحه
# موازی-عمود-مایل

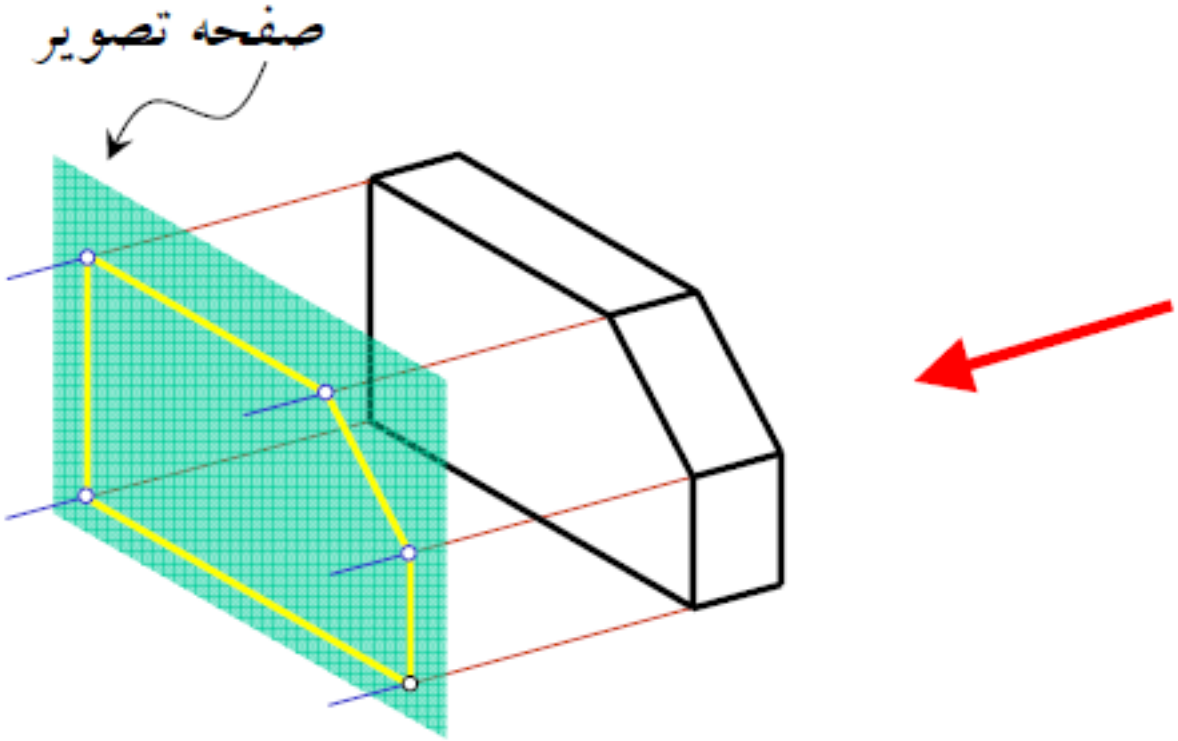


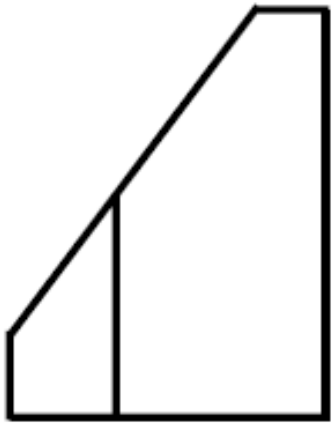



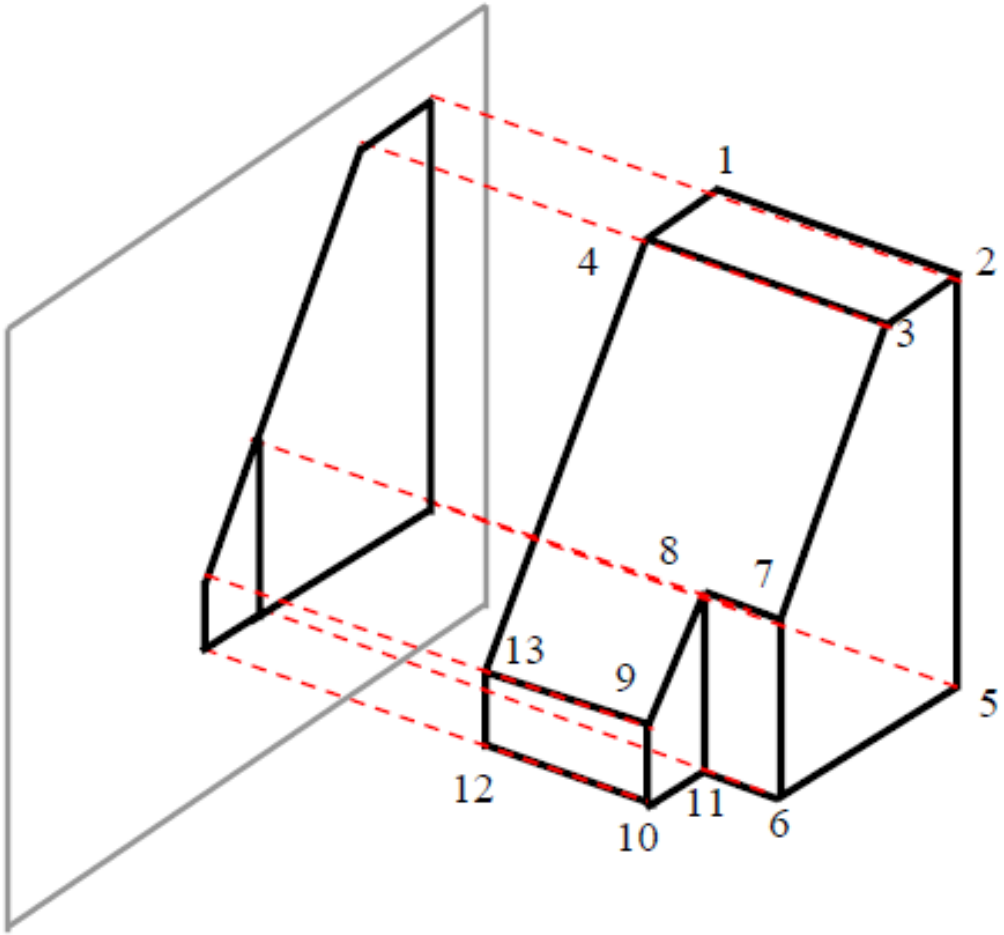



# تصویر یک جسم بر روی صفحه

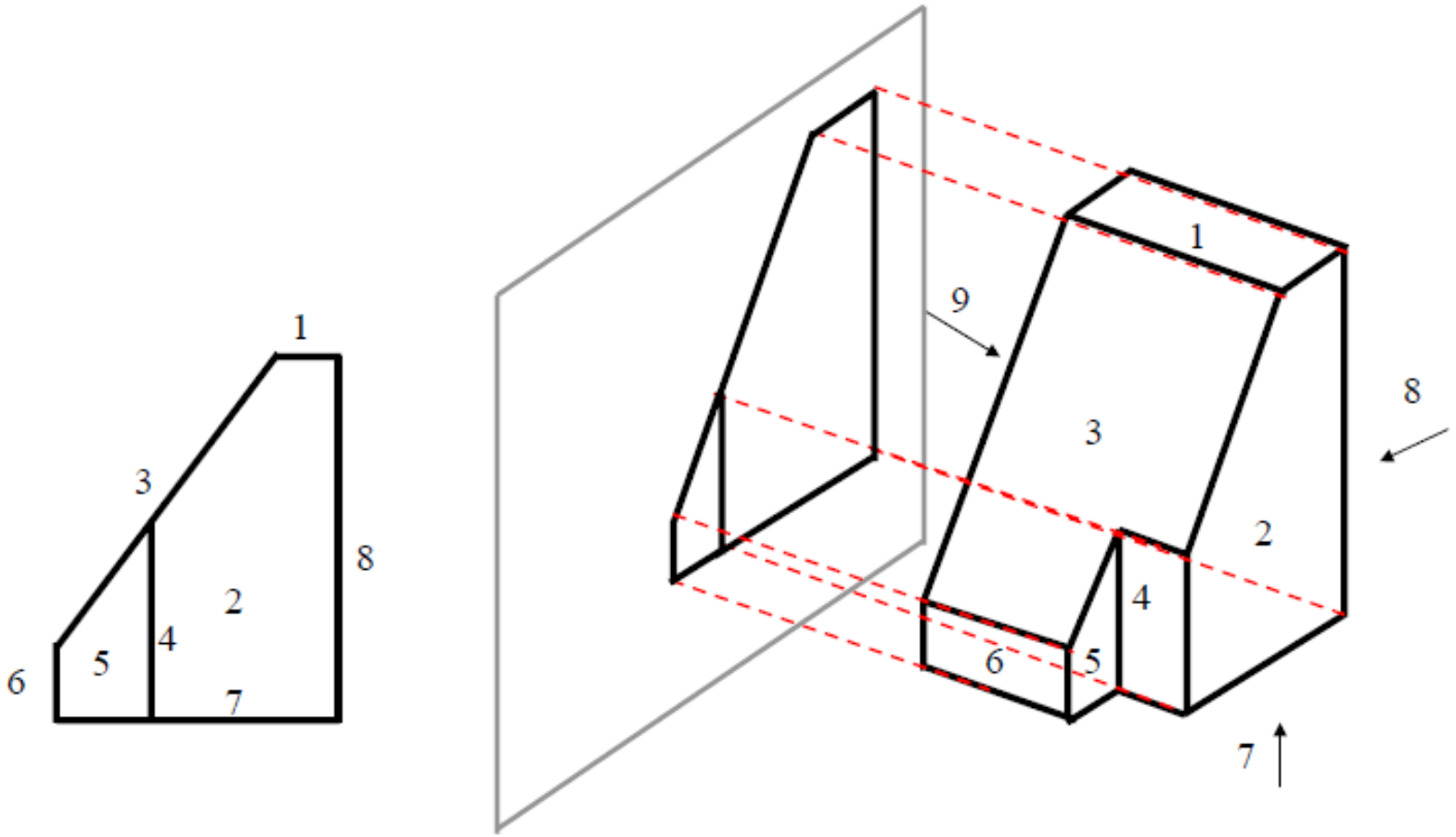


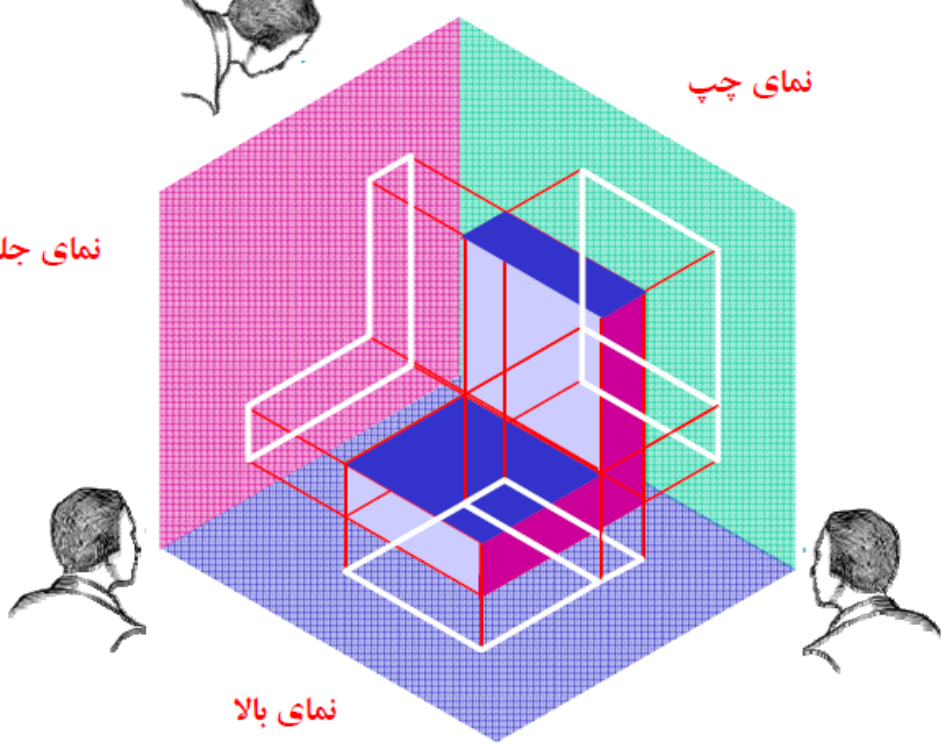
# الف- روش تصویر کردن نقاط بر روی صفحه تصویر

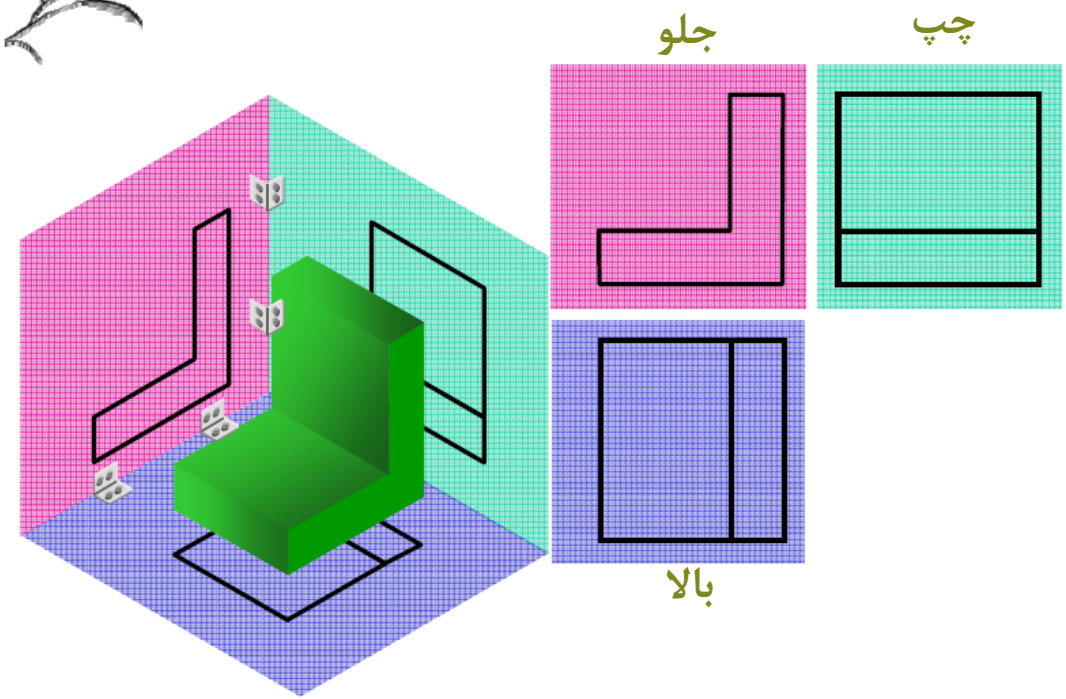


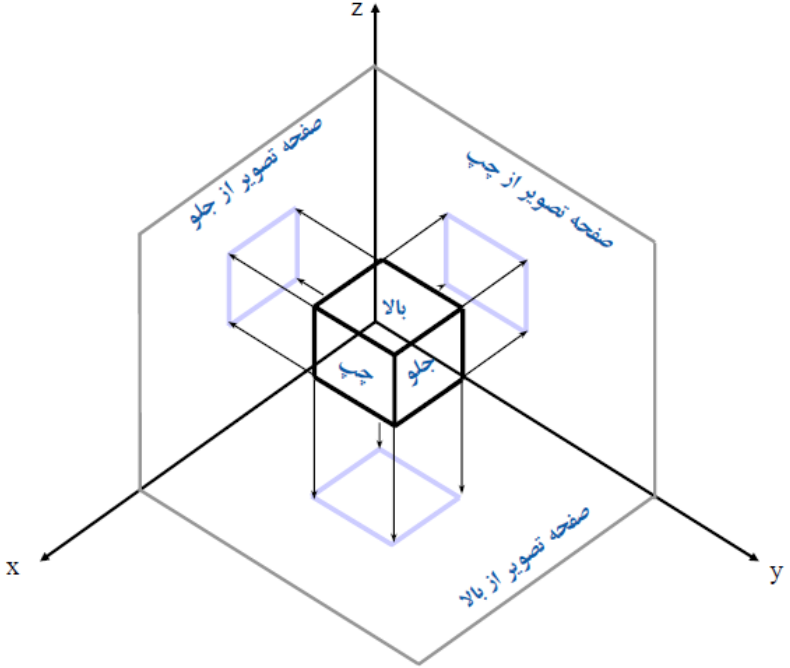


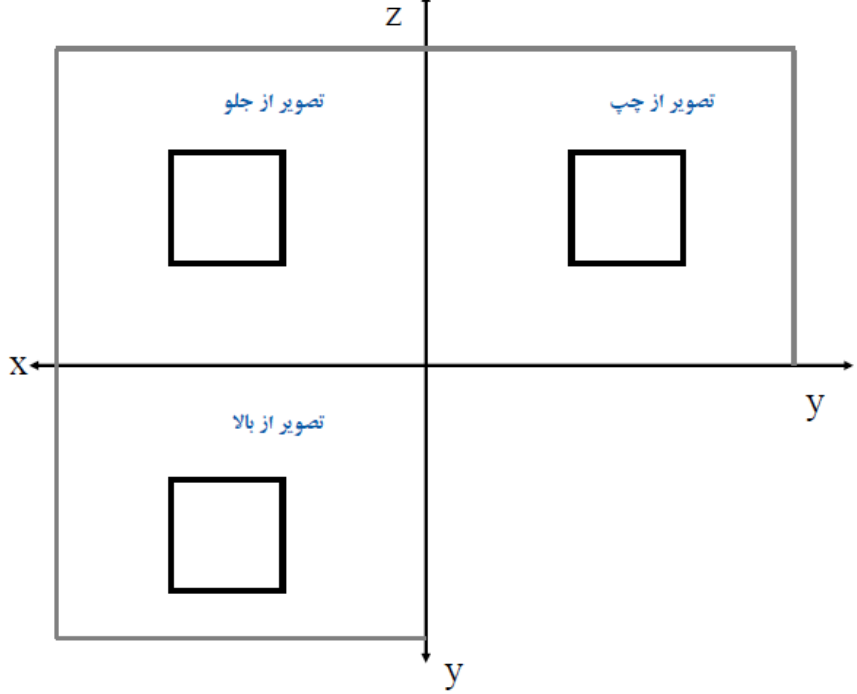
## ب- روش تصویر کردن صفحات بر روی صفحه تصویر

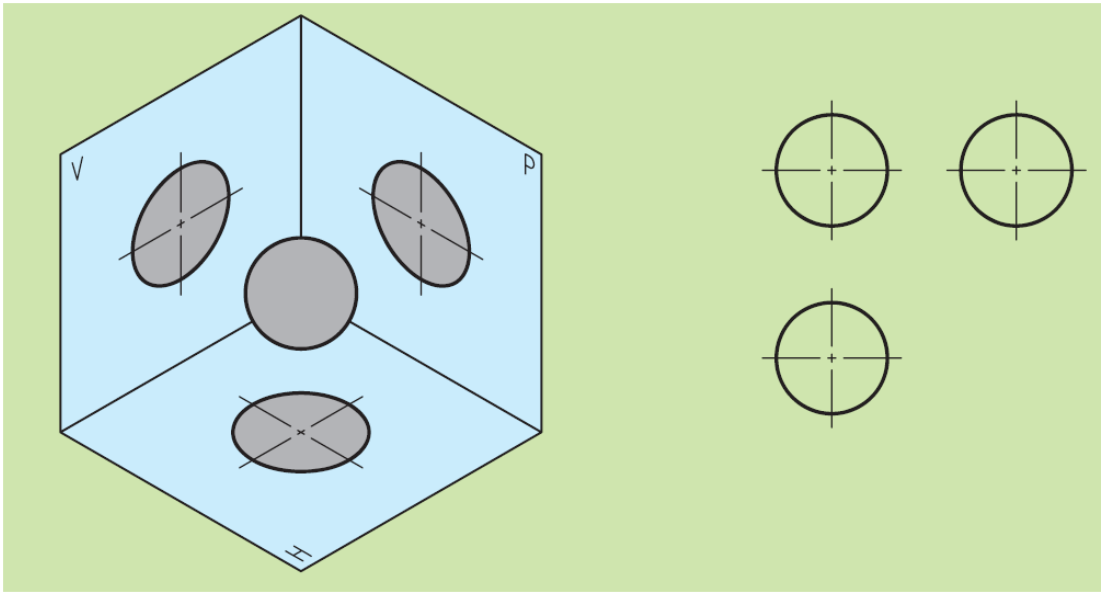


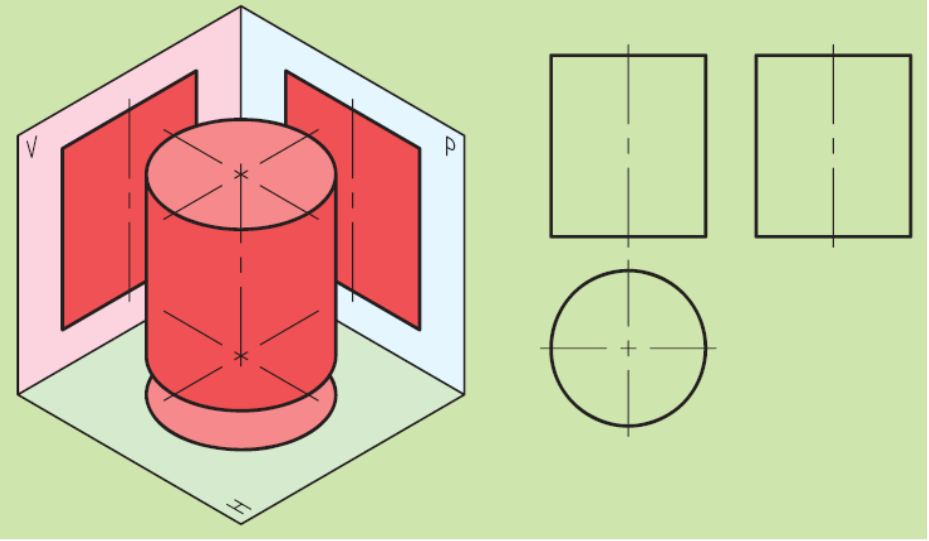

نمای چپ
نمای جلو
نمای بالا

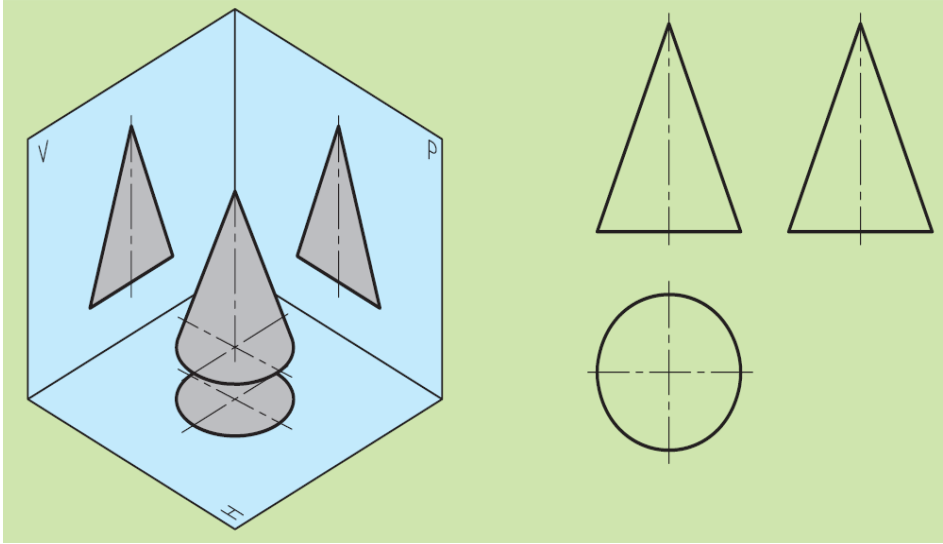

جلو
چپ
بالا

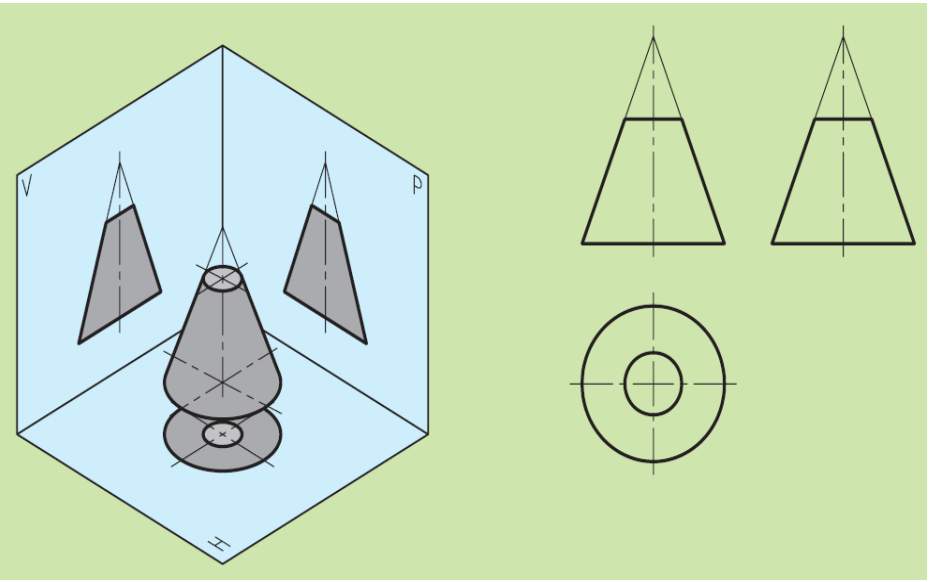

z
x
y
صفحه تصویر از جلو
صفحه تصویر از چپ
صفحه تصویر از بالا
بالا
چپ
جلو

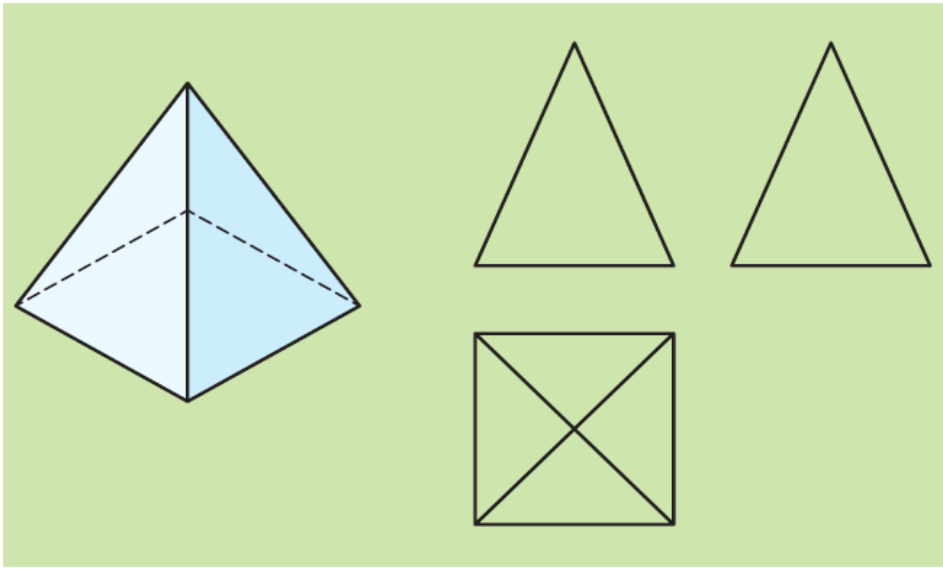

z
x
y
y
تصویر از جلو
تصویر از چپ
تصویر از بالا

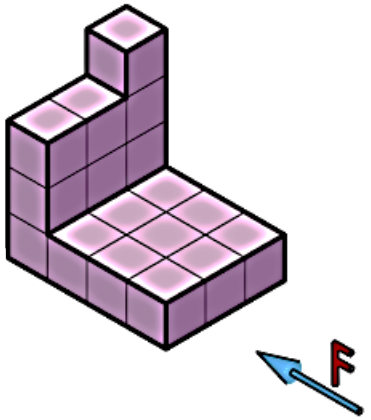

V
P
H

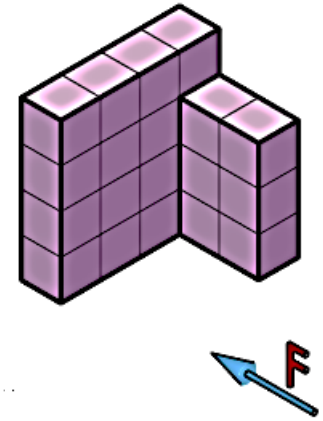

V
P
H

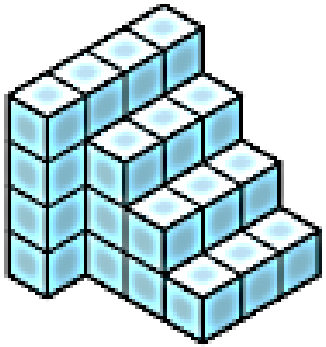

V
P
H


V
P
H

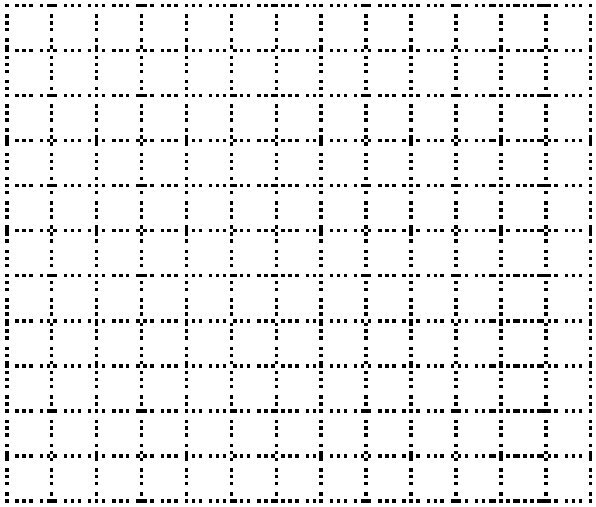


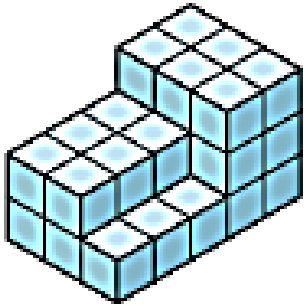

F

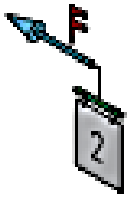

F

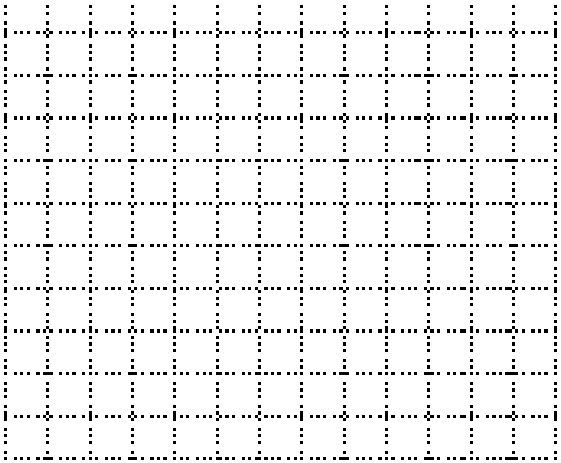


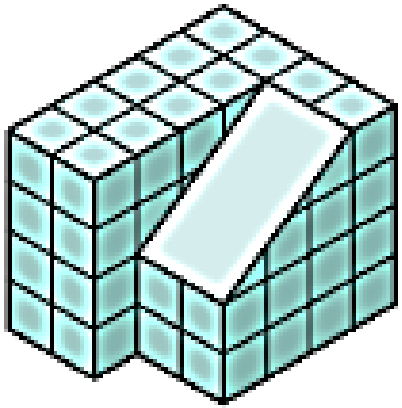
1

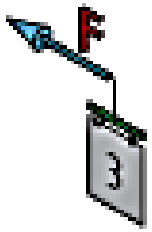


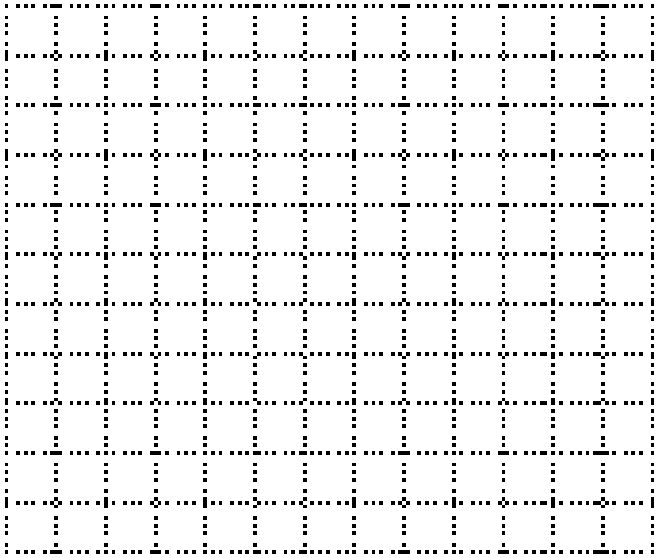


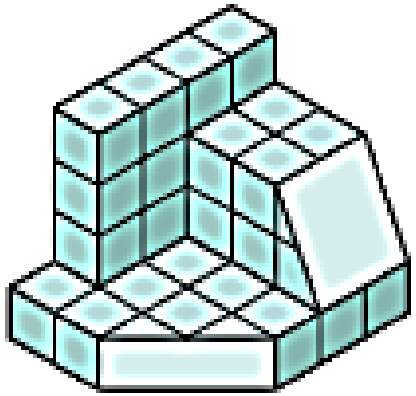

2

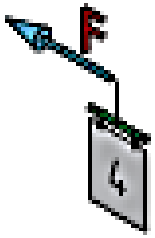


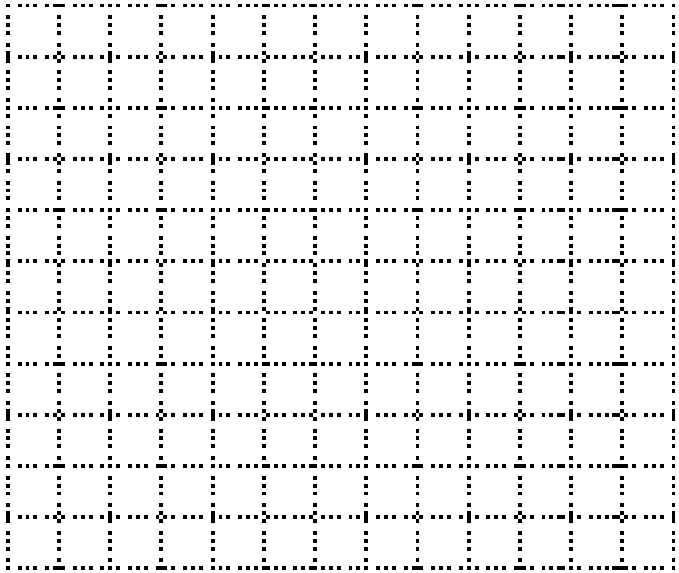


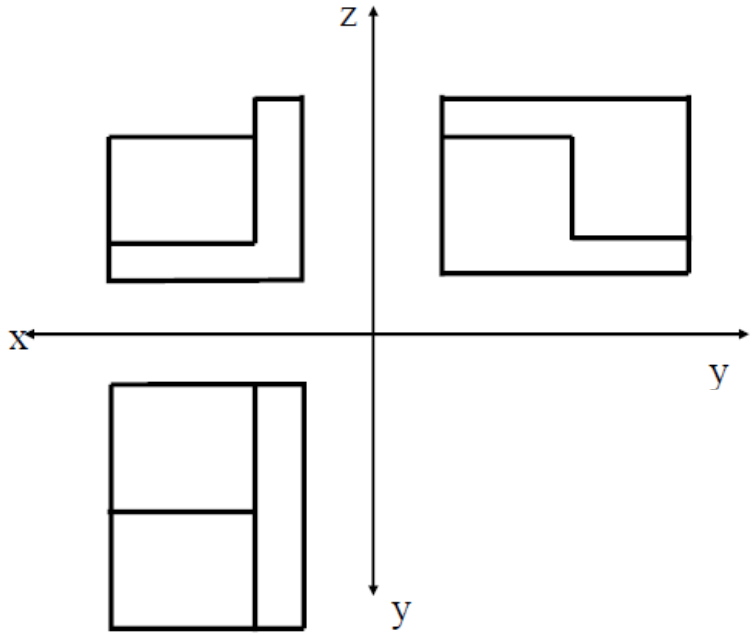

F
3

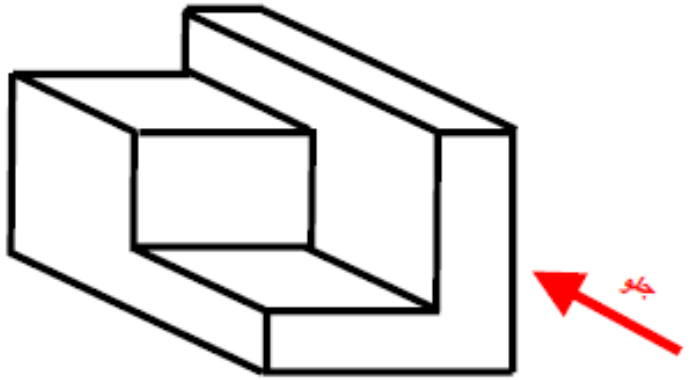


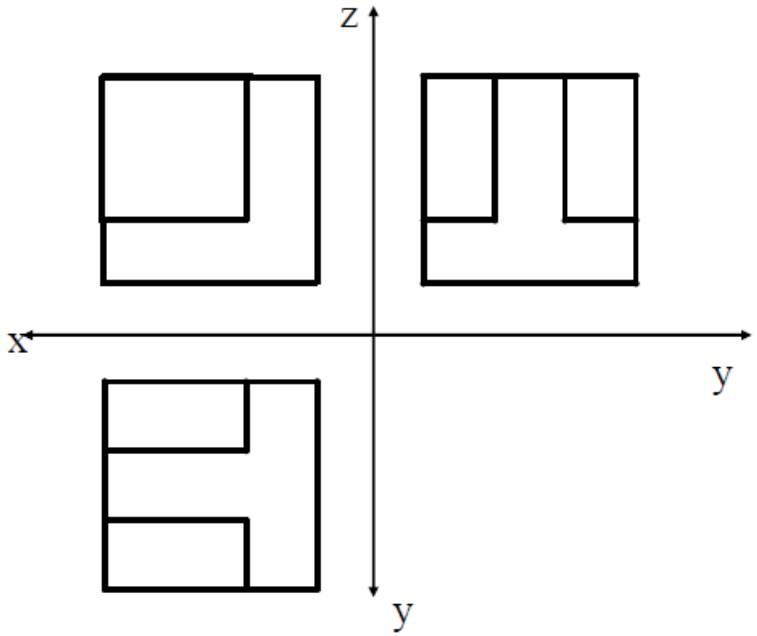


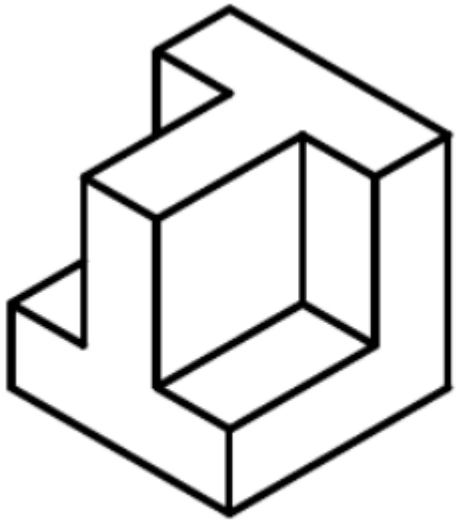

F
4

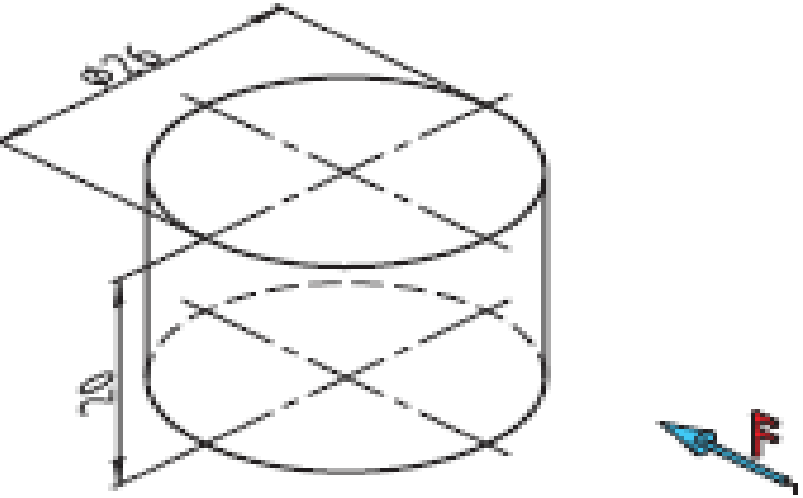


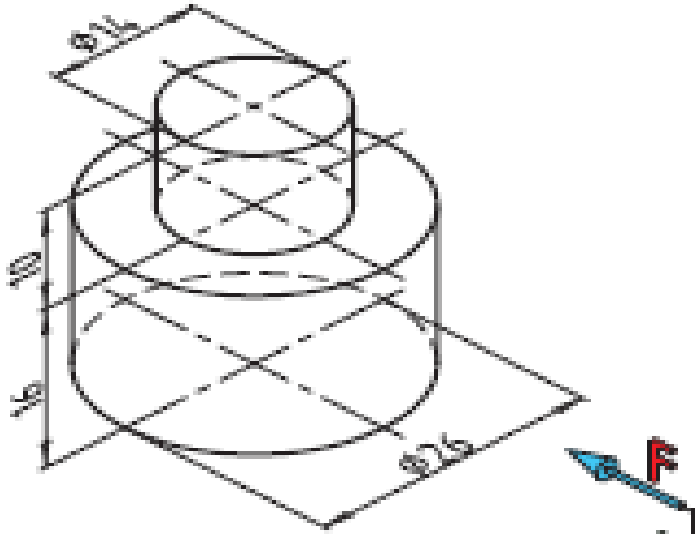

z
x
y
y

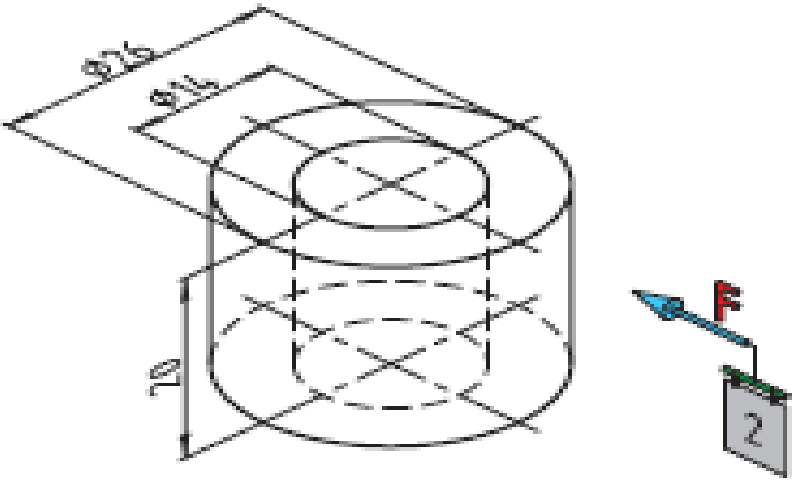


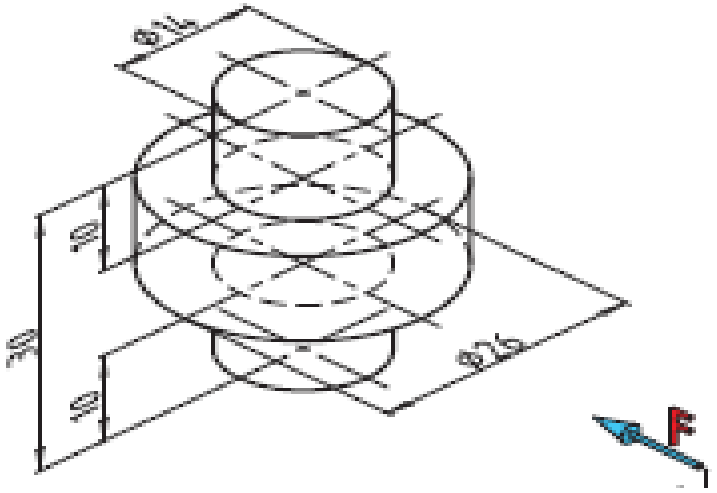

z
x
y
y

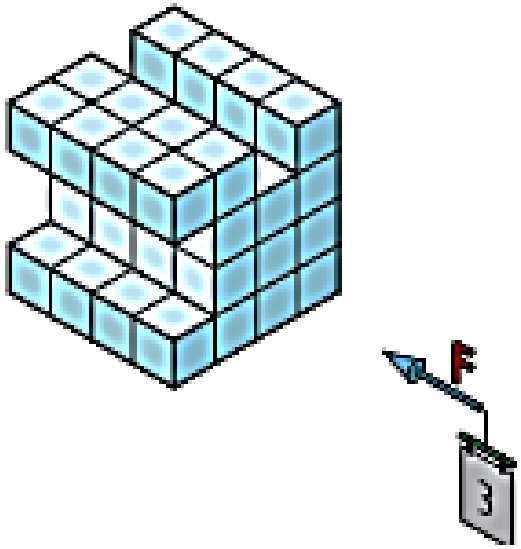


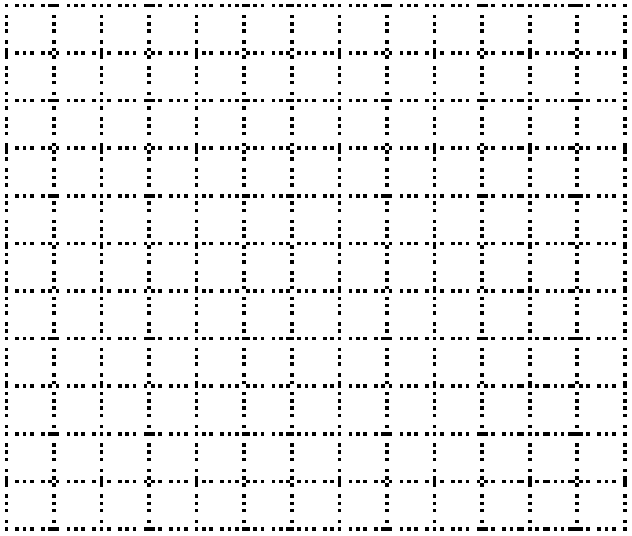

ϕ26
70
F

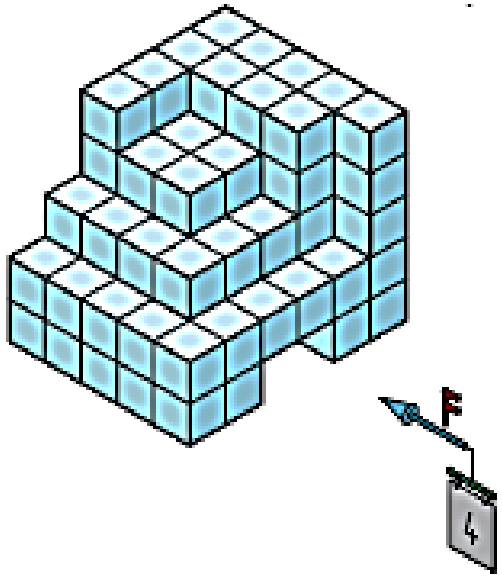

ϕ16
50
50
ϕ26
F

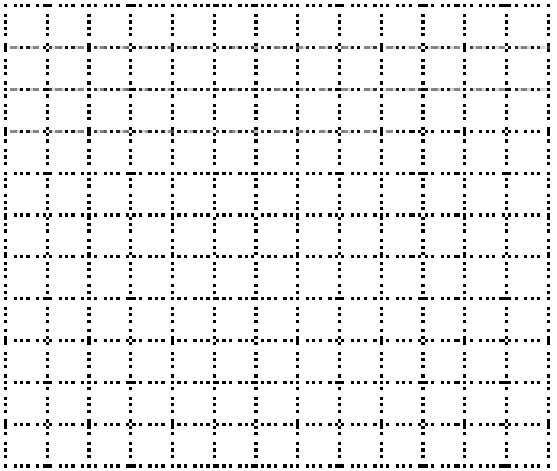

ϕ26
ϕ16
70
F
2

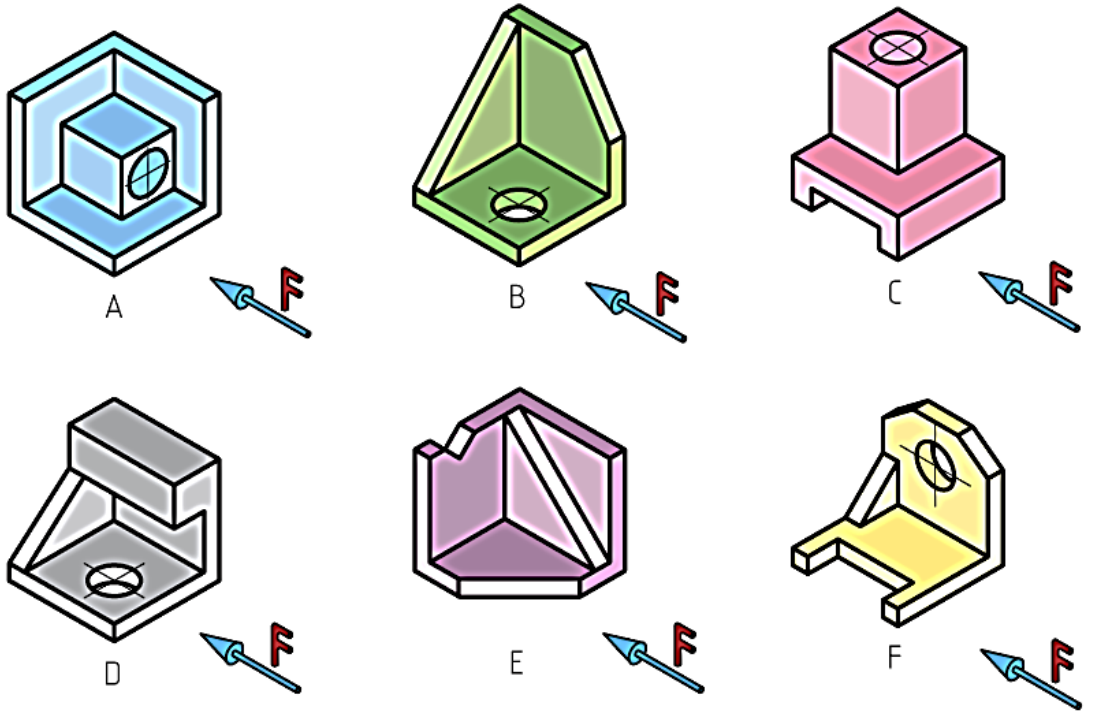

ϕ16
50
50
70
ϕ26
F

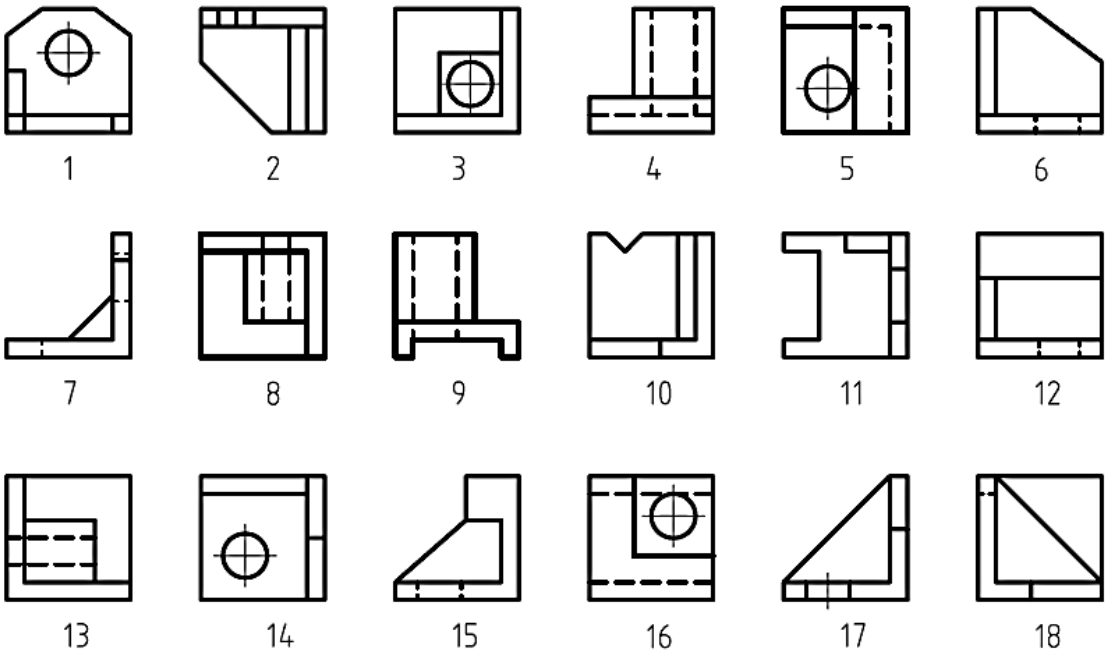

F
3




F
4





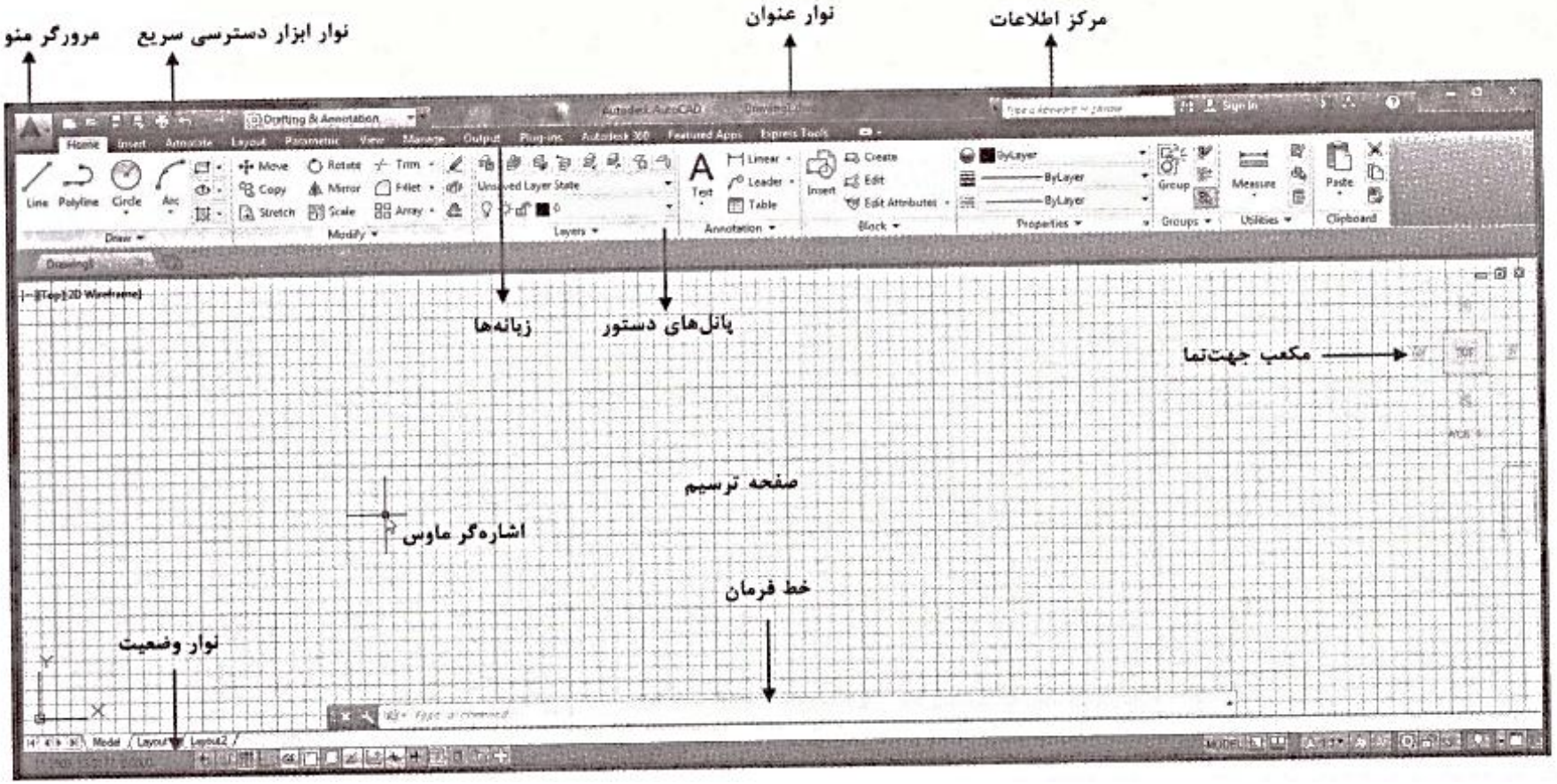

| شماره‌ها / نماها | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| نمای روبه رو | | | | | | |
| نمای بالا | | | | | | |
| نمای جانبی | | | | | | |

# ۱

# الفبای مدل سازی دو بعدی در AutoCAD

# ۱–۱ ورود به محیط دوبعدی AutoCAD

بعد از اجرای نرم‌افزار AutoCAD، محیط دوبعدی آن به طور خودکار نمایان می‌شود که قسمت‌های مختلف آن را می‌توان در شکل ۱–۱ مشاهده کرد.



توضیح کلی هر یک از قسمت‌ها به شرح زیر است:

- **مرورگر منو:** با کلیک روی این آیکن، منویی مطابق شکل ۲-۱ باز می‌شود که در آن می‌توان به دستورهایی همچون Plot، Open، Save as و Save دست یافت. در نوار جست‌وجوی فرمان می‌توان با تایپ کلمه و فشردن کلید <Enter> به فهرستی از دستورهای مرتبط با آن کلمه دست یافت که با کلیک بر روی هر دستور می‌توان آن را اجرا کرد.
- **نوارابزار دسترسی سریع:** به کمک این نوارابزار می‌توان به دستورهای پرکاربردی همچون ایجاد فایل جدید (New)، باز کردن فایل (Open)، ذخیره کردن فایل (Save)، چاپ کردن (Plot) و لغو یا عدم لغو دستورها (Undo/Redo) دسترسی سریع داشت.
- **نوار عنوان:** در این نوار، نام برنامه، نسخه آن و همچنین نام فایل در حال نمایش، نشان داده می‌شود.
- **مرکز اطلاعات:** مرکزی سریع برای جست‌وجوی اطلاعات و راهنمایی کاربر است.
- **پانل:** مجموعه‌ای از دستورهای مرتبط در یک پانل قرار دارد؛ مثلاً در پانل Draw مجموعه دستورهای ترسیمی قرار دارد.
- **زبانه:** در هر زبانه، مجموعه پانل‌های مرتبط قرار دارد.
- **خط فرمان:** در این قسمت می‌توان با تایپ نام دستور، دستور مورد نظر را اجرا کرد. یکی از مزیت‌های نرم‌افزار AutoCAD نسبت به سایر نرم‌افزارها، این است که علاوه بر آیکن، به کمک خط فرمان نیز می‌توان دستورها را با تایپ کردن نام آن‌ها و فشردن کلید <Enter> اجرا کرد.
- **نوار وضعیت:** در سمت چپ این نوار، مختصات مکان قرارگیری اشاره‌گر ماوس در صفحه ترسیم در هر لحظه نشان داده می‌شود. در قسمت وسط و سمت چپ آیکن‌هایی قرار دارند که شما را در ترسیم سریع‌تر و آسان‌تر شکل‌ها یاری می‌کنند. عملکرد بعضی از آن‌ها را در بخش‌های آتی توضیح خواهیم داد.
- **مکعب جهت‌نما:** این مکعب برای حالت سه‌بعدی کاربرد دارد و به کمک آن می‌توان مدل سه‌بعدی ترسیم‌شده را از راستاهای مختلف مشاهده کرد.

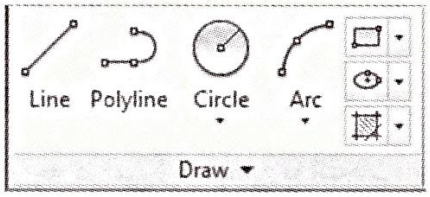
شکل ۲-۱

## ۱-۲ دستورهای کاربردی AutoCAD

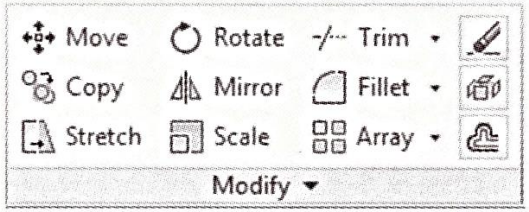
همان طور که می‌دانید، قابلیت‌ها و دستورهای این نرم‌افزار بسیار متنوع است؛ لذا با توجه به محدودیت صفحات کتاب حاضر، فقط دستورهایی را که برای ترسیم شکل‌های دوبعدی در این کتاب لازم داریم آموزش می‌دهیم. برای آشنایی با سایر دستورها و تسلط کافی برای ترسیم شکل‌ها به کتاب «خودآموز کامل AutoCAD» از مجموعه کتاب‌های مثلث نارنجی انتشارات آفرنگ رجوع کنید.

در اینجا با پانل‌های زیر به صورت کاربردی آشنا می‌شوید:

- **Draw:** در این پانل با دستورهای Line، Polyline، Rectangle و Circle آشنا می‌شوید (شکل ۳-۱).
- **Modify:** در این پانل با دستورهای Trim، Move و Copy آشنا می‌شوید (شکل ۴-۱).




شکل ۳-۱




شکل ۴-۱

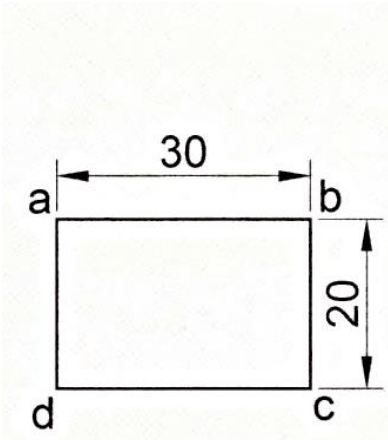
- با چرخاندن غلتک میانی ماوس در یک جهت، عمل بزرگنمایی نقشه موجود در صفحه ترسیم (Zoom) و با چرخاندن در جهت مخالف، عمل عکس آن صورت می‌گیرد. همچنین اگر غلتک ماوس را فشار دهید و آن را نگه دارید، با حرکت ماوس، نقشه ترسیمی نیز جابه‌جا می‌شود؛ بنابراین اگر بخشی از نقشه یا کل آن از صفحه ترسیم خارج شده باشد، با این کار می‌توانید آن را وارد صفحه ترسیم کنید.

### ۱-۲-۱ دستور Line

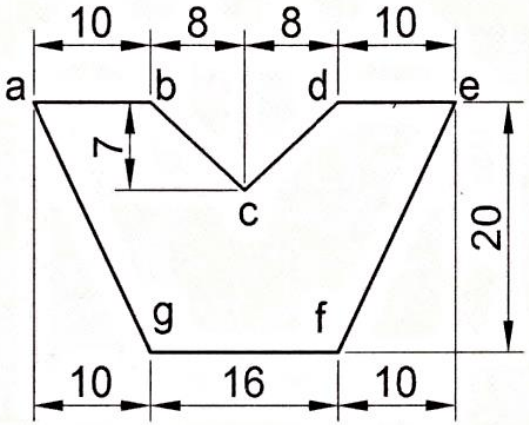
به کمک این دستور می‌توان خط ترسیم کرد. موقعیت این دستور را می‌توان در شکل ۳-۱ مشاهده کرد. برای ترسیم خط کافی است بعد از اجرای دستور در دو نقطه دلخواه کلیک کنید تا بین آن‌ها خط ترسیم شود. برای درک بهتر این دستور مثال زیر را دنبال کنید.

مثال ۱

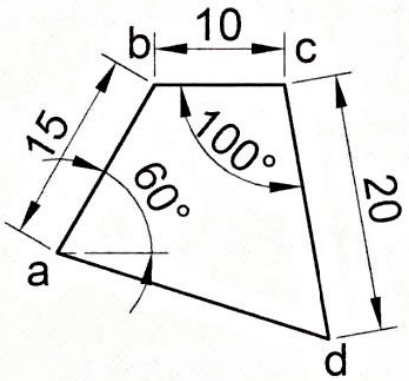
**مثال ۱-۱:** شکل‌های ۵-۱ تا ۷-۱ را به کمک دستور Line ترسیم نمایید.




شکل ۵-۱




شکل ۶-۱




شکل ۷-۱

مختصات قطبی

مختصات کارتزین

ORTHOMODE(F8)

زاویه Tab اندازه

X , Y

خروج از رسم شکل: Esc

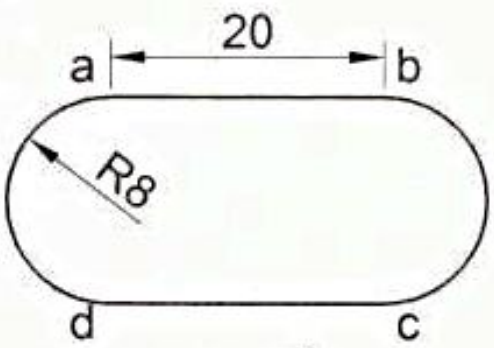
در ترسیم نقشه‌ها، گاهی اوقات باید بعضی از شکل‌ها را از صفحه ترسیم حذف کنیم. برای حذف یک شکل کافی است روی شکل مورد نظر کلیک کنید (در این صورت خطوط رسم‌شده به صورت خط‌چین و همراه با مربع‌های آبی‌رنگ دیده می‌شوند)، سپس کلید <Delete> را از صفحه‌کلید فشار دهید. به این ترتیب شکل انتخابی حذف خواهد شد. برای حذف چند شکل به صورت همزمان می‌توان با کلیک کردن در یک نقطه و حرکت ماوس یک کادر مستطیلی باز کرد. سپس در نقطه دیگری کلیک کنید، به طوری که شکل‌ها درون کادر قرار بگیرند. حال با فشردن کلید <Delete> از صفحه‌کلید، شکل‌های درون کادر از صفحه ترسیم حذف می‌شوند.

## ۱-۲-۲ دستور Polyline یا Pline

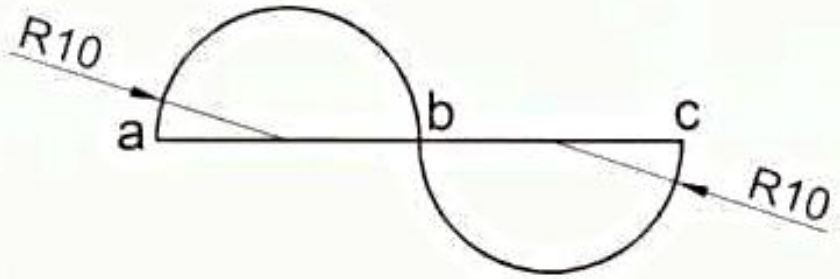
به کمک دستور Polyline (خط مرکب) می‌توان علاوه بر ترسیم خط، در ادامه آن کمان نیز رسم کرد و بر خلاف دستور Line، کل شکل به صورت یکپارچه در می‌آید. یعنی با انتخاب یک جزء از شکل، کل آن انتخاب می‌شود یا با حذف یک جزء، کل شکل حذف می‌شود. موقعیت این دستور را می‌توان در شکل ۳-۱ مشاهده کرد.

مثال ۲

**مثال ۲-۱:** شکل‌های ۸-۱ و ۹-۱ را به کمک دستور Polyline ترسیم کنید.



شکل ۸-۱



شکل ۹-۱

Arc(A)+ORTHOMODE

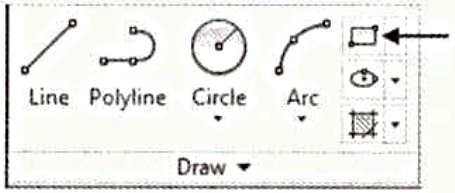
Line (L)

Direction (D)+ زاویه

## ۱-۲-۳ دستور Rectangle

به کمک این دستور می‌توان مستطیل ترسیم کرد. موقعیت این دستور در شکل ۱۰-۱ مشخص است. برای رسم مستطیل می‌توان بعد از اجرای دستور Rectangle، در دو نقطه کلیک کنید یا ابتدا در یک نقطه کلیک نمایید و سپس طول و عرض مستطیل را به صورت x,y (x مقدار طول و y مقدار عرض) از طریق صفحه کلید وارد نمایید. فرق مستطیلی که با دستور Rectangle رسم شود با مستطیلی که با دستور Line رسم شود در این است که شکل به‌دست‌آمده از دستور Rectangle به صورت یکپارچه خواهد بود.

X , Y




## ۱-۲-۴ دستور Circle

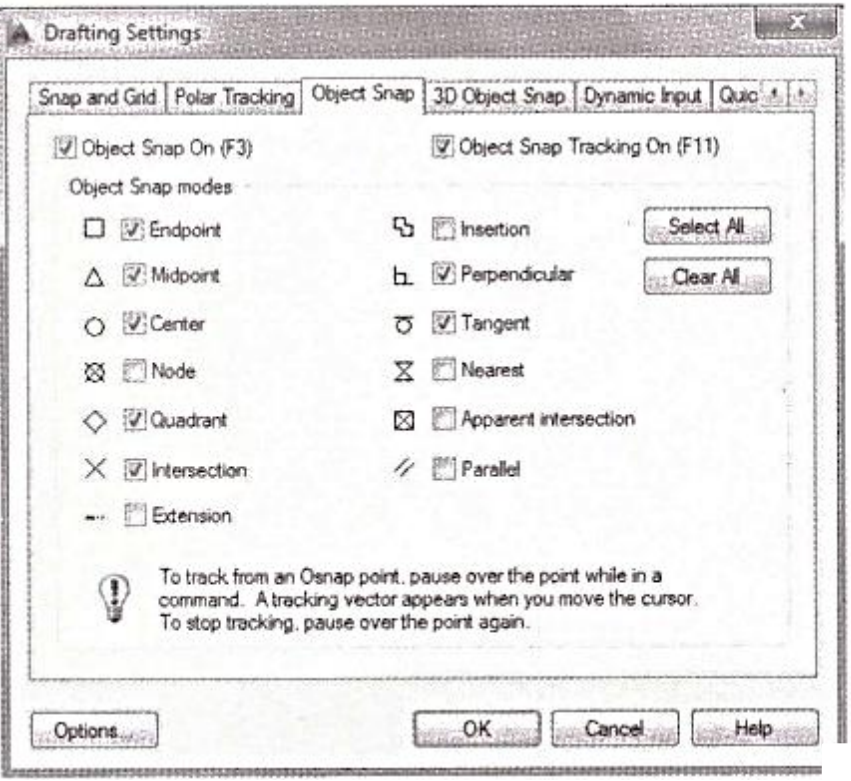
به کمک این دستور می‌توان به شش روش مختلف، دایره مورد نظر را ترسیم کرد. موقعیت این دستور را می‌توان در شکل ۱۰-۱ مشاهده کرد. برای مشاهده شش روش کافی است، مطابق شکل ۱۱-۱، روی علامت فلشِ زیر آیکن دایره کلیک کنید.

## ۱-۲-۵ دستور Object Snap

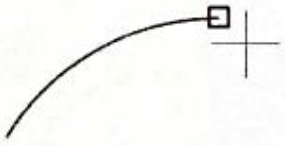
در نوار وضعیت مطابق شکل ۱۲-۱ آیکن با عنوان Object Snap (گیره جسم) قرار دارد که از آن برای انتخاب نقاط خاص (مثل نقاط انتهایی خط، مرکز دایره یا کمان، نقطه میانی یک خط و ... ) کمک گرفته می‌شود.

شکل ۱۲-۱

فرض کنید می‌خواهید از مرکز یک دایره، خطی رسم کنید. اگر مختصات مرکز دایره را ندانید، هر مقدار هم که به ظاهر، نزدیک مرکز دایره کلیک کنید، با بزرگنمایی مشخص می‌شود که نقطه شما از مرکز فاصله دارد. AutoCAD برای حل این مشکل، گزینه Object Snap (گیره جسم) را در اختیار کاربر قرار می‌دهد تا بتواند به‌راحتی و به طور کاملاً دقیق این نقاط خاص را انتخاب کند. برای هر نقطه خاص، گیره خاصی در نظر گرفته شده است. به کمک این گزینه می‌توانید گیره‌های موردنظر خود را انتخاب و امکان استفاده از گیره‌ها را به صورت دائمی فعال کنید. برای فعال کردن گیره‌های مورد نظرتان، کافی است روی آیکن کلیک راست کنید و از منوی بازشده روی گزینه ...Settings کلیک نمایید. به این ترتیب پنجره‌ای مطابق شکل ۱۳-۱ باز می‌شود. توصیه می کنیم گیره‌های زیر را که پرکاربردتر می‌باشند، فعال نمایید و در انتها روی دکمه OK کلیک کنید:

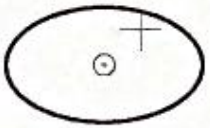


- **Endpoint (نقطه انتهایی):** از این گیره برای انتخاب نقطه انتهایی خط و کمان استفاده می‌شود. همان طور که در شکل ۱۴-۱ می‌بینید، علامت این گیره یک مربع است که با نزدیک شدن به نقاط انتهایی ظاهر می‌شود.
- **Midpoint (نقطه میانی):** به کمک این گیره می‌توان نقطه میانی خطوط مستقیم یا کمان را انتخاب کرد. همان طور که در شکل ۱۵-۱ می‌بینید، علامت این گیره یک مثلث است که با نزدیک شدن به نقطه میانی ظاهر می‌شود.
- **Center (نقطه مرکز):** به کمک این گیره، می‌توانید مرکز دایره، کمان و بیضی را به طور دقیق تعیین کنید. همان طور که در شکل ۱۶-۱ می‌بینید، علامت این گیره یک به‌علاوه است که با نزدیک شدن به محیط دایره ظاهر می‌شود.
- **Quadrant (نقطه ربع):** منظور از نقاط ربع، نقاطی می‌باشند که در زوایای ۰، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ درجه قرار گرفته‌اند. نقاط ربع در شکل ۱۷-۱ برای دایره، نشان داده شده‌اند. به کمک این گیره، می‌توان نقاط ربع دایره را به طور دقیق تعیین کرد. همان طور که در شکل ۱۸-۱ می‌بینید، علامت این گیره یک لوزی است.
- **Intersection (نقطه تقاطع):** به کمک این گیره می‌توان محل دقیق نقطه تلاقی دو شکل اعم از خط، دایره، کمان و ... را یافت. همان طور که در شکل ۱۹-۱ می‌بینید، علامت این گیره یک ضرب‌در است.
- **Perpendicular (نقطه پای عمود):** به کمک این گیره می‌توانید به‌راحتی نقطه پای عمود خط بر خط یا خط بر دایره را پیدا کنید. همان طور که در شکل ۲۰-۱ می‌بینید، علامت این گیره نماد ⊾ است.
- **Tangent (نقطه مماس):** به کمک این گیره می‌توانید به‌راحتی یک خط را بر دایره یا کمان مورد نظر مماس کنید. همان طور که در شکل ۲۱-۱ می‌بینید، علامت این گیره یک دایره است که خطی بر آن مماس شده است.



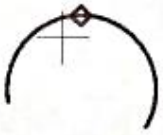
شکل ۱۴-۱

شکل ۱۵-۱

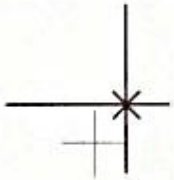


شکل ۱۶-۱

شکل ۱۷-۱



شکل ۱۸-۱



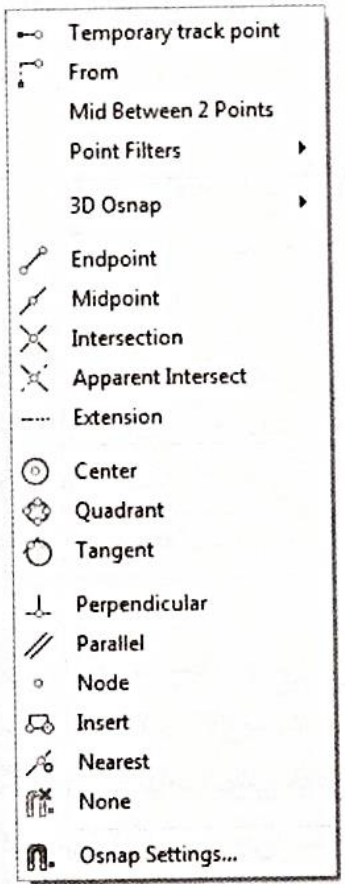
شکل ۱۹-۱

شکل ۲۰-۱

شکل ۲۱-۱

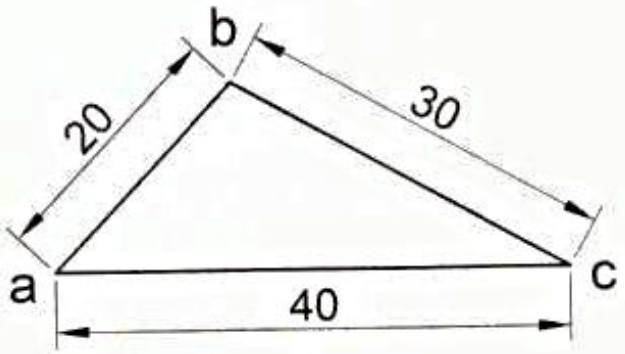
برای مشاهده عملکرد هر گیره باید قبل از آن دستور ترسیمی اجرا شده باشد تا با نزدیک کردن ماوس به ترسیم‌های موجود، گیره مورد نظر نمایان شود.

گاهی اوقات به علت فعال بودن چند گیره، نمی‌توانید از گیره مورد نظرتان استفاده کنید؛ این اتفاق بیشتر برای گیره نقطه مماس می‌افتد. در این موارد لازم است گیره مورد نظر را یک بار دیگر به صورت موقت فراخوانی کنید. برای این کار با نگه داشتن کلید <Shift> و کلیک راست، منوی شکل ۲۲-۱ باز می‌شود و می‌توانید گیره مورد نظرتان را انتخاب کنید تا برای چند لحظه فقط آن گیره عمل کند.

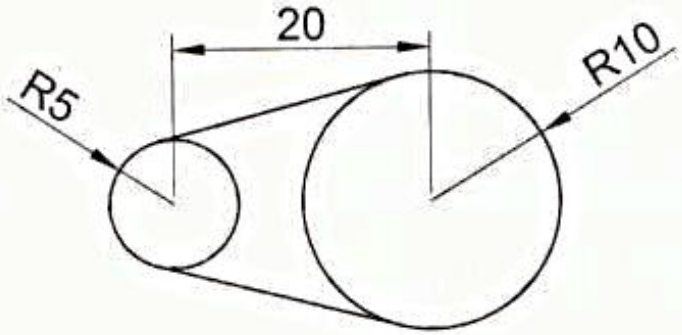


مثال ۳

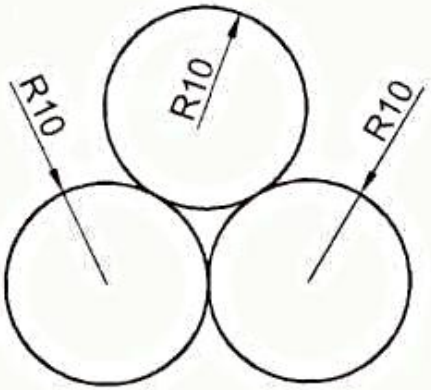
**مثال ۳-۱:** با فعال بودن آیکن (▣) شکل‌های ۲۳-۱ تا ۲۶-۱ را ترسیم کنید.



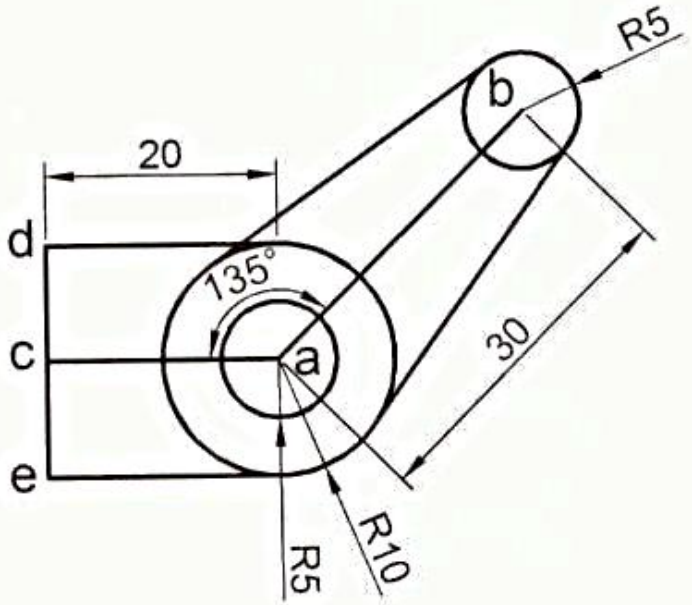

شکل ۲۳-۱




شکل ۲۴-۱



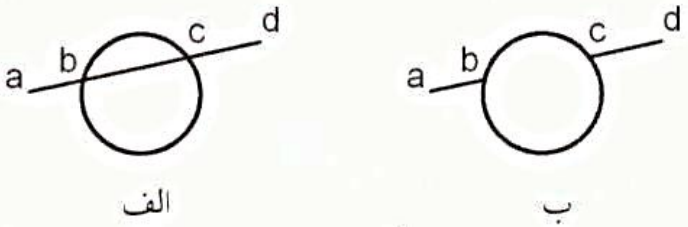

شکل ۲۵-۱




شکل ۲۶-۱

## ۱-۲-۶ دستور Trim

دستور Trim (برش) درپانل Modify قرار دارد که در شکل ۴-۱ نشان داده شده است. این دستور برای برش قسمتی از شکل توسط شکل‌های دیگر به کار می‌رود. فرض کنید می‌خواهید بخش bc از خط ad را از شکل ۲۷-۱الف حذف کنید. برای این کار کافی است بعد از کلیک روی آیکن Trim ...، کلید <Enter> را فشار دهید و سپس روی بخش bc کلیک کنید. به این ترتیب شکل ۲۷-۱ب حاصل می‌شود. این دستور در رسم نقشه‌ها کاربرد فراوانی دارد.




الف ب

Trim+Enter+انتخاب

## ۱-۲-۷ دستور Move

موقعیت این دستور در پانل Modify قرار دارد که در شکل ۴-۱ نشان داده شده است. از این دستور برای جابه‌جا کردن شکل‌ها استفاده می‌شود. برای جابه‌جایی یک شکل ابتدا دستور Move (جابه‌جا کردن) را اجرا و سپس شکل مورد نظر را انتخاب کنید و به دنبال آن کلید <Enter> را فشار دهید؛ سپس در دو نقطه کلیک کنید. به این ترتیب شکل انتخابی در راستای خط واصل بین این دو نقطه و به اندازه فاصله بین آن‌ها جابه‌جا می‌شود.

move+انتخاب+Enter+تعیین دو نقطه

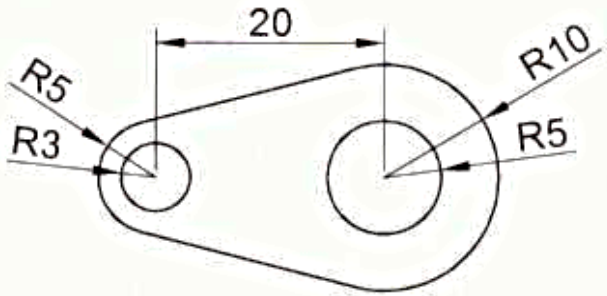
## ۱-۲-۸ دستور Copy

موقعیت این دستور درپانل Modify قرار دارد که در شکل ۴-۱ نشان داده شده است. به کمک دستور Copy (کپی کردن) می‌توان شکل‌های انتخابی را به تعداد دلخواه و در مکان‌های متفاوت کپی کرد. نحوه اجرای این دستور مشابه با دستور Move است.

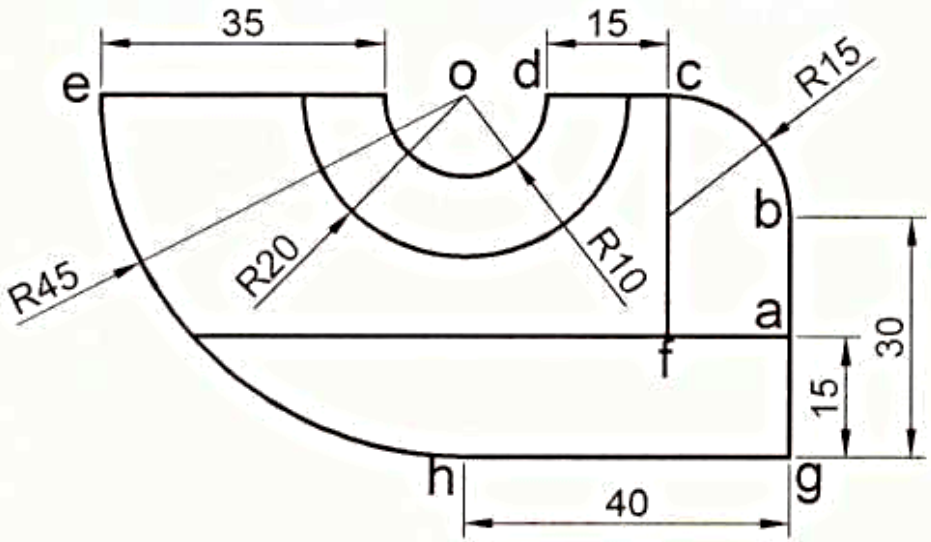
copy+انتخاب+Enter+تعیین دو نقطه

مثال ۴

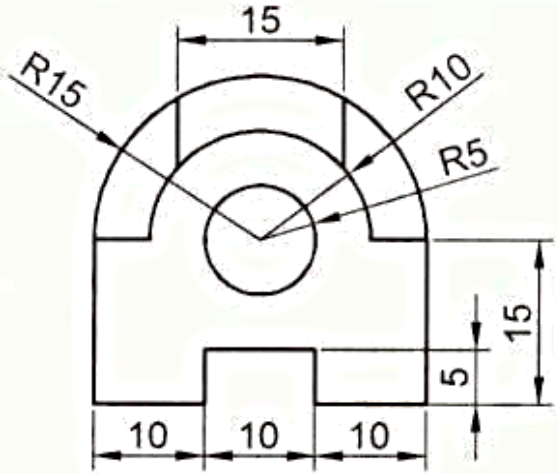
**مثال ۴-۱:** شکل‌های ۲۸-۱ تا ۳۱-۱ را ترسیم کنید.



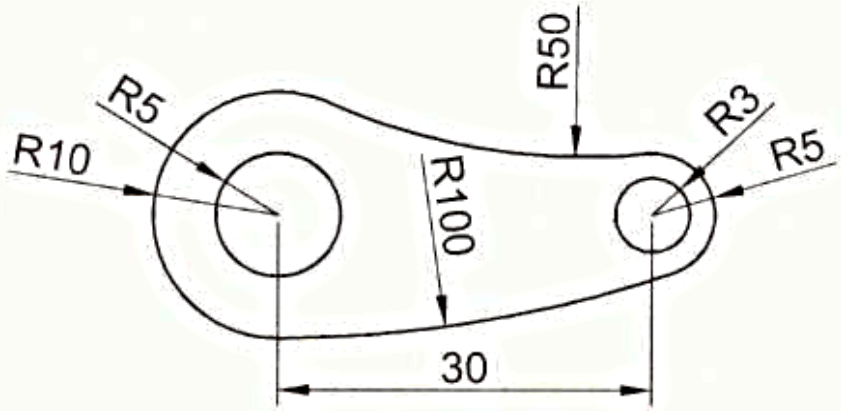

شکل ۲۸-۱




شکل ۲۹-۱



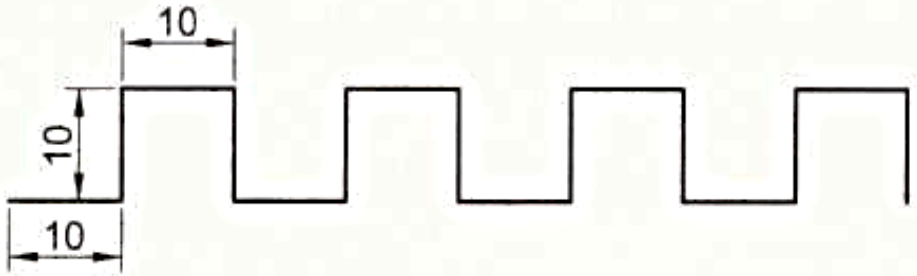

شکل ۳۰-۱




شکل ۳۱-۱

مثال ۵

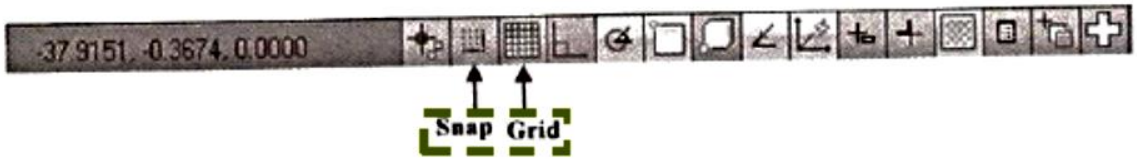
**مثال ۵-۱:** شکل ۳۲-۱ را ترسیم کنید.



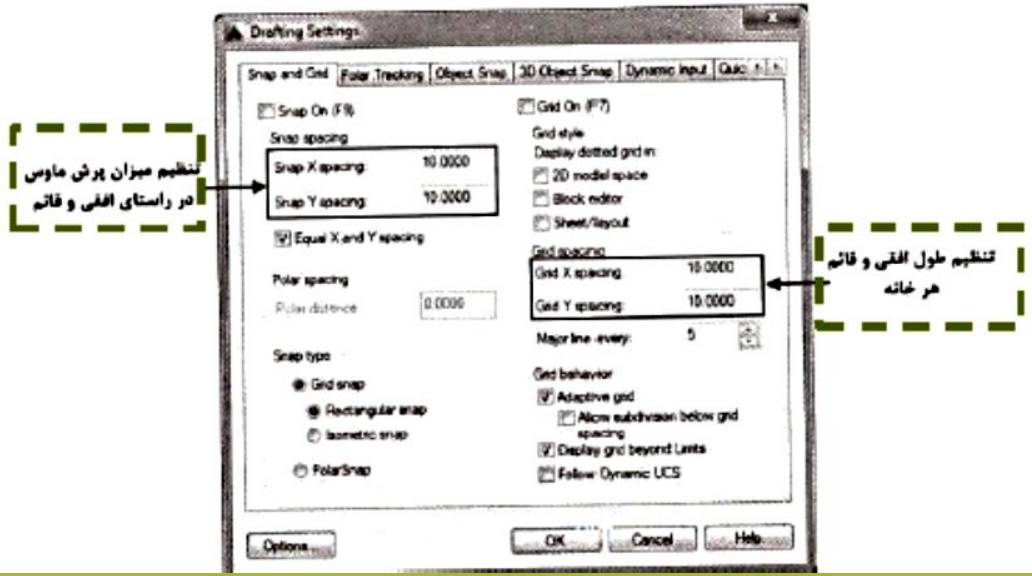

شکل ۳۲-۱

# ۱-۳ استفاده از صفحه شطرنجی AutoCAD

همان طور که قبلاً در شکل ۱-۱ مشاهده کردید، صفحه ترسیم AutoCAD در حالت پیش فرض به صورت شطرنجی است که به کمک آن می‌توان نقشه‌های صنعتی را با سهولت و سرعت بیشتری ترسیم کرد. برای کنترل ابعاد و حرکت ماوس در خانه‌های شطرنجی، از دو آیکن Grid و Snap که در نوار وضعیت قرار دارند، استفاده می‌شود(شکل ۳۳-۱). توسط آیکن Grid می‌توان شبکه‌ای از نقاط را با فاصله قابل تنظیم، در صفحه ترسیم ایجاد کرد. همچنین آیکن Snap برای پرش‌دار کردن حرکت ماوس، با میزان پرش قابل تنظیم، استفاده می‌شود. میزان پرش را طوری می‌توان تنظیم کرد که اشاره‌گر ماوس فقط روی نقاط شبکه سکون داشته باشد، در این صورت طول پرش باید برابر طول یک خانه شطرنجی باشد.

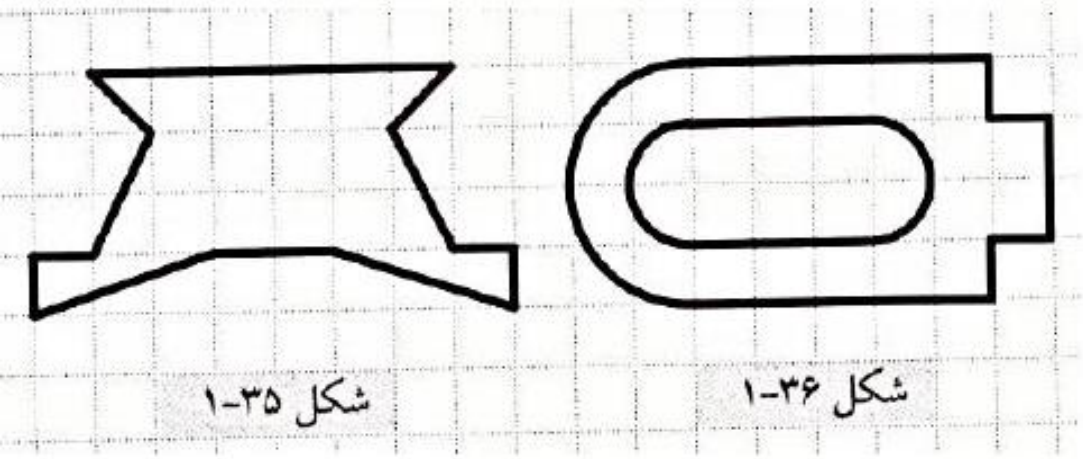



برای تنظیم طول هر خانه و میزان پرش ماوس، روی یکی از آیکن‌های Grid یا Snap کلیک راست کنید و از منوی بازشده روی گزینه Settings کلیک نمایید؛ به این ترتیب منویی مطابق شکل ۳۴-۱ باز می‌شود. در قسمت Grid spacing طول ضلع افقی و قائم هر خانه شطرنجی تنظیم می‌شود. مقدار x و y را ۱۰ وارد کنید. همچنین در قسمت Snap spacing میزان پرش ماوس در دو راستای x و y تنظیم می‌شود. مقدار هر دو را ۱۰ وارد کنید و سپس روی دکمه OK کلید نمایید؛ به این ترتیب ماوس فقط روی نقاط شبکه سکون خواهد داشت.



مثال ۶

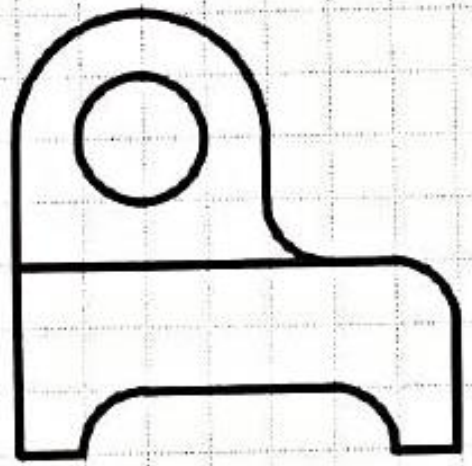
**مثال ۶-۱:** شکل‌های ۳۵-۱ تا ۳۸-۱ را ترسیم کنید (طول هر خانه شطرنجی ۵ واحد است).



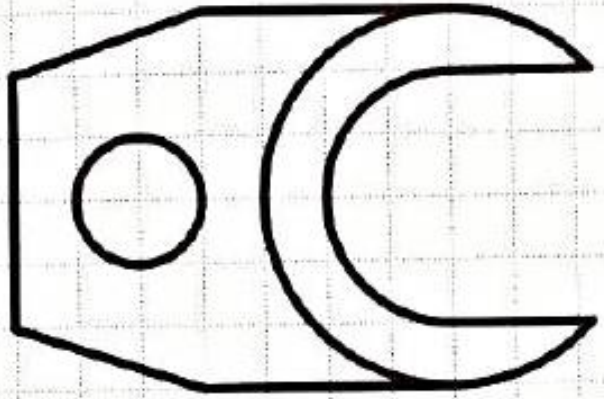
شکل ۳۵-۱



شکل ۳۶-۱



شکل ۳۷-۱



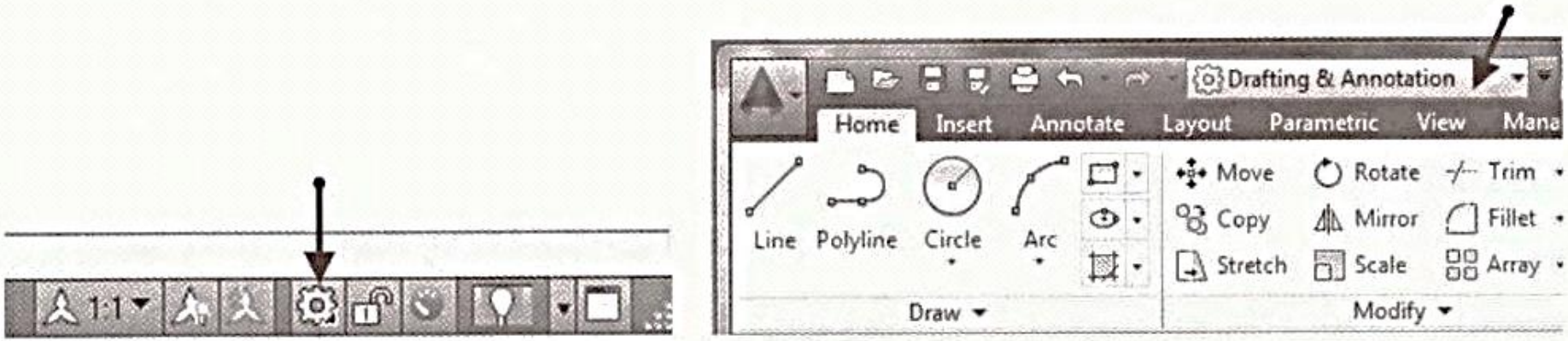
شکل ۳۸-۱

# ۲

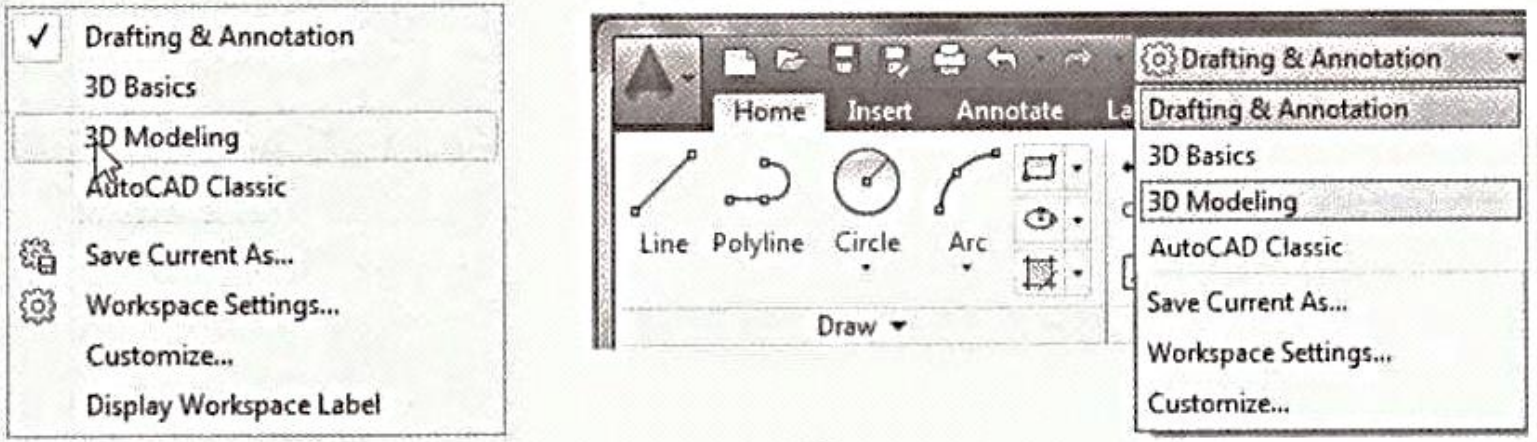
# الفبای مدل سازی سه بعدی در AutoCAD

# ۲–۱ ورود به محیط سه‌بعدی نرم‌افزار AutoCAD

برای ورود به محیط سه‌بعدی نرم‌افزار AutoCAD روی یکی از آیکن‌های محیط کاری (Workspace) که در شکل ۱–۲ نشان داده شده است، کلیک کنید و از منوی بازشده در شکل ۲–۲ گزینه 3D Modeling را انتخاب نمایید. به این ترتیب محیط سه‌بعدی AutoCAD مطابق شکل ۳–۲ به نمایش در می‌آید.




شکل ۱–۲




شکل ۲–۲

## ۲-۲ دستورهای کاربردی محیط سه‌بعدی AutoCAD

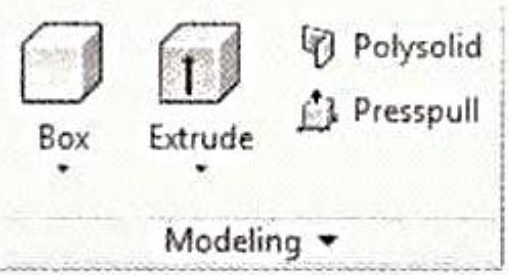
در این بخش با دستورهای کاربردی موجود در چهار پانل Modeling، Solid Editing، View و Coordinates که در زبانه Home قرار دارند، آشنا می‌شوید. توضیح مختصری از هر پانل در ادامه آمده است:

۱- **Modeling**: در این پانل با ترسیم مدل‌های سه‌بعدی اولیه مانند مکعب، استوانه، مخروط و هرم آشنا می‌شوید. همچنین به کمک دستورهایی نظیر Presspull، Extrude، Loft، Revolve و Sweep می‌توان از شکل‌های دوبعدی، مدل‌های سه‌بعدی ساخت (شکل ۴-۲).

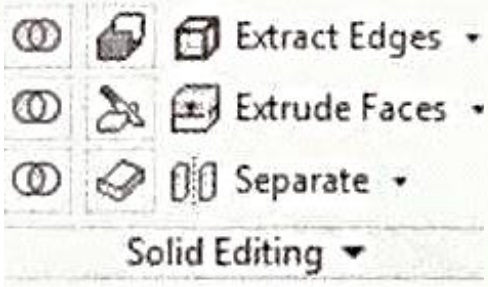
۲- **Solid Editing**: در این پانل با ویرایش، برش و ترکیب و تفاضل مدل‌های سه‌بعدی آشنا می‌شوید (شکل ۵-۲)

۳- **View**: در این پانل با نحوه نمایش مدل سه‌بعدی و نمایش مدل از نماهای مختلف آشنا می‌شوید (شکل ۶-۲).

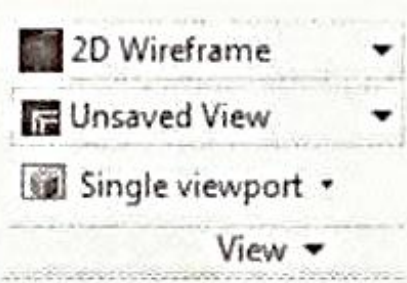
۴- **Coordinates**: در این پانل با تغییر راستای قرارگیری موقعیت دستگاه مختصات آشنا می‌شوید. با توجه به اینکه نرم‌افزار AutoCAD ترسیم‌های دوبعدی را فقط در صفحه افقی xy ترسیم می‌کند، لذا برای ترسیم شکل‌های دوبعدی در صفحاتی که منطبق بر افق نیستند، باید راستای قرارگیری صفحه xy دستگاه مختصات را تغییر داد (شکل ۷-۲).



شکل ۴-۲



شکل ۵-۲



شکل ۶-۲

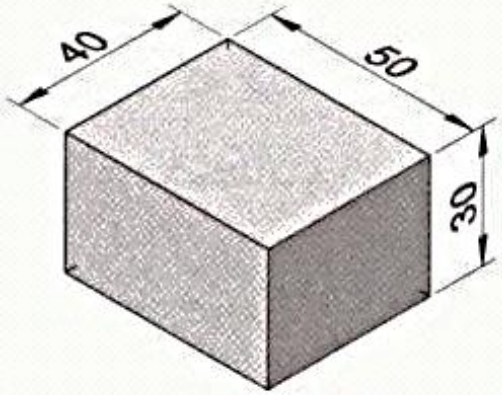
شکل ۷-۲

## ۲-۲-۱ ترسیم مدل‌های سه‌بعدی اولیه

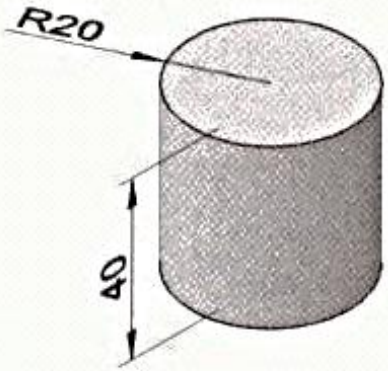
اگر مطابق شکل ۸-۲ روی فلش زیر آیکن Box در پانل Modeling کلیک کنید، منوی مدل‌های سه‌بعدی اولیه را مشاهده خواهید کرد. برای آشنایی با ترسیم آن‌ها مثال ۱-۲ را دنبال کنید.

مثال ۷

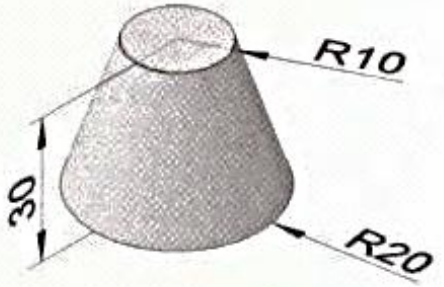
**مثال ۱-۲:** مدل‌های سه‌بعدی موجود در شکل‌های ۹-۲ تا ۱۱-۲ را رسم کنید.



شکل ۹-۲



شکل ۱۰-۲



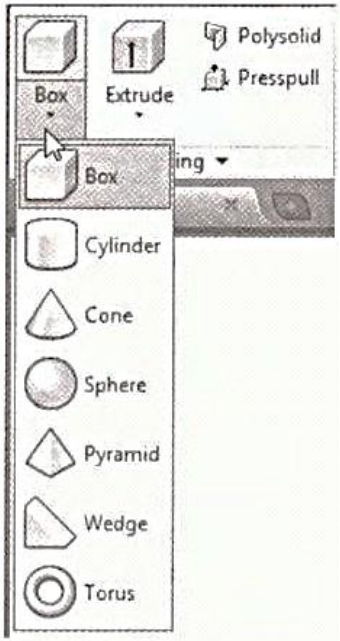
شکل ۱۱-۲

مخروط ناقص:

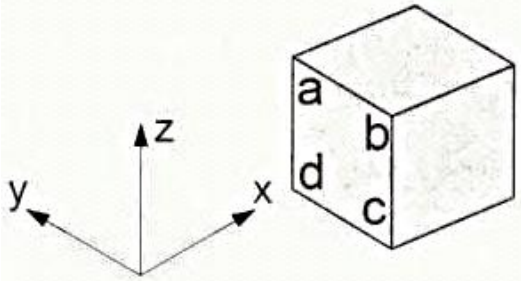
Top radius

## ۲-۲-۲ دستگاه مختصات کاربر پویا

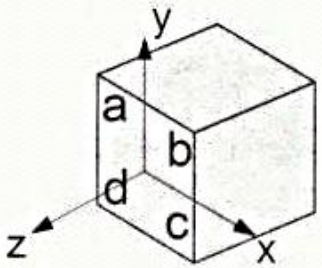
همان طور که در بخش ۲-۲ اشاره کردیم، در AutoCAD، ترسیم شکل‌های دوبعدی و سه‌بعدی فقط در صفحه xy دستگاه مختصات امکان‌پذیر است. مثلاً برای رسم یک استوانه روی وجه abcd مکعب نشان‌داده‌شده در شکل ۱۲-۲الف ابتدا باید صفحه xy دستگاه مختصات را مطابق شکل ۱۲-۲ب روی این وجه قرار دهیم و سپس دستور Cylinder را اجرا کنیم. می‌دانیم انتقال و یا تغییر راستای صفحه xy دستگاه مختصات از طریق پانل Coordinate امکان‌پذیر است؛ اما با توجه به اینکه صفحه‌ای که قرار است ترسیم روی آن انجام شود (در این مثال صفحه abcd)، یکی از صفحات مدل سه‌بعدیِ از قبل رسم‌شده است، لذا از طریق آیکن Dynamic UCS (شکل ۱۳-۲) در پایین صفحه ترسیم می‌توان تغییر راستای دستگاه مختصات را راحت‌تر و سریع‌تر انجام داد. همچنین به کمک کلید <F6> نیز می‌توان این آیکن را فعال و یا غیرفعال کرد. برای آشنایی بیشتر با این آیکن مثال ۲-۲ را دنبال کنید.




شکل ۸-۲

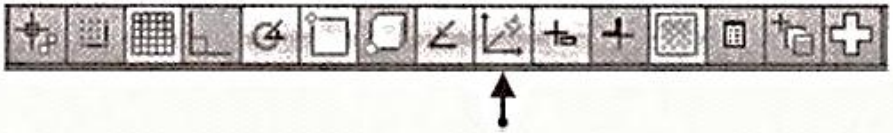



الف



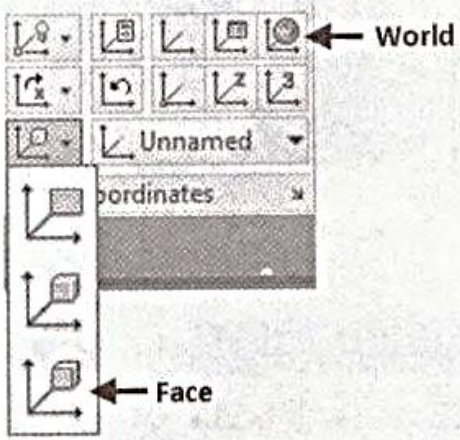

ب

شکل ۱۲-۲



شکل ۱۳-۲

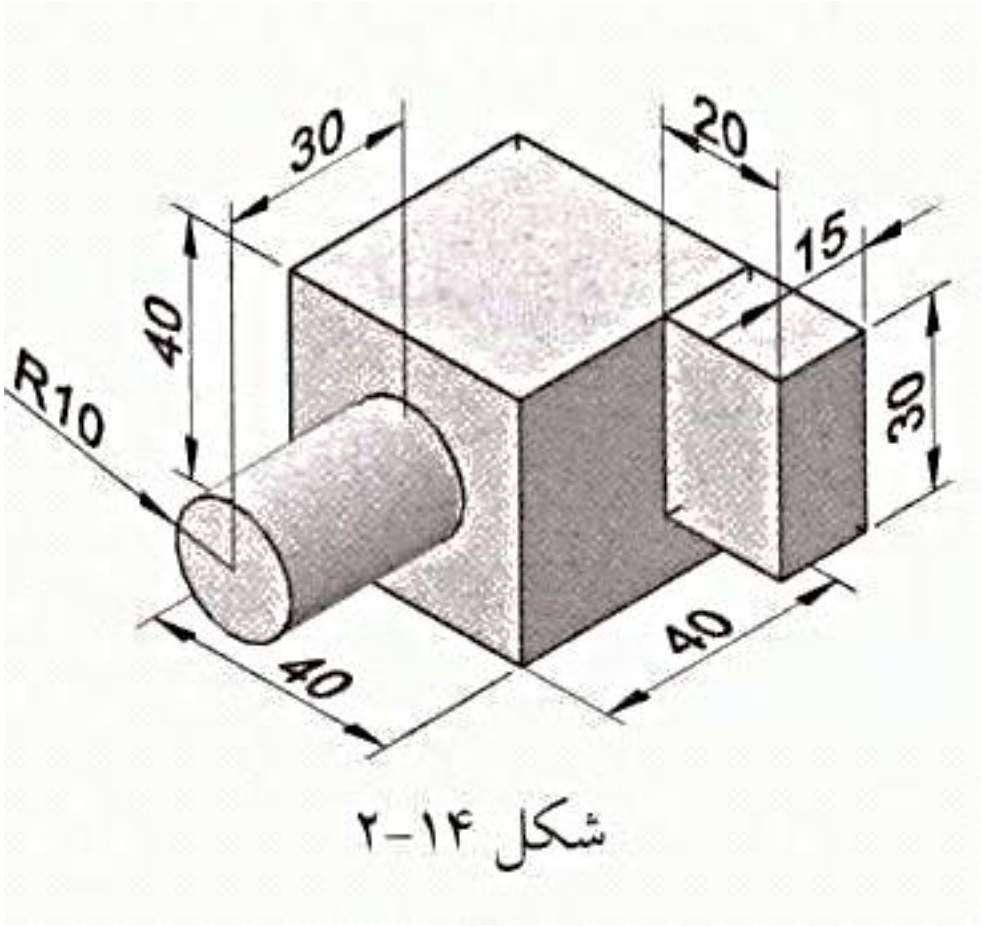
همان طور که در ترسیم شکل ۱۴-۲ ملاحظه کردید، هر چند که می‌توان به کمک آیکن Dynamic UCS، روی هر یک از صفحات جسمی که قبلاً ترسیم شده است، ساخت مدل سه‌بعدی را آغاز کرد ولی جهت محورهای مختصات یا همان دستگاه مختصات روی صفحه مورد نظر نمایش داده نمی‌شود. این امر می‌تواند جهت‌یابی کاربر برای رسم را با مشکل همراه سازد. برای رفع این مشکل می توانید از آیکن Face (شکل ۱۵-۲) از پانل Coordinates استفاده کنید. در این صورت صفحه xy دستگاه مختصات، بر آن صفحه منطبق می‌شود و هر مدل دیگری که از این به بعد ترسیم شود، بر مبنای صفحه xy جدید ترسیم خواهد شد. برای اینکه صفحه xy به همان حالت ابتدایی خود برگردد از آیکن UCS World (شکل ۱۵-۲) استفاده کنید.



شکل ۱۵-۲

مثال ۸

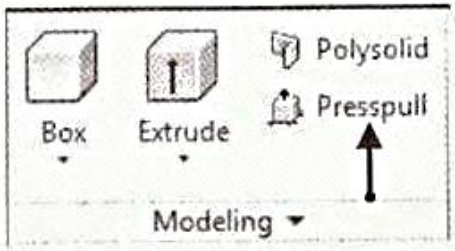
**مثال ۲-۲:** شکل ۱۴-۲ را ترسیم کنید.



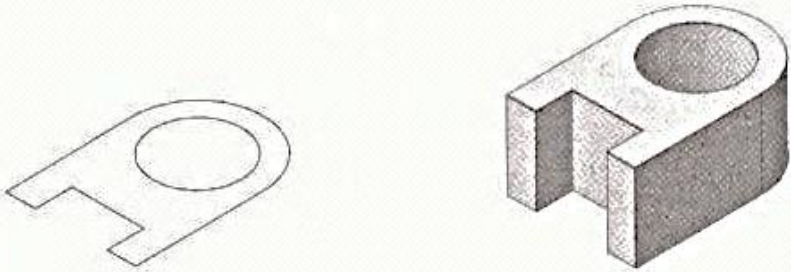

شکل ۱۴-۲

## ۲-۲-۳ دستور Presspull

دستور Presspull (فشار و کشش) را می‌توان در شکل ۲-۱۶ مشاهده کرد. این دستور یکی از قوی‌ترین دستورهای AutoCAD در زمینه مدل‌سازی سه‌بعدی از روی ترسیم‌های دوبعدی است. اثر این دستور را می‌توان در قسمت ب شکل‌های ۲-۱۷ تا ۲-۱۹ مشاهده کرد. شیوه اجرای این دستور به این صورت است که ابتدا ترسیم دوبعدی را به کمک دستورهای دوبعدی موجود در پانل Draw ترسیم می‌کنیم، سپس دستور presspull (فشار و کشش) را اجرا و داخل ترسیم دوبعدی کلیک می‌نماییم؛ با حرکت ماوس به سمت بالا یا پایین مدل سه‌بعدی شکل می‌گیرد که می‌توان برای تعیین ارتفاع مورد نظر در یک نقطه دلخواه کلیک کرد و یا اندازه ارتفاع مدل را وارد نمود و کلید <Enter> را فشار داد.

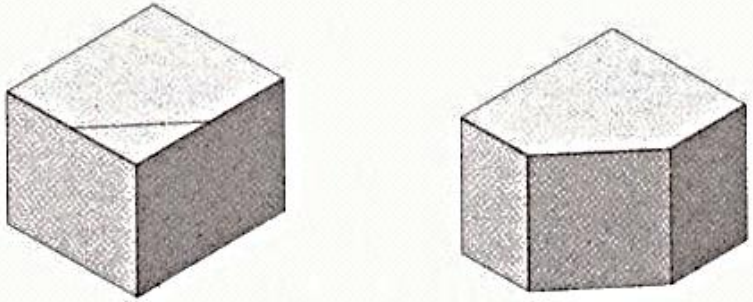



شکل ۲-۱۶



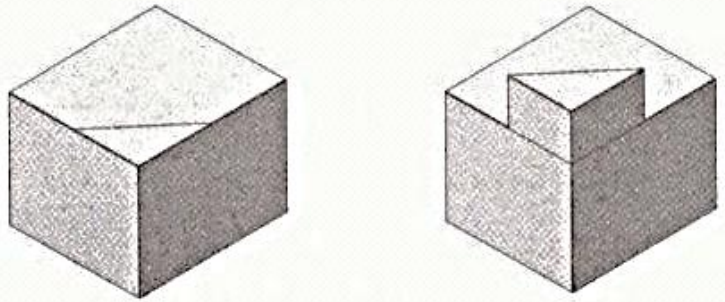
الف ب

شکل ۲-۱۷



الف ب

شکل ۲-۱۸

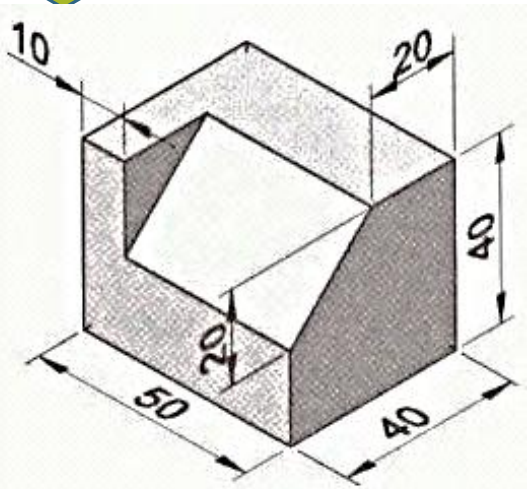


الف ب

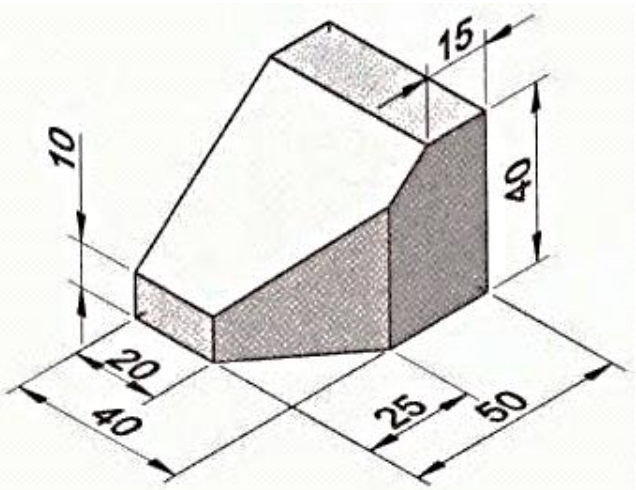
شکل ۲-۱۹

مثال ۹

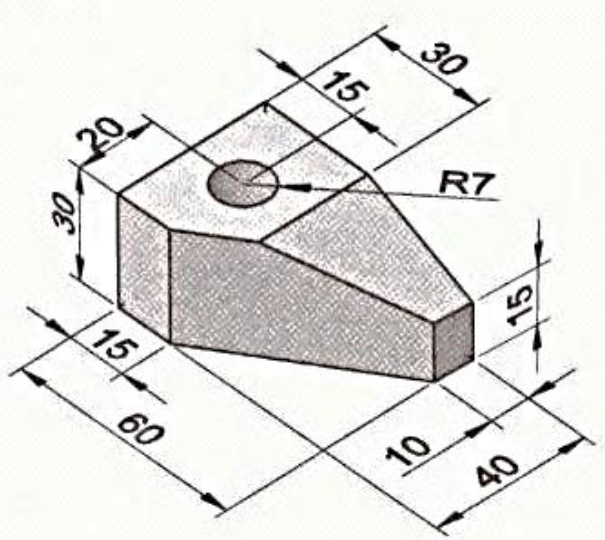
**مثال ۳-۲:** مدل‌های سه‌بعدی موجود در شکل‌های ۲۰-۲ تا ۲۳-۲ را ترسیم نمایید.



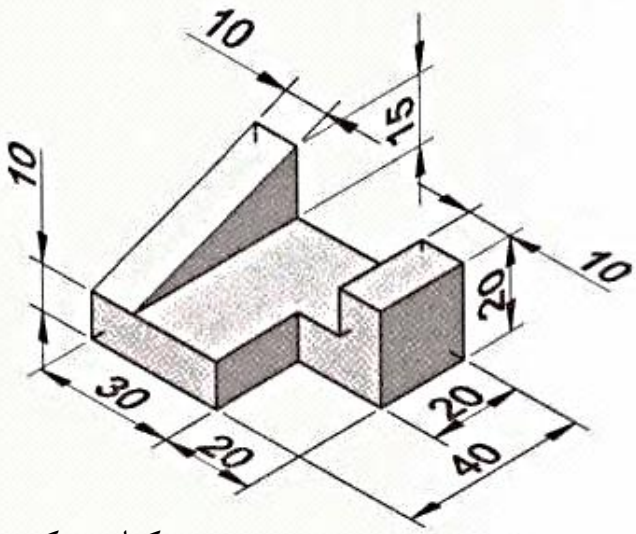

شکل ۲۰-۲




شکل ۲۱-۲




شکل ۲۲-۲



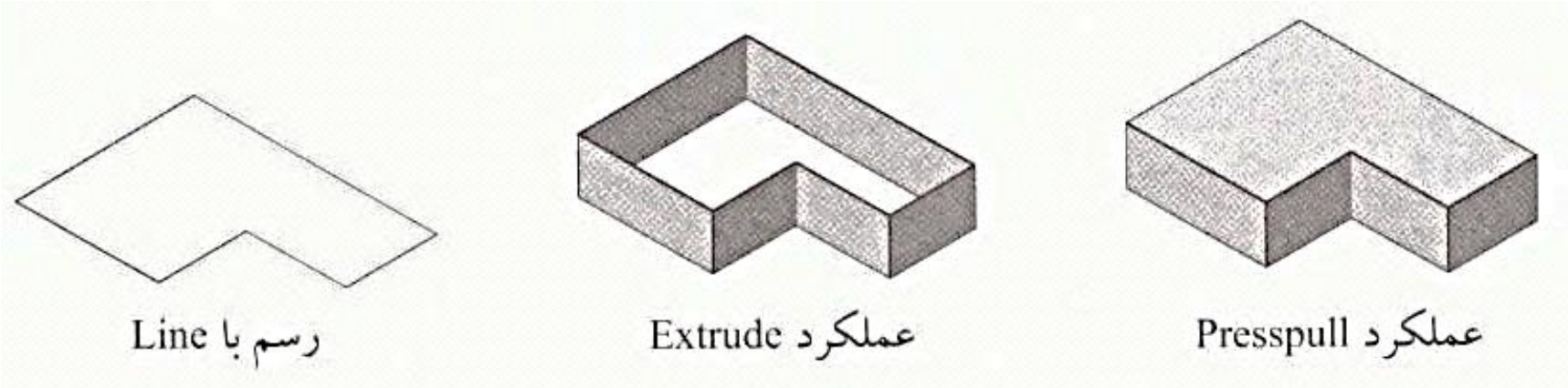

شکل ۲۳-۲

یکپارچه کردن شکل:
Solid/union

## ۴-۲-۲ دستور Extrude

دستور Extrude نیز در پانل Modeling قرار دارد و به کمک آن می‌توان ترسیم‌های دوبعدی را به مدل‌های سه‌بعدی تبدیل کرد. نحوه عملکرد این دستور خیلی شبیه به دستور Presspull است ولی در مواردی با هم متفاوتند که اهم آن‌ها عبارتند از:

۱- دستور Extrude فقط بر روی ترسیم‌های یکپارچه عمل می‌کند؛ بنابراین اگر با دستور Line یک ترسیم بسته رسم کنیم، نمی‌توانیم به کمک این دستور آن را به یک جسم جامد تبدیل کنیم، فقط می‌توانیم محیط آن را تبدیل به سطح نماییم؛ شکل ۲۴-۲ گویای این مطلب است. بنابراین به جای دستور Line از دستور Polyline برای رسم ترسیم‌های یکپارچه استفاده می‌شود.




به کمک دو دستور Presspull و Extrude می‌توان بیش از ۹۰٪ قطعات صنعتی را در AutoCAD مدل‌سازی کرد.

۲- در دستور Presspull ترسیم فقط در راستای عمود بر خودش می‌تواند بُعد پیدا کند، ولی در دستور Extrude می‌توان ترسیم را در هر راستایی بُعد داد. مثلاً شکل ۲۵-۲الف را در نظر بگیرید. می‌دانیم نتیجه دستور Presspull روی مستطیل رسم‌شده، مطابق شکل ۲۵-۲ب می‌شود. می‌توان مطابق شکل ۲۶-۲الف علاوه بر رسم مستطیل، مسیر سه‌بعدی‌سازی را با یک خط مشخص کرد. مراحل اجرا به این صورت است که پس از اجرای دستور Extrude، روی مستطیل کلیک می‌کنیم، سپس حرف p را در خط فرمان تایپ می‌کنیم یا گزینه Path از خط فرمان را انتخاب می‌نماییم و روی خط (مسیر) کلیک می‌کنیم تا مدل سه‌بعدی در راستای مسیر، مطابق شکل ۲۶-۲ب ایجاد شود.

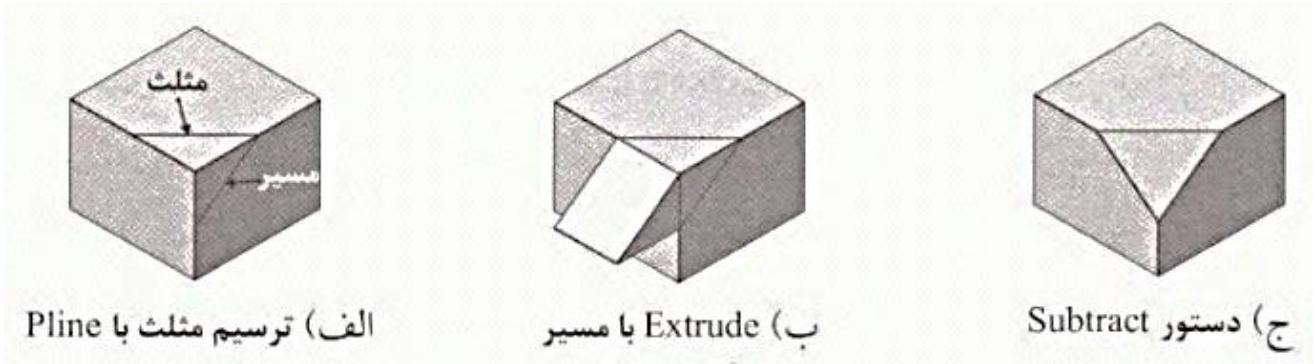
الف ب

شکل ۲۶-۲

الف ب

شکل ۲۵-۲

۳- همان طور که در بخش ۲-۲-۳ مشاهده کردید، از دستور Presspull (فشار و کشش) می‌توان به صورت تفاضلی نیز استفاده کرد؛ در حالی که دستور Extrude این قابلیت را ندارد. بنابراین برای تفاضل مدل سه‌بعدی حاصل از دستور Extrude از جسم مبنا باید از دستور Subtract (تفاضل) با آیکن در پانل Solid Editing استفاده نمود. این مراحل را می‌توان در شکل‌های ۲۷-۲الف تا ج مشاهده کرد.

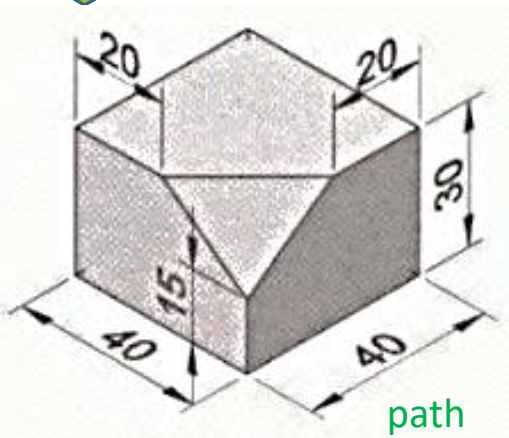



الف) ترسیم مثلث با Pline ب) Extrude با مسیر ج) دستور Subtract

Enter+ انتخاب قسمتی که باید حذف شود +Enter+ انتخاب شکل اصلی +Subtract

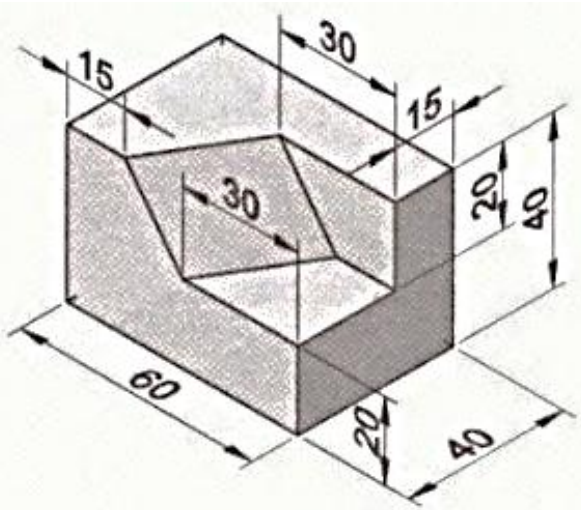
مثال ۱۰

**مثال ۴-۲:** مدل سه‌بعدی شکل‌های ۲۸-۲ تا ۳۳-۲ را رسم کنید.

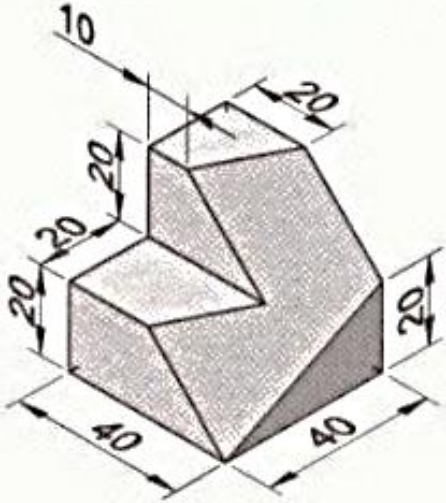



path

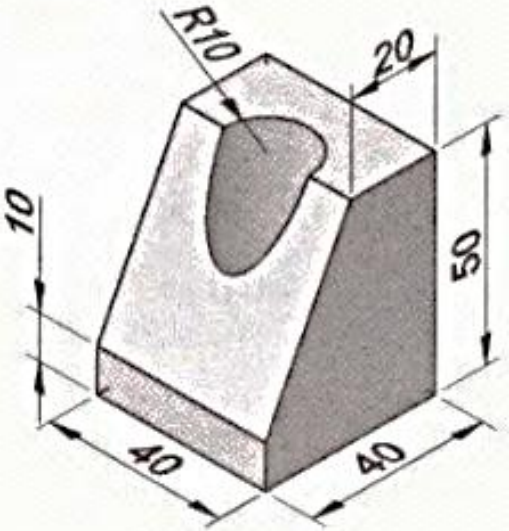
شکل ۲۸-۲



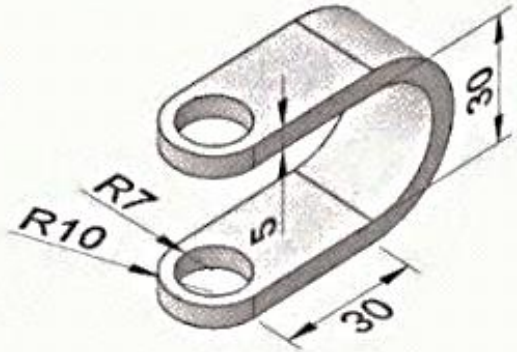

شکل ۲۹-۲



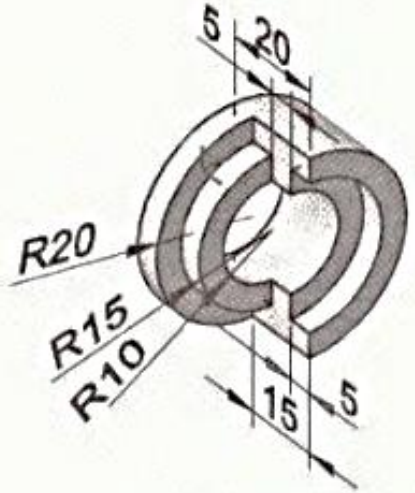

شکل ۳۰-۲




شکل ۳۱-۲



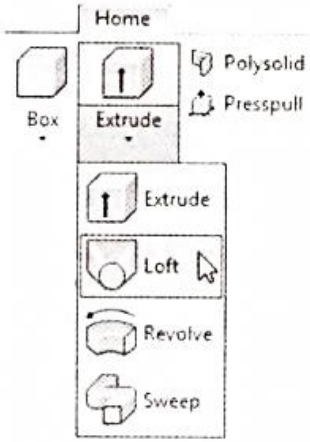

شکل ۳۲-۲



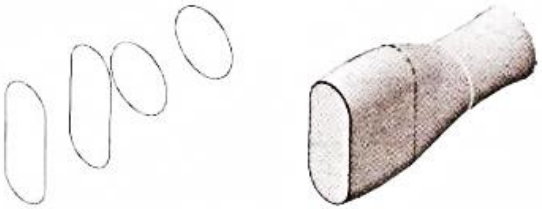

شکل ۳۳-۲

## ۲-۲-۵ دستور Loft

از دستور Loft می‌توان برای مدل‌سازی اجسام با سطح مقطع‌های مختلف یا سطوح با منحنی‌های مختلف استفاده کرد. آیکن این دستور مطابق شکل ۲-۳۴ در پانل Modeling قرار دارد. شکل ۲-۳۵ نمونه‌ای از عملکرد دستور Loft را نشان می‌دهد. مراحل اجرای این دستور به این صورت است که ابتدا مقطع‌های جسم را در موقعیت‌های مورد نظر رسم می‌کنیم و سپس بعد از اجرای دستور، آن‌ها را انتخاب می‌نماییم. در انتها با دو بار فشردن کلید <Enter>، عمل Loft انجام می‌شود. دستور Loft مشابه دستور Extrude بر روی ترسیم‌های یکپارچه عمل می‌کند. در صورتی که ترسیم به صورت یکپارچه نباشد، عمل Loft به صورت سطح ساخته خواهد شد.

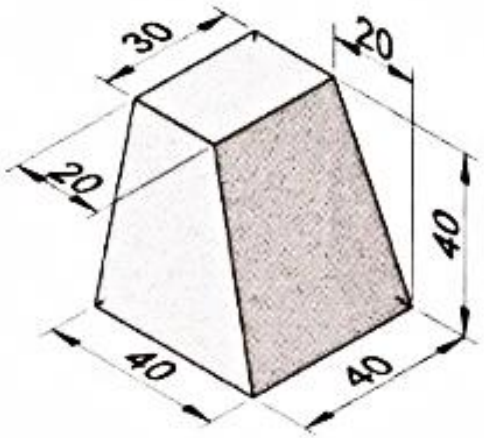


شکل ۲-۳۴

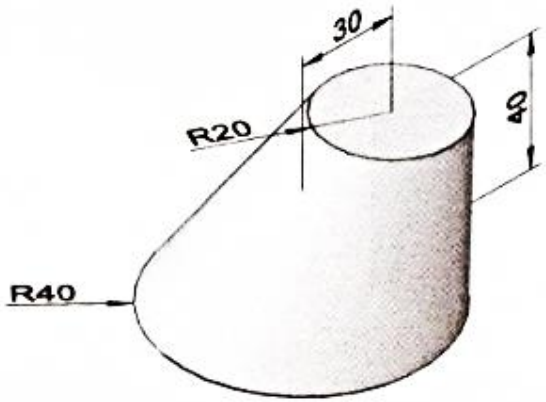

شکل ۲-۳۵

مثال ۱۱

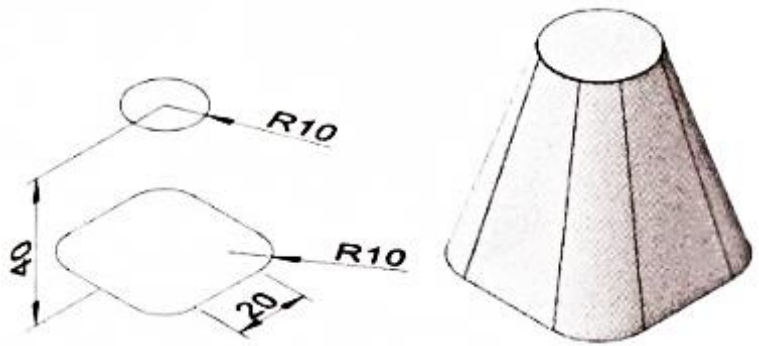
**مثال ۵-۲:** مدل سه‌بعدی شکل‌های ۳۶-۲ تا ۳۸-۲ را رسم کنید.




شکل ۳۶-۲




شکل ۳۷-۲




شکل ۳۸-۲

## ۲-۲-۶ دستور Revolve

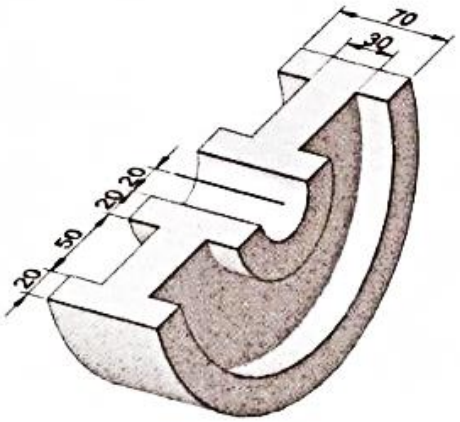
به کمک دستور Revolve (دوران) می‌توان یک ترسیم دوبعدی بسته یا باز را حول یک محور با زاویه دلخواه دوران داد و مدل سه‌بعدی یا سطح سه‌بعدی ساخت. موقعیت این دستور در شکل ۲-۳۴ قابل مشاهده است. دو نمونه از عملکرد دستور Revolve را می‌توان در شکل‌های ۲-۳۹ و ۲-۴۰ ملاحظه کرد. مراحل اجرای این دستور به این صورت است که ابتدا دستور Revolve را اجرا و سپس ترسیمی را که می‌خواهیم دوران دهیم، انتخاب می کنیم، به دنبال آن در دو نقطه کلیک می‌نماییم. خط واصل بین این دو نقطه، همان محور دوران خواهد بود. در انتها زاویه دوران را وارد و کلید <Enter> را فشار می‌دهیم.

شکل ۲-۳۹

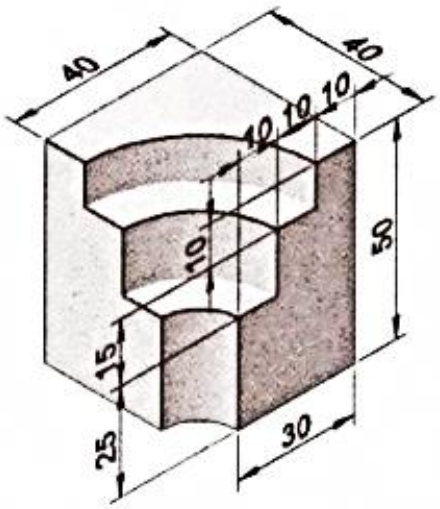
شکل ۲-۴۰

مثال ۱۲

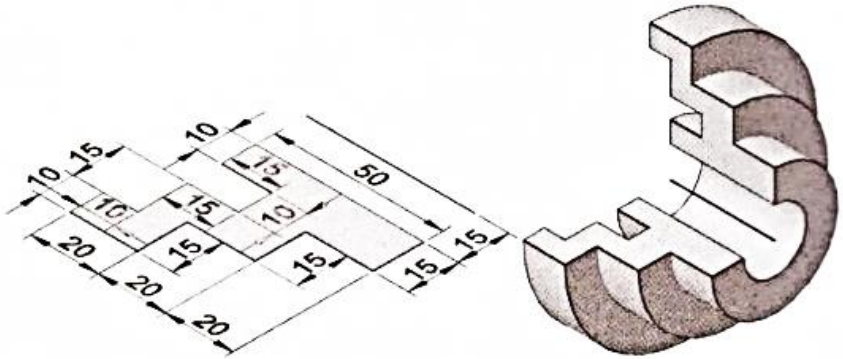
**مثال ۶-۲:** مدل‌های سه‌بعدی شکل‌های ۴۱-۲ تا ۴۳-۲ را رسم کنید.




شکل ۴۱-۲



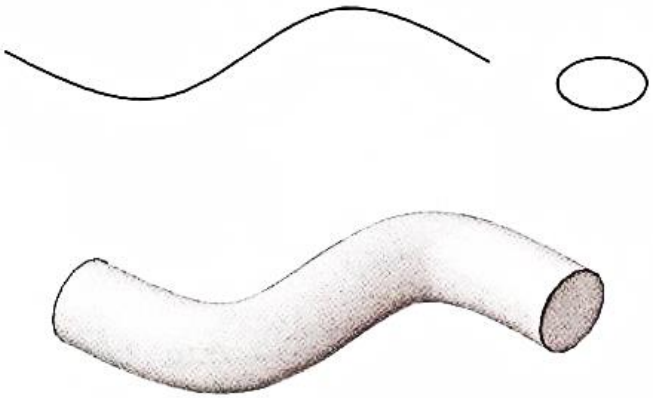

شکل ۴۲-۲



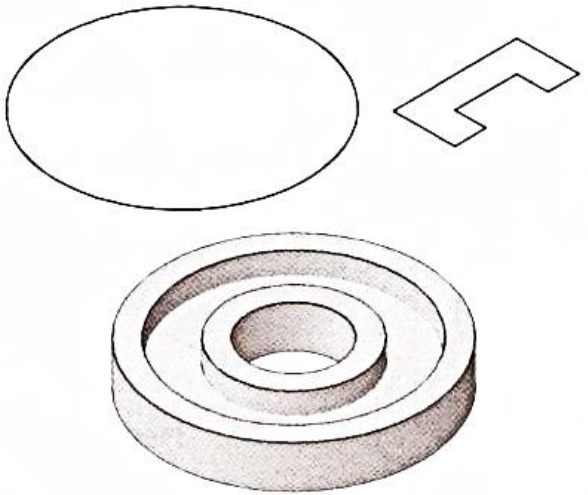

شکل ۴۳-۲

## ۷-۲-۲ دستور Sweep

در دستور Sweep، با حرکت دادن یک ترسیم دوبعدی باز یا بسته در طول یک منحنی به عنوان مسیر، مدل سه‌بعدی ایجاد می‌شود. موقعیت این دستور در شکل ۳۴-۲ قابل مشاهده است. در شکل‌های ۴۴-۲ و ۴۵-۲ دو نمونه از عملکرد دستور Sweep نشان داده شده است. از مزیت‌های بارز دستور Sweep این است که لزومی به تنظیم ترسیم دوبعدی و مسیر از نظر راستا و قرارگیری وجود ندارد بلکه به طور خودکار، ترسیم دوبعدی عمود بر مسیر، حرکت داده می‌شود و مدل سه‌بعدی به دست می‌آید. مراحل اجرای این دستور به این صورت است که بعد از اجرای دستور، روی ترسیم مورد نظر کلیک می‌کنیم و به دنبال آن کلید <Enter> را فشار می‌دهیم؛ سپس روی مسیر کلیک می‌کنیم. به این ترتیب مدل سه‌بعدی حاصل می‌شود.



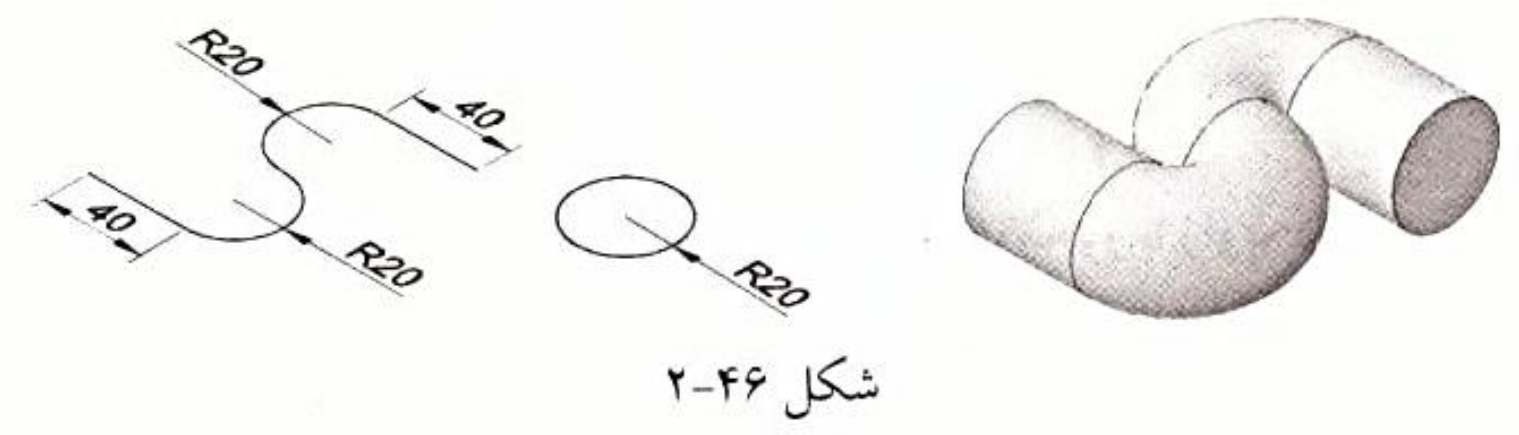
شکل ۴۴-۲



شکل ۴۵-۲

مثال ۱۳

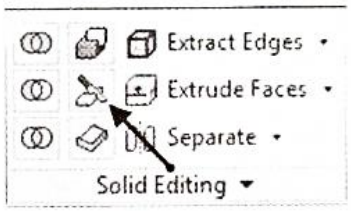
**مثال ۷-۲:** مدل سه‌بعدی شکل ۴۶-۲ را رسم کنید.



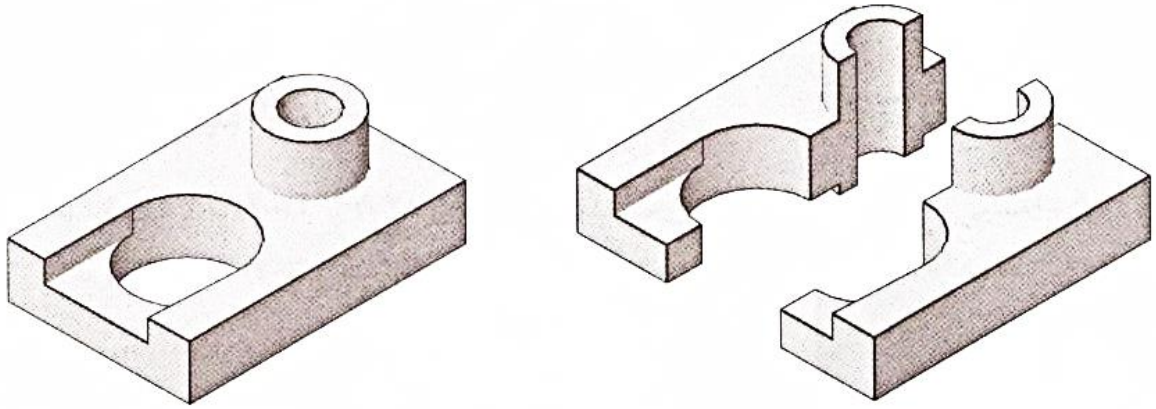

شکل ۴۶-۲

## ۲-۲-۸ دستور Slice

توسط دستور Slice (برش سه‌بعدی) می‌توان جسم مورد نظر را توسط یک صفحه برشی به دو قسمت تقسیم کرد. موقعیت این دستور در پانل Solid Editing قرار دارد(شکل ۲-۴۷ ). نمونه‌ای از عملکرد این دستور را می‌توان در شکل ۲-۴۸ مشاهده کرد.



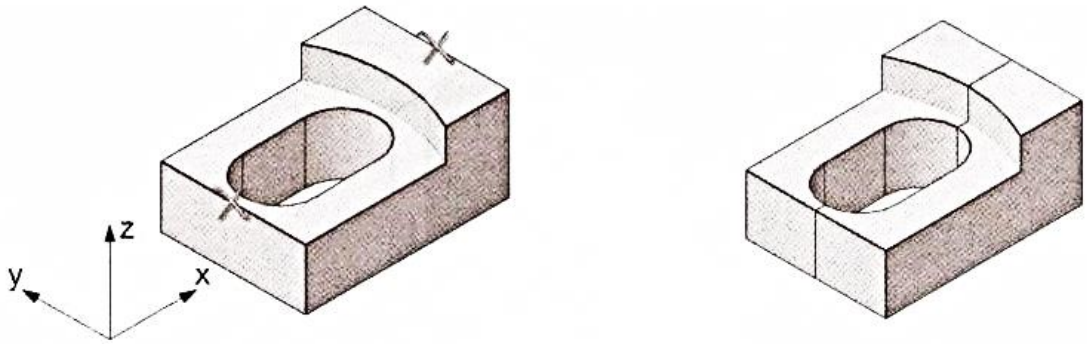

شکل ۲-۴۷



شکل ۲-۴۸

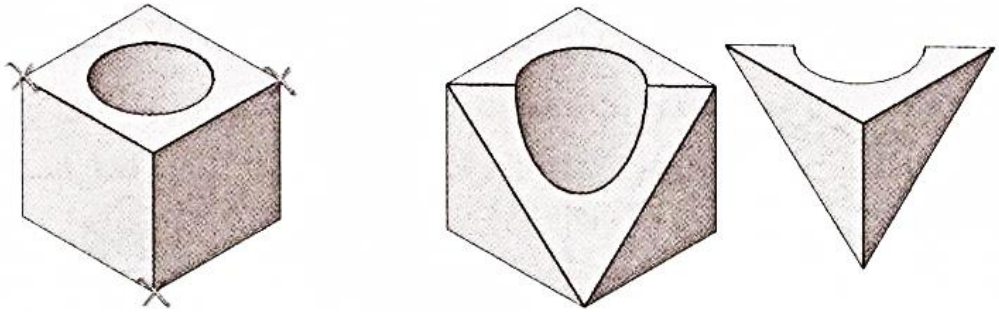
در این دستور، روش‌های مختلفی برای انتخاب صفحه برشی وجود دارد که سه روش مهم آن به شرح زیر می‌باشند:

۱- **روش دونقطه:** در این روش، بعد از اجرای دستور Slice، انتخاب جسم و فشردن کلید <Enter>، مطابق شکل ۲-۴۹، دو نقطه از جسم را که در شکل با علامت ضرب‌در مشخص شده‌اند، به کمک ماوس انتخاب کنید. AutoCAD صفحه برشی را به نحوی انتخاب می‌کند که از این دو نقطه عبور کند و بر صفحه xy از دستگاه مختصات عمود باشد. در انتها کلید <Enter> را فشار دهید تا جسم برش بخورد.



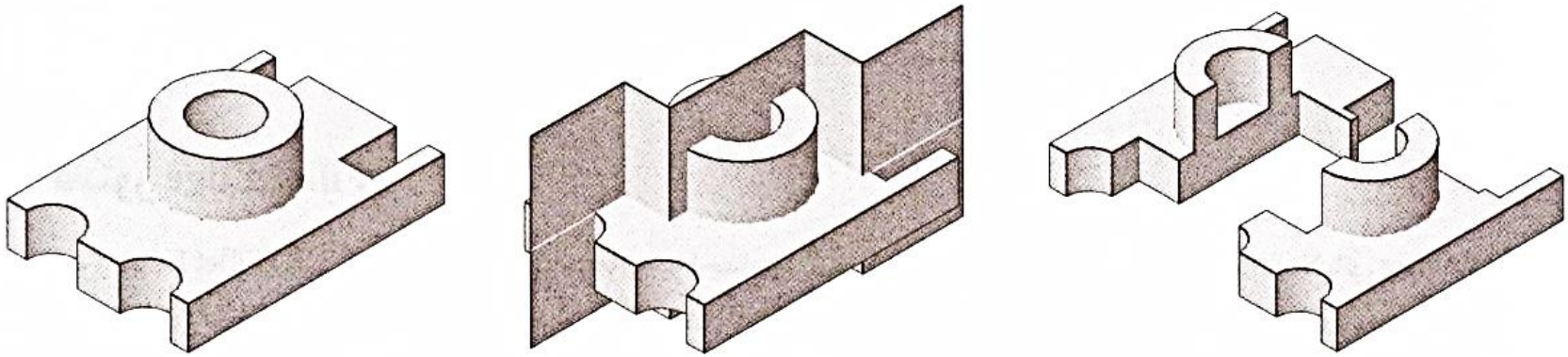

شکل ۲-۴۹

۲- **روش سه‌نقطه:** می‌دانیم از هر سه نقطه در فضا تنها یک صفحه می‌توان عبور داد. بنابراین با اجرای دستور Slice و انتخاب جسم، کلید <Enter> را دو بار فشار دهید و سه نقطه از جسم را که در شکل با علامت ضرب‌در مشخص شده است، به کمک ماوس انتخاب کنید تا صفحه برشی منطبق بر سه نقطه انتخابی ایجاد شود (شکل ۵۰-۲). در انتها، کلید <Enter> را فشار دهید تا جسم به دو قسمت تبدیل شود.



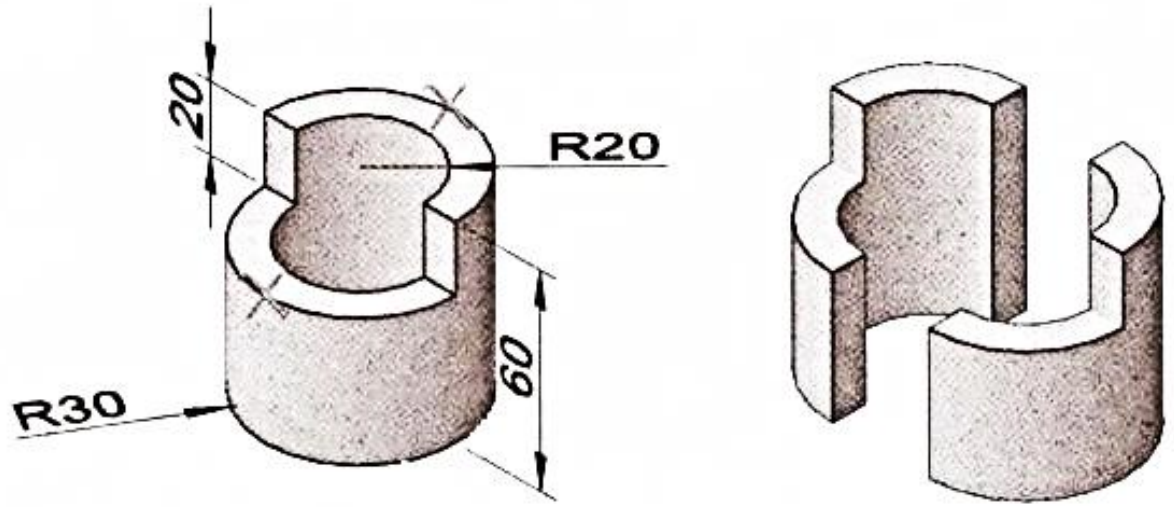
شکل ۵۰-۲

۳- **روش سطح برشی:** در این روش ابتدا یک سطح، به کمک دستورهای Polyline و Extrude ایجاد می‌کنیم، سپس دستور Slice را اجرا و جسم مورد نظر را انتخاب می‌کنیم و کلید <Enter> را فشار می‌دهیم. سپس گزینه Surface را از خط فرمان انتخاب و روی سطح به‌دست‌آمده از دستورهای Polyline و Extrude کلیک می‌کنیم. در انتها کلید <Enter> را فشار می‌دهیم تا جسم توسط سطح مورد نظر برش بخورد (شکل ۵۱-۲).



مثال ۱۴

**مثال ۸-۲:** ابتدا شکل ۵۲-۲الف را رسم کنید. دستور Slice را اجرا و جسم رسم‌شده را انتخاب نمایید و کلید <Enter> را فشار دهید. سپس در دو نقطه نشان‌داده‌شده در شکل (نقاط ضرب‌در خورده) کلیک کنید و سپس کلید <Enter> را فشار دهید. به کمک دستور Move قسمت جلویی را مطابق شکل ۵۲-۲ب جابه‌جا نمایید.

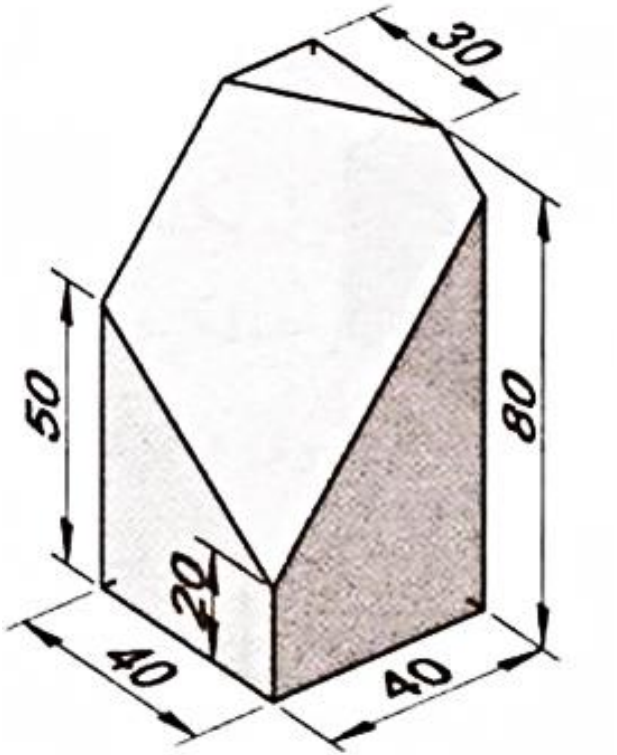



الف ب

شکل ۵۲-۲

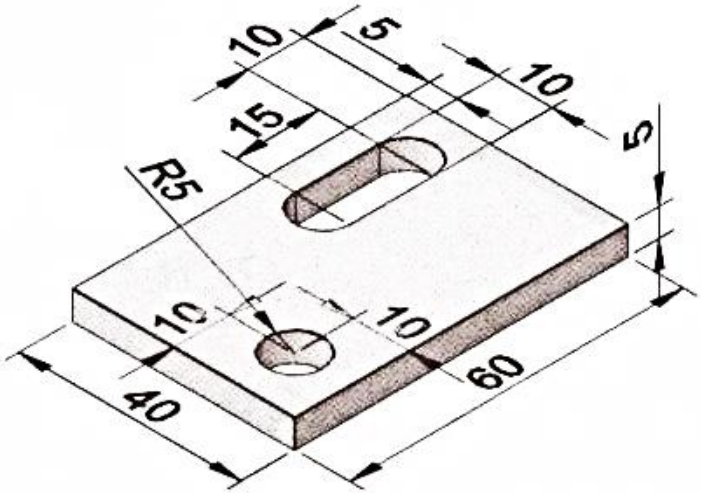
مثال ۱۵

**مثال ۹-۲:** شکل ۵۳-۲ را رسم کنید. برای این کار، ابتدا یک مکعب مستطیل رسم کنید و سپس به کمک دستور Slice و با روش سه‌نقطه آن را برش بزنید. در نهایت قسمت جلویی را حذف کنید.

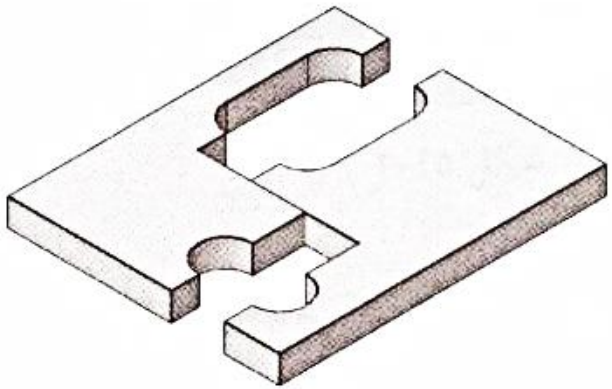


مثال ۱۶

**مثال ۱۰-۲:** شکل ۵۴-۲الف را رسم کنید و آن را مطابق شکل ۵۴-۲ب برش بزنید.




الف

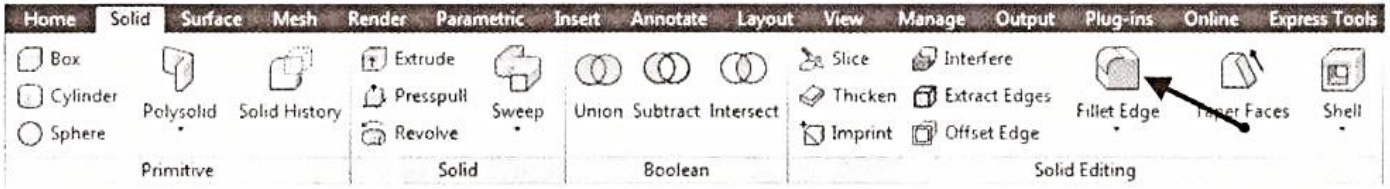


ب

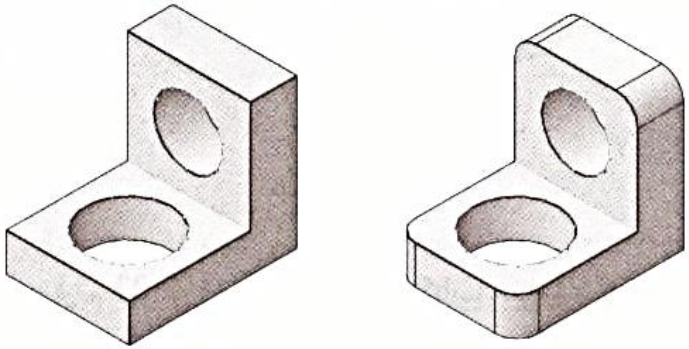
شکل ۵۴-۲

## ۲-۲-۹ دستور Fillet Edge

به کمک دستور Fillet Edge (گرد کردن) می‌توان گوشه‌های تیز اجسام را گرد کرد. موقعیت این دستور در زبانه Solid پانل Solid Editing قرار دارد (شکل ۵۵-۲). نمونه‌ای از عملکرد این دستور را می‌توان در شکل ۵۶-۲ مشاهده کرد. با توجه به ملاحظات طراحی و محدودیت‌های موجود در بعضی از روش‌های تولید، معمولاً از گوشه‌های تیز اجتناب می‌شود. به همین دلیل از این دستور در ترسیم قطعات صنعتی به کرّات استفاده می‌شود. مراحل اجرا به این صورت است که بعد از اجرای دستور، روی اضلاعی که می‌خواهیم آن‌ها را گرد نماییم، کلیک می‌کنیم و در انتها کلید <Enter> را دو بار فشار می‌دهیم. برای تعیین اندازه شعاع گردی باید گزینه Radius را از خط فرمان انتخاب و شعاع مورد نظرتان را وارد کنید.



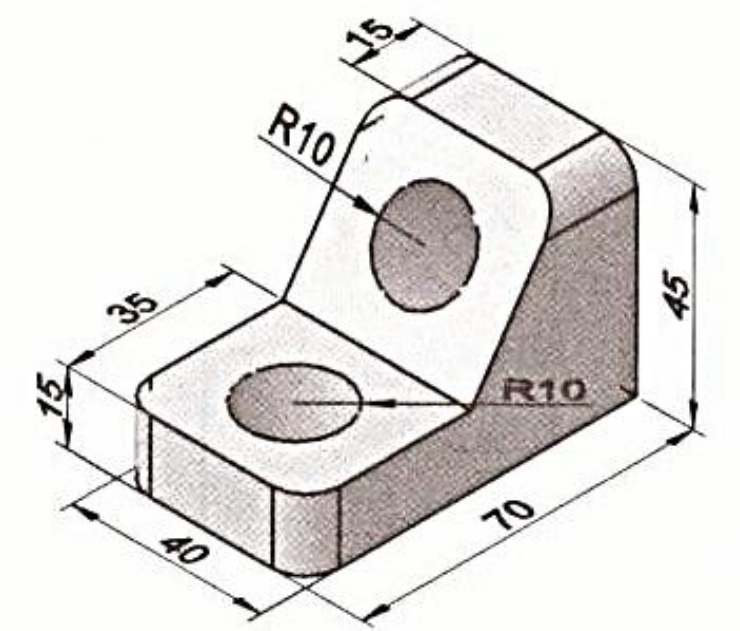

شکل ۵۵-۲



شکل ۵۶-۲

مثال
۱۷

**مثال ۱۱-۲:** شکل ۵۷-۲ را ترسیم کنید. شعاع تمام گوشه‌های گرد را ۷ واحد در نظر بگیرید.




شکل ۵۷-۲

# ۳

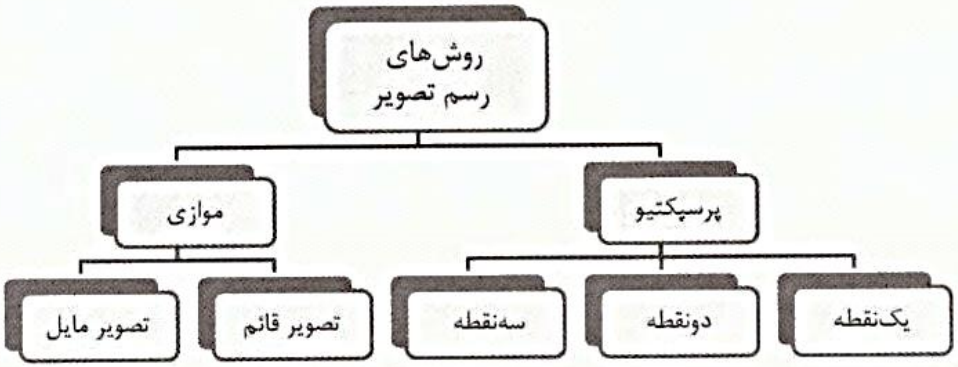
# اصول حاکم بر تصویر

## ۳-۱ مقدمه

در دو فصل گذشته با ترسیمات دوبعدی و سه‌بعدی و نحوه ترسیم آن‌ها در نرم‌افزار AutoCAD آشنا شدید. حال می‌خواهیم به کمک مطالب این فصل، اجسام واقعی را به زبان صنعت توصیف و بیان کنیم. می‌دانیم هدف اولیه مهندسان، طراحی ماشین‌آلات و قطعات صنعتی است. نقشه‌کشی صنعتی به کمک مهندسان می‌آید تا شکل و اندازه هر قطعه در مجموعه طراحی‌شده را به نمایش بگذارد. در این فصل به روش‌های توصیف شکل اجسام می‌پردازیم.

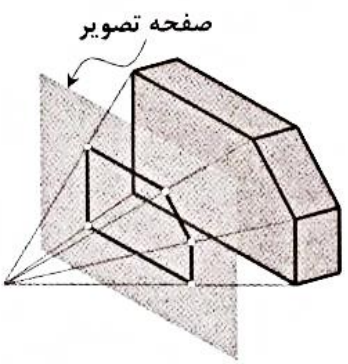
## ۳-۲ تصویر یک قطعه

شکل یک قطعه با تصویر آن (Projection) توصیف می‌شود. برای ایجاد تصویر، کافی است پرتوهایی را از طرف جسم به طرف یک صفحه به نام صفحه تصویر، بتابانیم. بسته به اینکه پرتوها نسبت به صفحه به چه صورت تابانده شوند، روش‌های مختلف رسم تصویر حاصل می‌شوند که مطابق نمودار شکل ۱-۳، تقسیم‌بندی می‌گردند.

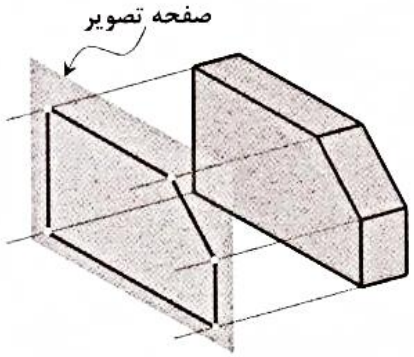



شکل ۱-۳

در روش پرسپکتیو (Perspective)، پرتوهای تابانده‌شده از جسم به سمت صفحه تصویر، مطابق شکل ۲-۳، در یک نقطه همگرا می‌شوند، در حالی که در روش موازی (Parallel)، پرتوهای تابانده‌شده از جسم به سمت صفحه تصویر، مطابق شکل ۳-۳، با هم موازی می‌باشند.

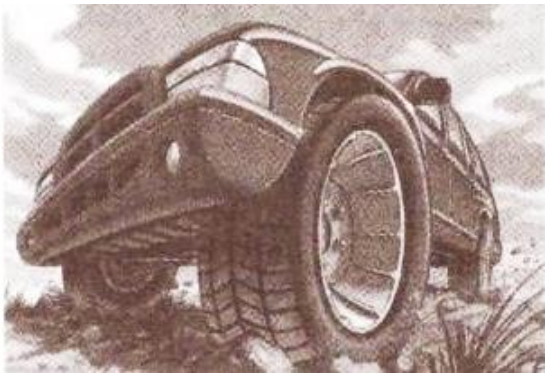



شکل ۲-۳

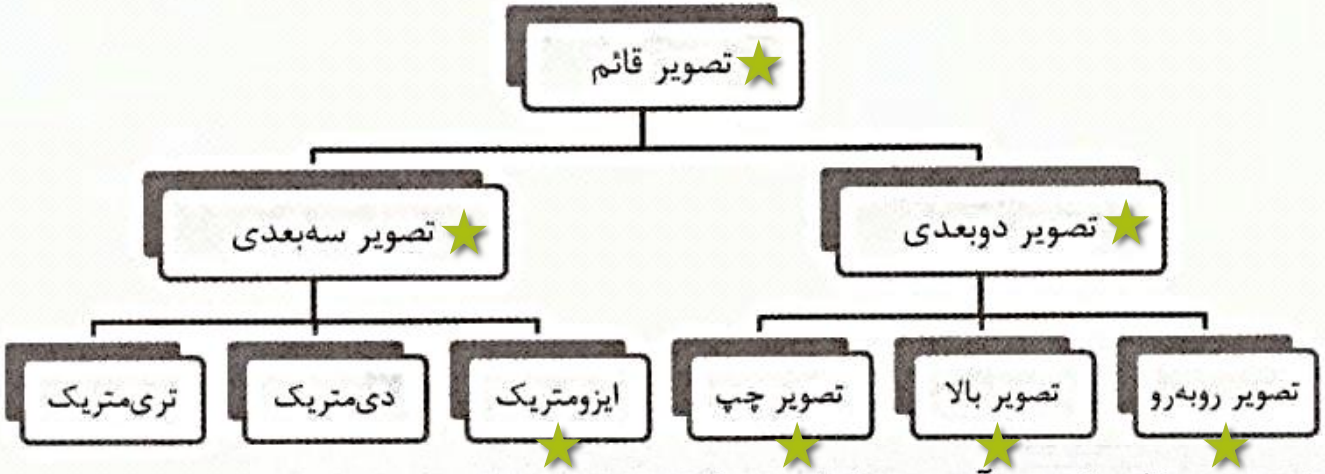



شکل ۳-۳

روش پرسپکتیو برای نمایش اجسام به صورت واقعی به کار می‌رود، چرا که تصاویر توسط سیستم بینایی انسان به صورت پرسپکتیو مشاهده می‌شوند. این روش خود به روش‌های یک‌نقطه، دونقطه و سه‌نقطه تقسیم‌بندی می‌شود.

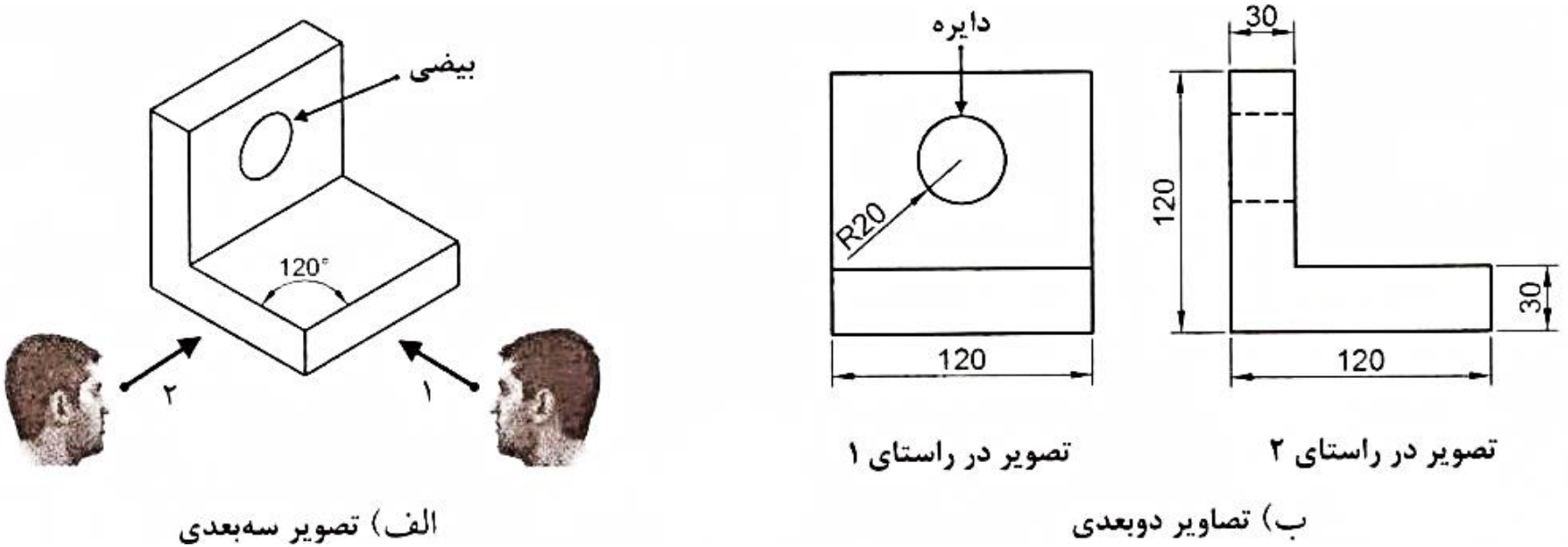


در تصویر موازی، بسته به اینکه پرتوهای موازی تابانده‌شده به صفحه تصویر بر این صفحه عمود یا مایل باشند، دو نوع تصویر به نام‌های تصویر قائم (Orthographic Projection) و تصویر مایل (Oblique Projection) حاصل می‌شوند. تفاوت این دو تصویر در تصاویر مجسم سه‌بعدی محسوس است که در فصل ۵ به طور مفصل به آن خواهیم پرداخت. همچنین مطابق نمودار شکل ۷-۳، در روش تصویر قائم می‌توان تصاویر دوبعدی و سه‌بعدی از جسم ایجاد کرد که نحوه ترسیم تصاویر دوبعدی (چندنما) را در همین فصل توضیح می‌دهیم و توضیح نحوه رسم تصویر سه‌بعدی (تصویر مجسم) را به فصل ۵ موکول می‌کنیم.




از آنجا که در نقشه‌های صنعتی از روش تصویر قائم، که در آن پرتوها با هم موازی و بر صفحه تصویر عمودند، استفاده می‌شود، هرگاه در این کتاب کلمه تصویر ذکر می‌شود، منظور همان تصویر قائم است.

با توجه به اینکه تصاویر دوبعدی و سه‌بعدی دارای مجموعه‌ای از مزایا و معایب نسبت به هم می‌باشند، در صنعت به طور معمول از هر دوی آن‌ها استفاده می‌شود تا بتوانند معایب یکدیگر را پوشش دهند. برای آشنایی با مزایا و معایب تصاویر سه‌بعدی و دوبعدی، شکل ۸-۳ را در نظر بگیرید. در این شکل




مزیت تصویر سه‌بعدی در این است که ناظر به‌راحتی کلیّت شکل هندسی قطعه را درک می‌کند و به تجسم نیازی ندارد (شکل ۸-۳الف). لازمه ایجاد تصویر سه‌بعدی از جسم، دوران جسم نسبت به راستای پرتوهای تابیده‌شده یا راستای دید ناظر است (در فصل ۵ به طور مفصل به آن می‌پردازیم) که این امر موجب به‌هم‌ریختگی شکل و زوایا از نظر هندسی می‌شود؛ مثلاً سوراخ استوانه‌ای شکل موجود در جسم در تصویر سه‌بعدی، به علت مایل بودن نسبت به راستای دید ناظر مطابق شکل ۸-۳الف به صورت بیضی مشاهده می‌شود. همچنین زوایای قائمه موجود در جسم، در تصویر سه‌بعدی ۹۰ درجه ترسیم نمی‌شوند. از طرفی طول اضلاع با توجه به مایل بودن آن‌ها نسبت به دید ناظر از اندازه واقعی خودشان کوتاه‌تر مشاهده می‌شود. مزیت تصاویر دوبعدی در این است که شکل قطعه را در راستای عمود بر راستای پرتوهای تابیده‌شده به صورت واقعی نشان می‌دهند؛ بنابراین اندازه‌های مشاهده‌شده در تصاویر دوبعدی (طول، عرض و ارتفاع)، همان اندازه واقعی جسم می‌باشند (شکل ۸-۳ب) و می‌توان این اندازه‌ها را با وسایل اندازه‌گیری مثل خط‌کش از روی تصاویر برداشت کرد. عیب تصاویر دوبعدی (بدون تصویر سه‌بعدی) در این است که درک شکل هندسی جسم نیاز به تجسم و ذهنیت فضایی قوی دارد.

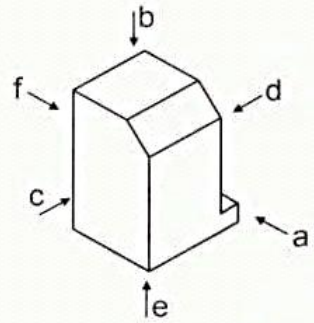
شایان ذکر است خطوط یا صفحاتی که در جسم وجود دارند، ولی ناظر به علت سطوح جلویی قادر به مشاهده آن‌ها نیست، در تصویر دوبعدی به صورت خط‌چین ترسیم می‌گردند. مثلاً سوراخ موجود در قطعه شکل ۸-۳الف در راستای ۲ توسط ناظر قابل مشاهده نیست، بنابراین تصویر سوراخ در راستای ۲ به صورت خط‌چین ترسیم می‌گردد. در بخش ۳-۴-۱ به نحوه ترسیم خط‌چین‌ها خواهیم پرداخت.

## ۳-۳ انتخاب راستای تصویر و نحوه چیدمان آن‌ها

می‌دانیم برای یک جسم سه‌بعدی، بسته به اینکه پرتوها از چه راستایی به صفحه تصویر تابانده شوند (یا به عبارت دیگر ناظر از چه راستایی به جسم نگاه کند)، بی‌نهایت تصویر می‌توان رسم کرد. برای یکسان‌سازی بین بخش‌های طراحی، رسامی و ساخت و همچنین آسان شدن مراودات صنعتی بین شرکت‌ها و کشورهای مختلف، انتخاب راستای تصویر و نحوه چیدمان آن به صورت استاندارد درآمده است. بر اساس استاندارد بین‌المللی ISO شماره ۵۴۵۶، شش راستا مطابق شکل ۹-۳ برای یک جسم در نظر گرفته می‌شود که نام آن‌ها در جدول ۱-۳ آورده شده است. با تاباندن پرتو (یا نگاه کردن) به جسم در این شش راستا، می‌توان برای هر جسم شش تصویر استاندارد ترسیم کرد. در صنعت به طور معمول از سه تصویر روبه‌رو، بالا و چپ در نقشه‌ها استفاده می‌کنند؛ مثلاً در شکل ۸-۳ب، تصاویر روبه‌رو و چپ جسم شکل ۸-۳الف ترسیم شده‌اند.

جدول ۱-۳

| راستا | نام راستا |
|---|---|
| a | روبه‌رو |
| b | بالا |
| c | چپ |
| d | راست |
| e | زیر |
| f | پشت |



شکل ۹-۳

برای ترسیم سه یا شش تصویر از یک قطعه لازم است که تصاویر را کنار هم بچینیم. نحوه چیدمان تصاویر نیز در استاندارد مشخص شده‌اند و به دو صورت می‌باشد:

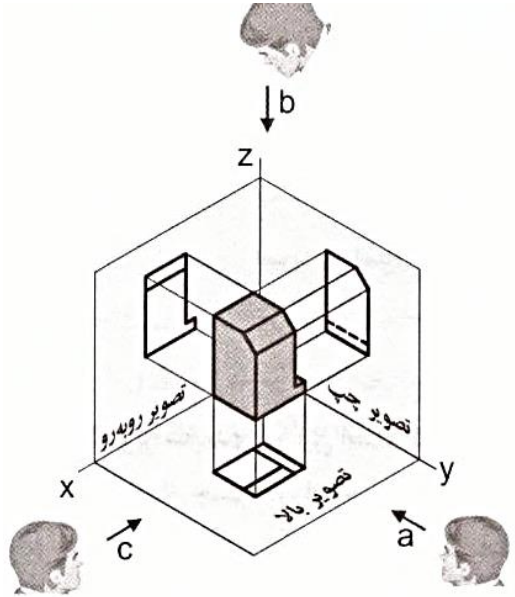
۱- تصویر فرجه اول (First Angle Projection)

۲- تصویر فرجه سوم (Third Angle Projection)

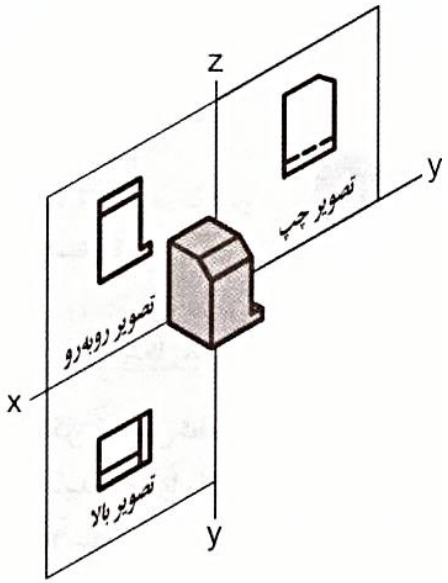
اگر پرتوها را

در راستاهای a، b و c (بر اساس شکل ۹-۳) به جسم بتابانیم یا ناظر در این راستاها به جسم نگاه کند، تصویر جسم به ترتیب روی صفحات xz، xy و yz مطابق شکل ۱۱-۳ تشکیل خواهد شد. همان طور که ملاحظه می کنید تصویر روبه‌رو روی صفحه xz، تصویر بالا روی صفحه xy و تصویر چپ روی صفحه yz تشکیل شده است. حال اگر محور y را قیچی و صفحات yz و xy را از هم باز کنیم و سپس صفحه yz را حول محور z و صفحه xy را حول محور x دوران دهیم، شکل ۱۲-۳ حاصل می‌شود؛ بنابراین اگر به طور عمود به صفحات نگاه کنیم، سه‌تصویر جسم را مطابق شکل ۱۳-۳ مشاهده خواهیم کرد.

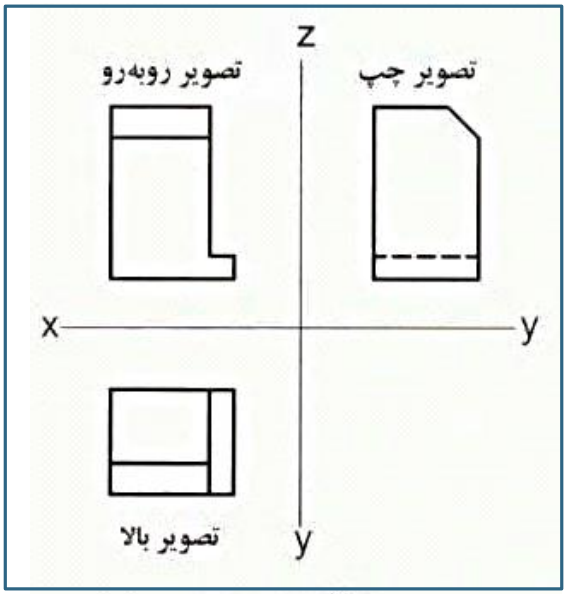
به نحوه قرارگیری تصاویر در شکل ۱۳-۳، تصویر فرجه اول گفته می‌شود. همان طور که ملاحظه کردید، در تصویر فرجه اول، جسم بین ناظر و صفحات تصویر قرار دارد.



شکل ۱۱-۳

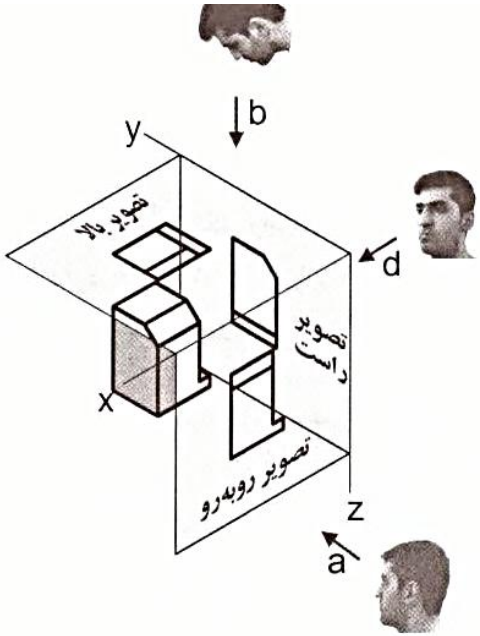


شکل ۱۲-۳

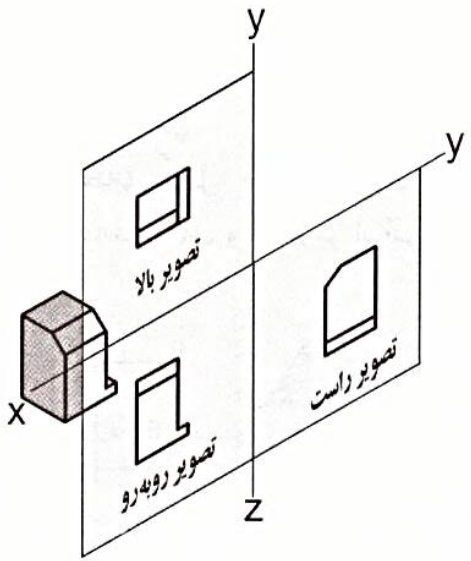


شکل ۱۳-۳

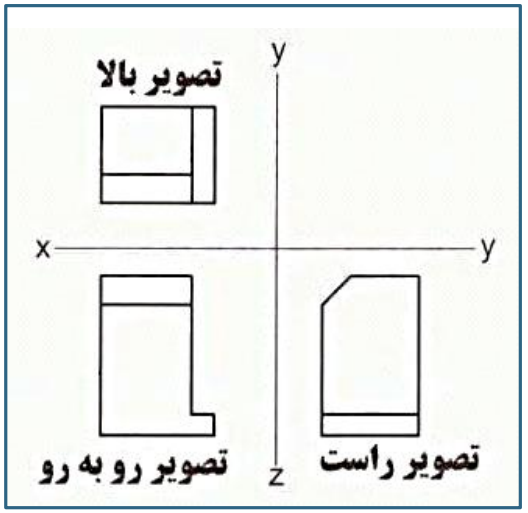
نحوه قرارگیری تصاویر در تصویر فرجه سوم با شکل ۱۳-۳ کمی متفاوت است. در این روش، صفحات تصاویر مطابق شکل ۱۴-۳ بین ناظر و جسم قرار می‌گیرند و ناظر مطابق راستاهای نشان‌داده‌شده در شکل ۹-۳، در راستاهای a، b و d به جسم نگاه می‌کند و از جسم تصویر می‌گیرد. همان طور که ملاحظه می‌کنید، تصویر روبه‌رو، روی صفحه xz، تصویر بالا، روی صفحه xy و تصویر راست، روی صفحه yz تشکیل شده است. حال اگر محور y را قیچی کنیم و سپس صفحه yz را حول محور z و صفحه xy را حول محور x دوران دهیم، شکل ۱۵-۳ حاصل می‌شود؛ بنابراین اگر به طور عمود به صفحات نگاه کنیم، سه‌تصویر جسم مطابق شکل ۱۶-۳ مشاهده خواهند شد.



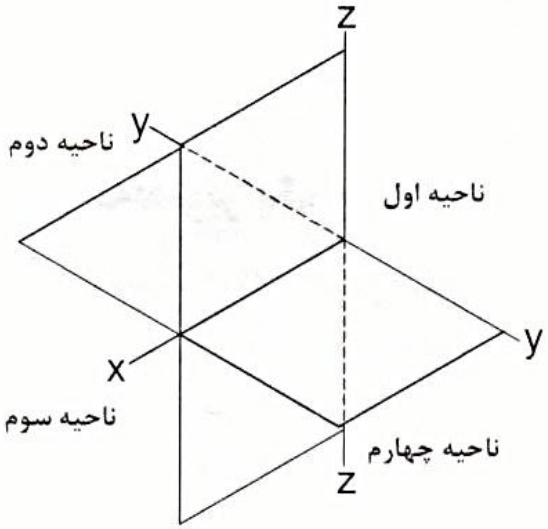

شکل ۱۴-۳



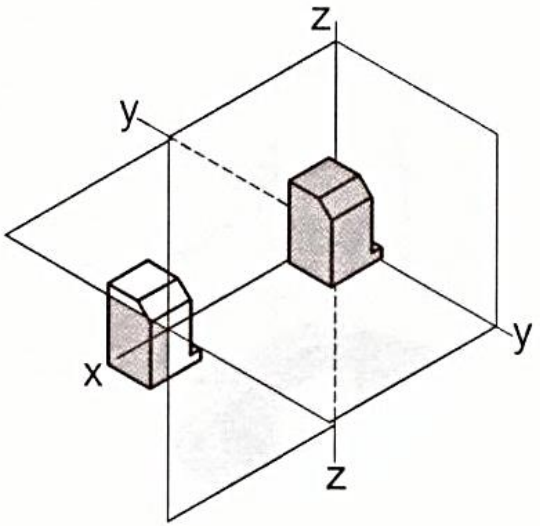

شکل ۱۵-۳



اصطلاحات فرجه اول و سوم از اینجا نشأت گرفته است که اگر فضا را مطابق شکل ۱۷-۳ به چهار ناحیه (فرجه) تقسیم کنیم، دو دستگاه مختصاتی که در بالا در مورد آن‌ها بحث کردیم، مطابق شکل ۱۸-۳ به ترتیب در ناحیه‌های اول و سوم قرار می‌گیرند.



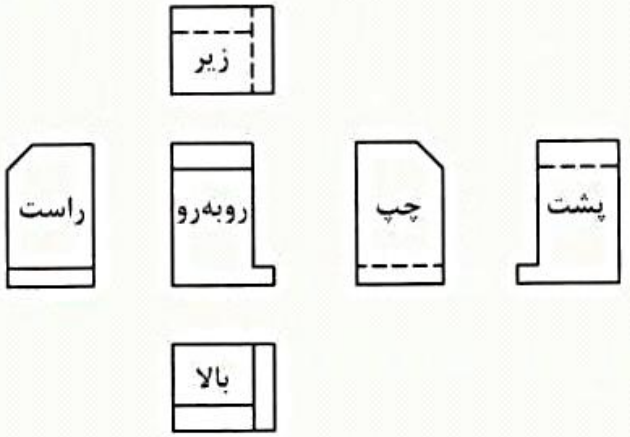

شکل ۱۷-۳



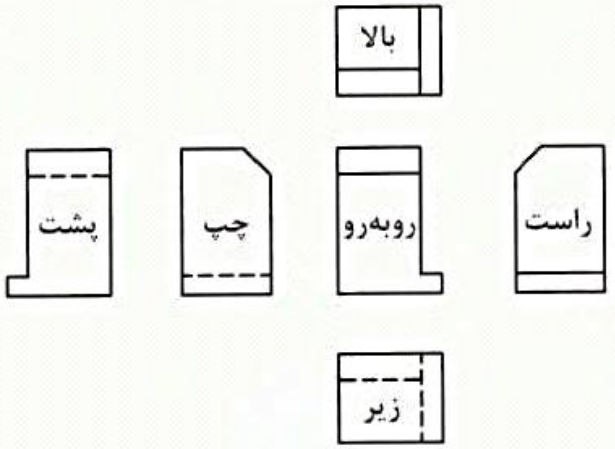

شکل ۱۸-۳

کشورهای اروپایی و آسیایی معمولاً از تصویر فرجه اول و کشورهایی مثل آمریکا، کانادا، استرالیا و ژاپن معمولاً از تصویر فرجه سوم استفاده می‌کنند.

در شکل ۱۹-۳الف و ب می‌توان به ترتیب نحوه چیدمان شش تصویر را در فرجه اول و سوم بر اساس استاندارد ISO مشاهده کرد.

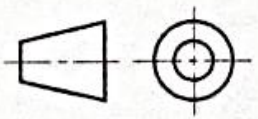



الف) فرجه اول

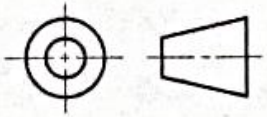



ب) فرجه سوم

در نقشه‌های صنعتی برای اینکه مشخص شود که یک نقشه بر اساس فرجه اول یا سوم ترسیم شده است، از نمادهای موجود در شکل ۲۲-۳ در پایین کاغذ نقشه استفاده می‌کنند.



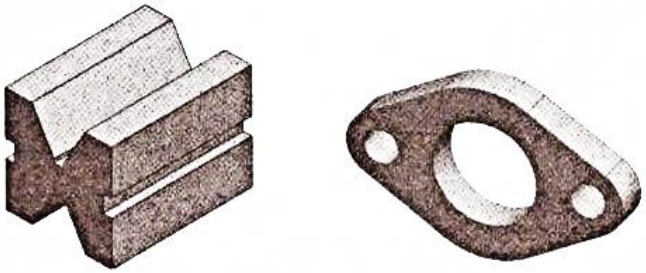
نماد فرجه اول



نماد فرجه سوم

شکل ۲۲-۳

# ۳-۴ نحوه ترسیم سه‌تصویر یک جسم



الف ب

شکل ۲۳-۳

در ایران، نقشه‌ها بر اساس استاندارد ISO ترسیم می‌شوند، بنابراین برای مشخص کردن شکل هندسی و ابعاد یک قطعه، سه تصویر روبه‌رو، بالا و چپ از قطعه در نقشه به نمایش گذاشته می‌شوند. برای آموزش نحوه صحیح ترسیم تصاویر، اجسام را به دو دسته کلی تقسیم می‌کنیم:

۱- اجسامی که از سطوح صاف تشکیل شده‌اند (شکل ۲۳-۳الف).

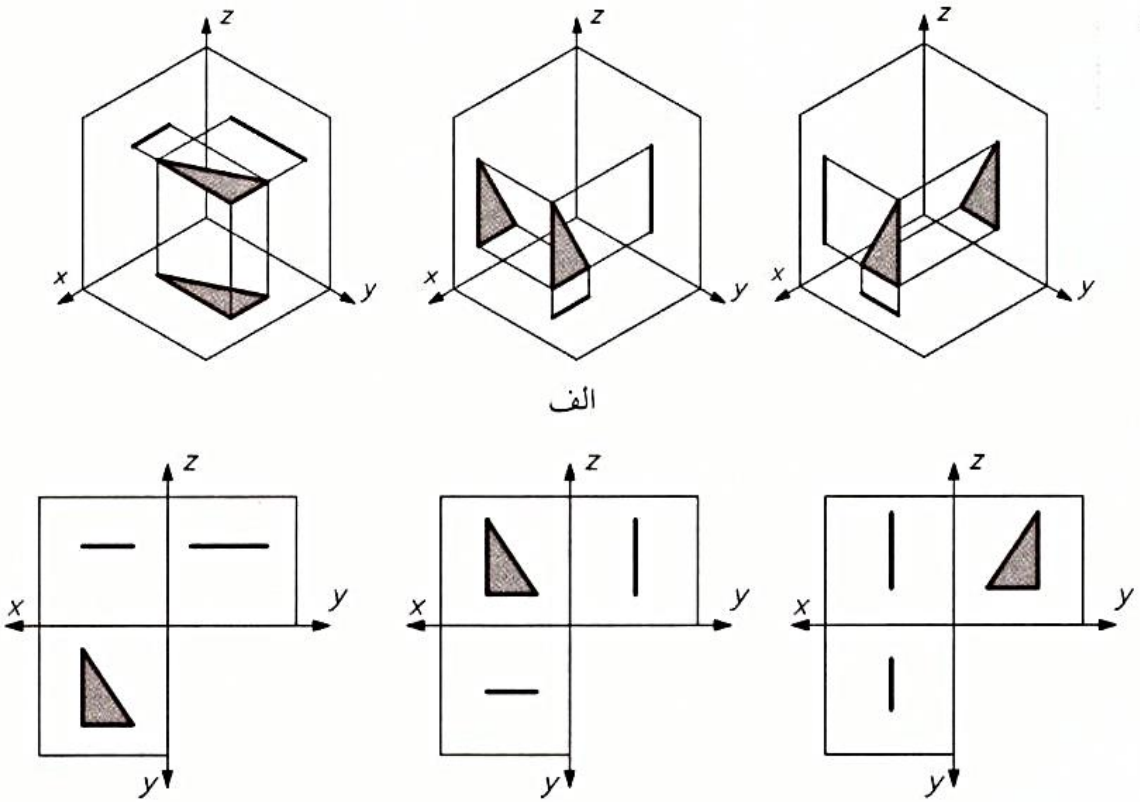
۲- اجسامی که از طرح‌های دایره‌ای برخوردارند (شکل ۲۳-۳ب).

در ادامه، نحوه ترسیم هر یک از این اجسام را توضیح خواهیم داد.

## ۳-۴-۱ نحوه ترسیم اجسام با سطوح صاف

با توجه به اینکه این اجسام از سطوح صاف تشکیل شده‌اند، با ترسیم تصویر یک‌به‌یک صفحات، تصویر کامل جسم را در اختیار خواهیم داشت. برای رسم صحیح و سریع تصویر یک صفحه، در ابتدا لازم است با انواع صفحات آشنا شویم. می‌توان صفحات را به سه دسته کلی زیر تقسیم‌بندی کرد:

۱- **صفحه نوع اول یا Parallel Plane:** صفحه‌ای است که موازی یکی از صفحات تصویر باشد. سه حالت مختلف این نوع صفحه را می‌توان در شکل ۲۴-۳الف در حالت سه‌بعدی و در شکل ۲۴-۳ب، به صورت سه تصویر مشاهده کرد. برای انتقال ساده‌تر مفهوم، شکل صفحه را به صورت مثلث در نظر گرفته‌ایم.



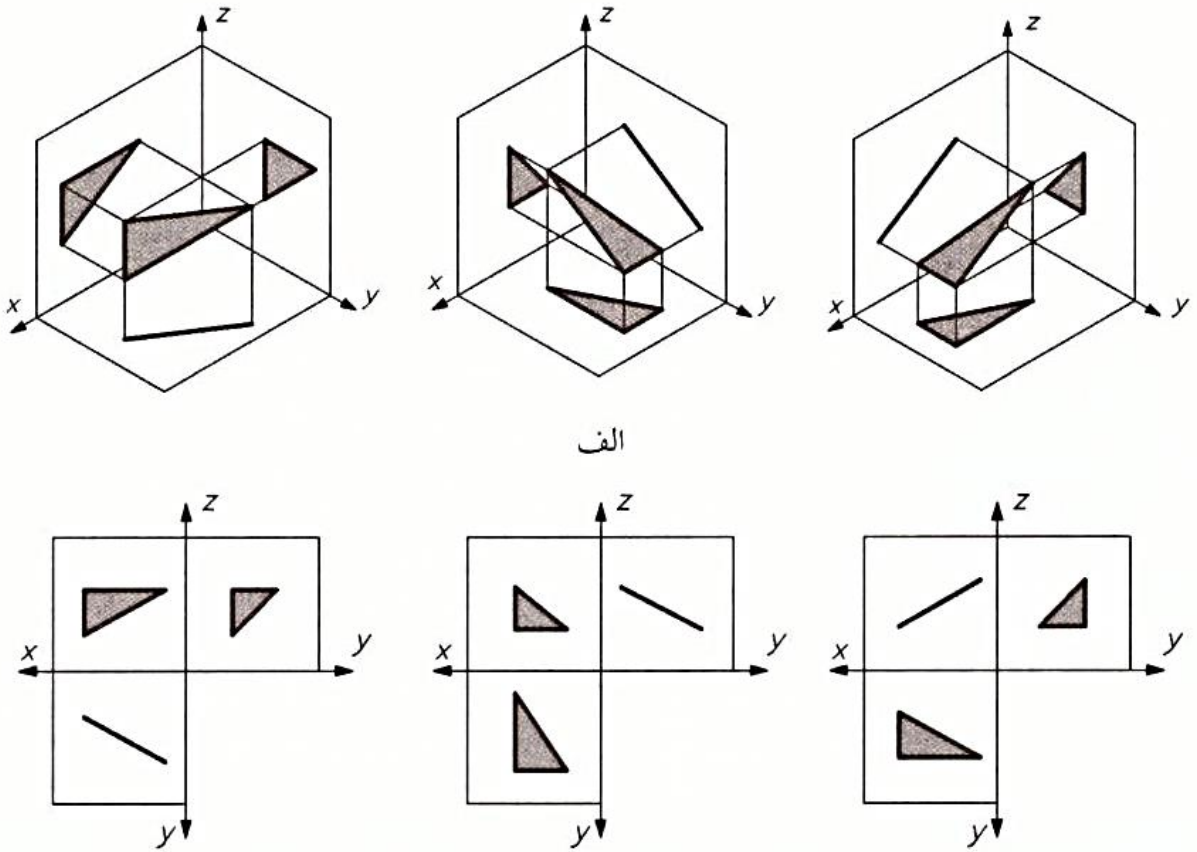

الف

ب

شکل ۲۴-۳

همان طور که در شکل ۲۴-۳ مشاهده می‌کنید، تصویر صفحه مثلثی در صفحه موازی با آن دقیقاً همانند خود صفحه مثلثی می‌باشد.

**۲- صفحه نوع دوم یا Inclined Plane:** صفحه‌ای است که عمود بر یکی از صفحات تصویر باشد و موازی هیچ یک از آن‌ها نباشد. سه حالت مختلف این نوع صفحه را می‌توان در شکل ۲۵-۳الف در حالت سه‌بعدی و در شکل ۲۵-۳ب، به صورت سه‌تصویر ملاحظه کرد.



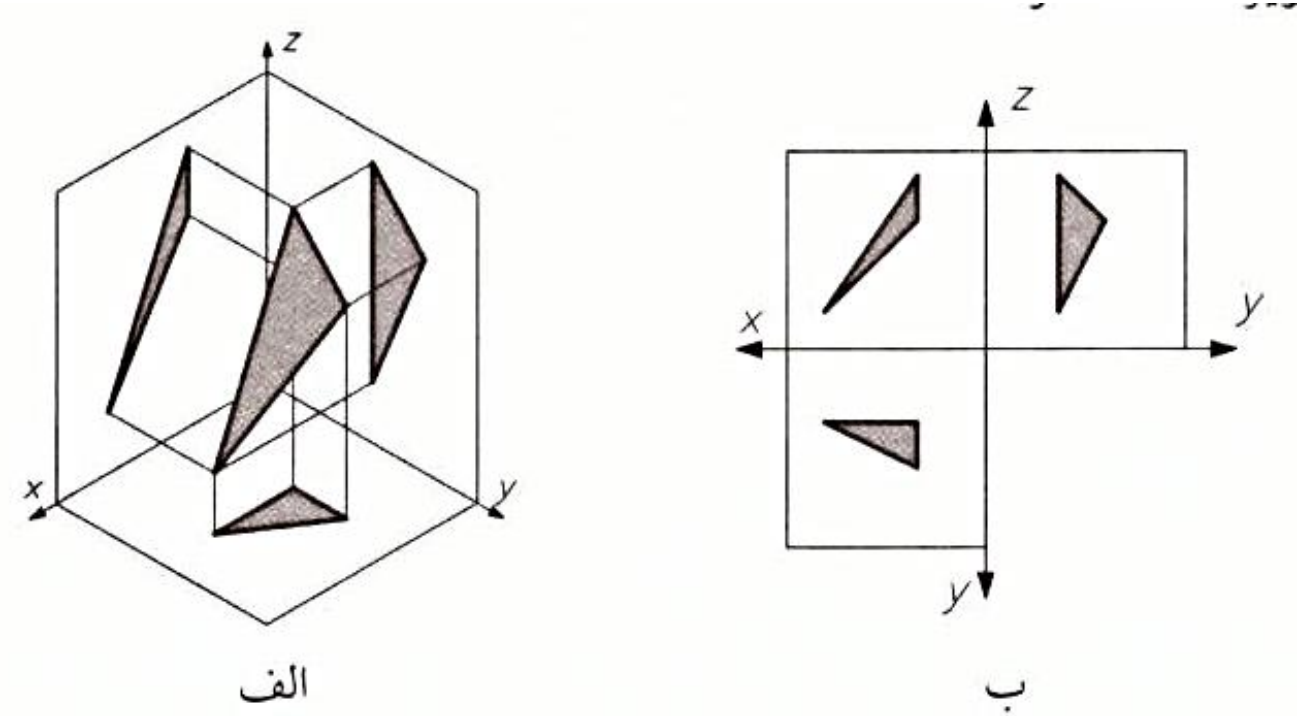

الف

ب

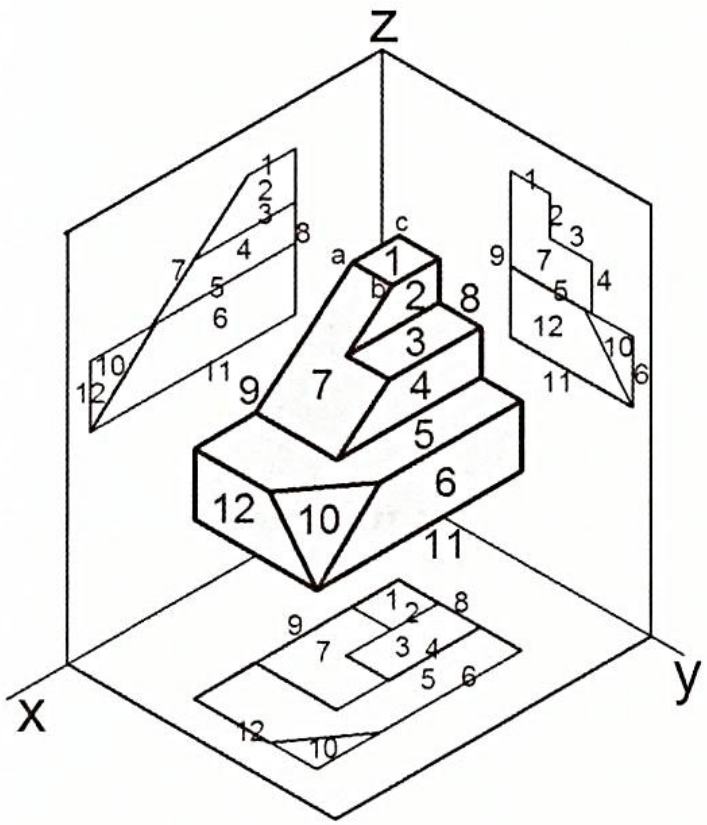
شکل ۲۵-۳

همان طور که ملاحظه می‌کنید، تصویر صفحه مثلثی مورد نظر بر روی صفحه تصویری که بر آن عمود است، به صورت خط مشاهده می‌شود. برای مثال در شکل‌های سمت چپ ۲۵-۳الف و ب تصویر صفحه مثلثی در صفحه تصویری که بر آن عمود است، یعنی xy، به صورت خط مشاهده می‌شود.

۳- **صفحه نوع سوم یا Oblique Plane:** صفحه‌ای است که با هیچ یک از صفحات تصویر موازی و یا بر آن‌ها عمود نباشد؛ به عبارت دیگر صفحه نوع سوم نسبت به صفحات تصویر به صورت مایل قرار دارد. تنها حالت این نوع صفحه را می‌توان در شکل ۲۶-۳الف در حالت سه‌بعدی و در شکل ۲۶-۳ب، به صورت سه‌تصویر مشاهده کرد.




شکل ۲۶-۳




شکل ۲۷-۳

شکل ۲۷-۳ را در نظر بگیرید. در این جسم صفحات 1، 2، 3، 4، 5، 6، 8، 9، 11 و 12 صفحات نوع اول می‌باشند؛ چرا که موازی یکی از صفحات تصویرند، بنابراین دوتصویر آن‌ها به صورت خط می‌باشد و تصویر سوم دقیقاً به همان شکل صفحه است؛ مثلاً صفحه شماره 1 از نوع اول و موازی صفحه xy است. می‌توان دو دلیل برای موازی بودن این صفحه مطرح کرد:

۱- واضح است که صفحه 1 موازی صفحه xy است (برای افراد با توانایی تجسم فضایی معمولی به بالا).

۲- دو خط متقاطع ab و ac از این صفحه موازی صفحه xy است (خط ab موازی y و خط ac موازی x می‌باشد).

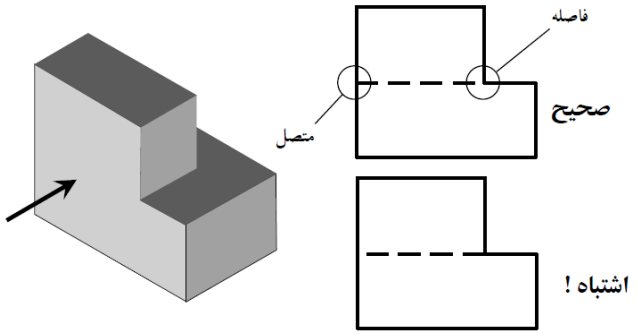
صفحه شماره 7 صفحه نوع دوم است، زیرا بر صفحه xz عمود و نسبت به دو صفحه دیگر به صورت مایل می‌باشد؛ لذا تصویر روبه‌روی آن به صورت خط مشاهده خواهد شد. می‌توان دو دلیل برای عمود بودن این صفحه مطرح کرد:

۱- واضح است که صفحه 7 عمود بر صفحه xz است (برای افراد با توانایی تجسم فضایی معمولی به بالا).

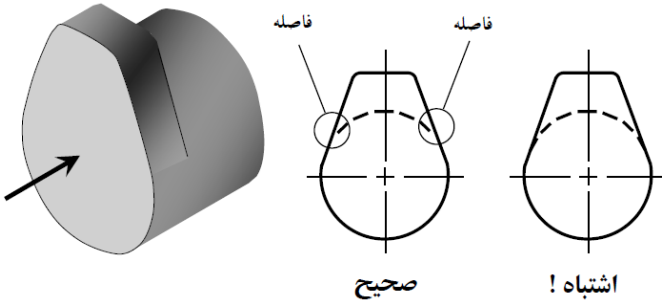
۲- یک خط از این صفحه (مثل ab) عمود بر صفحه xz است (خط ab موازی y و در نتیجه عمود بر xz می‌باشد).

صفحه شماره 10 یک صفحه نوع سوم است و سه‌تصویر آن به صورت صفحه مشاهده می‌شود. به طور کلی برای رسم سه‌تصویر یک جسم، ابتدا به سراغ صفحات نوع اول می‌رویم؛ چرا که تصویر این صفحات عیناً مانند خود صفحه است و ترسیم آن‌ها به‌راحتی انجام می‌شود. همزمان با ترسیم صفحات نوع اول، صفحات نوع دوم را بررسی می‌کنیم. می‌دانیم صفحه نوع دوم بر یکی از صفحات تصویر عمود است؛ بنابراین تصویر آن روی صفحه مورد نظر باید به صورت خط مشاهده شود. با توجه به اینکه صفحه نوع سوم مجاور با صفحات نوع اول و دوم است، در اکثر اوقات صفحه نوع سوم با ترسیم صفحات مجاور ترسیم می‌شود. ممکن است صفحه نوع سوم مجاور صفحات نوع سوم دیگری باشد که در این موارد با یافتن تصویر نقاط مربوط به رئوس صفحه، به تصویر آن دست پیدا خواهیم کرد.

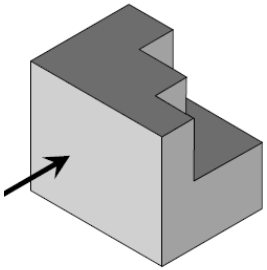
# رسم خطوط ندید

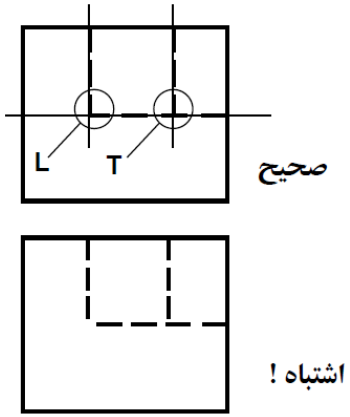


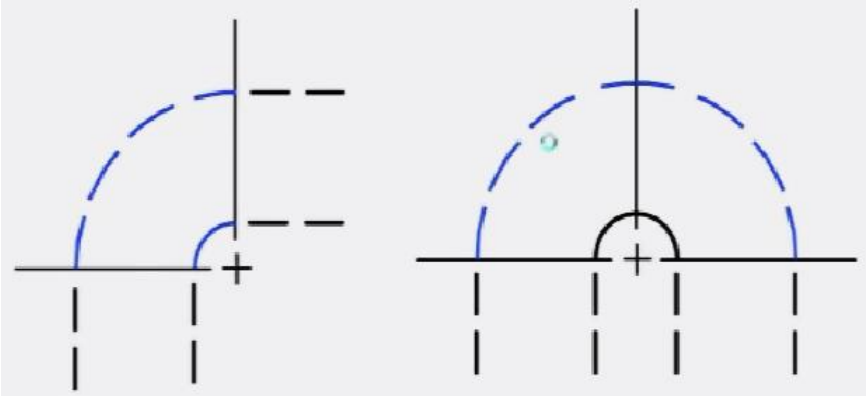

- خطوط ندید، باید به خطوط توپر متصل گردند، **به جز** هنگامی که در امتداد یک خط توپر قرار گیرند.

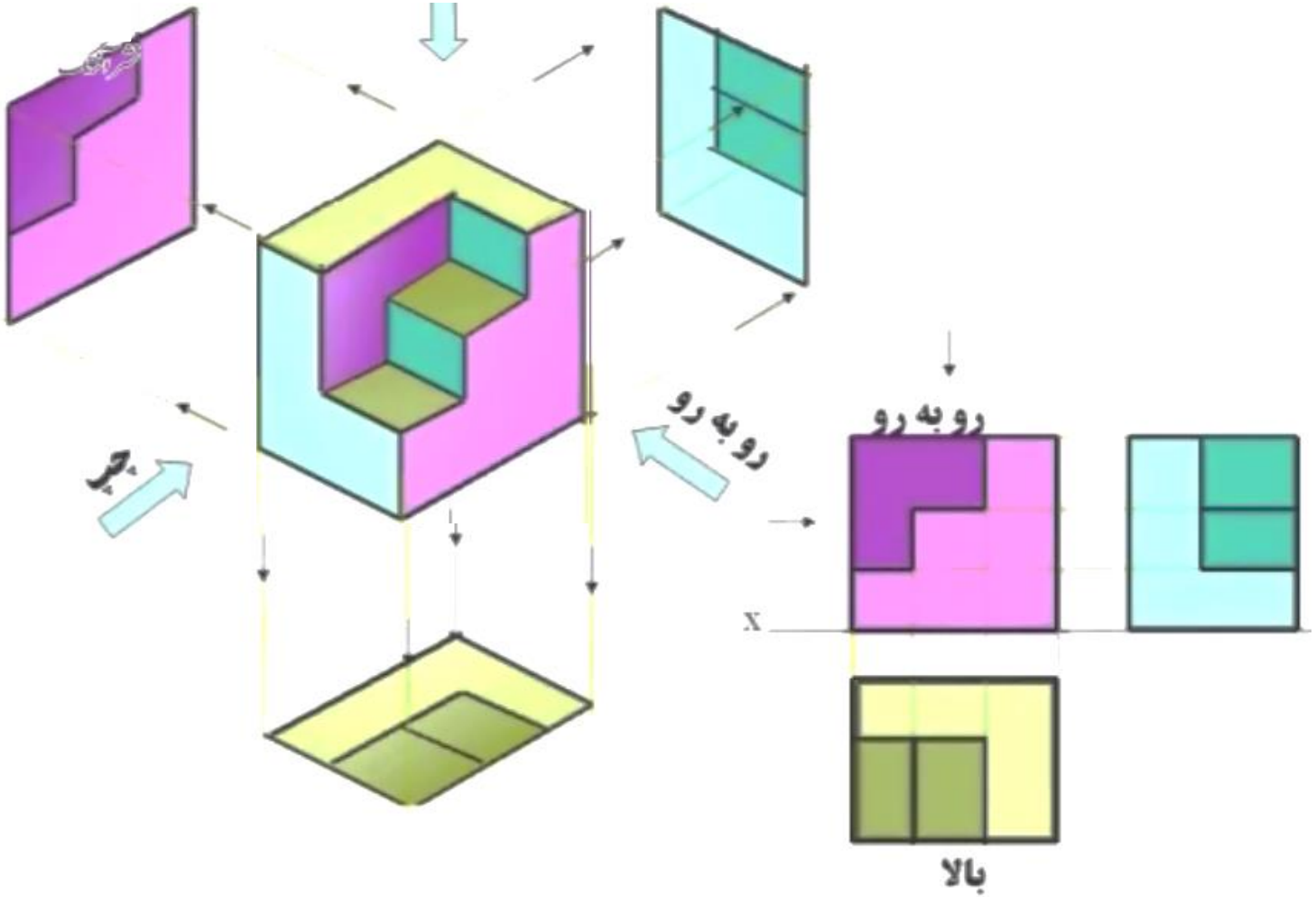


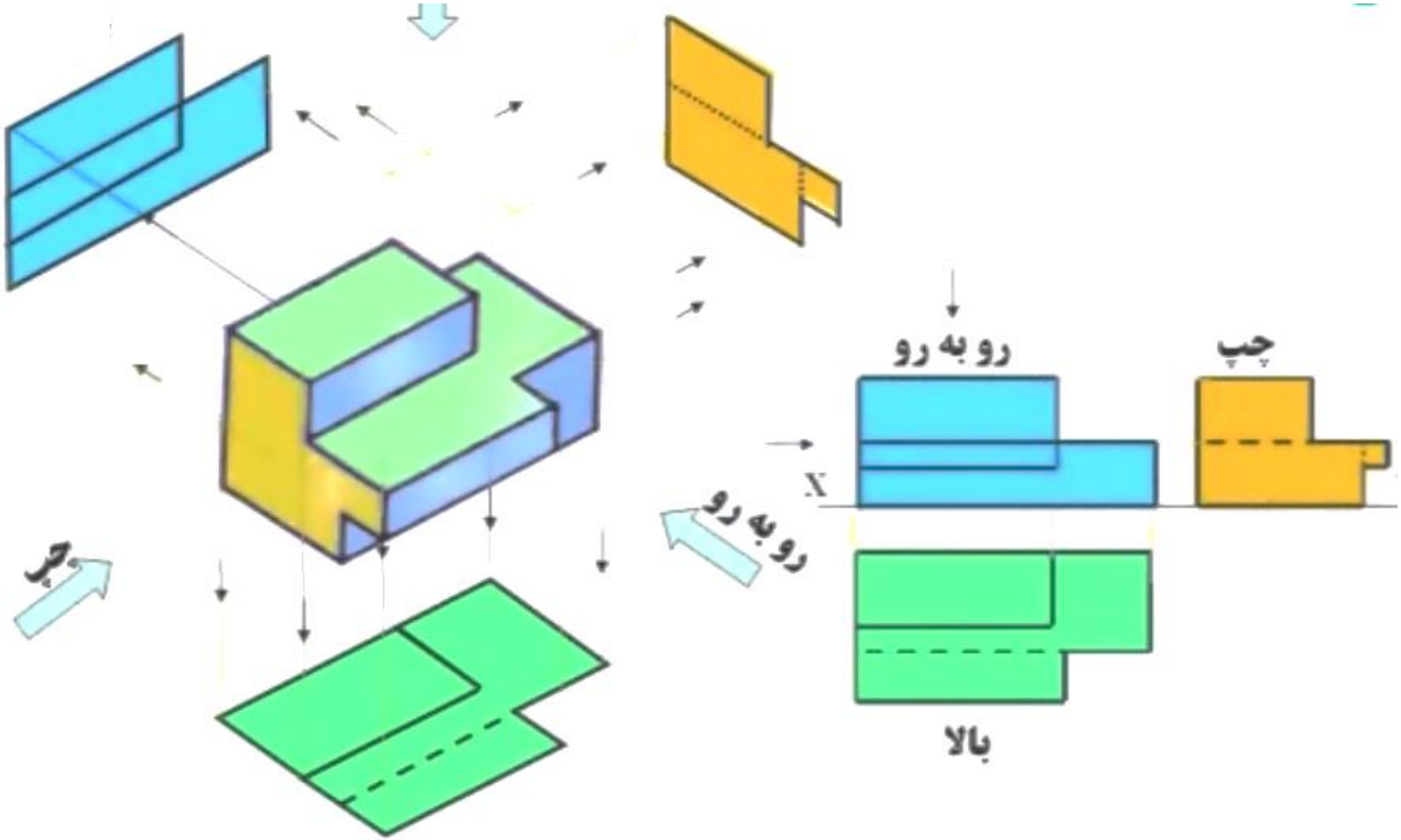

- خطوط ندید، در گوشه‌های T شکل و L شکل باید متصل باشند.
- خطوط ندید منحنی، باید از خطوط تقارن شروع شوند.

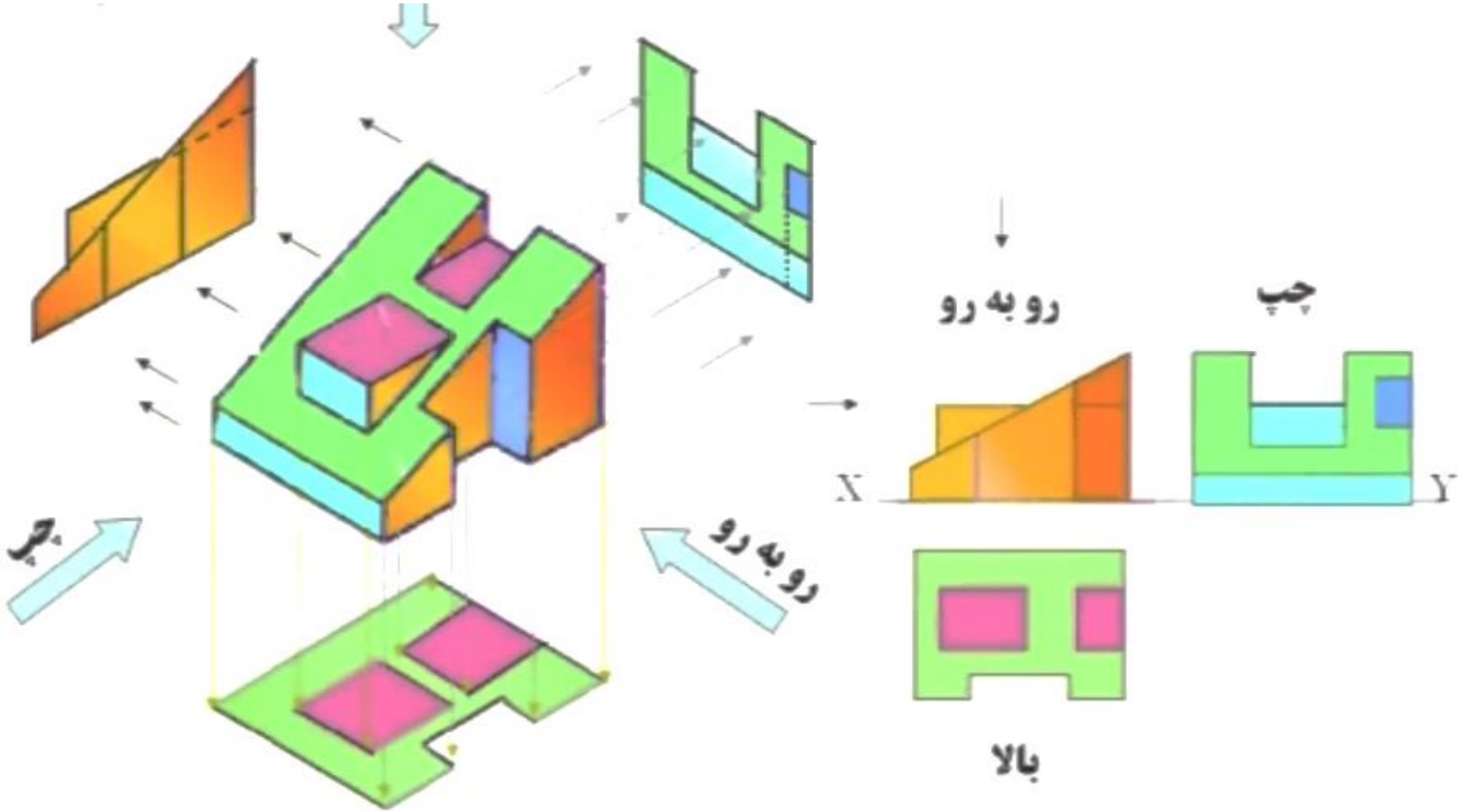


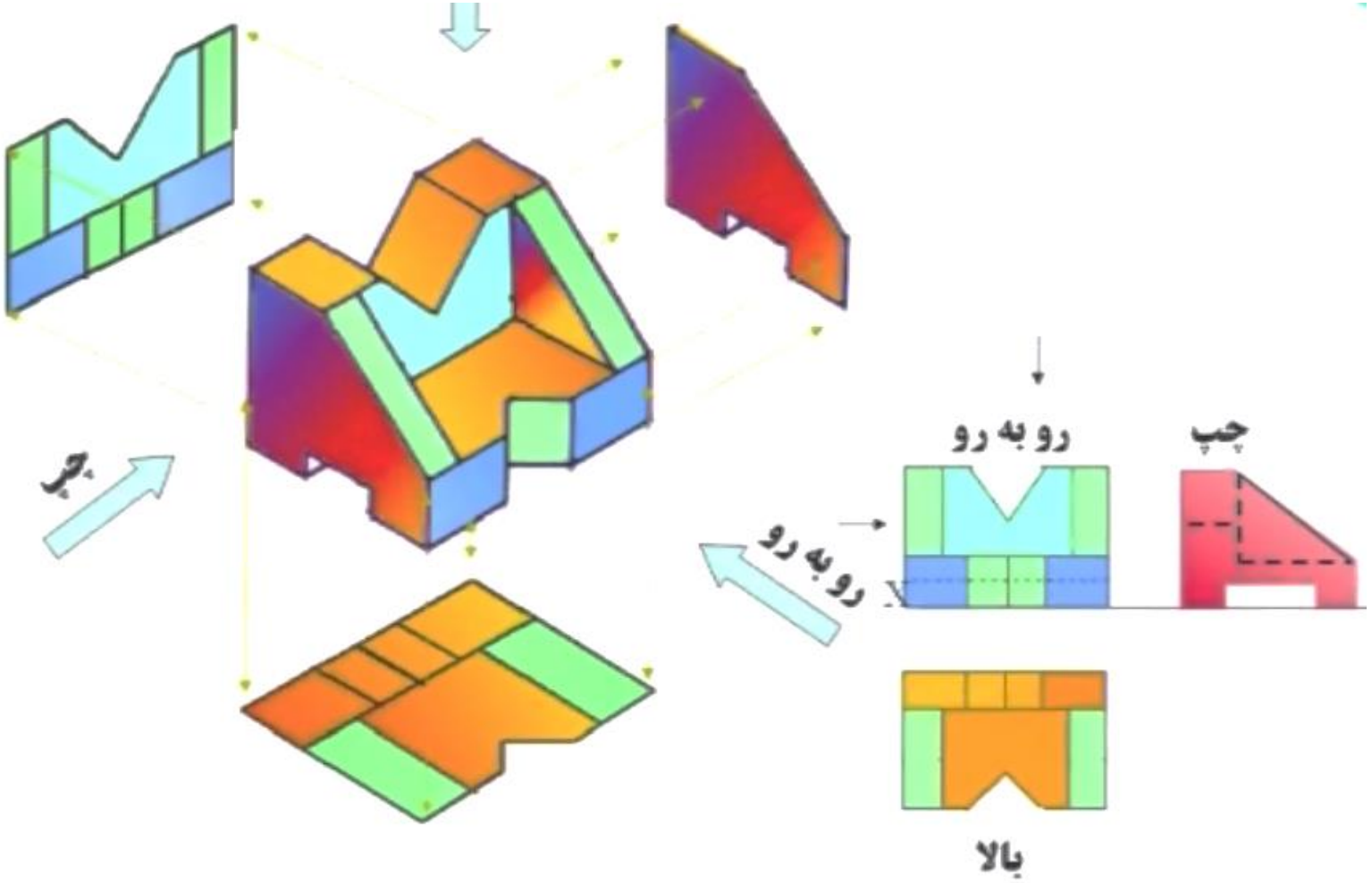



روبه رو
روبه رو
چپ
x
بالا

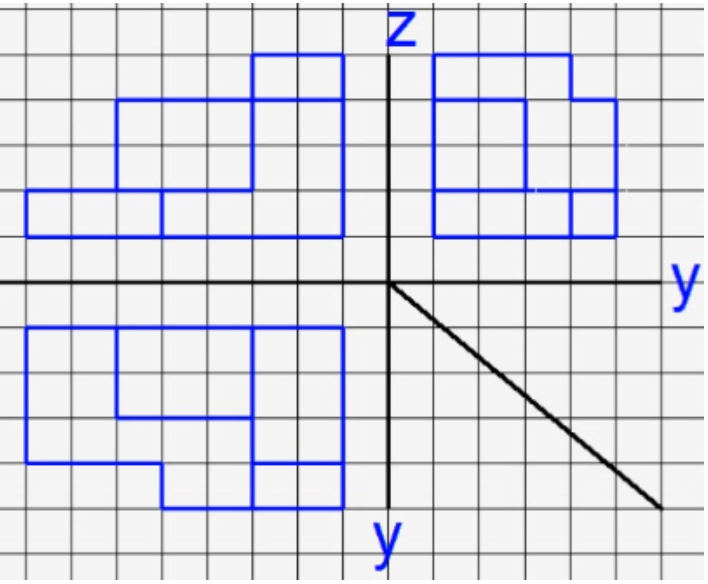

رو به رو
چپ
X
رو به رو
چپ
بالا

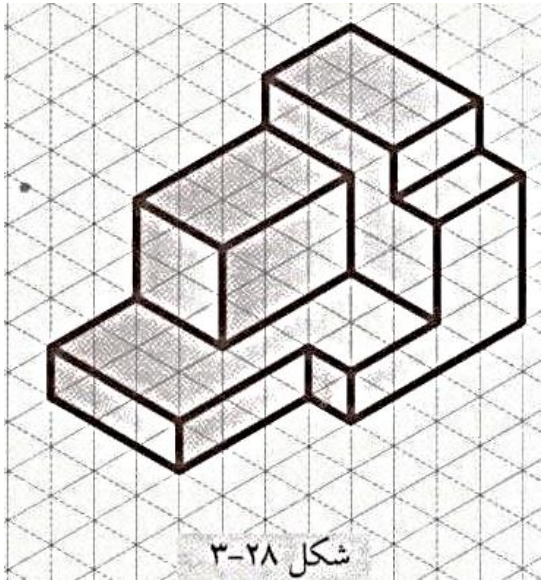

راست
رو به رو
رو به رو
چپ
X
Y
بالا

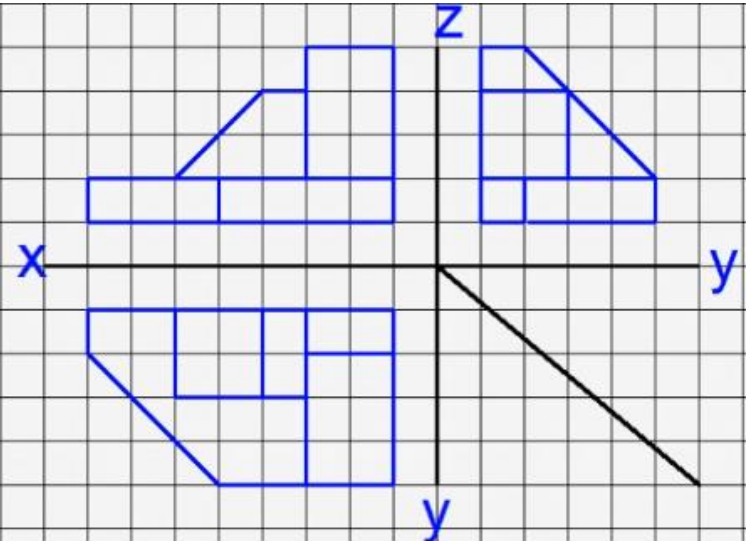

چپ
رو به رو
رو به رو
راست
بالا

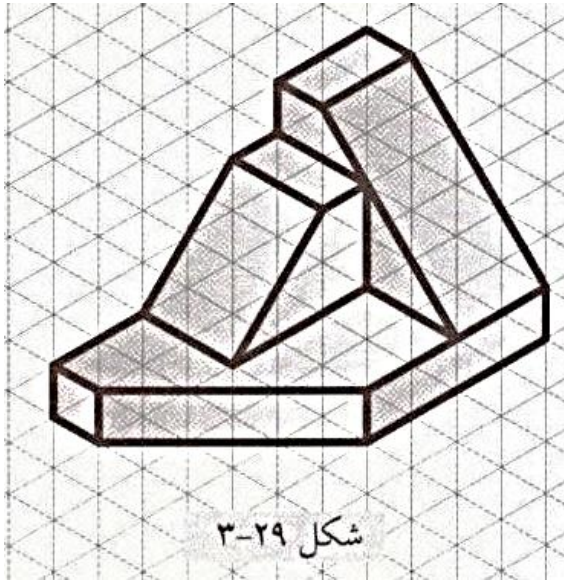
مثال ۱۸

سه نمای اشکال زیر را رسم کنید



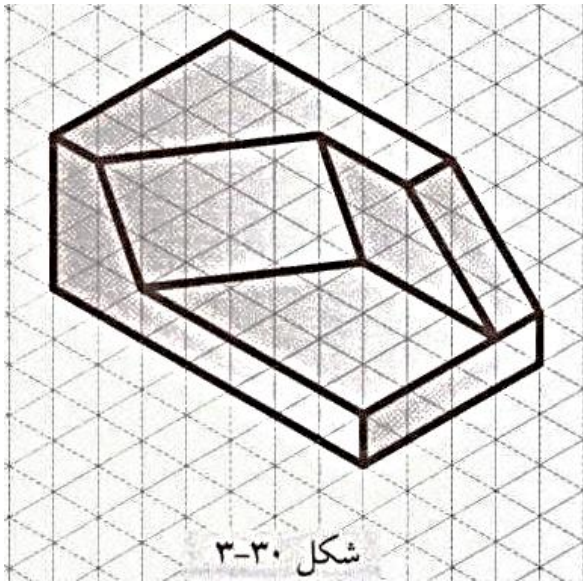


شکل ۲۸-۳

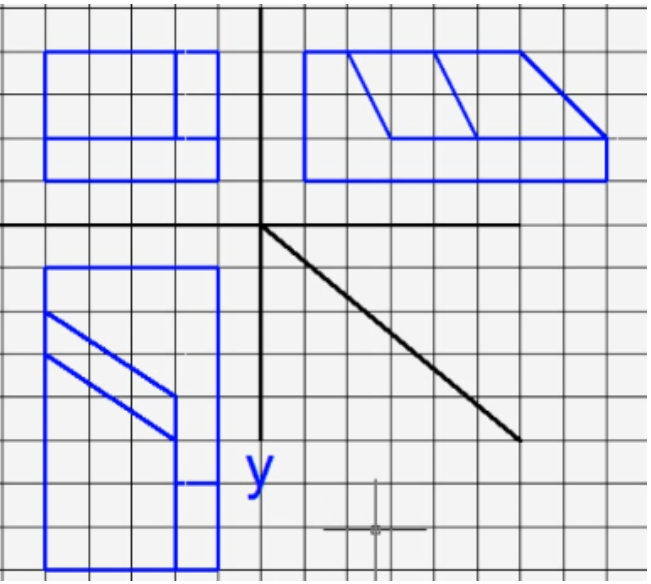


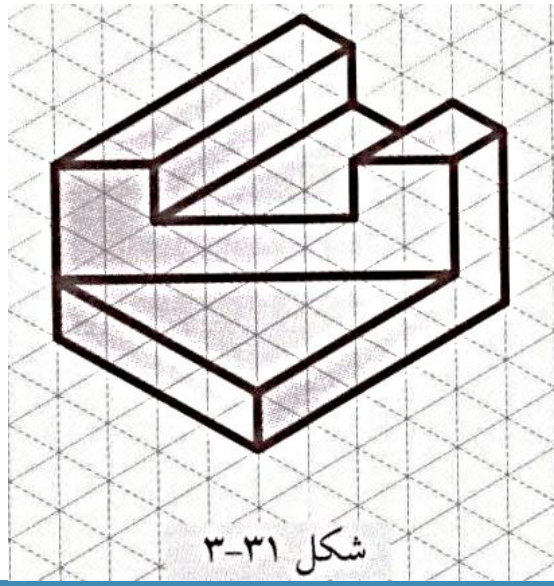


شکل ۲۹-۳

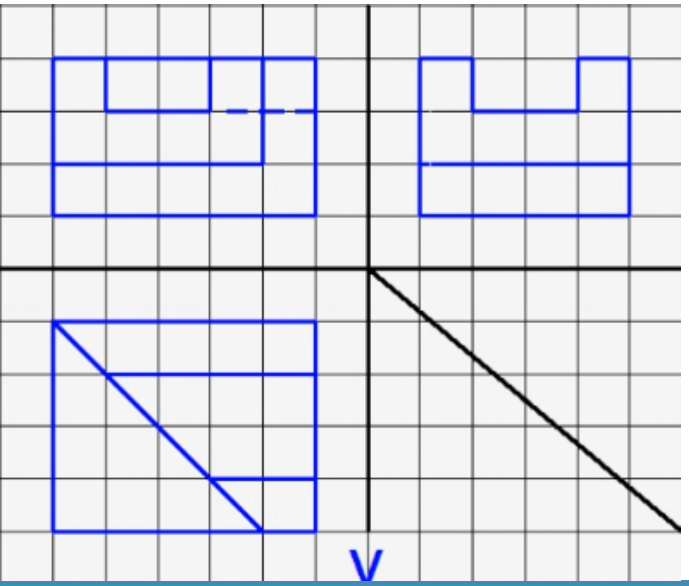
مثال ۱۹

سه نمای اشکال زیر را رسم کنید


شکل ۳-۳۰



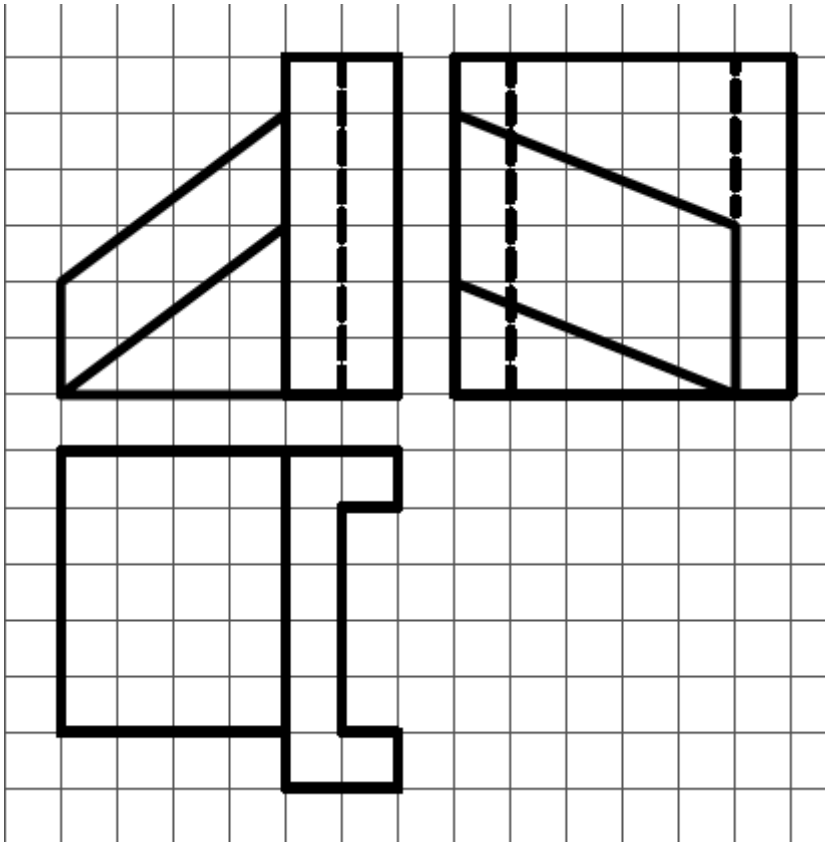


شکل ۳-۳۱

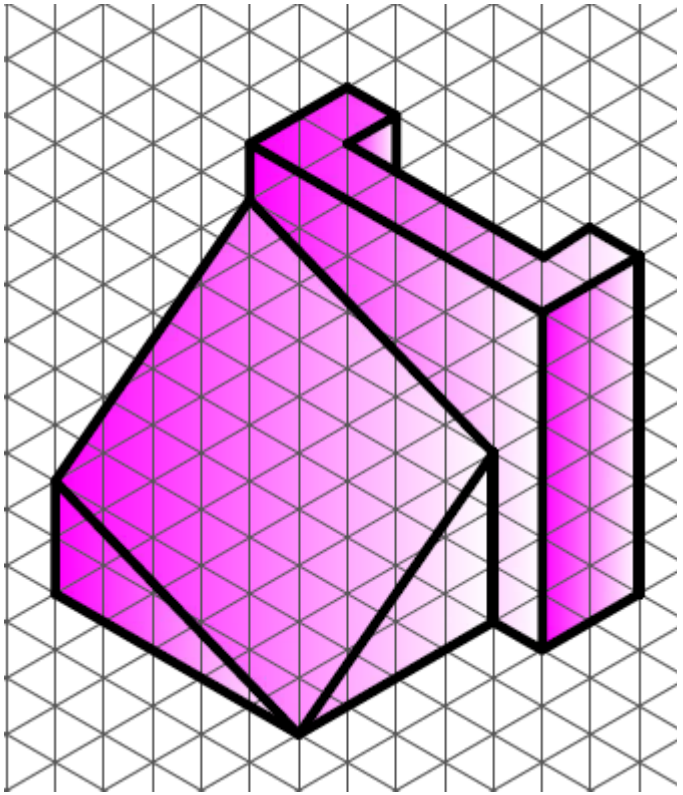


در این شکل‌ها، فرض بر این است که سوراخ‌ها تا انتهای جسم ادامه پیدا کرده‌اند. در بعضی از شکل‌ها از علامت سه‌کنج (⅄) استفاده شده است تا صفحاتی از جسم که می‌توان آن‌ها را به دو صورت قائم یا مایل تصور نمود، از ابهام خارج کرد.

مثال ۲۰

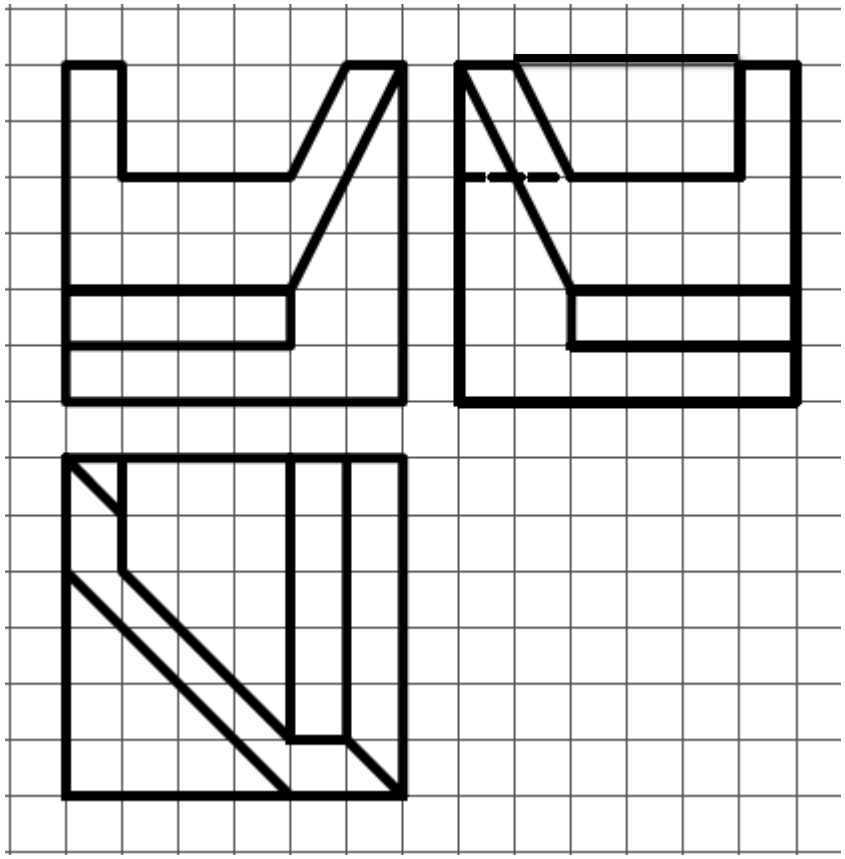
## سه نمای شکل زیر را رسم کنید

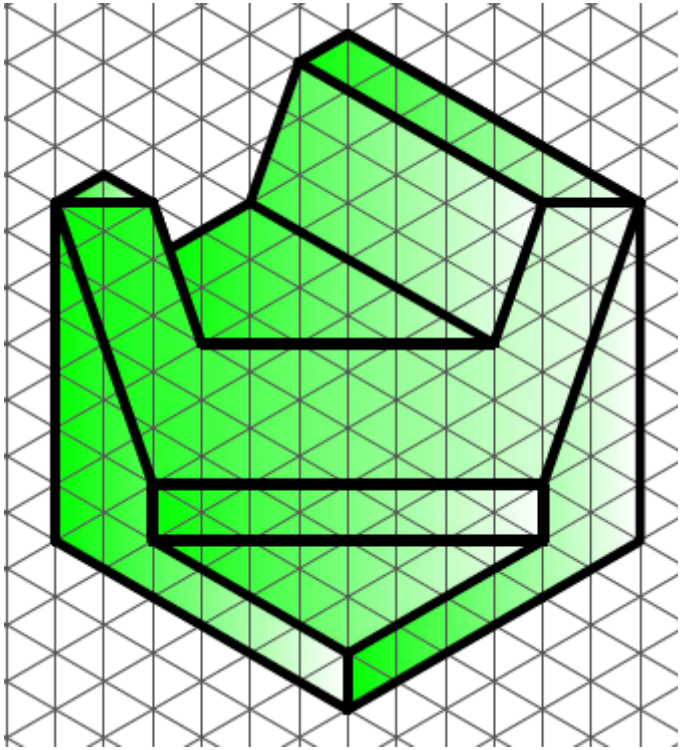




مثال
۲۱

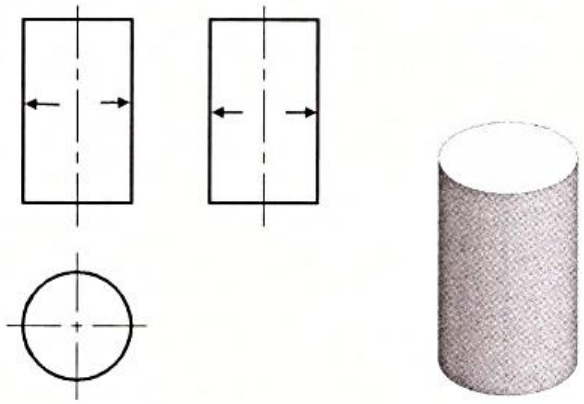
سه نمای شکل زیر را رسم کنید





## ۳-۴-۲ نحوه ترسیم اجسام با طرح‌های دایره‌ای

در صنعت به کرّات با قطعاتی برخورد می‌کنیم که دارای طرح‌های دایره‌ای می‌باشند. برای ترسیم این قطعات نکاتی باید لحاظ شود که به آن‌ها اشاره خواهیم کرد. ابتدا یک استوانه که ساده‌ترین قطعه با طرح دایره‌ای است، در نظر بگیرید. می‌دانیم در صورتی که محور استوانه بر یکی از صفحات تصویر عمود باشد، دو تصویر آن به صورت مستطیل و یک تصویر آن به صورت دایره مشاهده خواهد شد (شکل ۳-۳۷). برای اجسام دوار و متقارن، مثل استوانه‌ها و سوراخ‌های استوانه‌ای، محور تقارن یا خط مرکز (Centerline)، به صورتی که در شکل ۳-۳۷ مشاهده می‌کنید، نشان داده می‌شود.

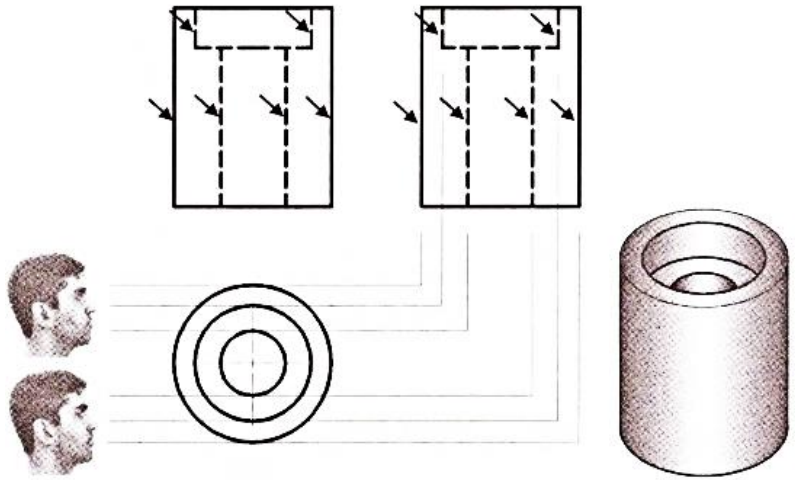


شکل ۳-۳۷

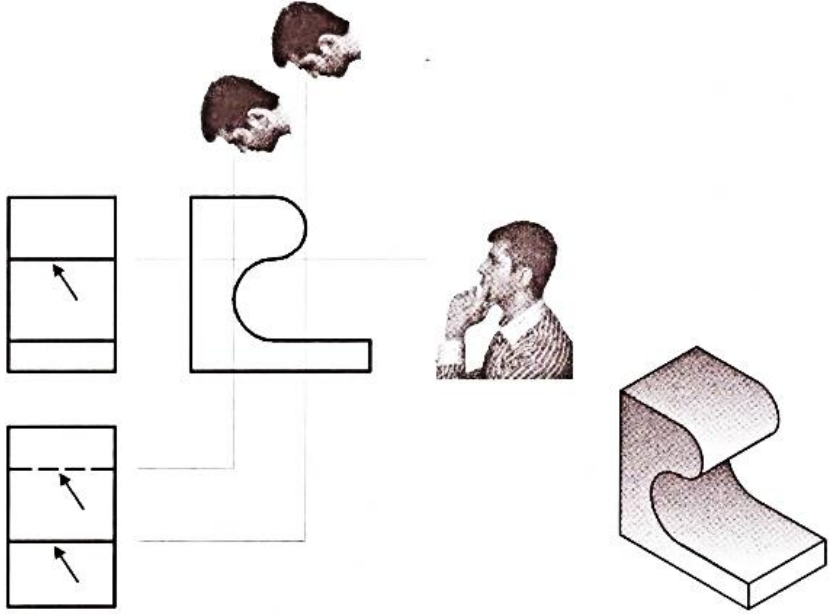
دو نکته را می‌توان از تصاویر استوانه برداشت کرد که عبارتند از:

۱- هنگامی که در یک جسم، استوانه‌ای (چه داخلی چه خارجی) قرار داشته باشد، با شرط عمود بودن محور آن استوانه بر یکی از صفحات تصویر (xy، xz یا yz)، تصویر آن جسم به دلیل وجود استوانه حتماً شامل دو مستطیل و یک دایره خواهد بود.

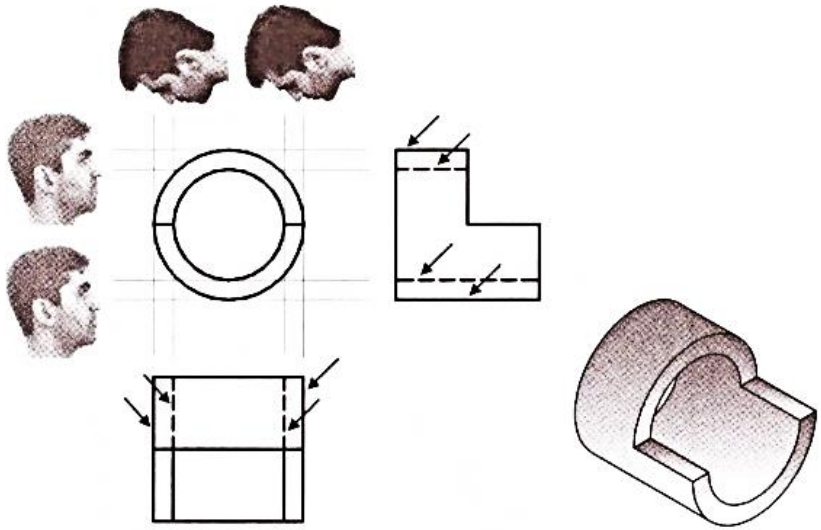
۲- می‌دانیم سطح جانبی استوانه فاقد ضلع و شکستگی سطحی است؛ اما همان طور که در شکل ۳-۳۷ مشاهده می‌کنید، تصاویر روبه‌رو و چپ هر کدام از دو خط قائم برخوردارند که با فلش نشان داده شده‌اند. به این خط‌ها، اصطلاحاً لبه دید گفته می‌شود که در اثر مماس شدن پرتوها یا دید ناظر به سطح ایجاد می‌گردند و محدوده ماده جسم را مشخص می‌کنند؛ بنابراین هر جا دید ناظر به سطح مماس شود، باید یک خط در تصویر ترسیم کرد. برای درک بهتر مفهوم لبه دید، شکل‌های ۳-۳۸ تا ۳-۴۱ را در نظر بگیرید. در این شکل‌ها، سه‌تصویر جسم مورد نظر رسم و لبه‌های دید با فلش مشخص شده‌اند.



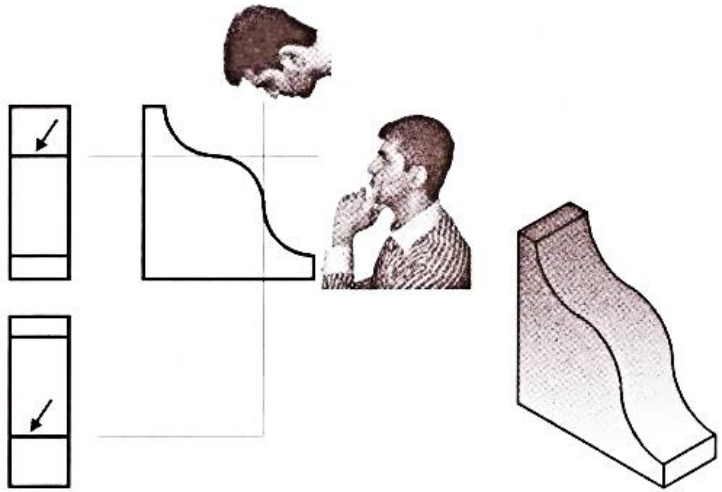
شکل ۳۸-۳



شکل ۳۹-۳



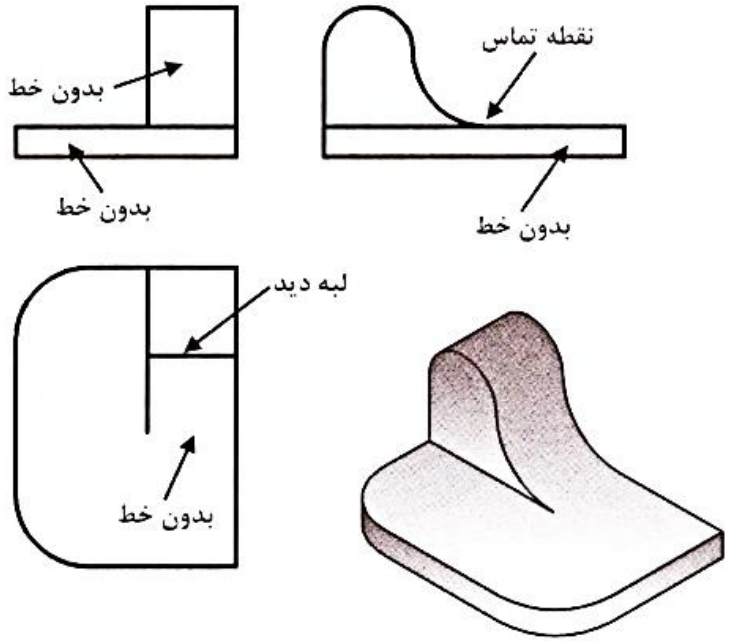
شکل ۴۰-۳



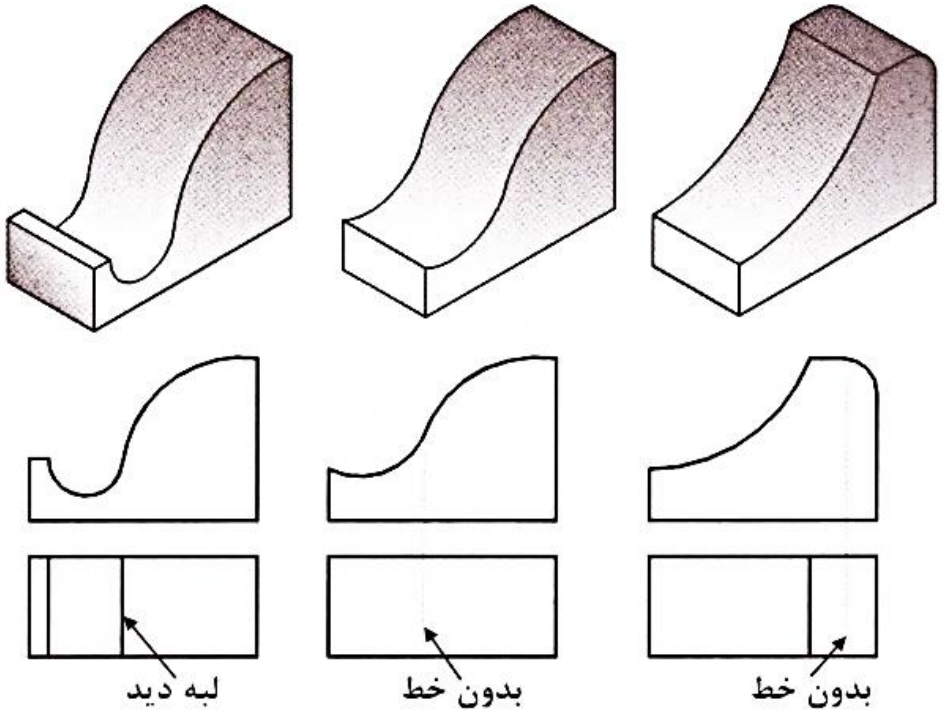
شکل ۴۱-۳

نکته دیگری که باید در ترسیم سه‌تصویر اجسام با طرح‌های دایره‌ای رعایت شود، این است که هر گاه سطح خمیده به صورت مماس به سطح صاف برسد و دید ناظر به محل تماس، مماس نباشد، نباید برای محل تماس خط ترسیم کرد. مثلاً در شکل ۴۲-۳، سطح خمیده به صورت مماس به سطح صاف رسیده است؛ لذا در محل تماس نباید خطی رسم شود.

در شکل ۴۳-۳ می‌توان لبه دید و حالت مماس بودن دو سطح را در این سه جسم با هم مقایسه کرد.



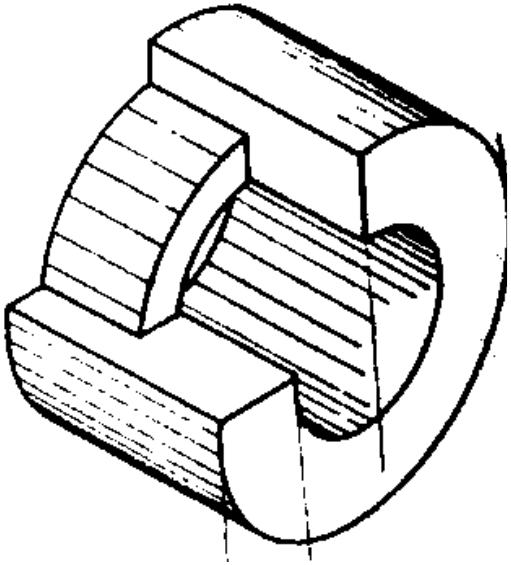

شکل ۴۲-۳

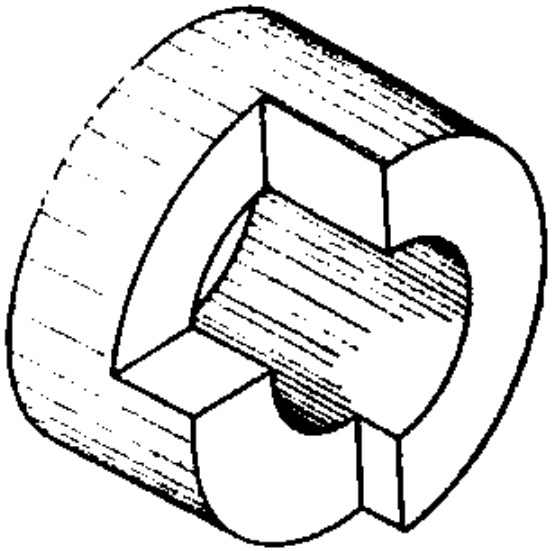


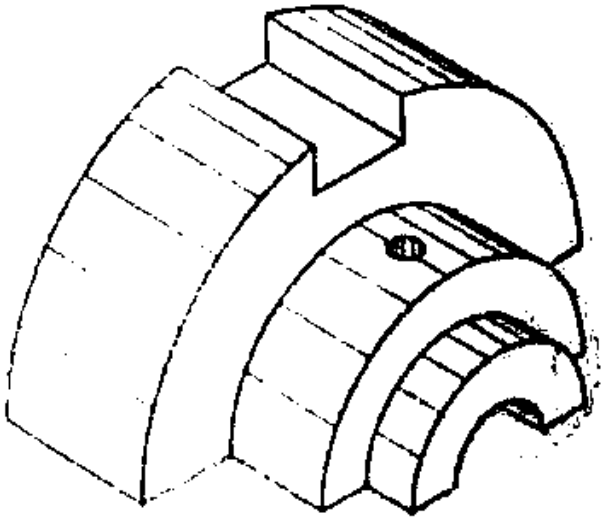

شکل ۴۳-۳

مثال
۲۲

سه نمای اشکال زیر را رسم کنید

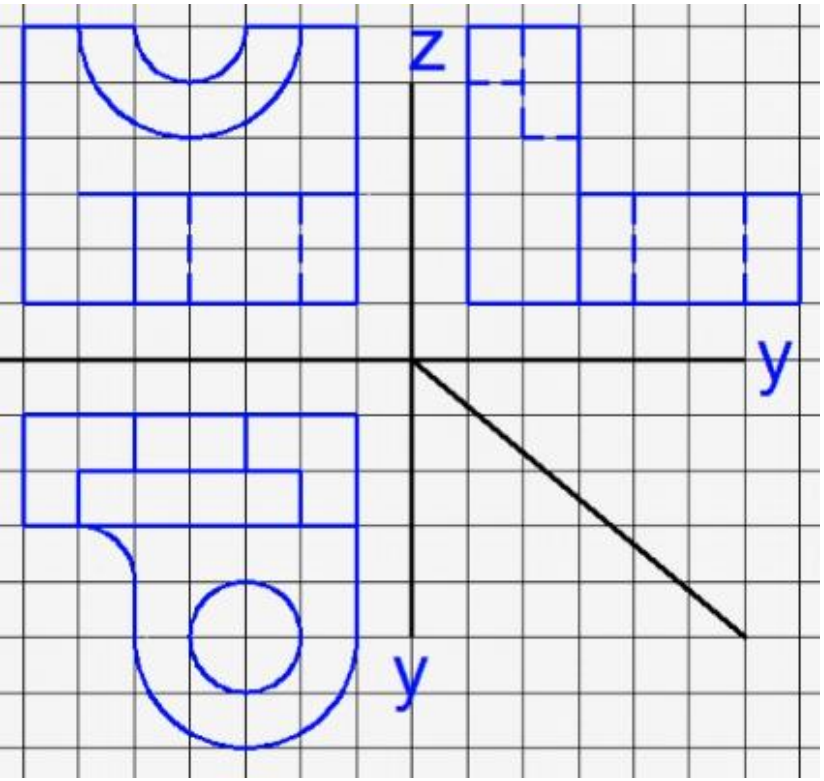


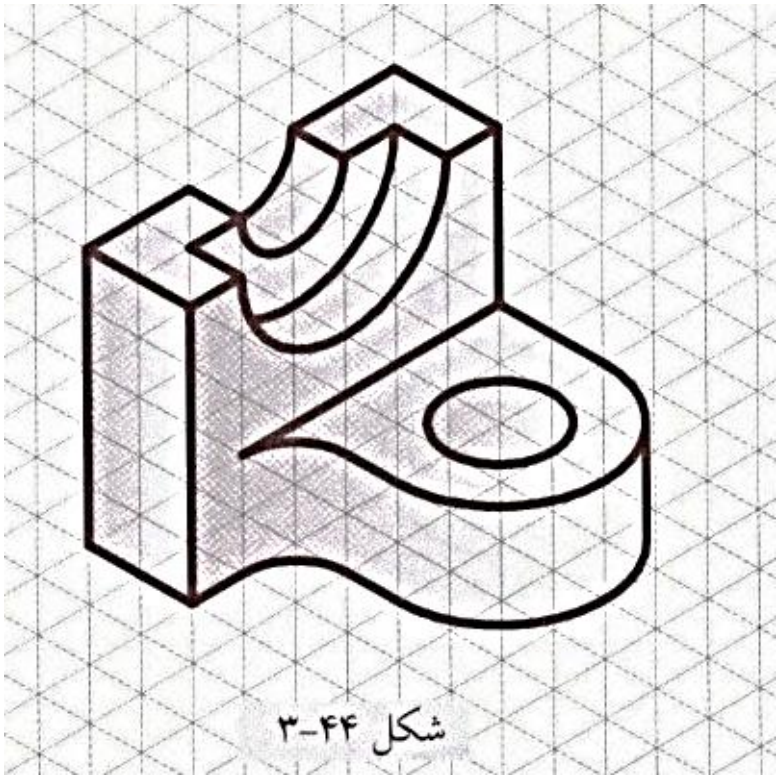




مثال
۲۳

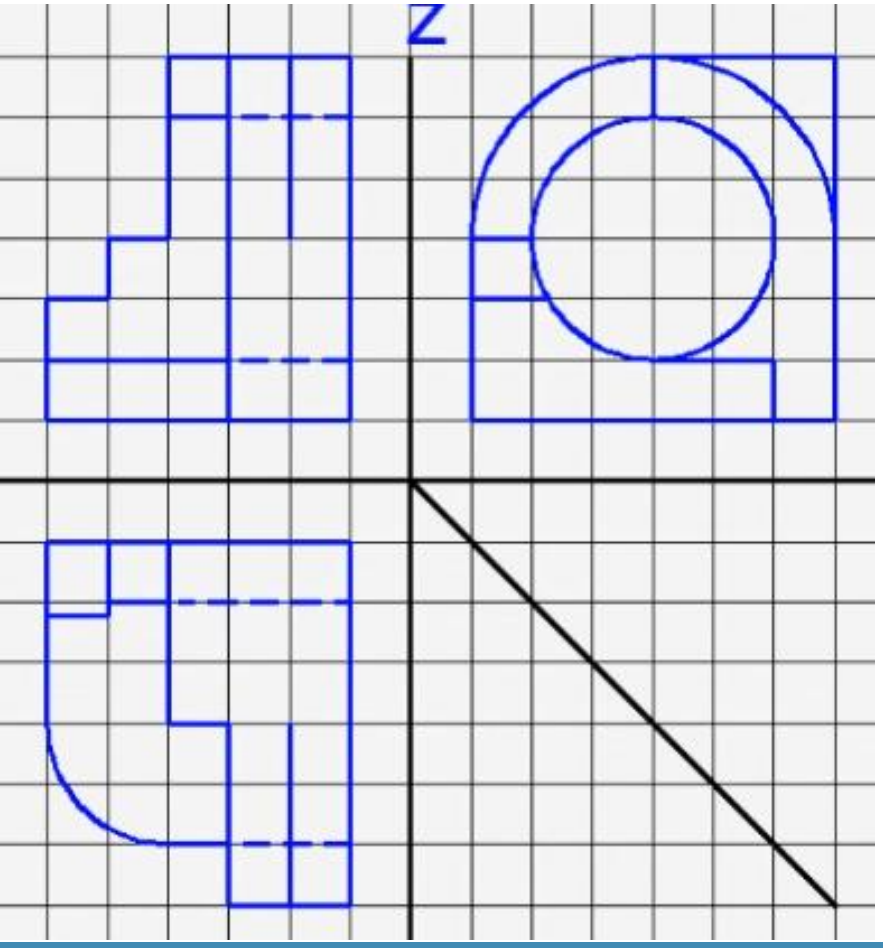
سه نمای شکل زیر را رسم کنید

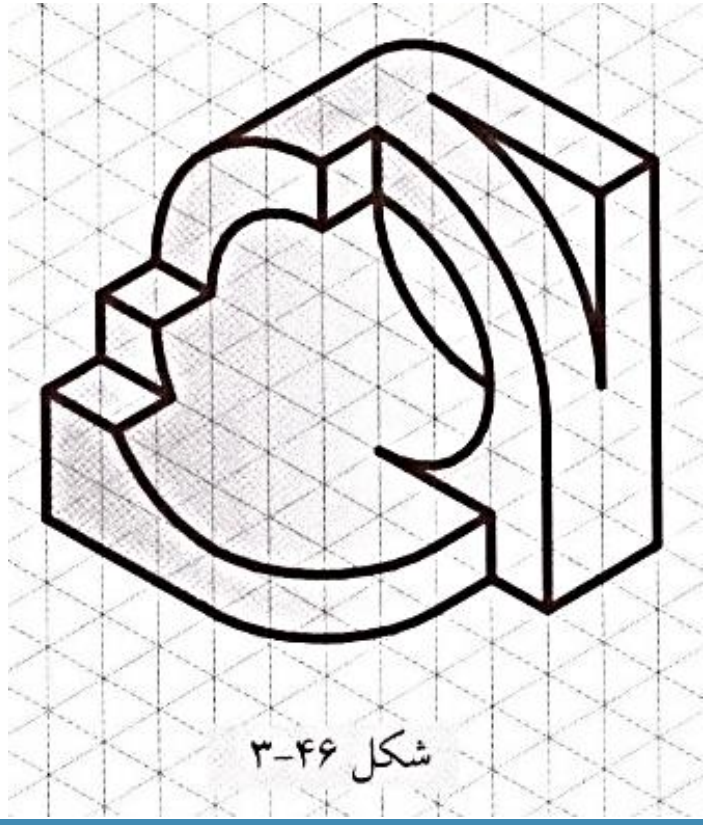




شکل ۴۴-۳

مثال
۲۴

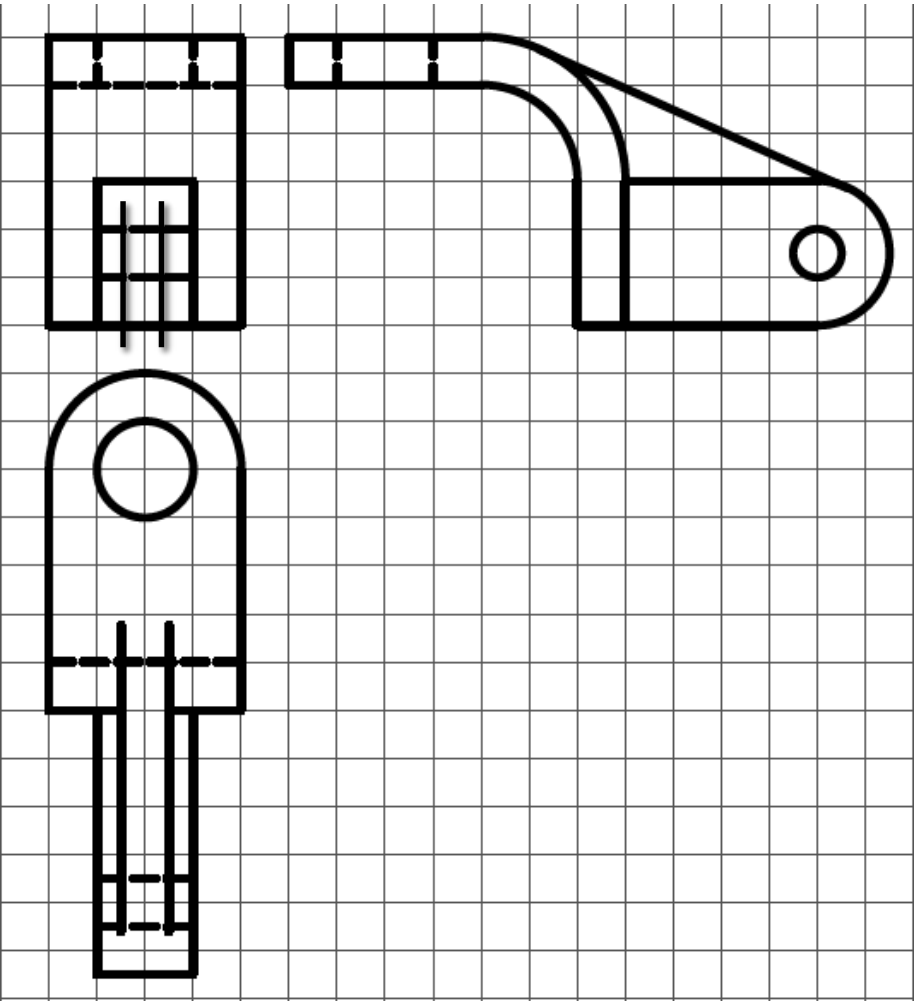
سه نمای شکل زیر را رسم کنید

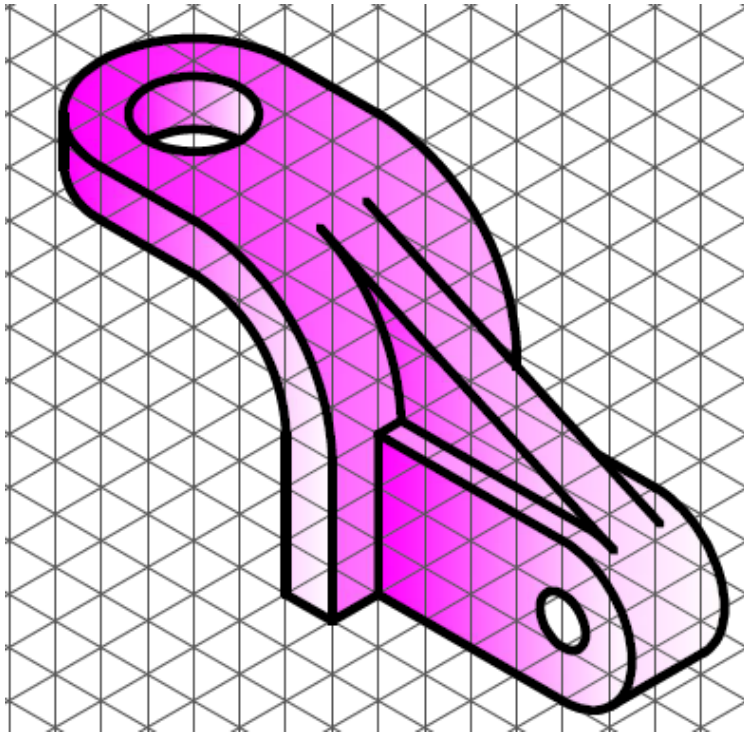




شکل ۳-۴۶

مثال
۲۵

سه نمای شکل زیر را رسم کنید



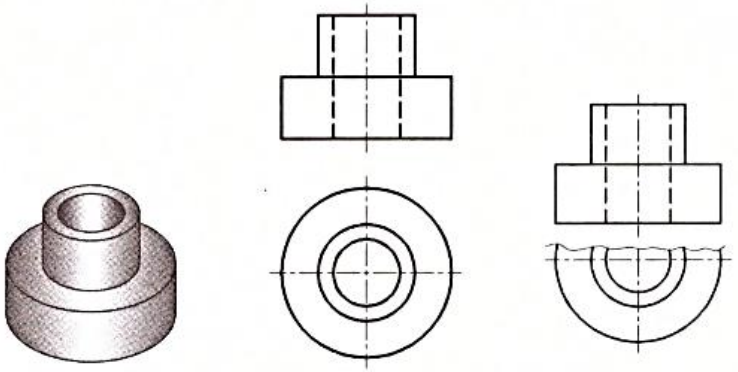


# ۳–۵ شیوه‌های متداول در ترسیم نقشه‌های صنعتی

در صنعت مجموعه‌ای از شیوه‌های ترسیمی متداول می‌باشند که در هنگام رسم نقشه باید لحاظ گردند. در ادامه به تشریح این شیوه‌ها می‌پرداریم:

## ۳–۵–۱ حذف بخشی از تصویر

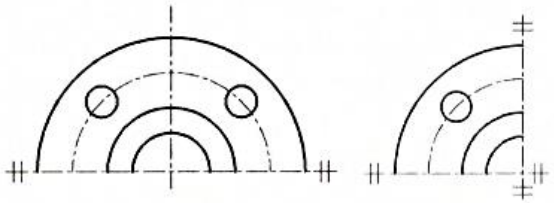
گاهی اوقات برای صرفه‌جویی در زمان و فضای کاغذ، تنها بخشی از اجسام متقارن را ترسیم می‌کنند. مثلاً دو تصویر روبه‌رو و بالای قطعه شکل ۵۱–۳الف باید به صورت شکل ۵۱–۳ب ترسیم شود، ولی برای صرفه‌جویی در فضای کاغذ، آن را به کمک یک خط شکسته نازک مطابق شکل ۵۱–۳ج نمایش می‌دهند.



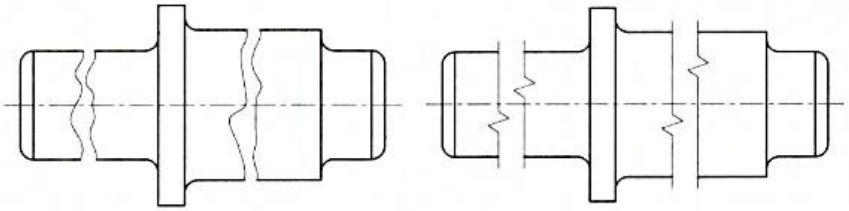
الف ب ج

شکل ۵۱–۳

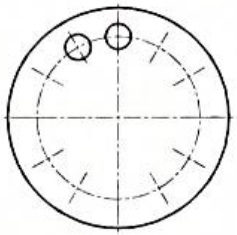
گاهی اوقات برای اجسام متقارن، از نماد تقارن (دو خط موازی کوچک) نیز استفاده می‌شود که در این صورت نصف و یا یک چهارم از جسم ترسیم می‌گردد (شکل ۵۲–۳). همچنین اجسام طویل را می‌توان مطابق شکل ۵۳–۳ به صورت شکسته نمایش داد تا در کاغذهای نقشه‌کشی جای گیرند. برای اجسام با طرح‌های تکراری معمولاً تعدادی از طرح‌ها ترسیم می‌شوند و موقعیت مکانی مابقی مطابق شکل ۵۴–۳ با استفاده از خط مرکز تعیین می‌گردد؛ البته می‌توان با اندازه‌گذاری و توضیحات نیز تعداد طرح و موقعیت آن‌ها را مشخص کرد.



شکل ۵۲–۳



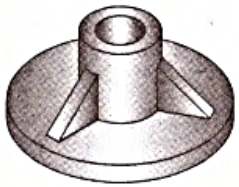
شکل ۵۳–۳



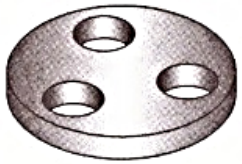
شکل ۵۴–۳

## ۳-۵-۲ دوران اجزا در طرح‌های دایره‌ای متقارن

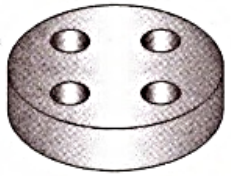
برای سادگی و خوانا بودن نقشه‌های صنعتی، بعضی از اجزا را که در آرایش دایره‌ای و به فاصله برابر نسبت به هم قرار دارند، تا صفحه موازی صفحه تصویر دوران می‌دهند تا تصویر اجزا به صورت حقیقی (یا در فاصله حقیقی شعاعی) مشاهده شوند. مثلاً می‌دانیم دوتصویر قطعه موجود در شکل ۵۵-۳الف، مطابق شکل ۵۵-۳ب مشاهده خواهد شد، ولی در صنعت آن را به صورت شکل ۵۵-۳ج نمایش می‌دهند. دو نمونه دیگر از این دوران را می‌توان در شکل‌های ۵۶-۳ و ۵۷-۳ مشاهده کرد.



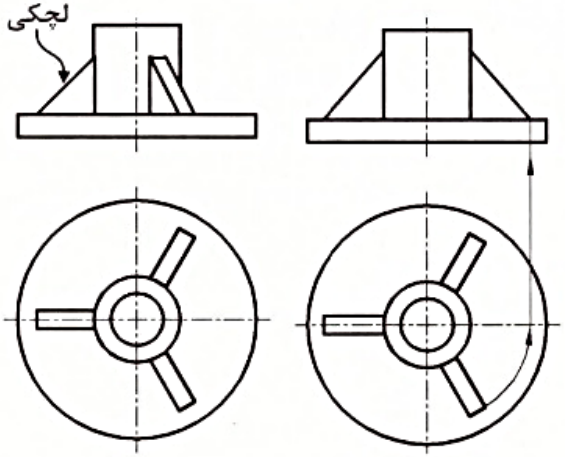
الف



الف

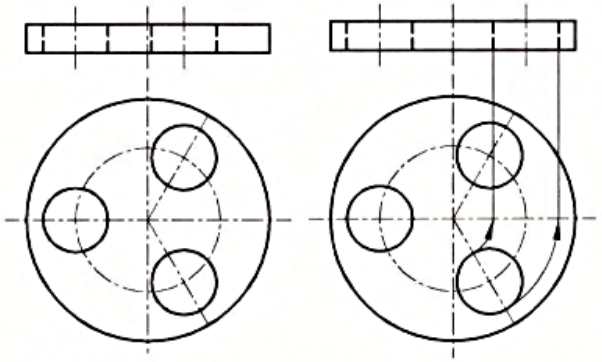


الف



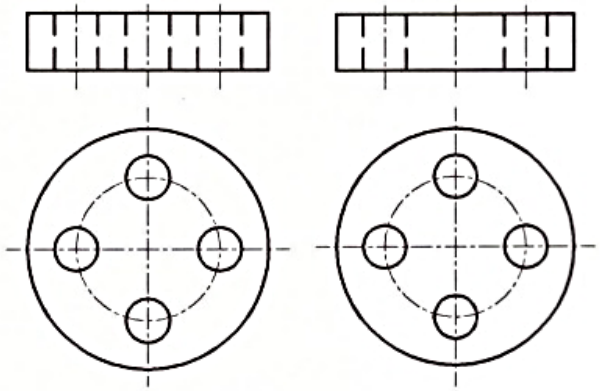

ب) تصویر ضعیف ج) تصویر خوب

شکل ۵۵-۳



ب) تصویر ضعیف ج) تصویر خوب

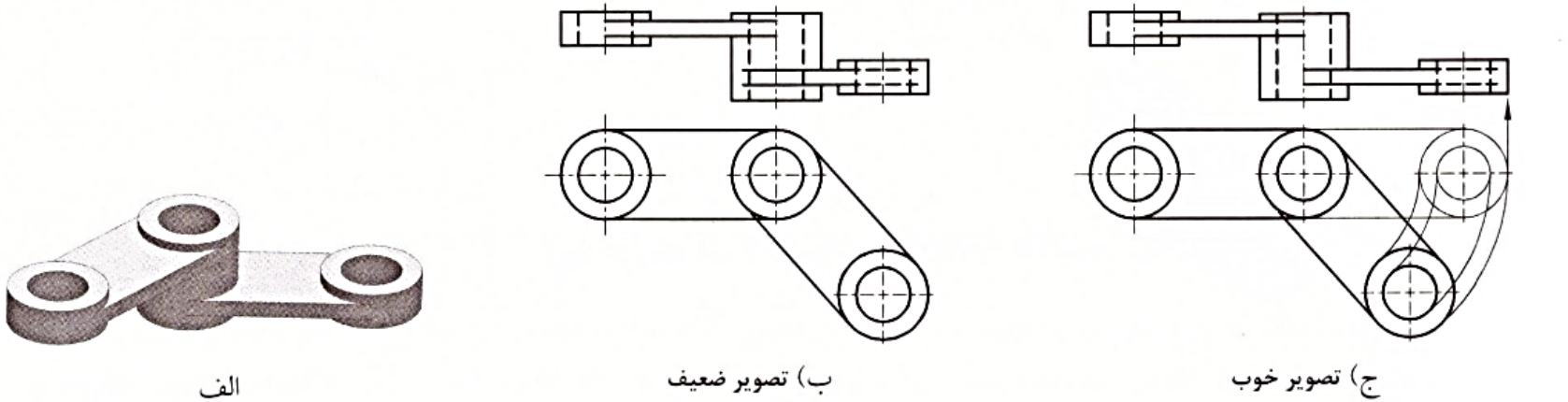
شکل ۵۶-۳



ب) تصویر ضعیف ج) تصویر خوب

شکل ۵۷-۳

گاهی اوقات ممکن است قطعه مورد نظر مطابق شکل‌های ۵۸-۳الف و ب دارای بازوهایی در راستای شعاعی باشد. در صنعت، تصویر حقیقی بازو مطابق شکل ۵۸-۳ج نمایش داده می‌شود.

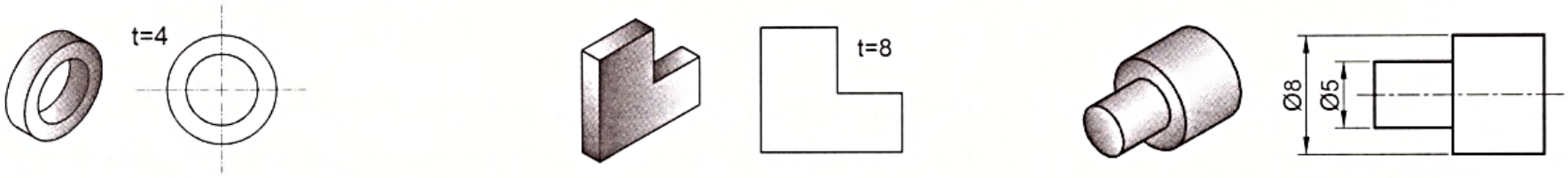


الف ب) تصویر ضعیف ج) تصویر خوب

شکل ۵۸-۳

## ۳-۵-۳ رسم یک‌تصویر از جسم

قطعات استوانه‌ای یا قطعاتی را که ضخامت آن‌ها در تمام قسمت‌های قطعه یکسان است، می‌توان با یک تصویر نمایش داد. برای این کار، در تصویر اول علامت‌ها و نوشته‌هایی گذاشته می‌شوند که نیاز به تصویر دوم را برطرف می‌کنند. مثلاً در شکل‌های ۵۹-۳الف و ب، ضخامت قطعات با علامت «t=» به ترتیب برابر ۴ و ۸ واحد می‌باشند. در شکل ۵۹-۳ج نیز از علامت «Ø» برای مشخص کردن قطر دایره که همان قطر قاعده استوانه است، استفاده می‌شود.

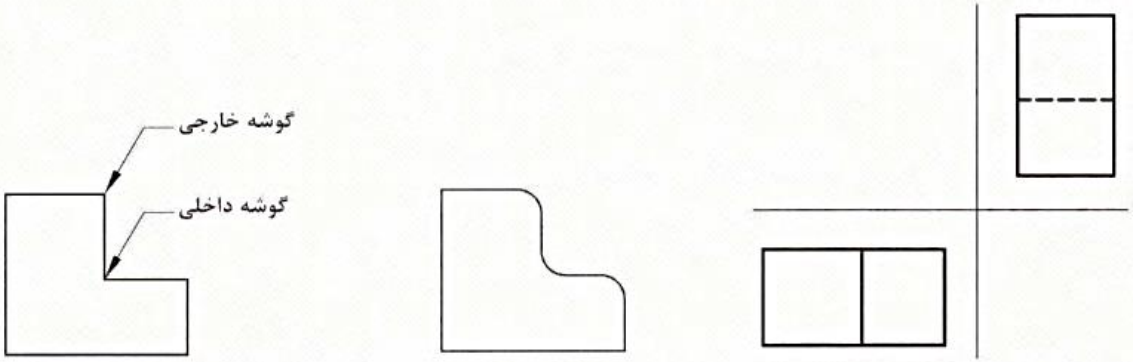



الف ب ج

شکل ۵۹-۳

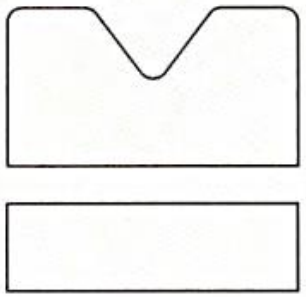
## ۳-۵-۴ رسم گوشه‌های گرد اجسام

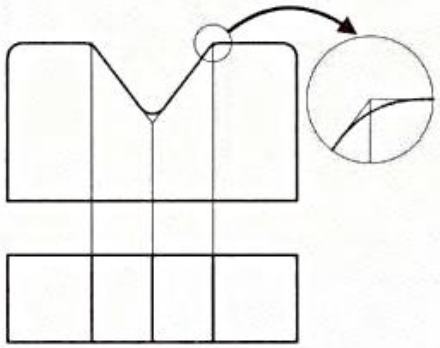
می‌دانیم یک قطعه ممکن است از نظر شکل ظاهری مطابق شکل ۶۰-۳الف دارای گوشه‌های داخلی و خارجی یا راکورد باشد. در صنعت، تمام یا بعضی از گوشه‌های جسم را مطابق شکل ۶۰-۳ب گرد می‌کنند. اصطلاحاً در زبان انگلیسی به گوشه‌های داخلی گردشده، Fillet و به گوشه‌های خارجی گردشده، Round می‌گویند. دلایل متعددی را می‌توان برای گرد کردن گوشه‌ها بر شمرد؛ مثلاً در ساخت قطعه با روش‌های ریخته‌گری و فورجینگ (آهنگری مدرن)، در آوردن گوشه‌های تیز داخلی مشکل است. از طرفی هنگامی که گوشه داخلی قطعه به صورت گردشده باشد، استحکام قطعه نیز افزایش می‌یابد. همچنین لبه‌های تیز می‌توانند به افرادی که با قطعه مورد نظر کار می‌کنند، آسیب برسانند و در نهایت، گرد کردن گوشه‌ها باعث ایجاد نما و شکل ظاهری بهتری برای قطعه خواهد شد. دو تصویر بالا و چپ قطعات شکل‌های ۶۰-۳الف و ب، مطابق شکل ۶۰-۳ج، مانند هم مشاهده می‌شوند و قابل درک می‌باشند، اما قطعات و مثال‌های بی‌شماری وجود دارند که اگر بخواهیم طبق اصول رسم از آن‌ها تصویر بگیریم، از نظر صنعتی مبهمند و قابل درک نیستند. مثلاً قطعه شکل ۶۱-۳الف را در نظر بگیرید. اگر طبق اصول حاکم بر تصویر بخواهیم دو تصویر روبه‌رو و بالای این قطعه را رسم کنیم، مطابق شکل ۶۱-۳ب خواهد شد که تصویر بالا از نظر صنعتی منطقی و قابل درک نیست؛ بنابراین در صنعت، محل تلاقی امتداد سطوح منتهی به Fillet یا Round مطابق شکل ۶۱-۳ج ترسیم می‌شود تا تصویر قطعه به واقعیت نزدیک‌تر گردد. بر اساس استاندارد ISO، سطوح شیبدار با شیب کم، که از طرفین به سطوح منحنی ختم می‌گردند، از طرفی که سطح منحنی از شعاع گردی کوچکتری برخوردار است، ترسیم می‌شوند (شکل‌های ۶۲-۳ و ۶۳-۳).




الف ب ج

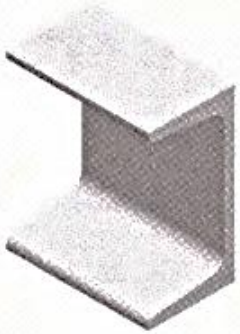
شکل ۶۰-۳

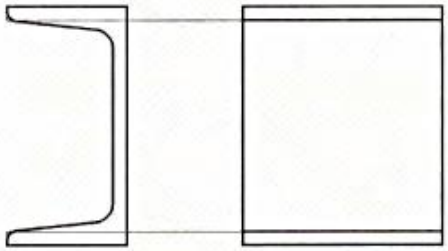




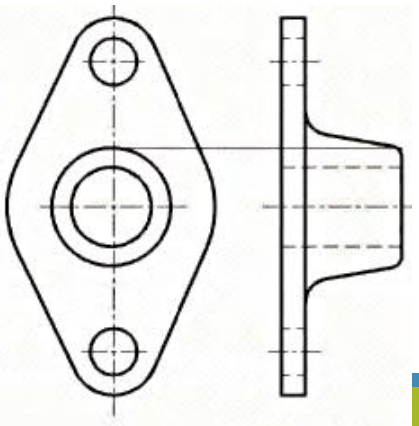
الف ب ج

شکل ۶۱-۳



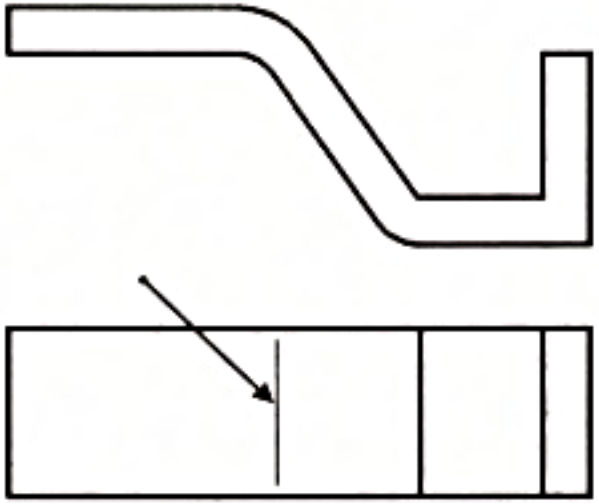


شکل ۶۲-۳

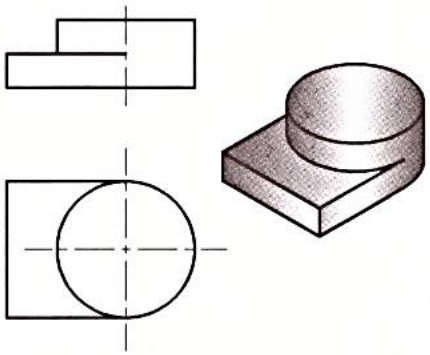


شکل ۶۳-۳

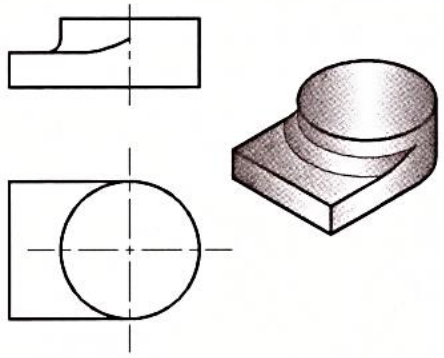
شایان ذکر است سطوح منحنی در اجسامی که در اثر خم کردن (مثل خم کردن ورق) ایجاد می‌شوند، بر اساس استاندارد ISO با خط نازک مشخص می‌گردند (شکل ۶۴-۳)؛ در فصل ۷ با انواع خطوط آشنا خواهید شد. در شکل‌های ۶۵-۳ و ۶۶-۳ می‌توان قطعه را در دو حالتِ بدون Fillet و با Fillet مشاهده کرد.



شکل ۶۴-۳

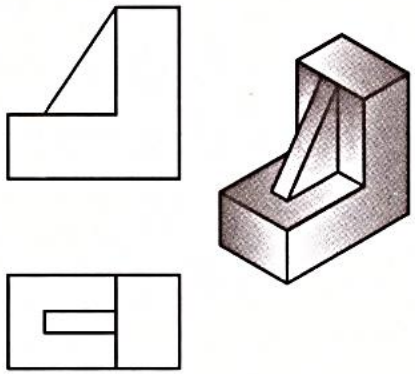


بدون Fillet

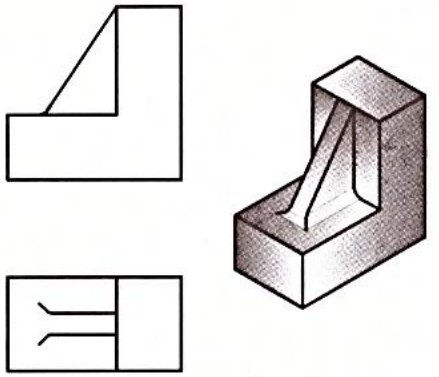


با Fillet

شکل ۶۵-۳



بدون Fillet

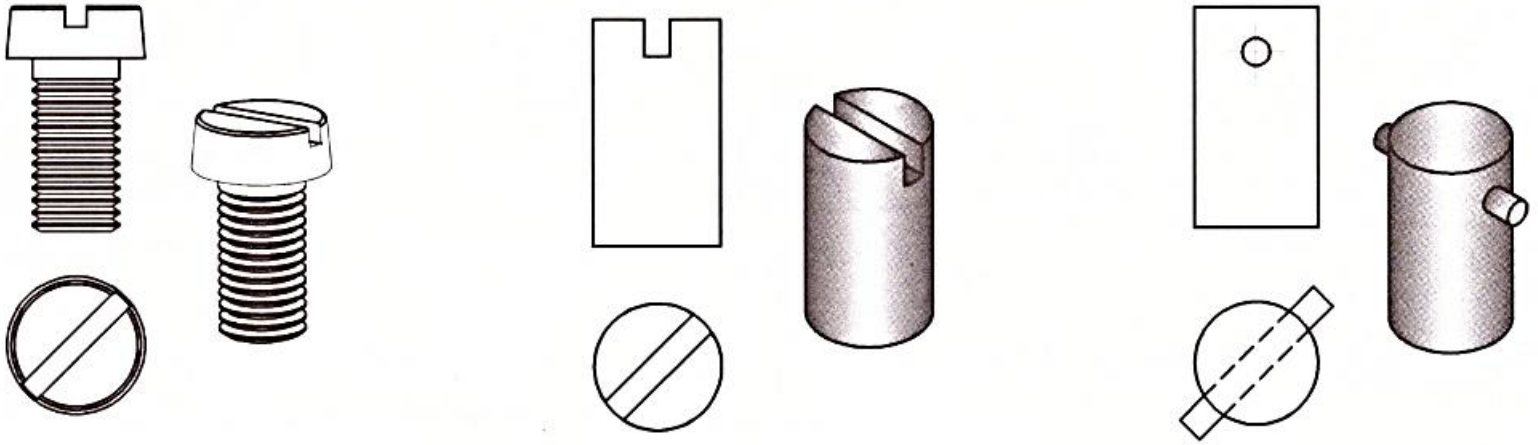


با Fillet

شکل ۶۶-۳

## ۳-۵-۵ رسم پیچ سرشکافدار، استوانه شکافدار و استوانه به همراه پین

با این قطعات در کتاب «نقشه‌کشی صنعتی ۲ - به شیوه مدرن»، به طور مفصل آشنا خواهید شد. در این بخش در همین حد لازم است بدانید که تصویر بالای سر پیچ سرشکافدار، استوانه شکافدار و استوانه به همراه پین به ترتیب مطابق شکل‌های ۶۷-۳الف تا ج، به اندازه ۴۵ درجه در جهت عقربه‌های ساعت دوران داده می‌شوند تا نمای بهتری به ناظر بدهند.

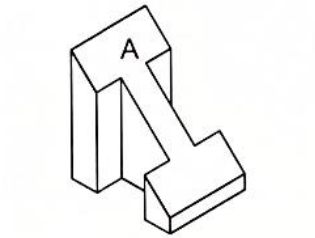


الف ب ج

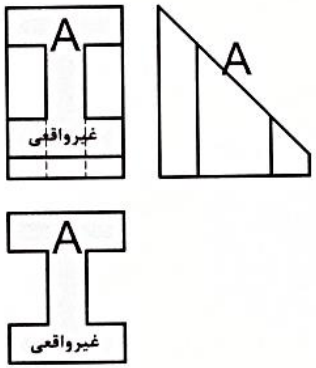
شکل ۶۷-۳

# ۳-۶ نمای کمکی

می‌دانیم صفحات نوع دوم و سوم موجود در اجسام، موازی هیچ یک از صفحات تصویر نیستند؛ بنابراین تصویر به‌دست‌آمده از این صفحات از اندازه واقعی برخودار نمی‌باشند و این در حالی است که در نقشه‌های صنعتی، شکل و اندازه‌های واقعی قطعه در چرخه ساخت از موارد ضروری محسوب می‌شوند. مثلاً جسم شکل ۶۸-۳الف را در نظر بگیرید. صفحه A در این جسم صفحه نوع دوم است. اگر سه‌تصویر این جسم را ترسیم کنیم، خواهیم دید که تصویر صفحه A در سه‌تصویر، از اندازه واقعی برخوردار نیست. به همین دلیل برای داشتن اندازه واقعی صفحه A، یک صفحه کمکی مطابق شکل ۶۹-۳الف در نظر می‌گیریم که موازی صفحه A باشد تا تصویر واقعی در آن قرار گیرد. هنگامی که صفحات تصویر و صفحه کمکی را باز می‌کنیم، موقعیت قرارگیری تصاویر مطابق شکل ۶۹-۳ب به دست می‌آید.

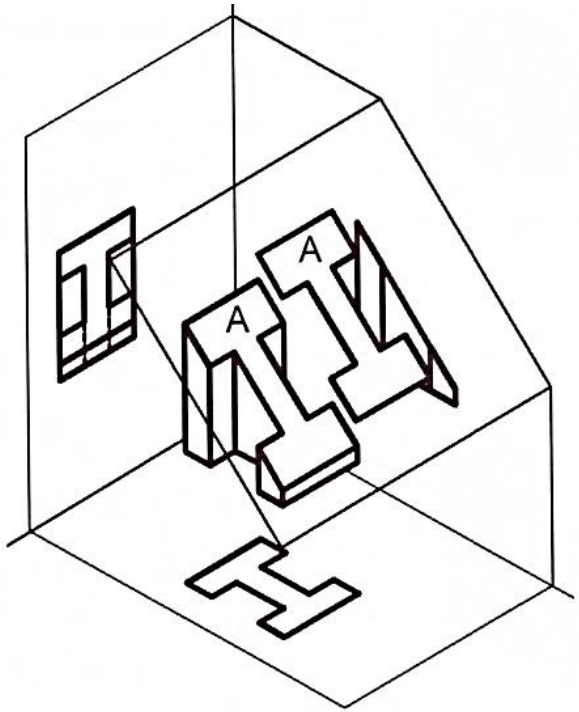



الف

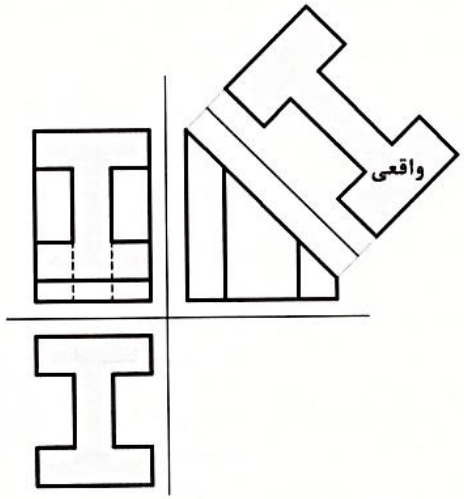



ب

شکل ۶۸-۳



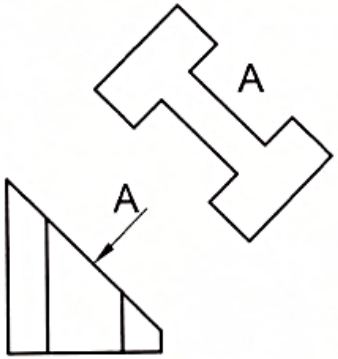

الف



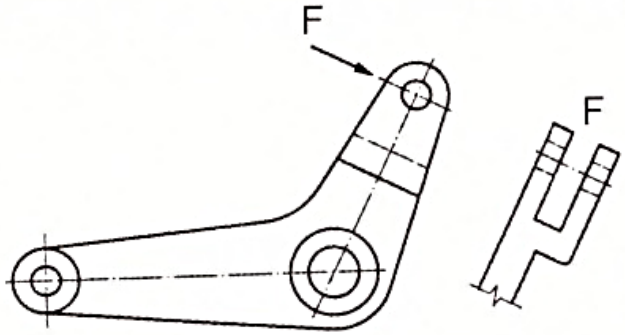

ب

شکل ۶۹-۳

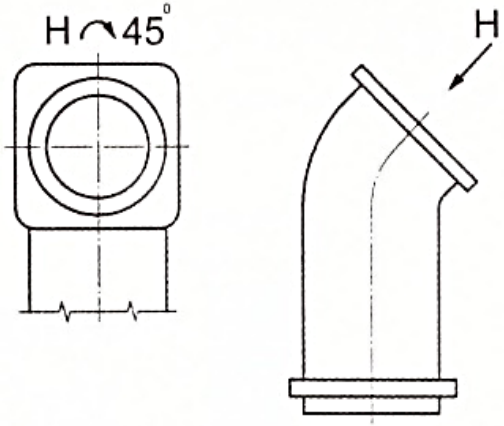
در استاندارد ISO نمای کمکی (Auxillary View) شکل ۶۹-۳ را مطابق شکل ۷۰-۳ نمایش می‌دهند. نمونه‌های دیگری از نمای کمکی را می‌توان در شکل‌های ۷۱-۳ و ۷۲-۳ مشاهده کرد. در این دو شکل، نماهای کمکی به صورت جزئی ترسیم شده‌اند و در شکل ۷۲-۳ جهت و اندازه زاویه دوران سطح برای رسیدن به تصویر واقعی درج شده است.




شکل ۷۰-۳



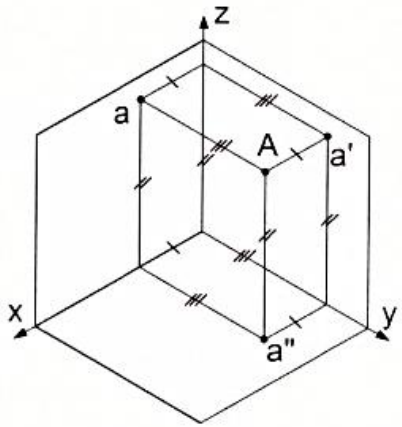

شکل ۷۱-۳



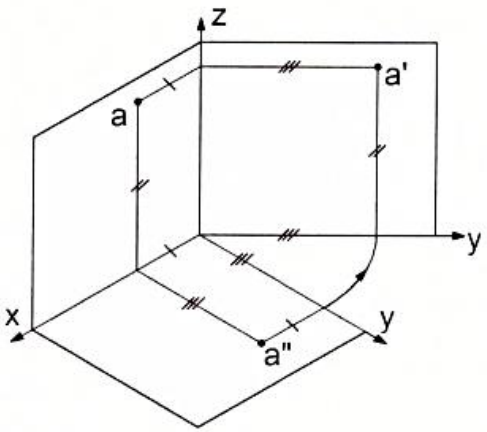

شکل ۷۲-۳

# ۳-۷ رابط بین تصاویر

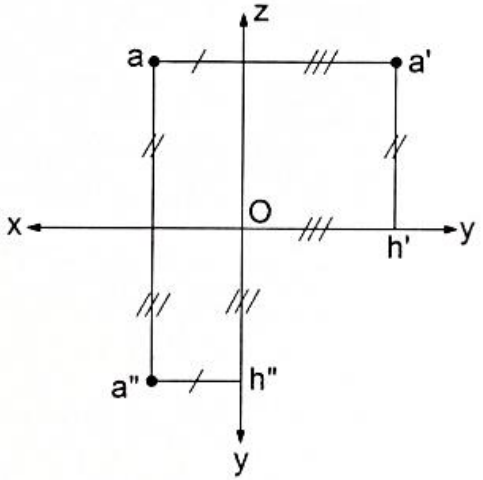
در بخش‌های قبل ملاحظه کردیم که موقعیت سه‌تصویر یک جسم نسبت به هم مشخص است. از طرفی در مسائل مهندسی معکوس و مجهول‌یابی، که در فصل ۴ با آن آشنا می‌شویم، گاهی لازم می‌شود به کمک دوتصویر، تصویر سوم را بیابیم. در این موارد لازم است بدانیم چه ارتباطی بین تصاویر وجود دارد تا به کمک آن و به یاری تجسم ذهنی بتوانیم تصویر سوم را رسم کنیم. ارتباط بین تصاویر، شرط لازم (نه کافی) برای ترسیم تصویر سوم است. نقطه‌ای مانند A را در فضای فرجه اول در نظر بگیرید (شکل ۳-۷۳). اگر از این نقطه خطوطی را عمود بر صفحات xz ، zy و xy رسم کنیم، به ترتیب نقاط a، a′ و a″ به دست می‌آیند که همان تصاویر روبه‌رو، چپ و بالای نقطه A می‌باشند. از نقاط a، a′ و a″ نیز خطوطی عمود بر سه محور رسم می‌کنیم تا یک مکعب مستطیل تشکیل شود. با توجه به برابری طول اضلاع متناظر در مکعب مستطیل، اضلاعی که با یک خط مایل علامتگذاری شده‌اند (طول نقطه A)، باهم برابرند. همچنین اضلاعی که با دو خط مایل علامتگذاری شده‌اند (ارتفاع نقطه A)، با هم و اضلاعی که با سه خط مایل علامتگذاری شده‌اند (عرض یا بُعد نقطه A)، با هم برابر می‌باشند. اگر محور y را با قیچی ببریم و صفحه zy را حول محور z و صفحه xy را حول محور x دوران دهیم (شکل ۳-۷۴)، با مسطح کردن صفحات در راستای صفحه xz، شکل ۳-۷۵ حاصل می‌شود.



شکل ۳-۷۳



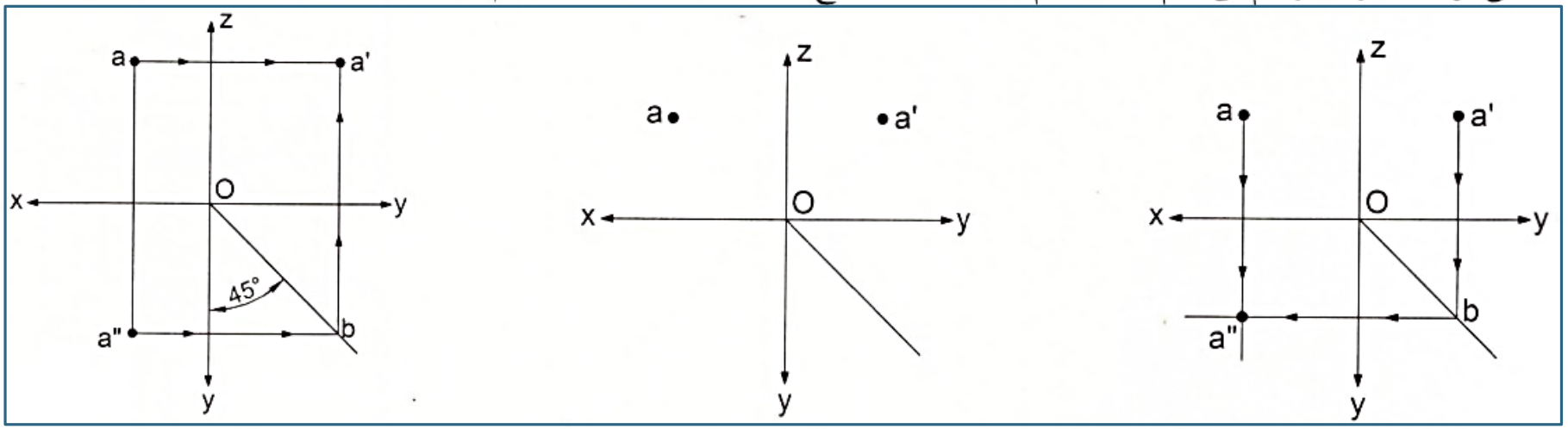
شکل ۳-۷۴



شکل ۳-۷۵

با توجه به شکل ۷۵-۳ و برابری طول‌های نظیربه‌نظیر، واضح است که اگر خطی از نقطه a موازی محور z رسم کنیم، باید از نقطه ″a عبور کند و برعکس. همچنین اگر خطی از نقطه a موازی محور x رسم کنیم، باید از نقطه ′a عبور کند و برعکس. از طرفی اگر خطی از نقطه ″a موازی محور x عبور دهیم، این خط محور y را در نقطه ″h قطع خواهد کرد. به کمک پرگار یا خط‌کش، طول ′oh روی محور y افقی را برابر طول ″oh جدا می‌کنیم، سپس از نقطه ′h خطی به موازات محور z رسم می‌کنیم؛ این خط حتماً از نقطه ′a عبور خواهد کرد و بر عکس. برای اینکه به‌راحتی بتوان طول ′oh روی محور y افقی را برابر طول ″oh جدا کنیم، می‌توانیم از خط رابط ۴۵ درجه مطابق شکل ۷۶-۳ استفاده کنیم؛ یعنی خطی با زاویه ۴۵ درجه نسبت به محور y رسم می‌کنیم. حال اگر نقطه ″a را داشته باشیم، ابتدا خطی به موازات محور x رسم می‌کنیم تا خط رابط ۴۵ درجه را در نقطه b قطع کند، سپس از این نقطه خطی به موازات محور z رسم می‌کنیم که به این ترتیب این خط حتماً از نقطه ′a عبور خواهد کرد. حال با دانستن رابط تصاویر می‌توانیم با داشتن دوتصویر، تصویر سوم را بیابیم.

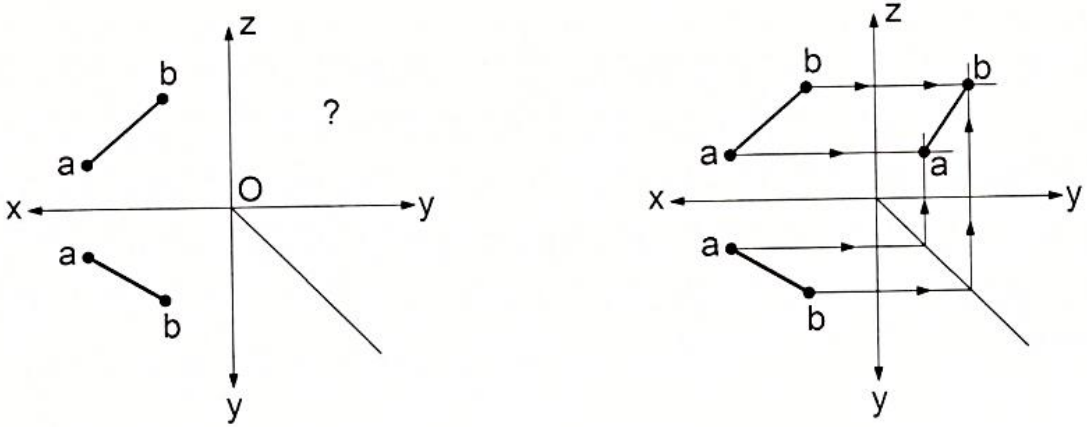
مثلاً فرض کنید دو تصویر روبه‌رو و چپ یک نقطه مطابق شکل ۷۷-۳ داده شده‌اند و می‌خواهیم تصویر بالای آن را به دست بیاوریم. ابتدا از نقطه a خطی موازی محور z رسم می‌کنیم. همچنین از نقطه ′a، مطابق شکل ۷۸-۳، خطی موازی محور z رسم می‌کنیم تا خط رابط ۴۵ درجه را در نقطه b قطع کند. از این نقطه خطی موازی محور x ترسیم می‌کنیم تا خط رسم‌شده از نقطه a را قطع کند. نقطه تلاقی را ″a می‌نامیم که همان تصویر از بالای نقطه مورد نظر می‌باشد.




شکل ۷۶-۳ شکل ۷۷-۳ شکل ۷۸-۳

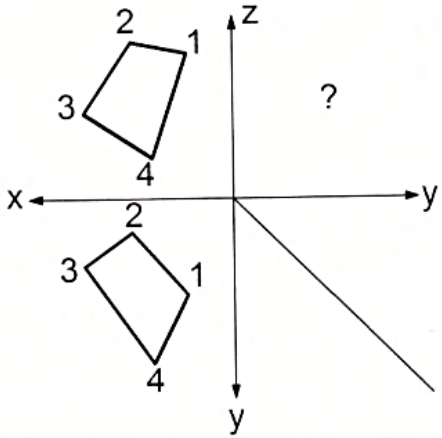
با توجه به اینکه هر جسم از مجموعه‌ای از نقاط تشکیل شده است، با به دست آوردن تصویر سوم تک‌تک نقاط، به تصویر سوم جسم دست پیدا خواهیم کرد. مثلاً دو تصویر روبه‌رو و بالای خط ab مطابق شکل ۷۹-۳الف داده شده‌اند. می‌دانیم برای خط مستقیم، کافی است تصویر سوم دو نقطه انتهایی از آن را مطابق شکل ۷۹-۳ب به دست بیاوریم؛ در این صورت با وصل کردن این دو نقطه، تصویر سوم خط به دست خواهد آمد.

مشابه خط، برای به دست آوردن تصویر سوم یک صفحه مسطح کافی است تصویر سوم تک‌تک رئوس آن را بیابیم و به همان ترتیبی که رئوس صفحه به هم متصل شده‌اند، رئوس تصاویر سوم را به هم وصل کنیم (شکل ۸۰-۳).

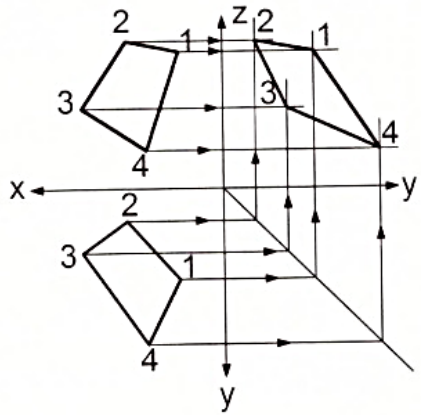



الف

شکل ۷۹-۳



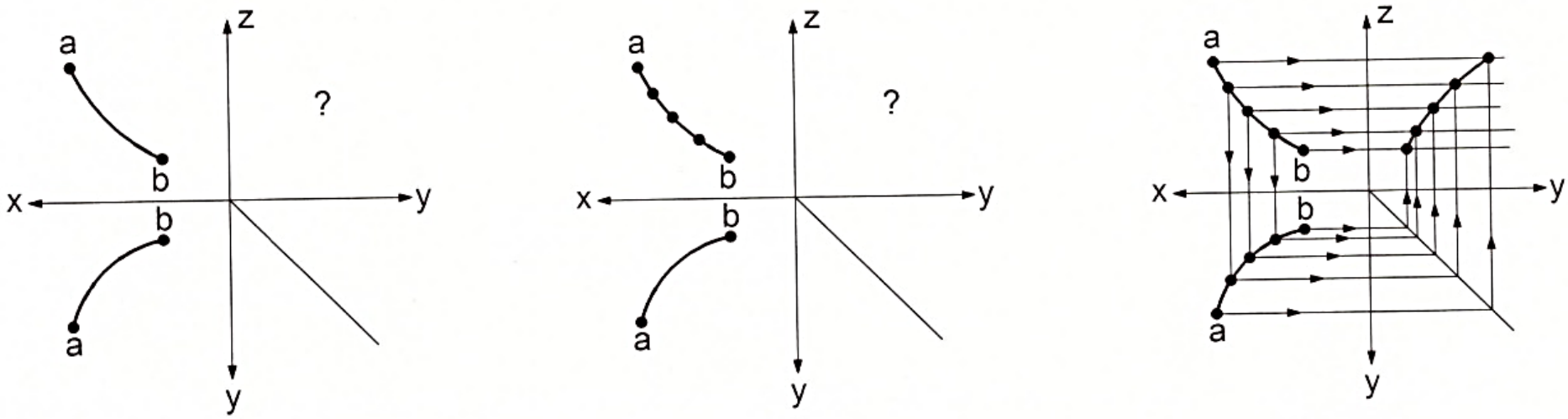

الف




ب

شکل ۸۰-۳

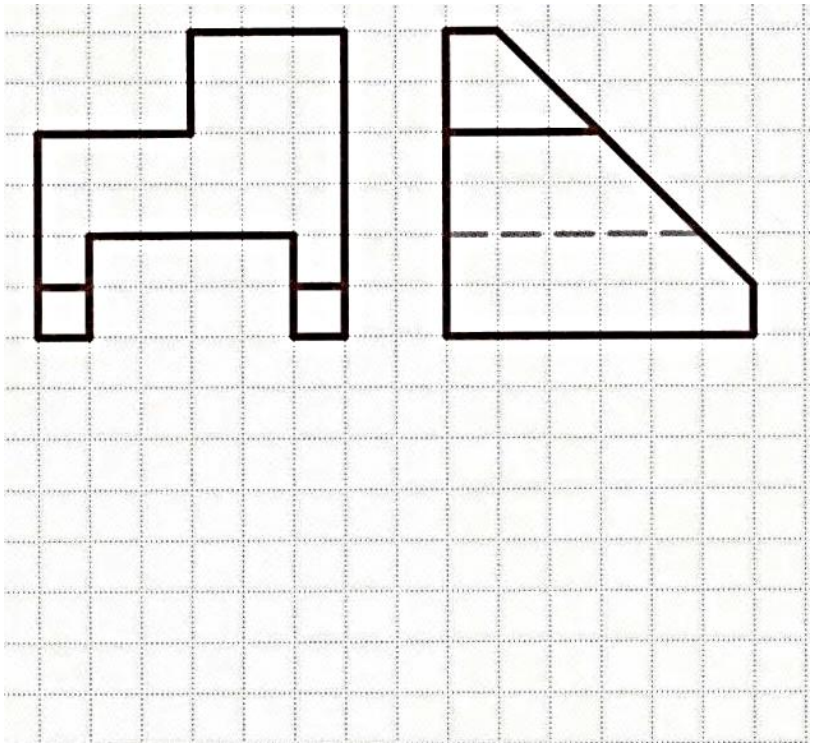
از رابط بین تصاویر نیز می‌توان برای به دست آوردن تصویر سوم خط منحنی استفاده کرد. با توجه به اینکه برای یافتن تصویر سوم خط منحنی، دو نقطه کفایت نمی‌کند، علاوه بر نقاط ابتدا و انتها چند نقطه دیگر بین دو نقطه مزبور باید در نظر گرفت و با وصل کردن این نقاط به یکدیگر، تصویر سوم را به دست آورد (شکل ۸۱-۳).

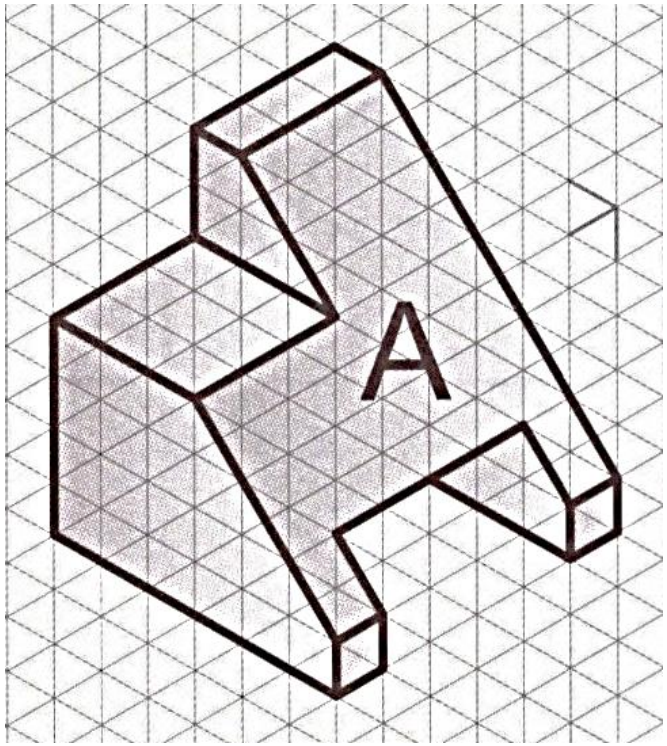



شکل ۸۱-۳

مثال ۲۶

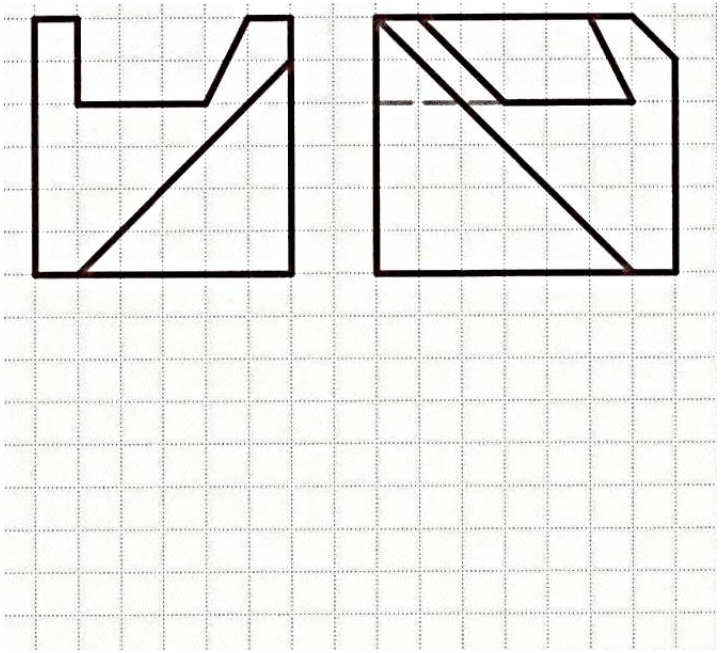
مثال: در شکل زیر تصویر سوم صفحه A را به کمک رابط بین تصاویر در صفحه شطرنجی ترسیم کنید و سپس بقیه صفحات را با استفاده از تصویر سه بعدی رسم نمایید.

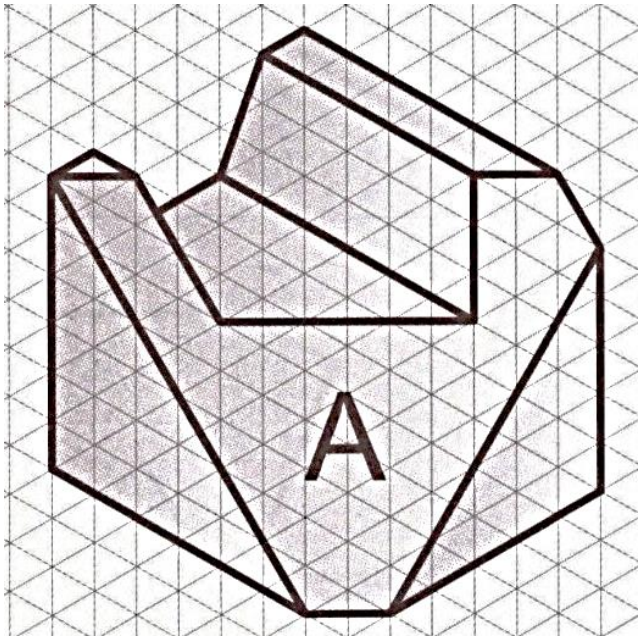


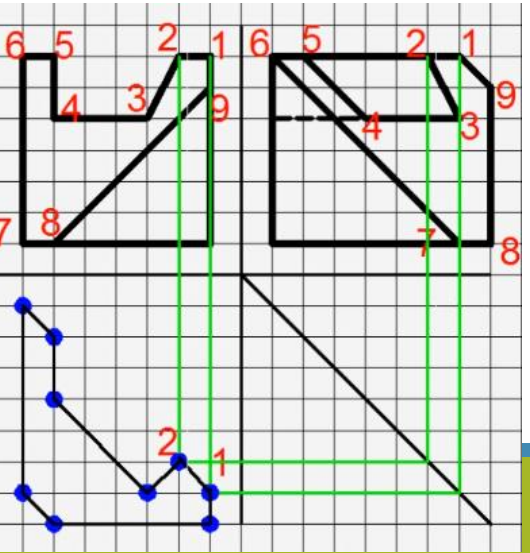


مثال ۲۷

مثال: در شکل زیر تصویر سوم صفحه A را به کمک رابط بین تصاویر در صفحه شطرنجی ترسیم کنید و سپس بقیه صفحات را با استفاده از تصویر سه بعدی رسم نمایید.

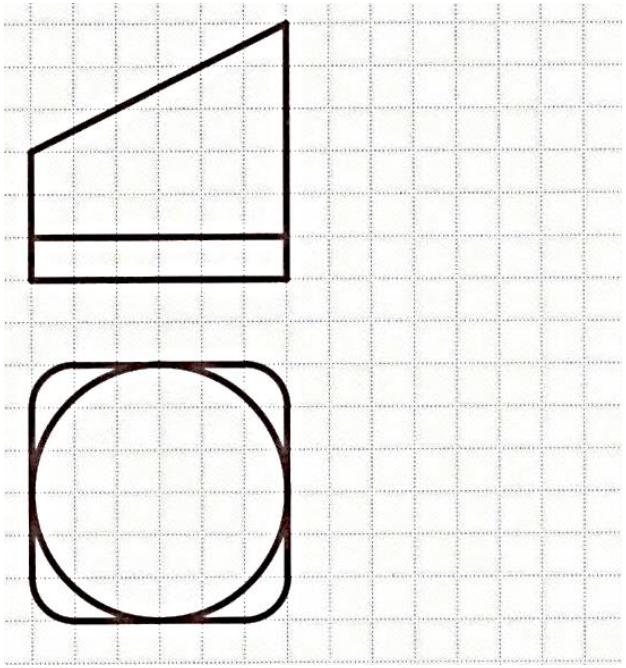


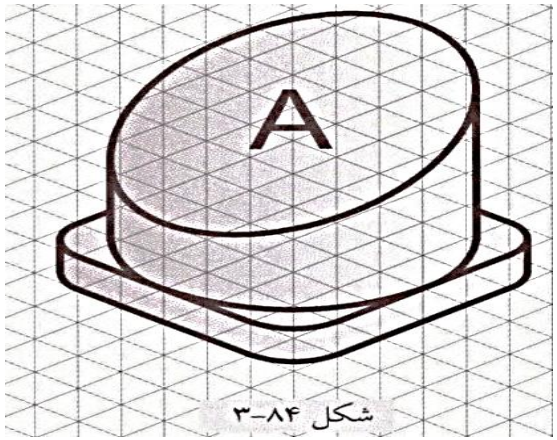


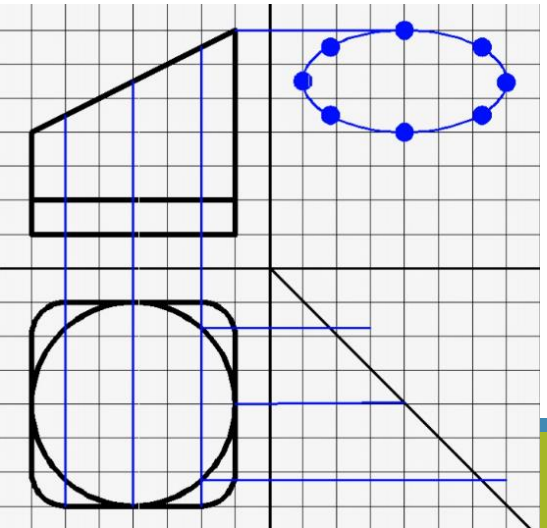
مثال ۲۸

مثال: در شکل زیر تصویر سوم صفحه A را به کمک رابط بین تصاویر در صفحه شطرنجی ترسیم کنید و سپس بقیه صفحات را با استفاده از تصویر سه بعدی رسم نمایید.





شکل ۸۴-۳



# ۴

# تحلیل تصاویر نقشه

## ۴-۱ مقدمه

یکی از مهارت‌هایی که مهندسان باید از آن برخوردار باشند، توانایی خواندن نقشه‌های صنعتی و تحلیل آن‌ها است. با توجه به اینکه نقشه‌های صنعتی همواره دارای تصویر سه‌بعدی نیستند، یک مهندس اولاً باید بتواند قسمت‌های مختلف نقشه را در دوتصویر (یا سه‌تصویر) به صورت نظیربه‌نظیر شناسایی کند و ثانیاً بتواند تصویر سه‌بعدی هر قسمت را در ذهن تجسم یا ترسیم نماید.

بحث تحلیل تصاویر نقشه در زمینه مهندسی معکوس (Reverse Engineering) از اهمیت بالاتری برخوردار است. می‌دانیم مهندسی معکوس یکی از روش‌های سریع در زمینه طراحی و تولید است. در این روش، محصول خریداری‌شده از یک شرکت یا کشور خارجی، از همه نظر (شامل ابعاد، شکل، جنس و غیره) مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد و اطلاعات لازم برای ساخت مجدد آن برداشت می‌شود. سپس بر اساس اطلاعات به‌دست‌آمده و با در نظر گرفتن شرایط بومی منطقه، نخست محصول نمونه تولید می‌شود و پس از بررسی محصول نمونه و اطمینان از صحت عملکرد آن، محصول به تولید انبوه می‌رسد. این روش در کشورهای در حال توسعه مثل ایران مرسوم‌تر است و می‌تواند هزینه‌های ناشی از طراحی و آزمایش محصولات نمونه ساخته‌شده برای تولید انبوه را کاهش دهد.

## ۴-۲ تحلیل تصاویر نقشه

به طور کلی دو روش در تحلیل تصاویر نقشه وجود دارد:

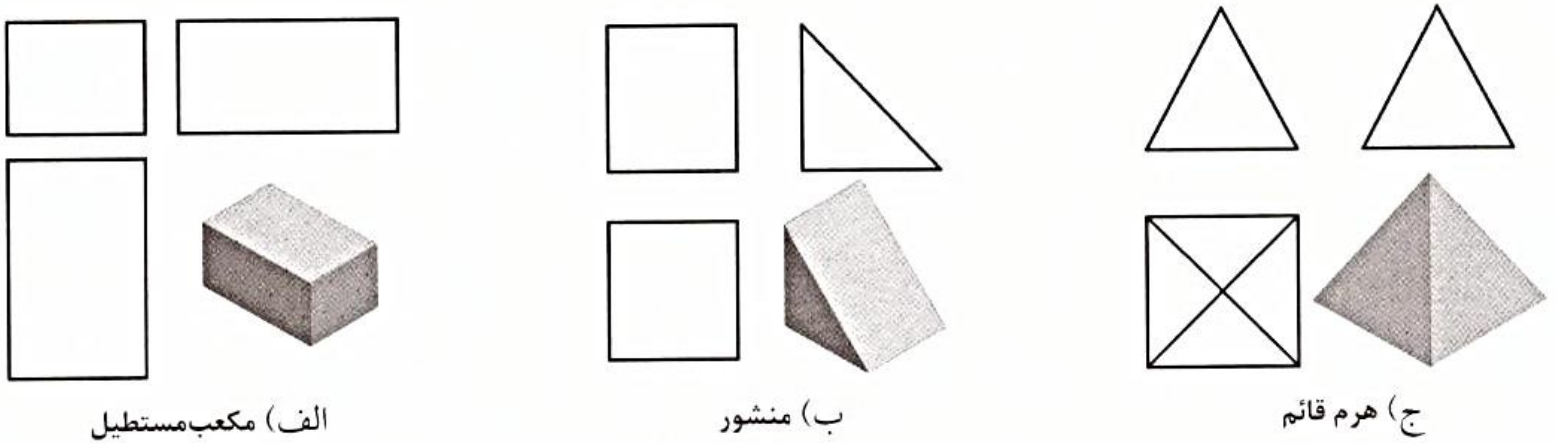
۱- آنالیز احجام (Analysis by Solids)

۲- آنالیز سطوح (Analysis by Surfaces)

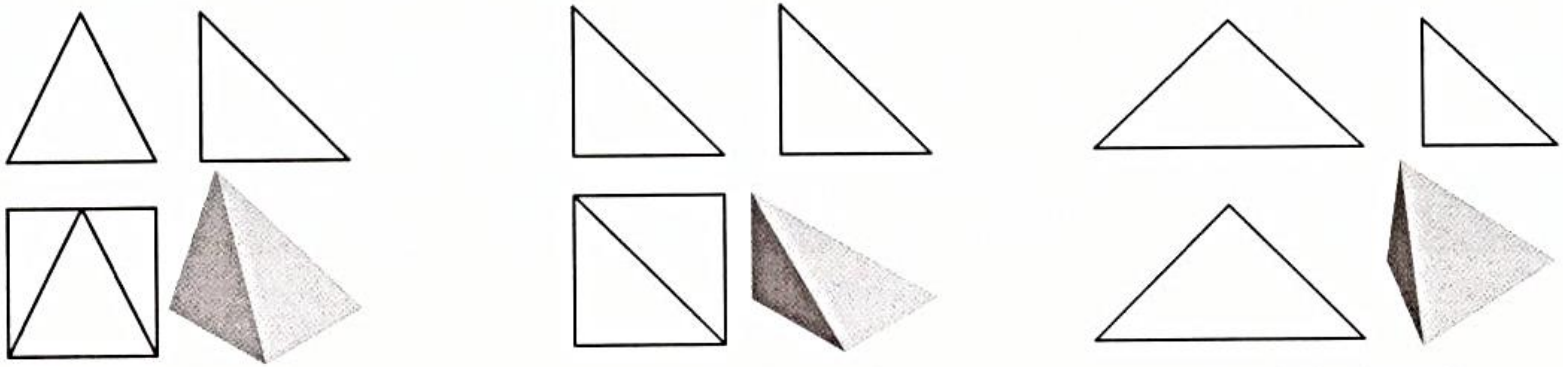
در صنعت معمولاً از ترکیب این دو روش برای تحلیل نقشه‌ها استفاده می‌کنند. در ادامه به تشریح هر یک می‌پردازیم:

## ۴-۲-۱ آنالیز احجام

همان طور که در فصل ۲ ملاحظه کردید، می‌توان به کمک احجام ساده (مثل مکعب، استوانه و منشور) و با اضافه کردن آن‌ها به هم و یا کم کردن آن‌ها از یکدیگر به احجام پیچیده‌تر دست یافت. در تحلیل تصاویر یک جسم به روش آنالیز احجام نیز از همین روند استفاده می‌شود؛ یعنی جسم را به احجام ساده تجزیه می‌کنند. با توجه به اینکه تصاویر احجام ساده به‌راحتی قابل درک و ترسیم می‌باشند، از کنار هم قرار دادن تصاویر آن‌ها می‌توان به تصویر جسم پیچیده مورد نظر دست یافت. ابتدا سه‌تصویر احجام ساده را با هم مرور می‌کنیم. احجام موجود در شکل ۱-۴ از سطوح صاف و احجام موجود در شکل ۲-۴ از طرح‌های دایره‌ای تشکیل شده‌اند.

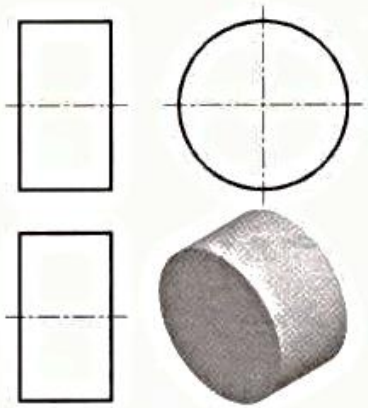


الف) مکعب‌مستطیل　　ب) منشور　　ج) هرم قائم

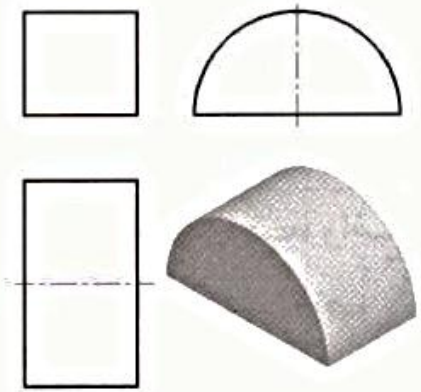


د) هرم مایل　　ه) هرم مایل با قاعده مربع　　و) هرم مایل با قاعده مثلث

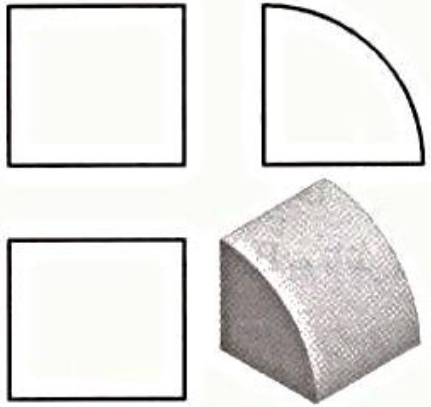
شکل ۱-۴



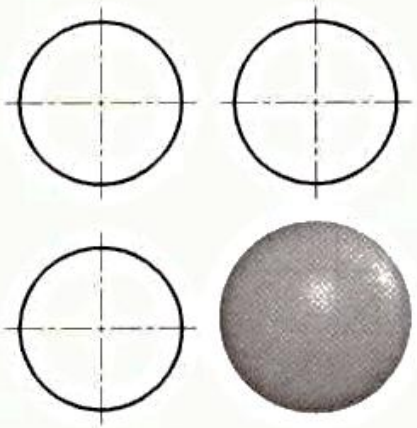
الف) استوانه



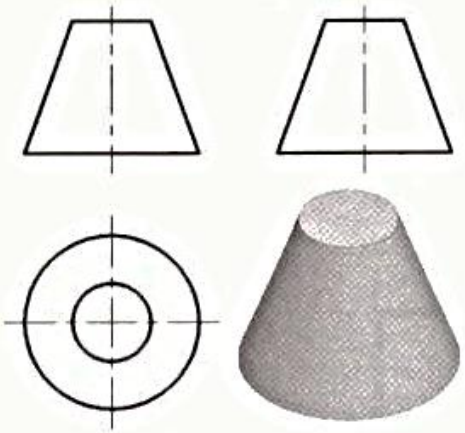
ب) نیم‌استوانه



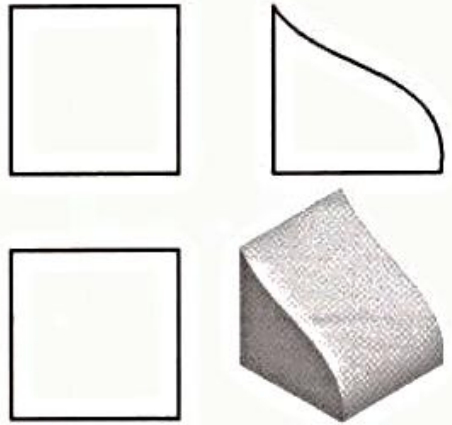
ج) ربع استوانه



د) کره



ه) مخروط ناقص

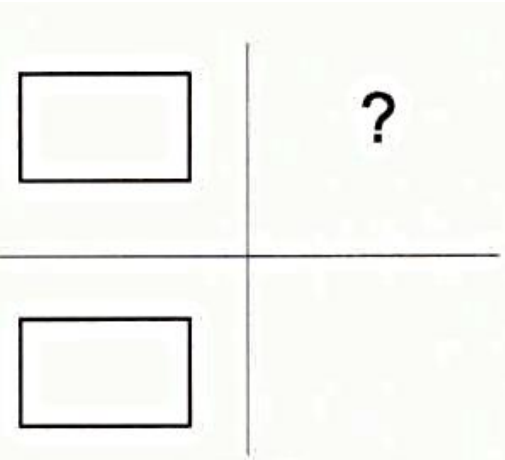


و) جسم با سطح آزاد

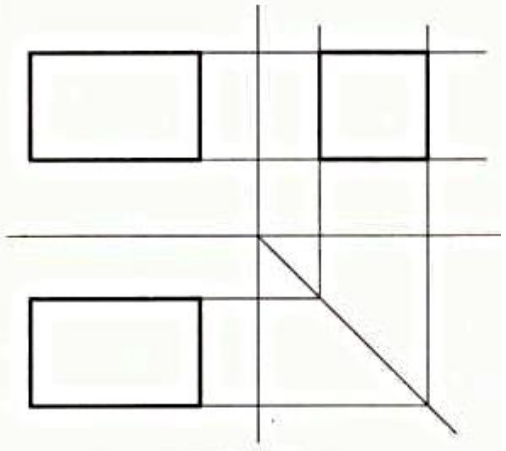
شکل ۲-۴

حال با استفاده از این شکل‌ها می‌خواهیم به سوال موجود در شکل ۳-۴ پاسخ دهیم؛ یعنی تصویر سوم جسمی را رسم کنیم که تصویر روبه‌رو و بالای آن، دو مستطیل برابر باشند. بنابراین باید جسمی را در ذهن تصور کنیم که این خصوصیت را داشته باشد و سپس از سمت چپ به آن نگاه کنیم و تصویر چپ را در محدوده رابط بین تصاویر رسم نماییم.

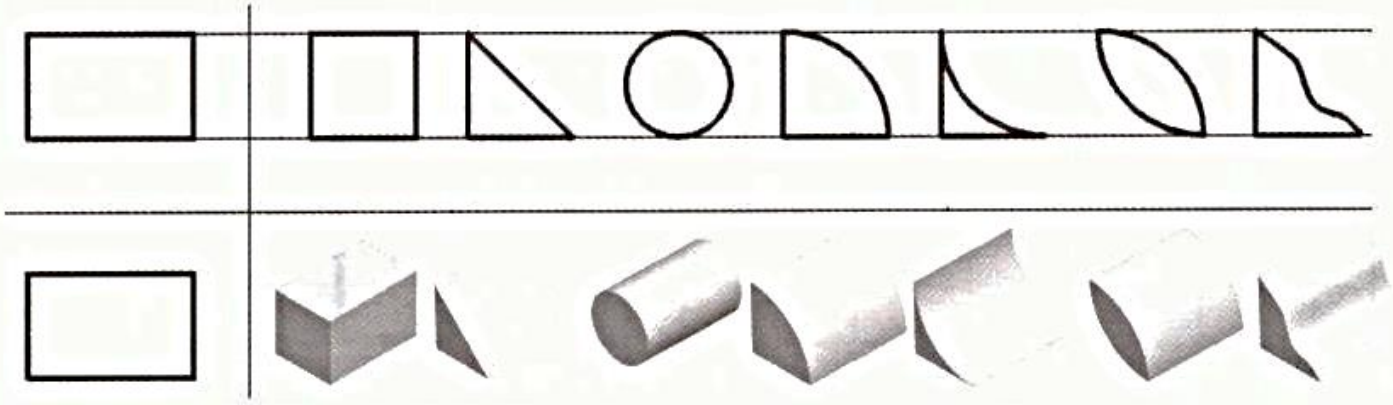
اولین جسمی که می‌توان تصور کرد، یک مکعب مستطیل است که تصویر چپ آن یک مربع خواهد بود؛ لذا ابتدا به کمک رابط بین تصاویر، محدوده تصویر چپ را مطابق شکل ۴-۴ می‌یابیم و در آن محدوده یک مربع ترسیم می‌کنیم. با توجه به شکل‌های ۱-۴ و ۲-۴ احجام دیگری نیز می‌توان تصور کرد که تصویر روبه‌رو و بالای آن دو مستطیل برابر باشد؛ بنابراین به کمک رابط بین تصاویر، می‌توان مشابه شکل ۴-۴ محدوده تصویر را پیدا کرد و تصویر جانبی را در آن محدوده ترسیم نمود. چند نمونه تصویر چپ به همراه تصویر سه‌بعدی آن‌ها در شکل ۵-۴ آورده شده‌اند. همان طور که ملاحظه می‌کنید جواب مربوط به تصویر سوم می‌تواند یکتا نباشد.



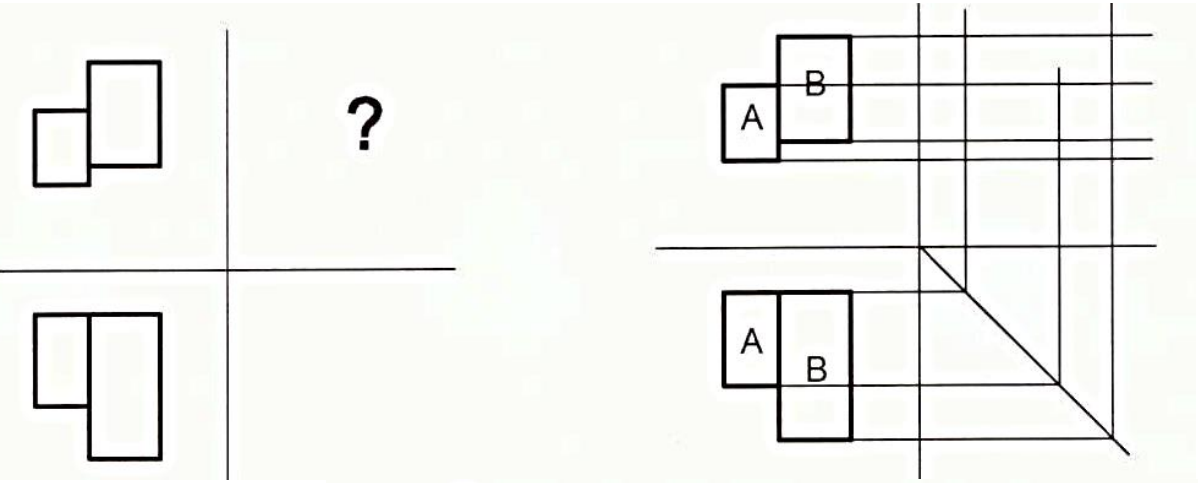

شکل ۳-۴

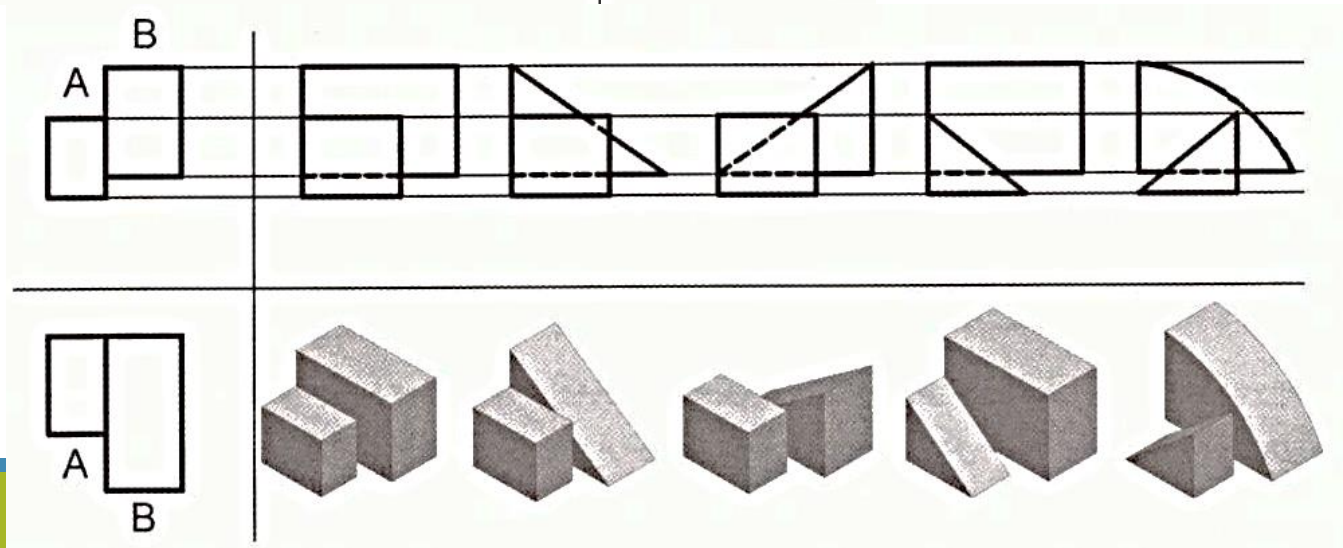


شکل ۴-۴



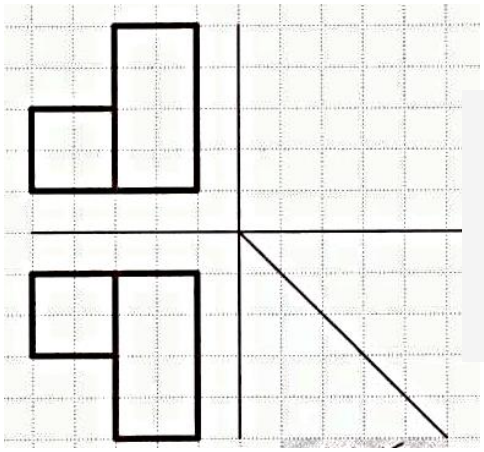
حال مطابق شکل ۶-۴ جسمی را در نظر بگیرید که تصاویر روبه‌رو و بالای آن داده شده است. می‌خواهیم به کمک روش آنالیز احجام، تصویر چپ این جسم را بیابیم. با توجه به ماهیت شکل جسم، می‌توان آن را مطابق شکل ۷-۴ به صورت ترکیب دو جسم A و B در نظر گرفت. حال به کمک رابط بین تصاویر محدوده تصویر چپ هر یک از احجام A و B را می‌یابیم و می‌توانیم هر حجم را مطابق یکی از احجام شکل‌های ۱-۴ و ۲-۴ که مرتبط با صورت مسئله است، انتخاب کنیم. با توجه به موقعیت ناظر در مشاهده تصویر چپ، واضح است که حجم A نسبت به حجم B به ناظر نزدیک‌تر است، پس ابتدا حجم A و سپس حجم B را ترسیم می‌کنیم تا خطوطی از تصویر B که پشت تصویر A قرار می‌گیرند به صورت خط‌چین رسم شوند. در شکل ۸-۴ می‌توان ۵ جسم (از بی‌نهایت جسم) را مشاهده کرد که تصاویر روبه‌رو و بالای آن‌ها مطابق شکل ۶-۴ می‌باشند.

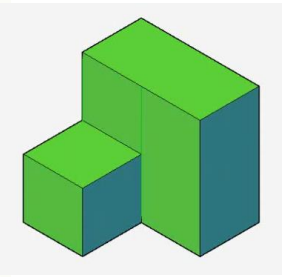


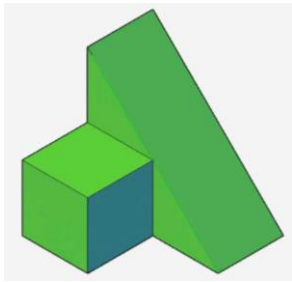



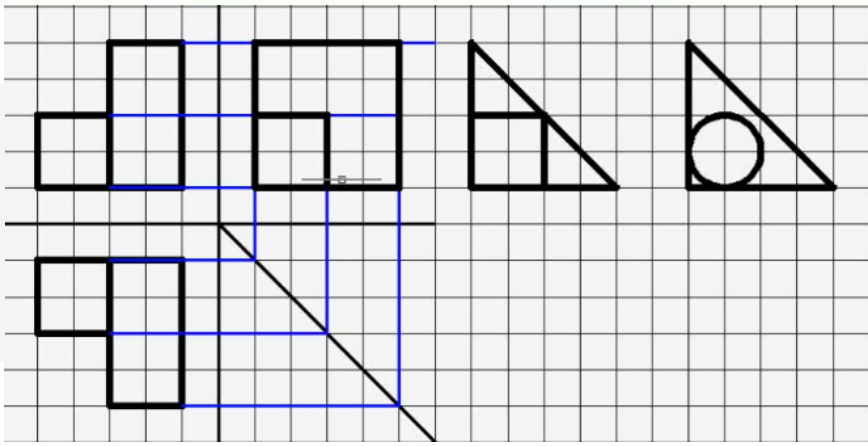
مثال
۲۹

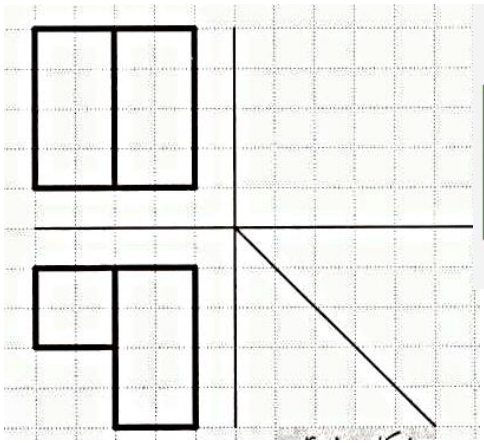
**مثال ۱-۴:** در شکل‌های ۹-۴ تا ۲۰-۴ حداقل دو جواب برای تصویر چپ بیابید و سپس مدل سه‌بعدی آن‌ها را با نرم‌افزار AutoCAD رسم کنید.

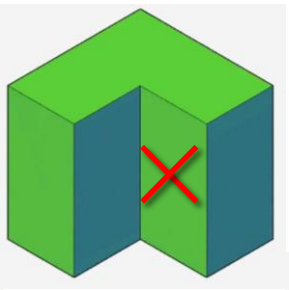


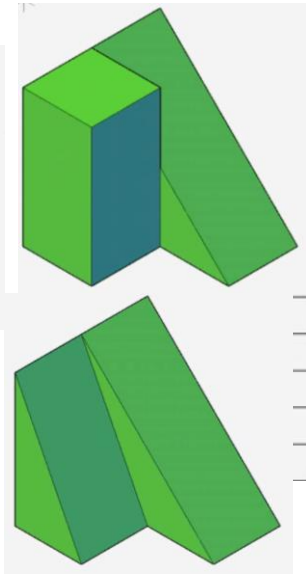


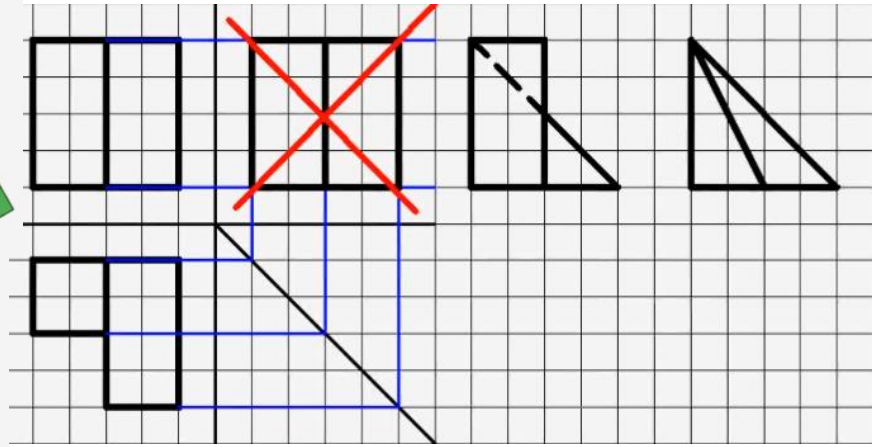




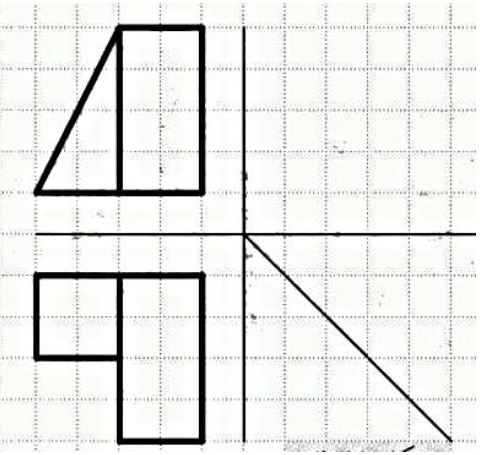


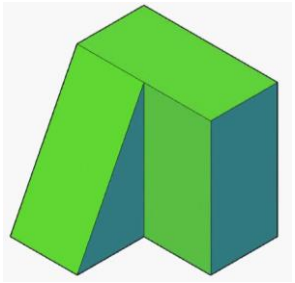


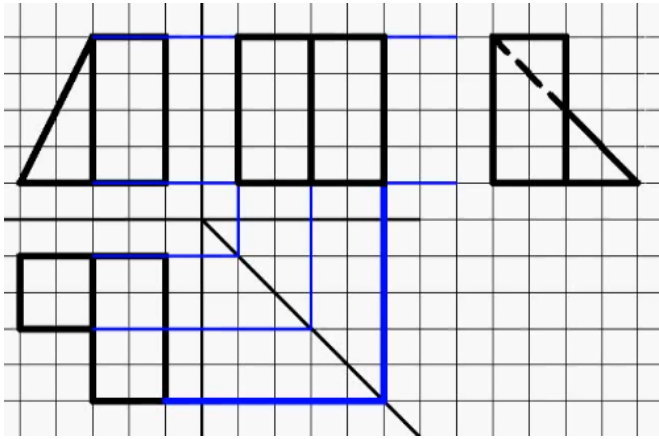


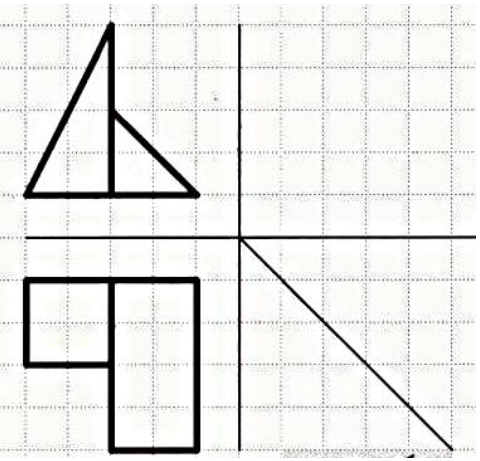


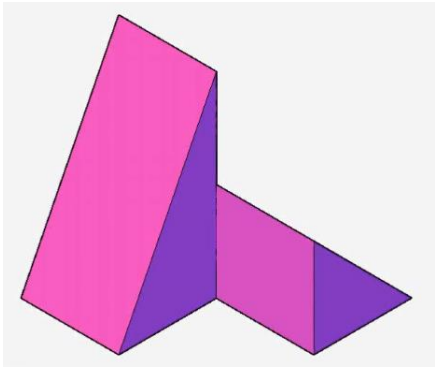
مثال
۳۰

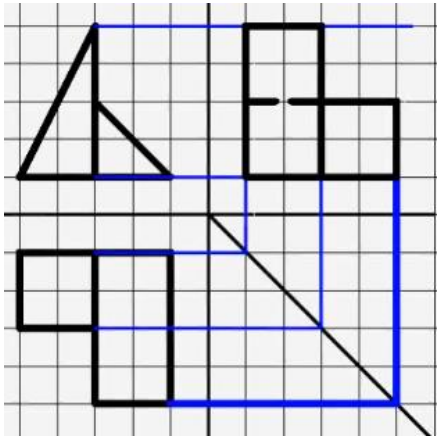




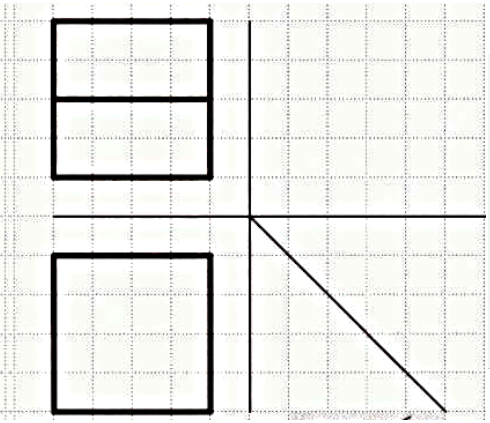


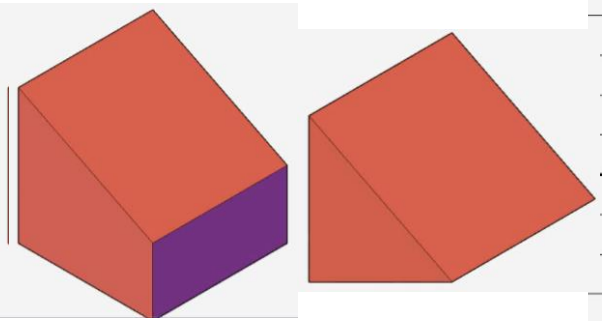


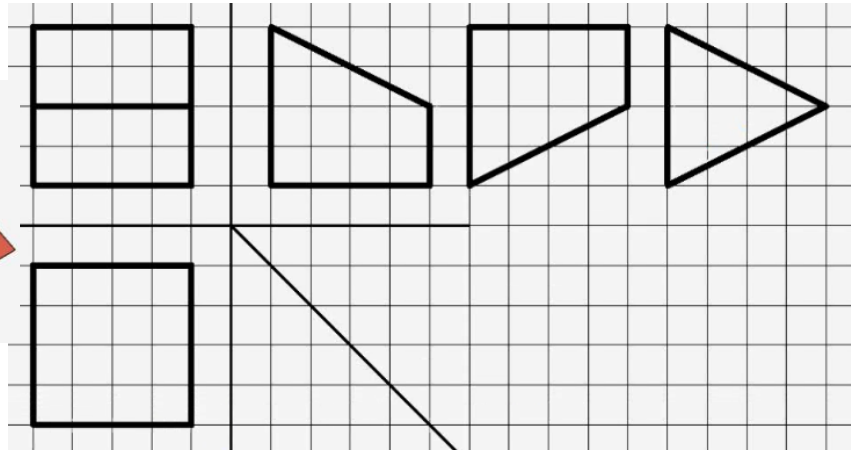


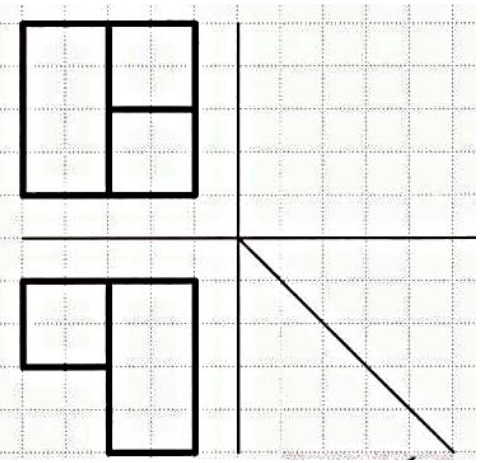


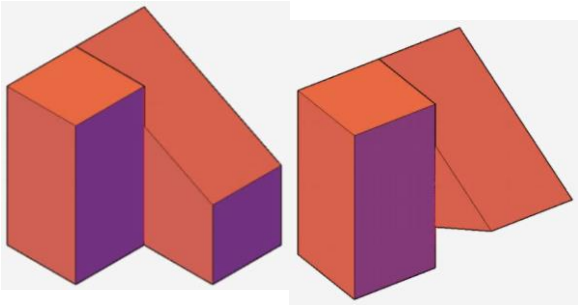
مثال
۳۱

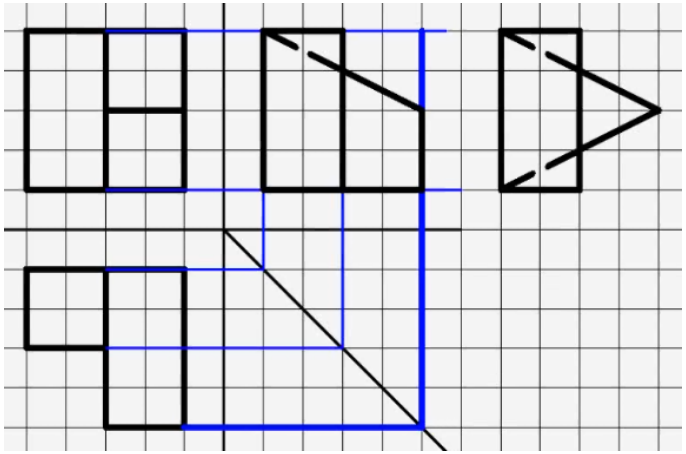




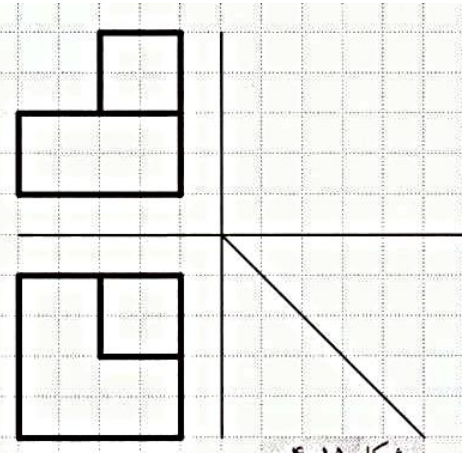


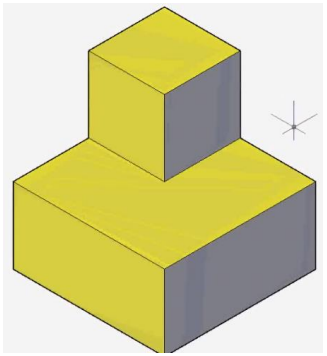


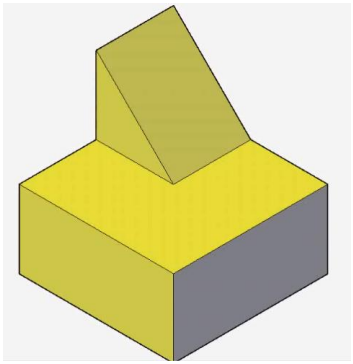


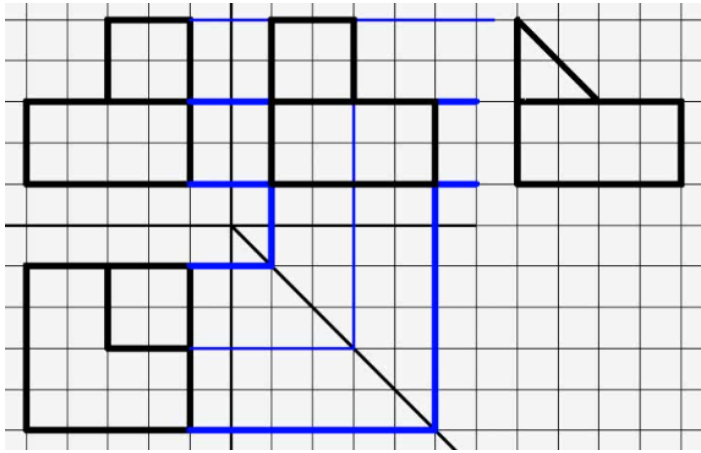


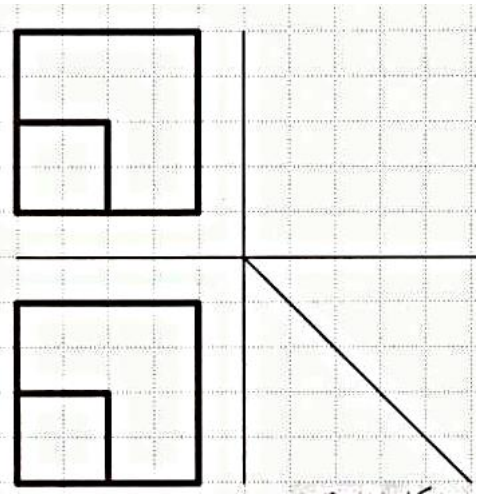
مثال
۳۲

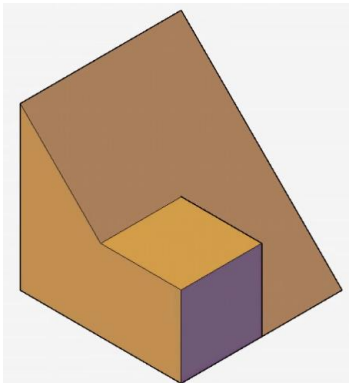


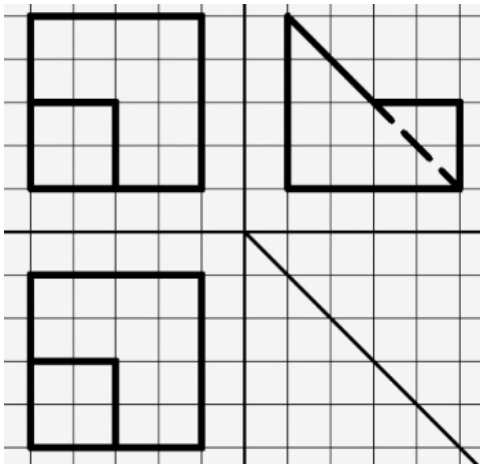




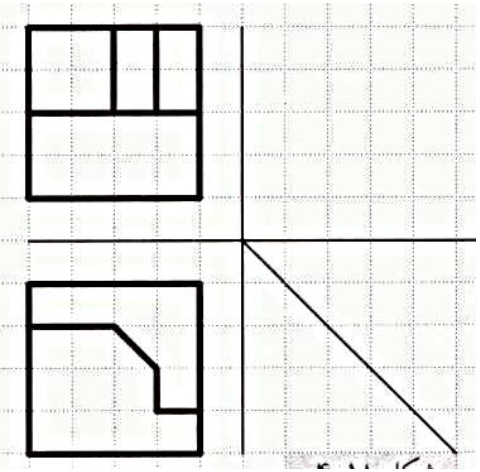


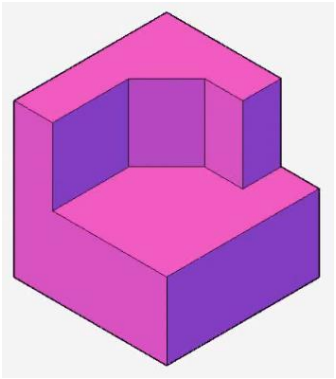


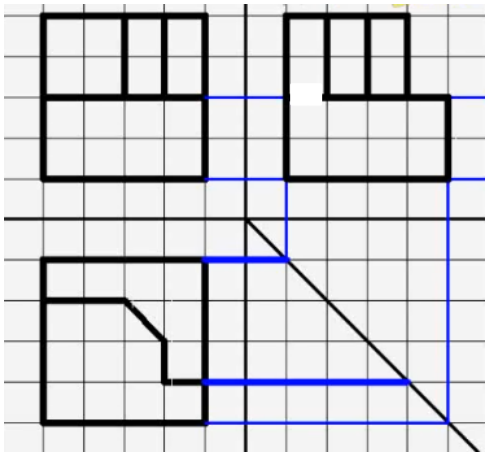


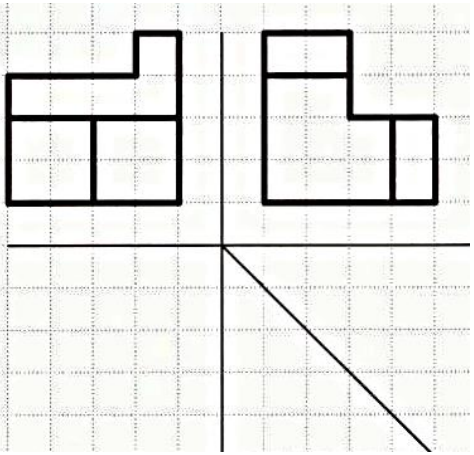


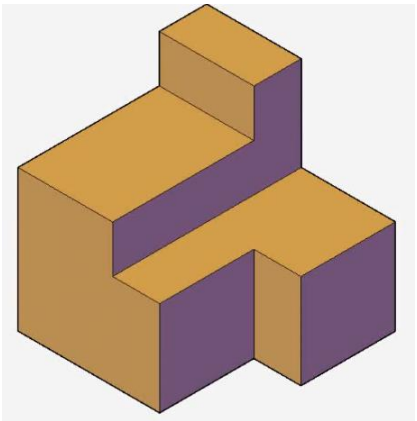
مثال
۳۳

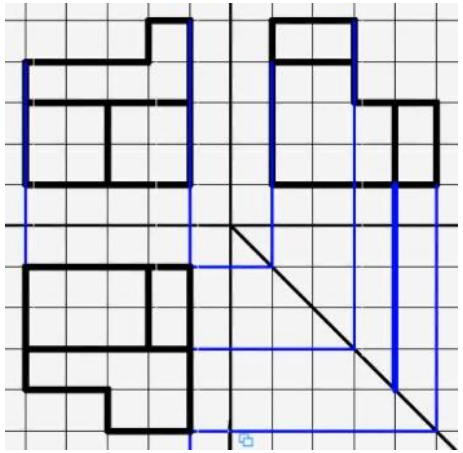




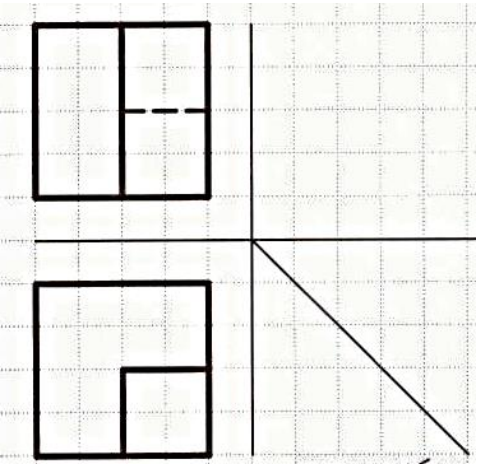


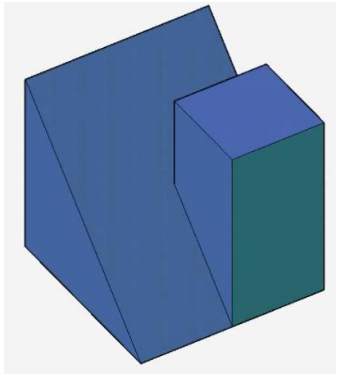


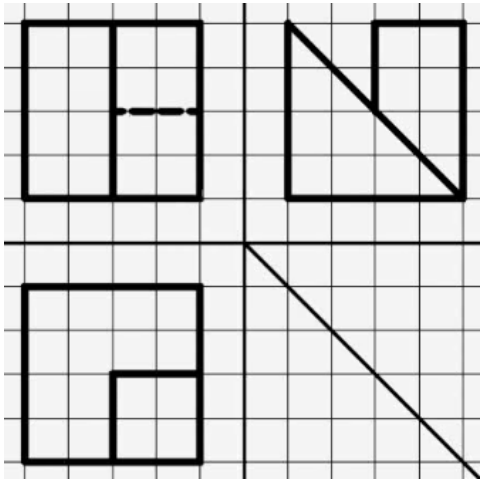


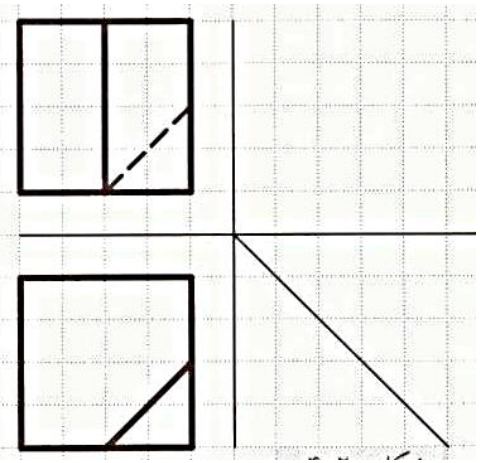


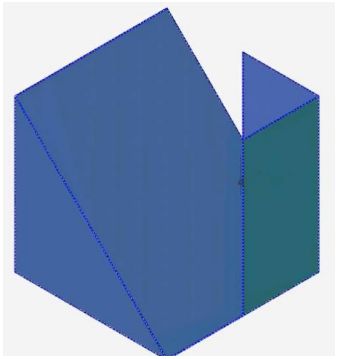
مثال
۳۴

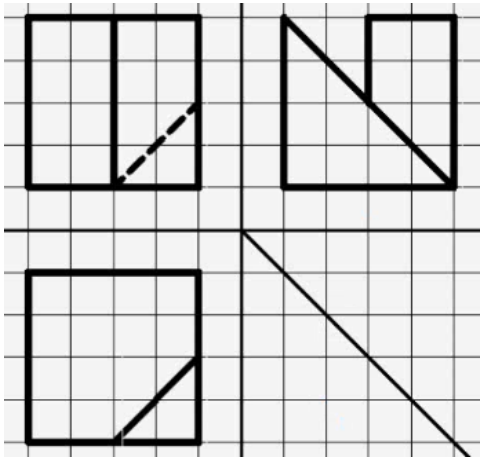




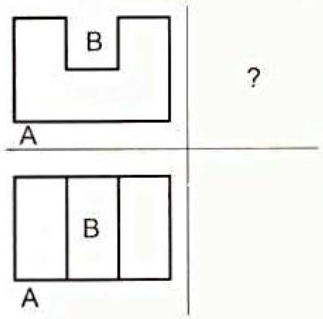




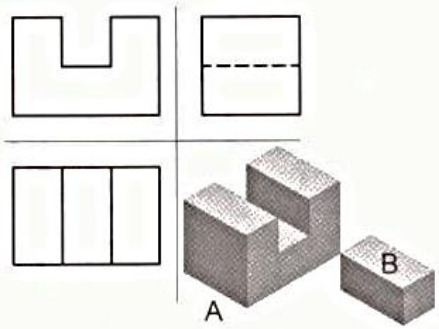




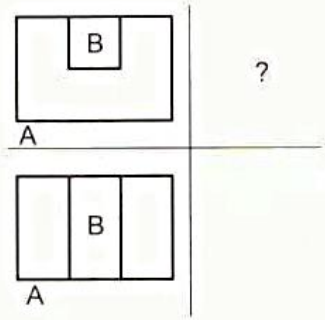
تا اینجا مثال‌هایی که حل کردیم، همگی به صورت ترکیب دو یا چند جسم بودند. گاهی اوقات لازم است برای به دست آوردن جسم مورد نظر، دو یا چند جسم را از یکدیگر کم کنیم. مثلاً شکل ۲۱-۴ را در نظر بگیرید. در این جسم، مکعب مستطیل B از مکعب مستطیل A کم شده است؛ بنابراین تصویر سمت چپ و نمای سه‌بعدی آن، مطابق شکل ۲۲-۴ مشاهده خواهد شد. شکل ۲۳-۴ را در نظر بگیرید. برای به دست آوردن تصویر سمت چپ، می‌توان فرض کرد که جسم A یک مکعب مستطیل می‌باشد که منشور B از آن کم شده است؛ بنابراین تصویر سمت چپ و نمای سه‌بعدی آن، مطابق شکل ۲۴-۴ مشاهده خواهد شد. شکل ۲۵-۴ نیز مشابه شکل ۲۴-۴ است، با این تفاوت که به جای یک منشور از دو منشور تفاضلی استفاده شده است.



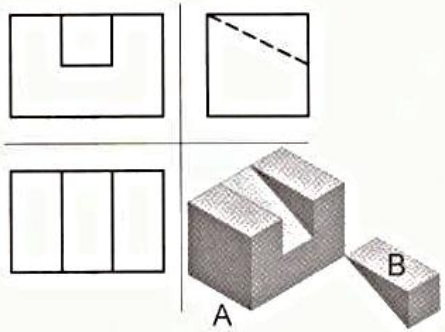

شکل ۲۱-۴



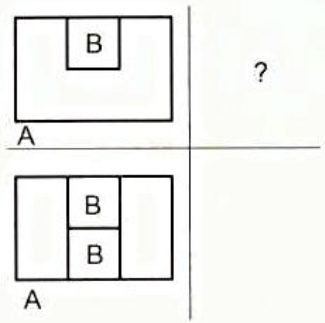

شکل ۲۲-۴

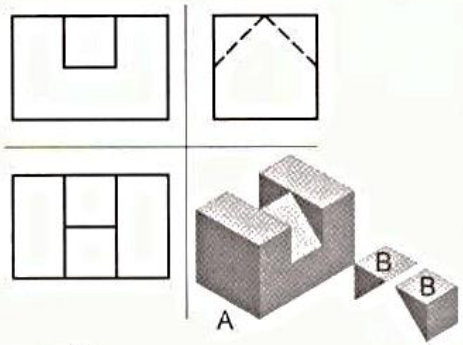



شکل ۲۳-۴




شکل ۲۴-۴

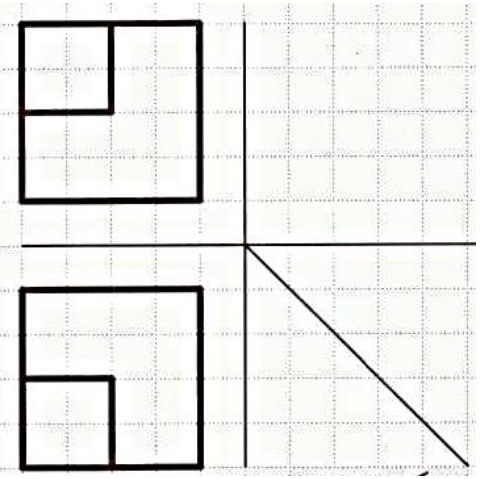


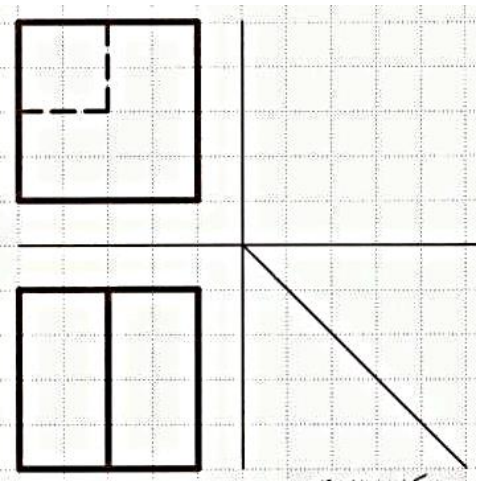



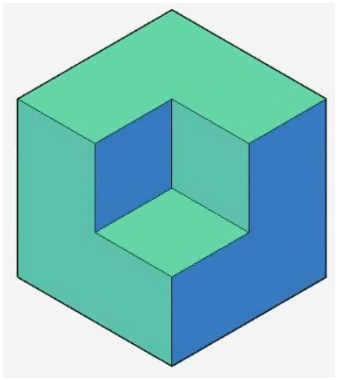

شکل ۲۵-۴

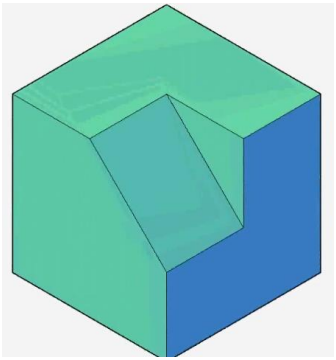
مثال
۳۵

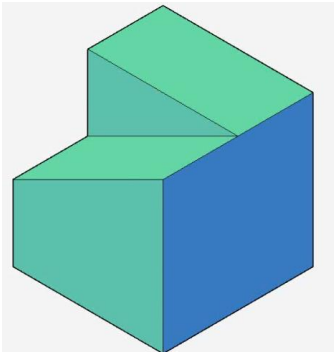
**مثال ۲-۴:** در شکل‌های ۲۶-۴ تا ۳۳-۴ حداقل یک جواب برای تصویر سوم بیابید. برای به دست آوردن جسم مورد نظر از ترکیب و یا تفاضل احجام ساده استفاده کنید.

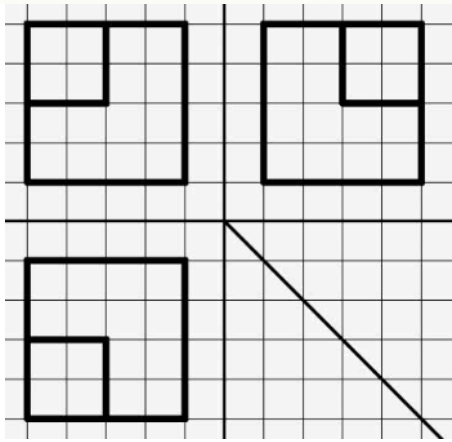


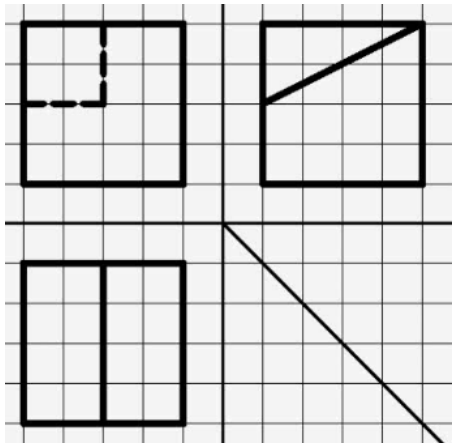




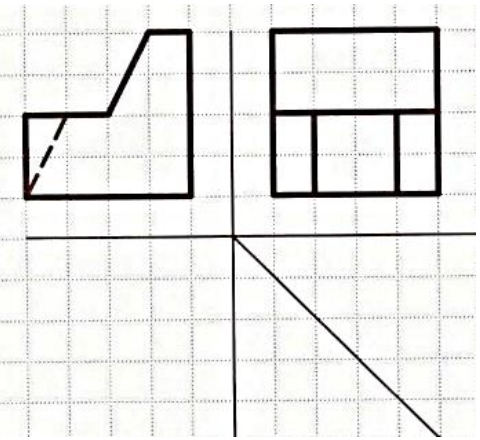


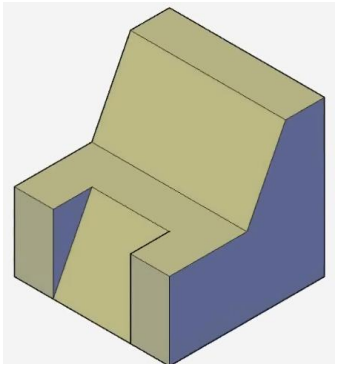


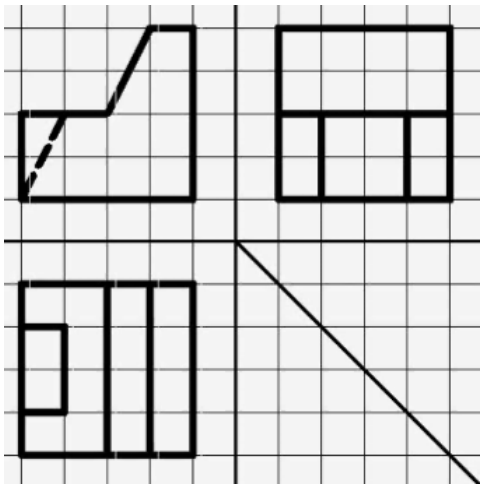


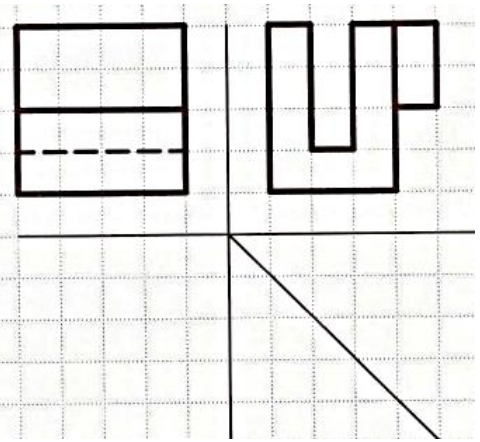


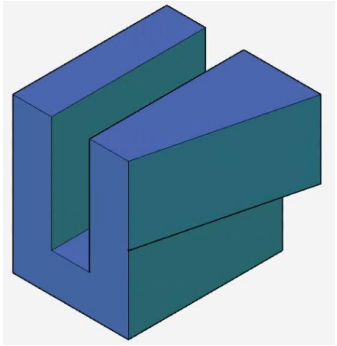
مثال
۳۶

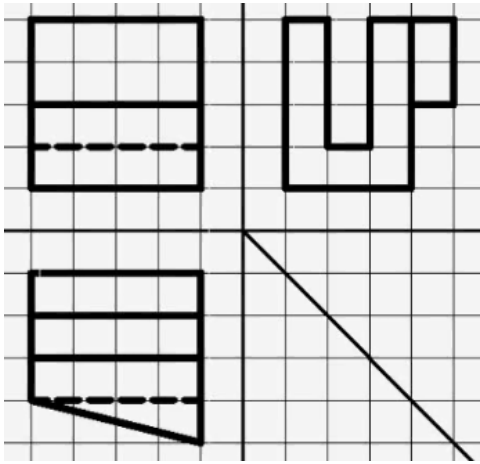






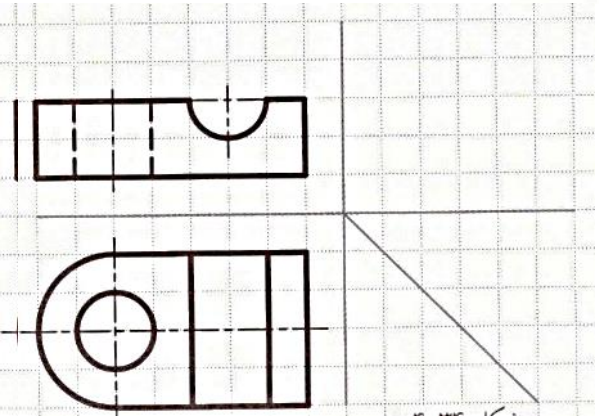


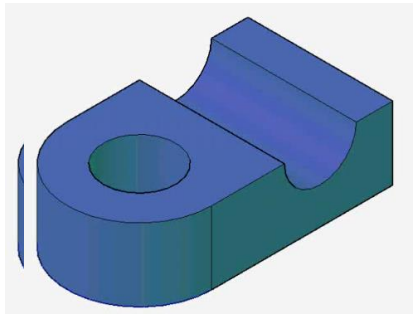


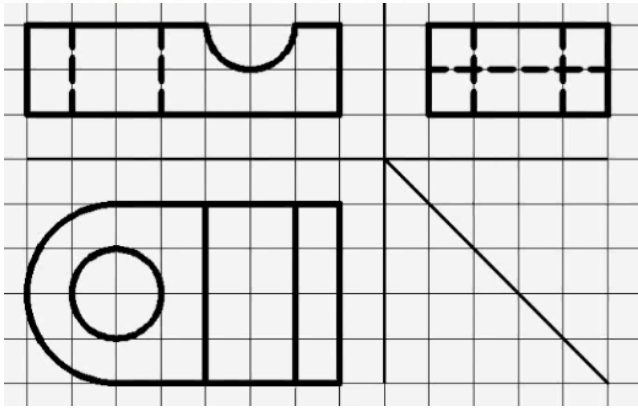


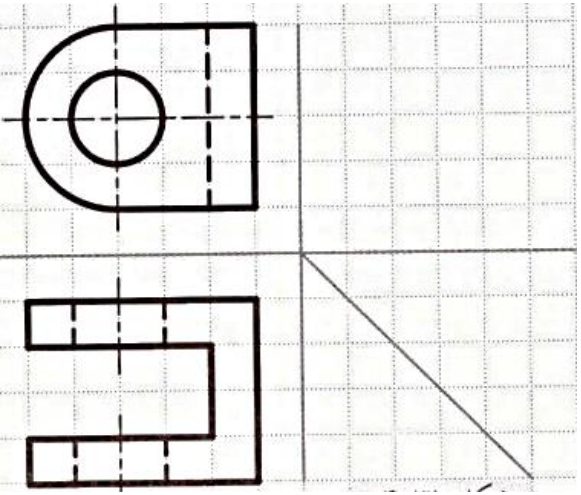
مثال
۳۷

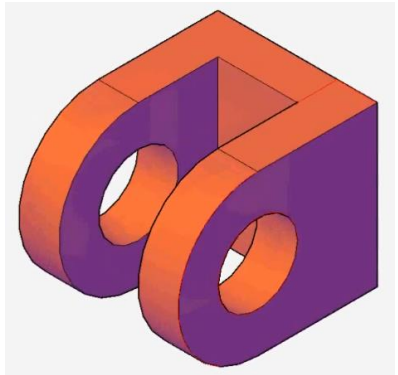
**مثال ۳-۴:** در شکل‌های ۳۴-۴ تا ۳۷-۴ یک جواب برای تصویر سوم بیابید. برای به دست آوردن جسم مورد نظر، از ترکیب و یا تفاضل احجام ساده استفاده کنید.

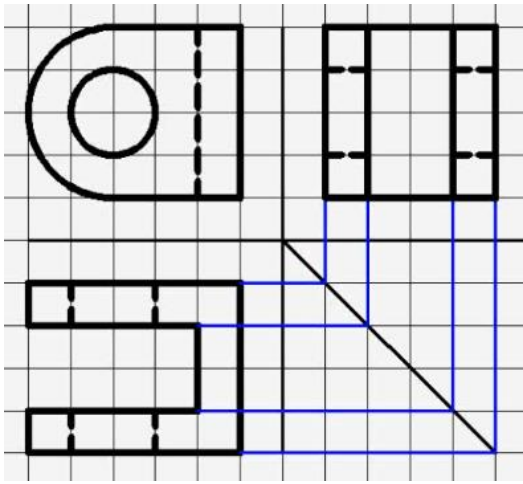




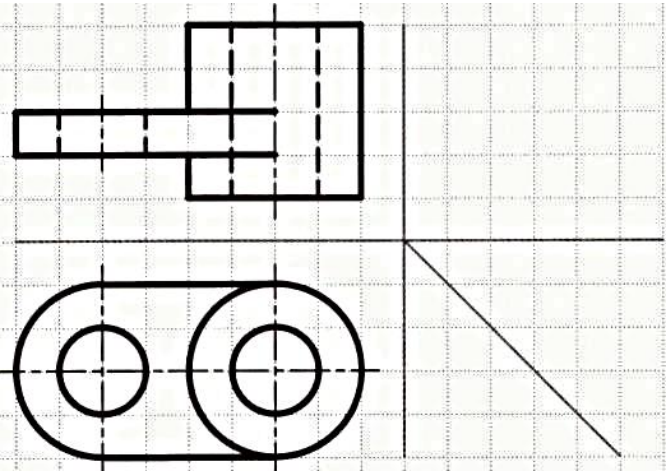


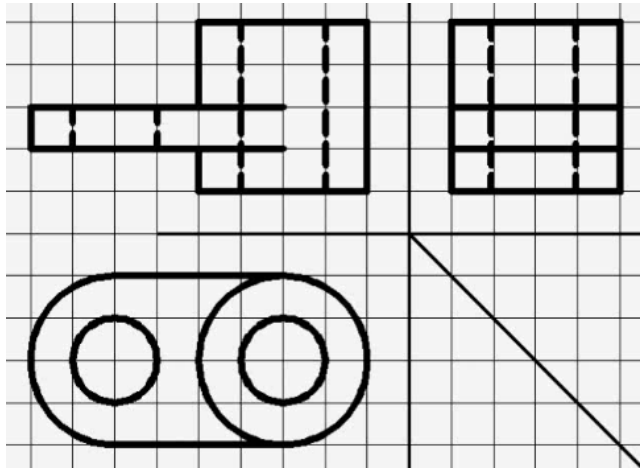


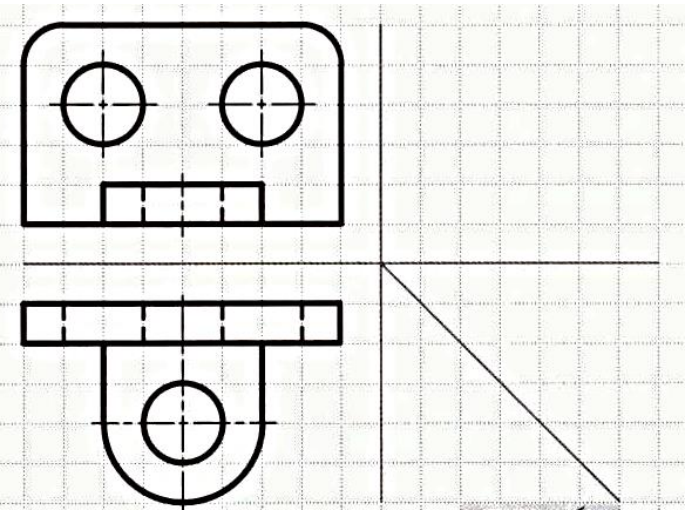


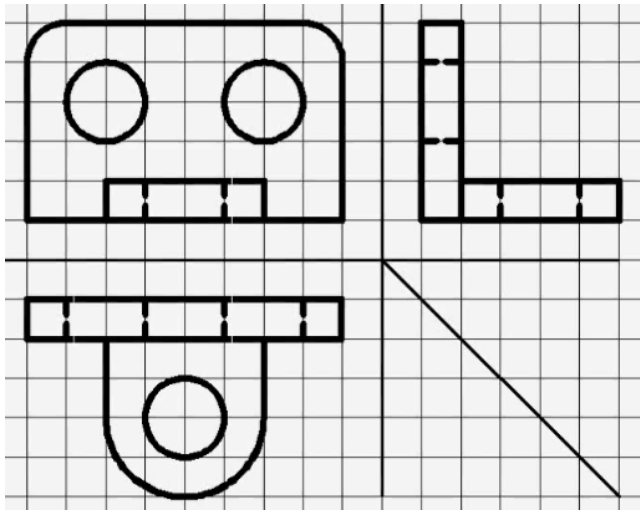


مثال
۳۸









# ۵

# تصویر مجسم

# ۵-۱ تصاویر مجسم سه‌بعدی

همان طور که در فصل ۳ اشاره کردیم، از تصاویر و مدل‌های سه‌بعدی در کنار تصاویر دوبعدی استفاده می‌کنند تا هنگام تجسم و درک جسم، ضعف تصاویر دوبعدی پوشش داده شود. اصطلاحاً به تصاویر سه‌بعدی، تصاویر مجسم (Pictorial Projection) گفته می‌شود. تصاویر مجسم به سه دسته کلی زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱- تصویر آگزونومتریک (Axonometric Projection)

۲- تصویر مایل (Oblique Projection)

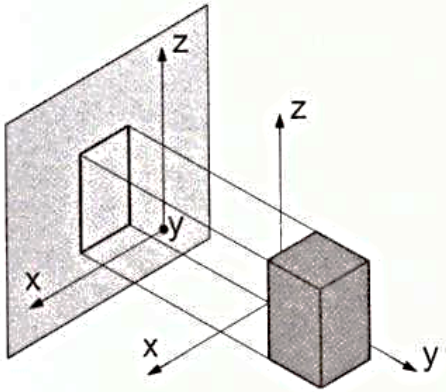
۳- تصویر پرسپکتیو (Perspective Projection) - این دسته از تصاویر خارج از مباحث این کتاب است؛ لذا از توضیح آن صرف نظر می‌کنیم.

جسمی را به همراه محورهای مختصات مطابق شکل ۱-۵ در نظر بگیرید که مقابل صفحه تصویر قرار گرفته است. برای تصویرگیری، منبع نور موازی را به سمت جسم می‌تابانیم. پرتوها به طور موازی و عمود بر صفحه تصویر از جسم گذر و به صفحه تصویر برخورد می‌کنند؛ بنابراین تصویر جسم به صورت دوبعدی به شکل یک مستطیل مشاهده می‌شود. برای تشکیل و مشاهده تصویر سه‌بعدی روی صفحه تصویر دو راهکار در پیش داریم:

۱- پرتوها همچنان عمود بر صفحه تصویر تابانده شوند، ولی جسم را به همراه محورها دوران دهیم.

۲- جسم و محورها ثابت باشند، ولی موقعیت منبع نور را تغییر دهیم تا پرتوها به صورت مایل به صفحه تصویر برخورد نمایند.

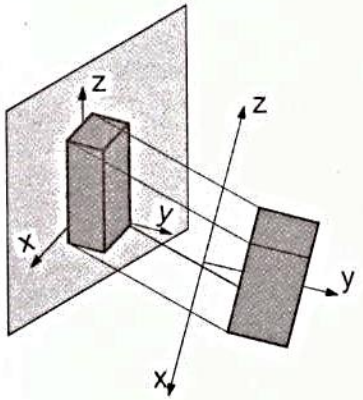
تصویر به‌دست‌آمده را در حالت اول تصویر آگزونومتریک و در حالت دوم تصویر مایل می‌گویند.




شکل ۱-۵

## ۵-۲ تصویر آگزونومتریک

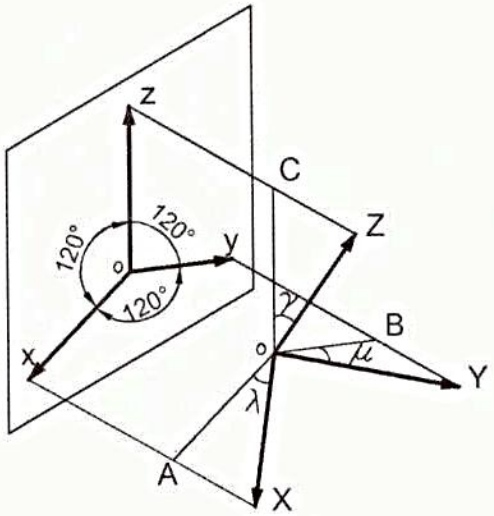
همان طور که گفته شد، برای داشتن تصویر مجسم آگزونومتریک، همچنان که پرتوها بر صفحه تصویر عمودند، جسم و محورها را دوران می‌دهیم (شکل ۲-۵).



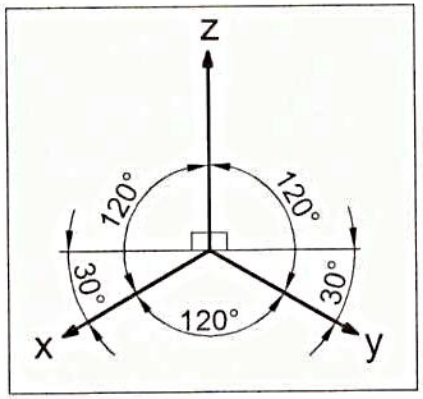
شکل ۲-۵

می‌دانیم بی‌نهایت حالت برای زاویه دوران وجود دارد، لذا برای یکسان‌سازی و جلوگیری از سردرگمی بین کشورها و شرکت‌های مختلف در ارائه تصاویر سه‌بعدی استاندارد، تصاویر آگزونومتریک به سه گروه ایزومتریک (Isometric)، دی‌متریک (Dimetric) و تری‌متریک (Trimetric) دسته‌بندی می‌شوند که تصویر ایزومتریک بیشترین کاربرد را در صنعت دارد. در تصویر ایزومتریک، محورها مطابق شکل ۳-۵ به نحوی دوران می‌یابند که زاویه آن‌ها با صفحه تصویر با یکدیگر برابر ($\mu=\gamma=\lambda=32.26^o$) شوند. همان طور که ملاحظه می‌کنید، با توجه به تقارن، زوایای بین تصویر سه محور روی صفحه تصویر با هم برابر و مساوی ۱۲۰ درجه خواهند شد (شکل ۴-۵).

اگر اضلاع مربوط به جسم را در محورهای شکل ۴-۵ رسم کنیم، تصویر مجسم ایزومتریک به دست می‌آید. با توجه به اینکه محورها نسبت به صفحه تصویر به طور مایل قرار گرفته‌اند، اندازه آن‌ها در صفحه تصویر به مقدار $COS(32.26^o)=0.816$ کوچک‌تر از اندازه واقعی ترسیم می‌شود. در بخش ۵-۲-۳ به نحوه ترسیم تصویر مجسم ایزومتریک خواهیم پرداخت.

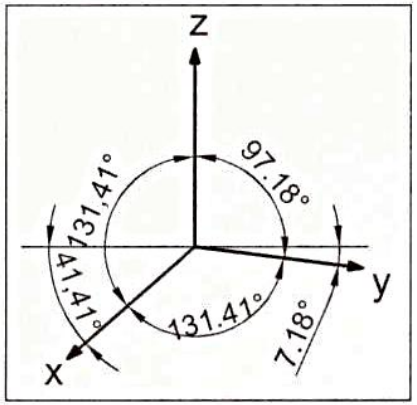


شکل ۳-۵

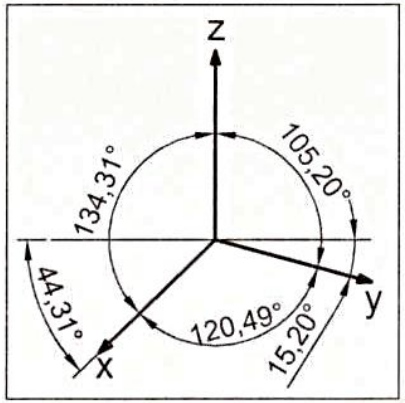


شکل ۴-۵

مجسم تری‌متریک، هیچ یک از زوایای بین محورها با صفحه تصویر با هم برابر نیستند (شکل ۵-۵). در تصویر دی‌متریک طول تصویر محور x تقریباً نصف طول تصویر محورهای y و z است و در تصویر تری‌متریک طول تصویر هر یک از محورها با دیگری متفاوت می‌باشد. در شکل ۶-۵ یک جسم در تصاویر ایزومتریک، تری‌متریک و دی‌متریک نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می‌کنید، تصویر تری‌متریک خیلی شبیه به تصویر ایزومتریک است. از طرفی تصویر دی‌متریک نمای مطلوب‌تری از جسم به ناظر ارائه می‌دهد. با توجه به اینکه در صنعت اکثراً از تصویر ایزومتریک استفاده می‌کنند و رسم دستی آن نسبت به تصاویر دی‌متریک و تری‌متریک آسان‌تر است، به منظور آموزش و ترسیم نقشه‌های صنعتی، کاغذهای شطرنجی از قبل آماده مطابق شکل ۷-۵ در بازار موجودند که دانش پژوهان می‌توانند برای رسم تصاویر مجسم ایزومتریک از آن‌ها استفاده کنند.

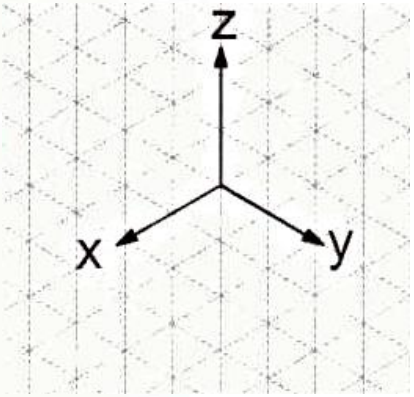



دی‌متریک

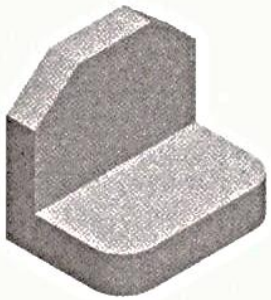



تری‌متریک

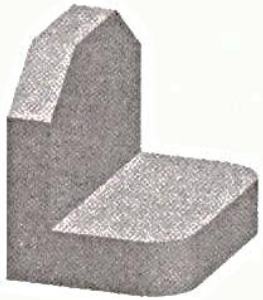
شکل ۵-۵




شکل ۷-۵



ایزومتریک

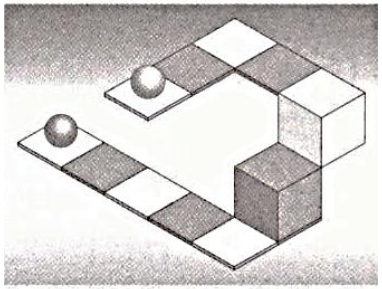


دی‌متریک

تری‌متریک

شکل ۶-۵

یکی از ضعف‌های تصاویر ایزومتریک این است که دور و نزدیک شدن اجسام نسبت به ناظر موجب کوچکی و یا بزرگی آن‌ها نمی‌شود. این ویژگی می‌تواند در برخی موارد تشخیص ارتفاع، طول و عرض را با مشکل همراه سازد. مثلاً شکل ۸-۵ را در نظر بگیرید. در این شکل به نظر می‌رسد که ارتفاع دو گلوله یکسان است، در صورتی که قسمت سمت راست شکل این مطلب را رد می‌کند. به همین دلیل است که در نقشه‌های معماری از تصاویر پرسپکتیو استفاده می‌کنند تا تصاویر واقعی‌تر جلوه کنند.



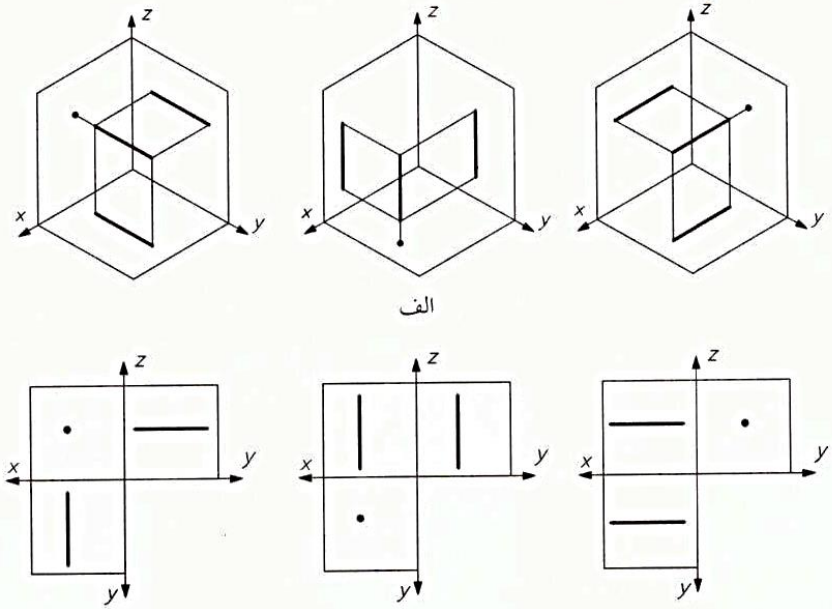
شکل ۸-۵

## ۵-۲-۱ انواع خط

برای رسم تصویر مجسم ایزومتریک، لازم است تمام صفحات جسم را در محورهای ایزومتریک رسم کنیم. از طرفی برای رسم یک صفحه از جسم، لازم است خطوط مربوط به چندضلعی آن صفحه در محورهای ایزومتریک ترسیم شوند؛ به همین دلیل در ابتدا شما را با انواع خط آشنا می‌کنیم و نحوه ترسیم هر یک از آن‌ها را در محورهای مختصات ایزومتریک آموزش می‌دهیم.

خطوط را می‌توان به سه دسته کلی تقسیم‌بندی کرد:

۱- **خط نوع اول:** خطی است که موازی یکی از محورهای x، y و z باشد. سه حالت مختلف این نوع خط را می‌توان در شکل ۹-۵الف در حالت سه‌بعدی و در شکل ۹-۵ب به صورت سه‌تصویر ملاحظه کرد.

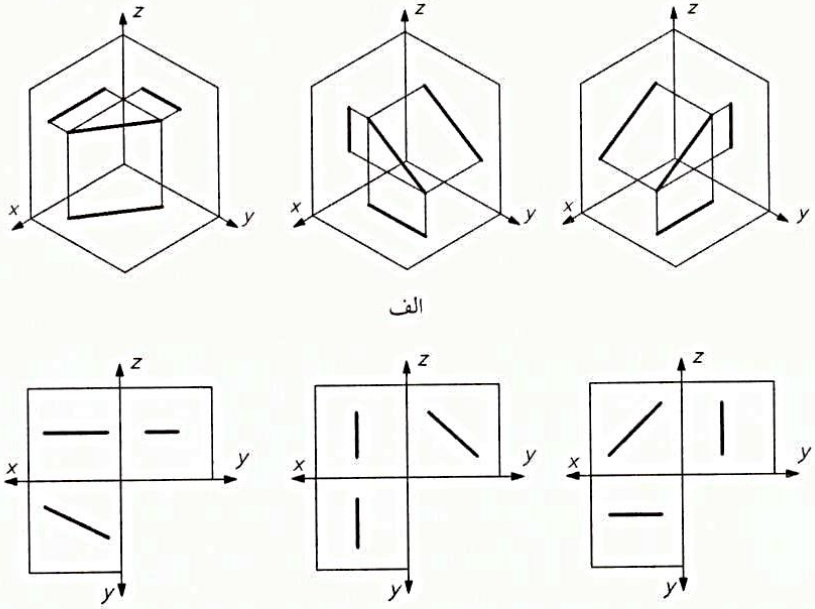



الف

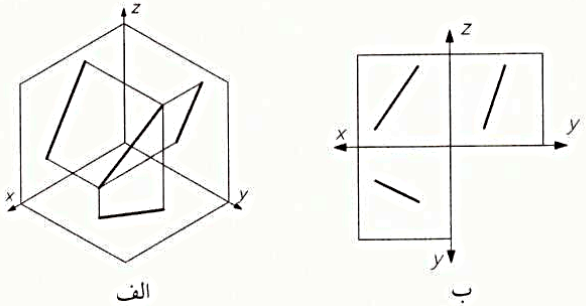
ب

شکل ۹-۵

**۲- خط نوع دوم:** خطی است که موازی یکی از صفحات تصویر باشد و موازی هیچ یک از محورها نباشد. سه حالت مختلف این نوع خط را می‌توان در شکل ۱۰-۵الف در حالت سه‌بعدی و در شکل ۱۰-۵ب به صورت سه‌تصویر ملاحظه کرد.




**۳- خط نوع سوم:** خطی است که موازی هیچ یک از محورها و صفحات تصویر نباشد. تنها حالت این نوع خط را می‌توان در شکل ۱۱-۵الف در حالت سه‌بعدی و در شکل ۱۱-۵ب به صورت سه‌تصویر مشاهده کرد.



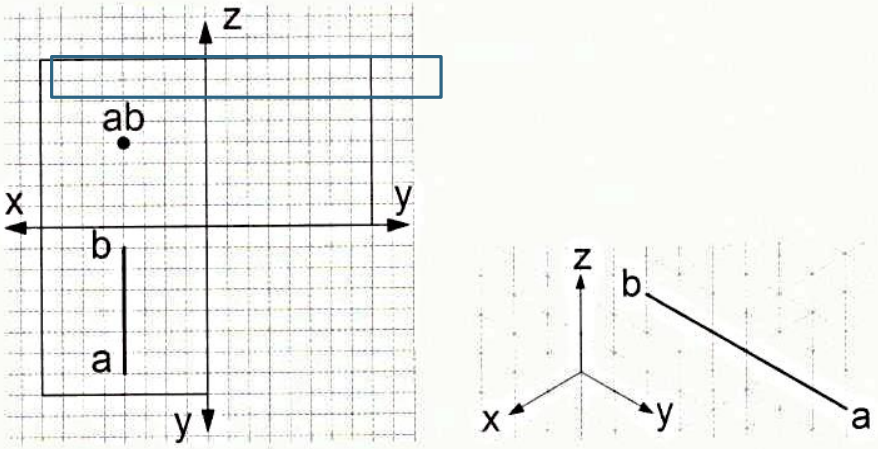

شکل ۱۱-۵

با توجه به اینکه در بعضی از مسائل، فقط دو تصویر داده می‌شود، لازم است برای تشخیص نوع خط از یک شناسه استفاده کنیم. شناسه هر خط به شرح زیر است:

- **شناسه خط نوع اول:** یکی از تصاویر آن به صورت نقطه است و یا دو تصویر آن به صورت دو خط موازی با یک محور مشاهده می‌شوند.
- **شناسه خط نوع دوم:** فقط یکی از تصاویر آن به صورت خط مایل است و یا دو تصویر آن به صورت دو خط موازی با دو محور مشاهده می‌شوند.
- **شناسه خط نوع سوم:** دو تصویر آن به صورت خط مایل می‌باشند.

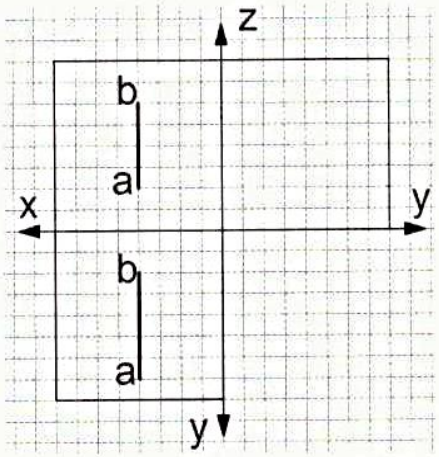
## ۵-۲-۲ رسم انواع خط در محورهای ایزومتریک

می‌دانیم خط نوع اول موازی یکی از محورهای x، y و z است، بنابراین برای ترسیم تصویر ایزومتریک، کافی است آن را موازی محور ایزومتریک مربوط رسم کنیم. مثلاً در شکل ۱۲-۵الف خط ab موازی محور y و طول آن ۶ خانه شطرنجی است. نقطه a را به عنوان نقطه شروع انتخاب می‌کنیم. چون خط ab از سمت a به سمت b در خلاف جهت محور y است، تصویر این خط مطابق شکل ۱۲-۵ب خواهد شد. در ترسیم خط نوع اول، بسته به اینکه این خط موازی کدام محور باشد، از یکی از مقادیر $\Delta x$، $\Delta y$ و $\Delta z$ استفاده می‌کنیم. در این مثال از $\Delta y$ استفاده کردیم. برای ترسیم خط نوع دوم، بسته به اینکه خط موازی کدام صفحه است، نیاز به دو کمیت از سه کمیت $\Delta x$، $\Delta y$ و $\Delta z$ می‌باشد. مثلاً در شکل ۱۳-۵الف خط ab را در نظر بگیرید. با توجه به اینکه دو تصویر روبه‌رو و بالای این خط داده شده است، کمیت‌های $\Delta y$ و $\Delta z$ معلوم می‌باشند. برای رسم تصویر ایزومتریک این خط، ابتدا یک نقطه را به عنوان نقطه a در نظر می‌گیریم، سپس به اندازه ۵ خانه در خلاف جهت محور y جابه‌جا می‌شویم (شکل ۱۳-۵ب). به دنبال آن ۴ خانه در جهت محور z جابه‌جا می‌شویم تا به نقطه b برسیم (شکل ۱۳-۵ج). با اتصال دو نقطه a و b خط ab ترسیم می‌گردد.

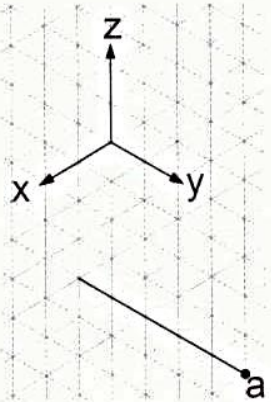



الف ب

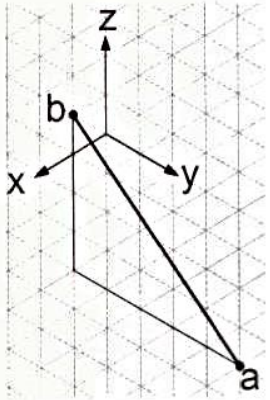
شکل ۱۲-۵




الف



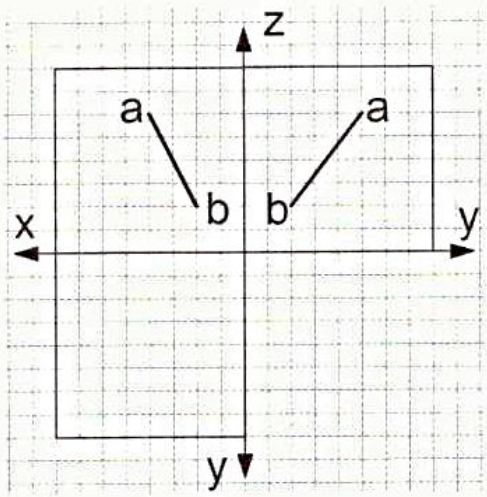

ب



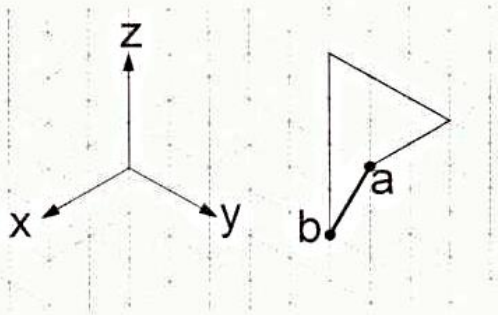

ج

شکل ۱۳-۵

برای ترسیم خط نوع سوم، به هر سه کمیت $\Delta x$، $\Delta y$ و $\Delta z$ نیاز داریم. مثلاً در شکل ۱۴-۵الف خط ab را در نظر بگیرید. برای این خط مقادیر به صورت $\Delta x=2$، $\Delta y=3$ و $\Delta z=4$ به دست می‌آید. برای رسم تصویر ایزومتریک این خط، ابتدا یک نقطه را به عنوان نقطه a در نظر می‌گیریم، سپس به اندازه ۲ خانه در خلاف جهت محور x، ۳ خانه خلاف جهت محور y و ۴ خانه خلاف جهت محور z جابه‌جا می‌شویم (شکل ۱۴-۵ب). با اتصال دو نقطه a و b، خط ab ترسیم می‌شود.




الف



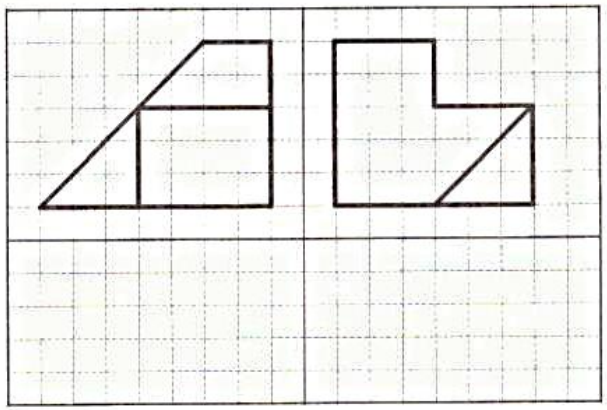

ب

شکل ۱۴-۵

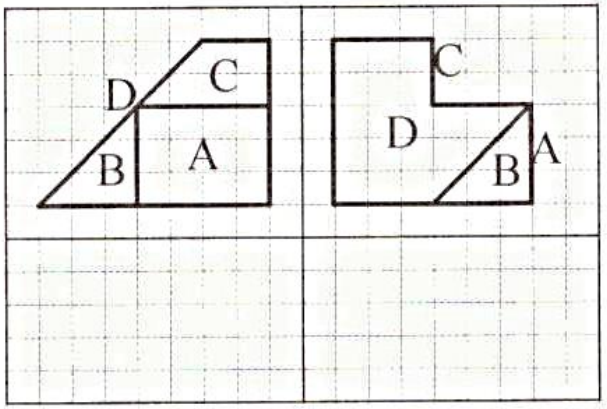
## ۵-۲-۳ رسم تصویر مجسم ایزومتریک

در بخش قبل با رسم انواع خط در نمای ایزومتریک آشنا شدید. با رسم تمام خطوط مربوط به همه صفحات یک جسم در نمای ایزومتریک، به تصویر مجسم ایزومتریک جسم دست خواهید یافت. برای آشنایی با نحوه ترسیم تصویر ایزومتریک از روی دوتصویر، این روش را در مراحل به دست آوردن تصویر مجسم ایزومتریک شکل ۱۵-۵ آموزش می‌دهیم. این مراحل به شرح زیرند:

- **مرحله ۱:** ابتدا دوتصویر را آنالیز سطح می‌کنیم؛ نتیجه آنالیز صفحات مطابق شکل ۱۶-۵ خواهد شد.



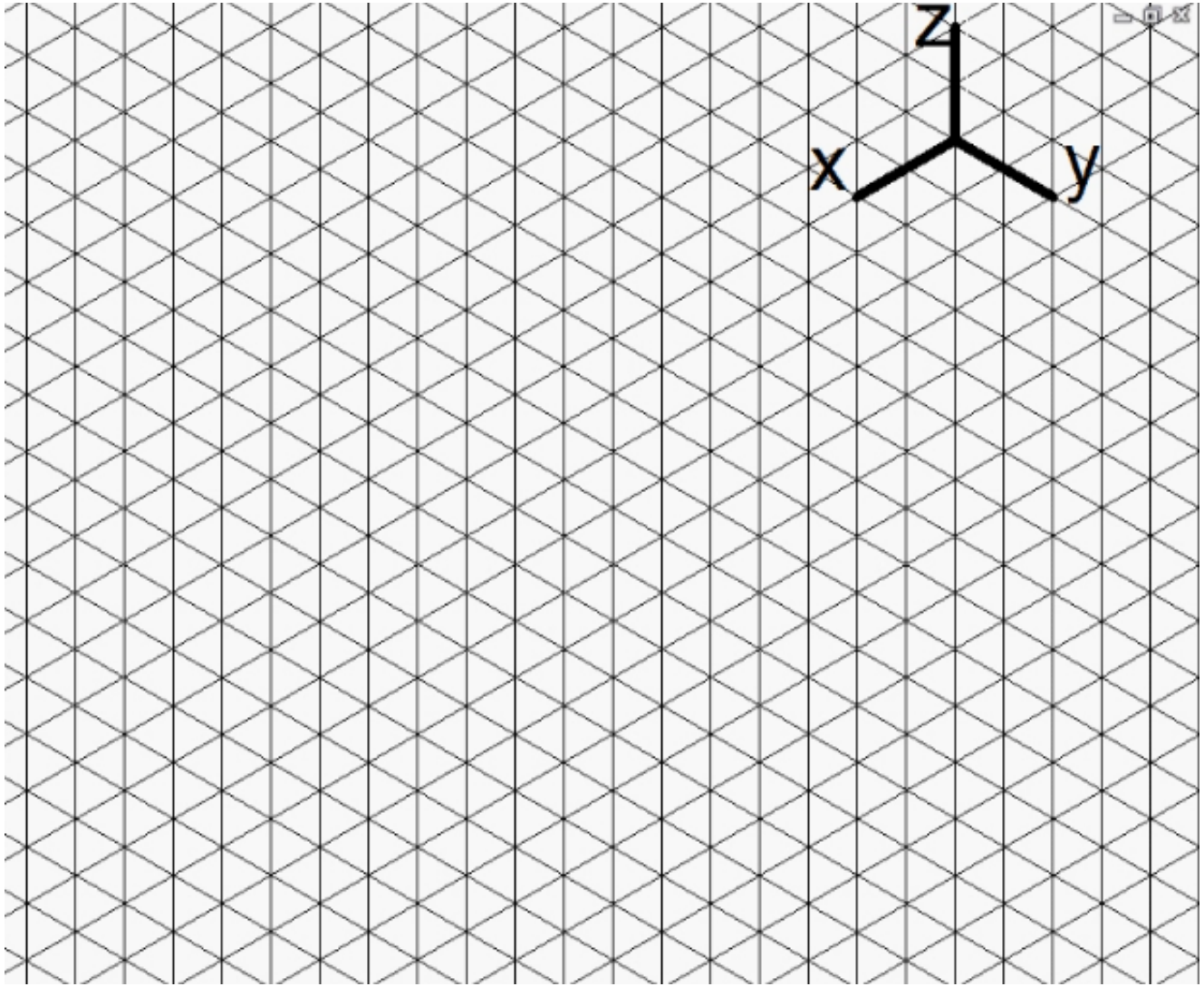
شکل ۱۵-۵



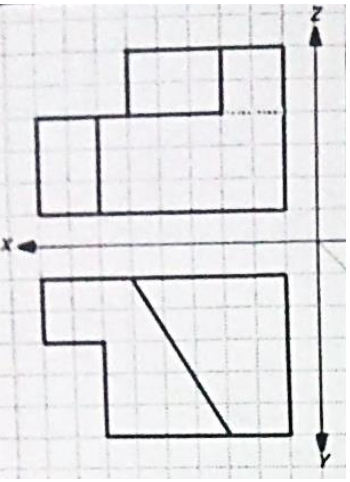

شکل ۱۶-۵

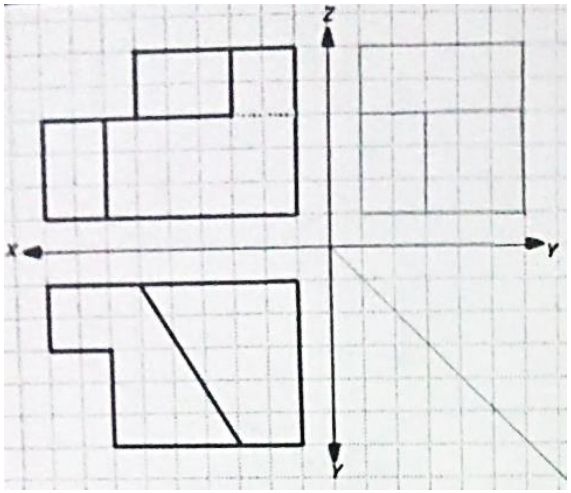
- **مرحله ۲:** صفحات A تا D را در کاغذ شطرنجی ایزومتریک ترسیم می‌کنیم. ترجیحاً ترسیم را از صفحات و خطوط نوع اول آغاز می‌کنیم.

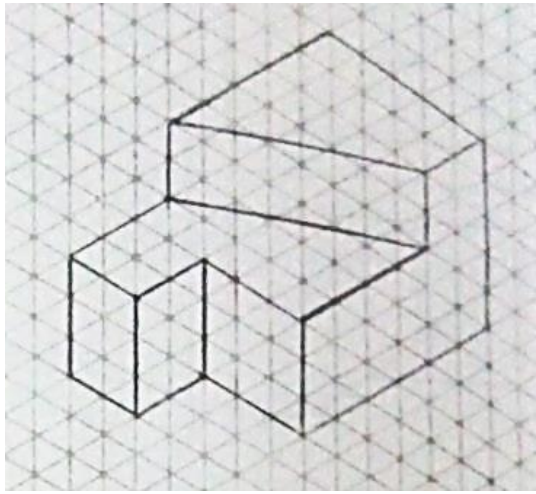
شکل ۱۷-۵

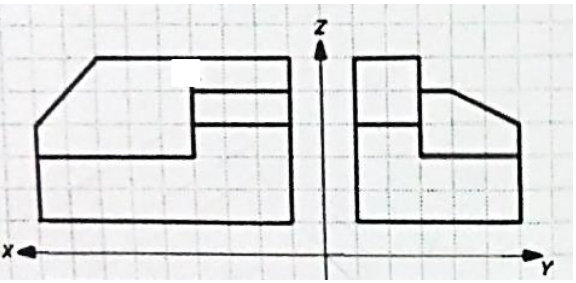

z
x
y

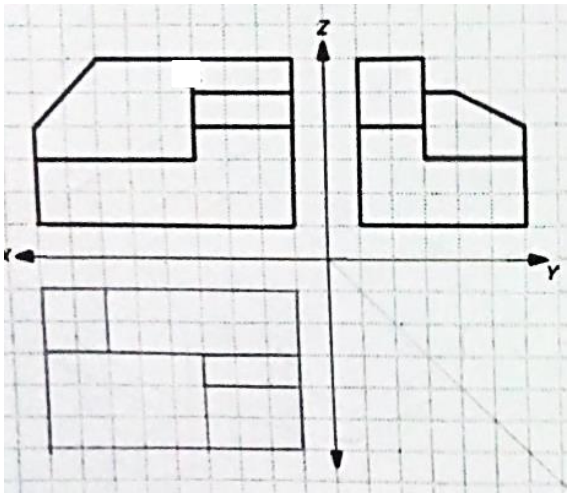
مثال
۳۹

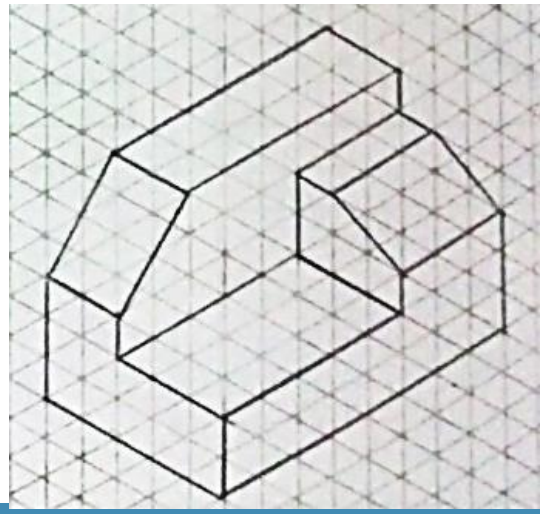


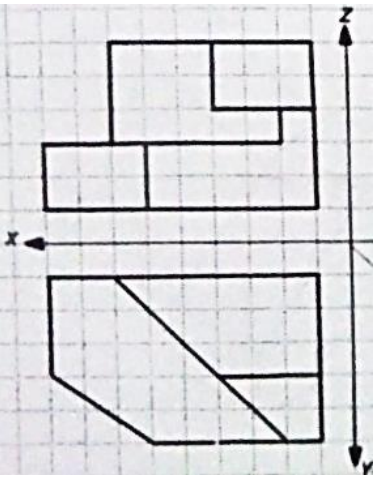



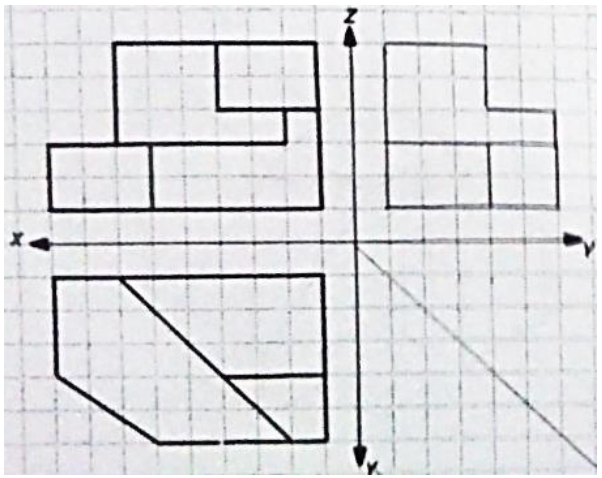


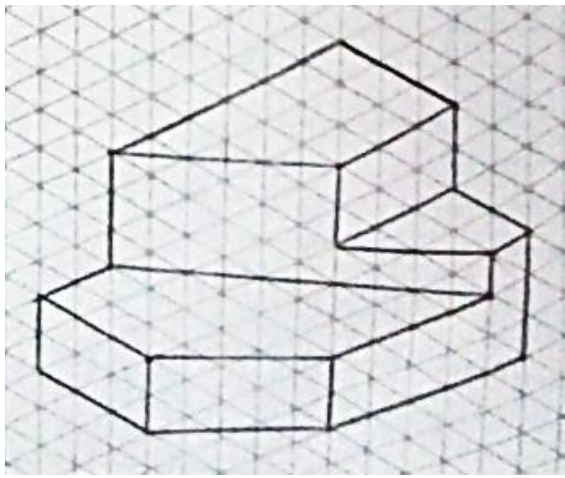



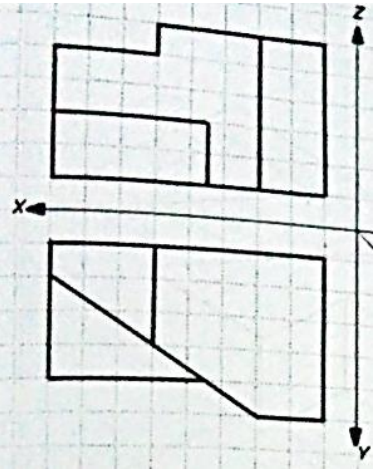



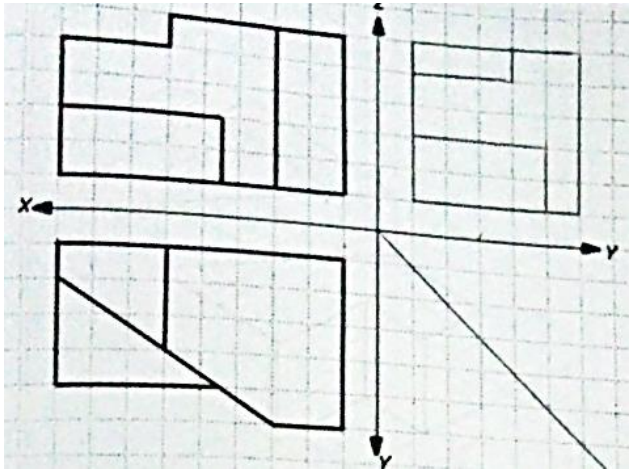
مثال
۴۰

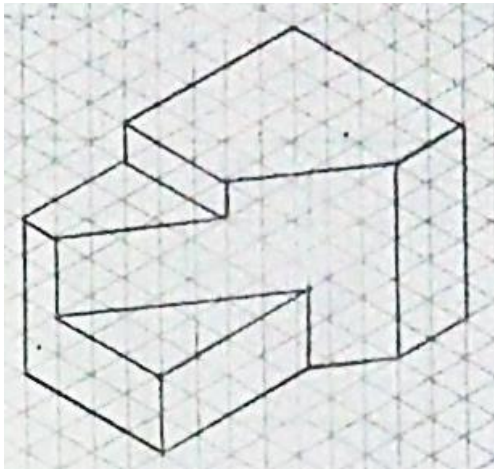


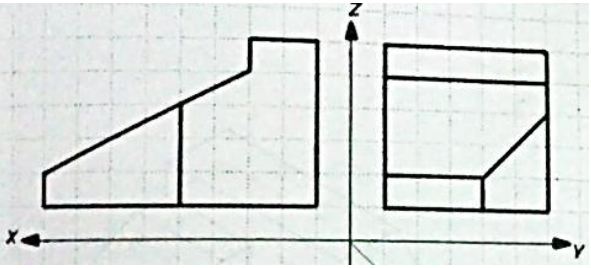



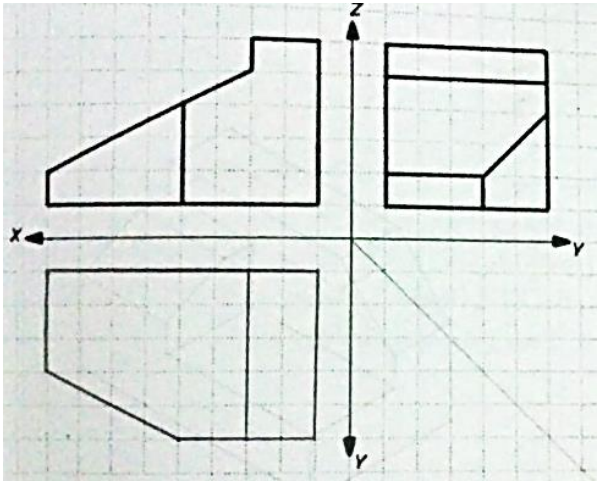


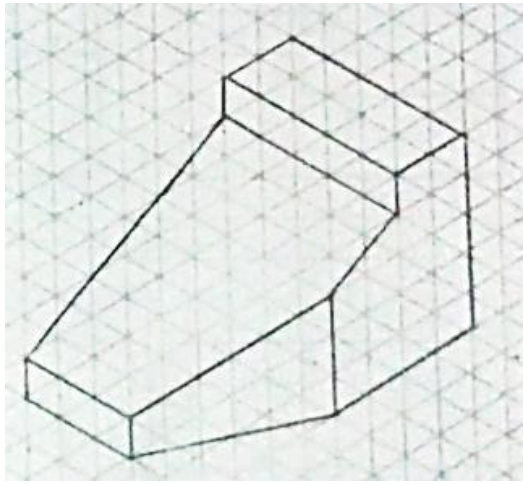



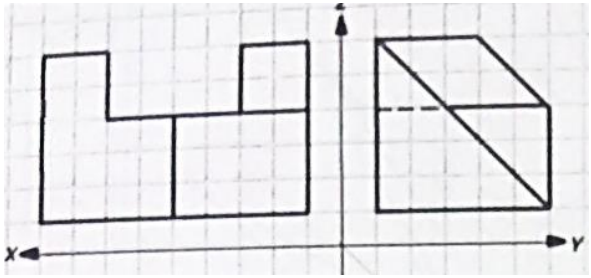



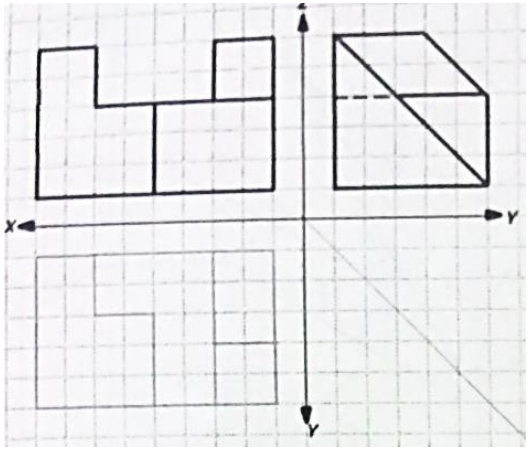
مثال
۴۱

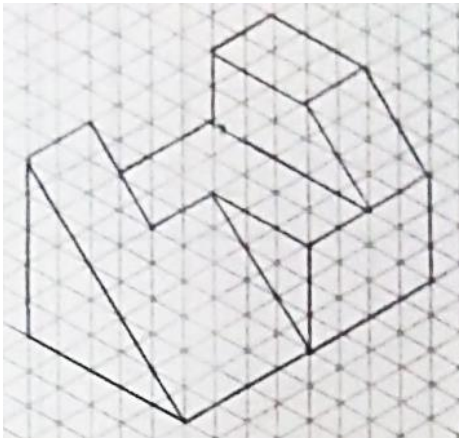


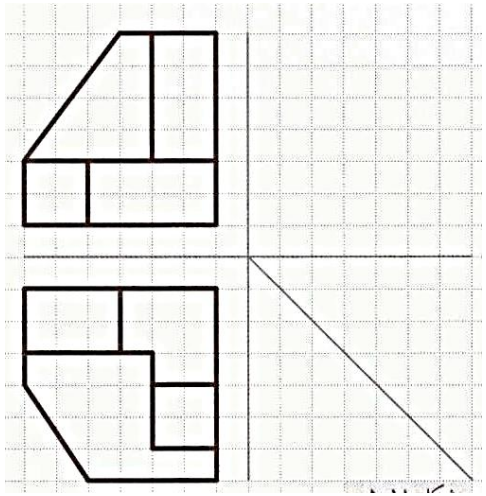


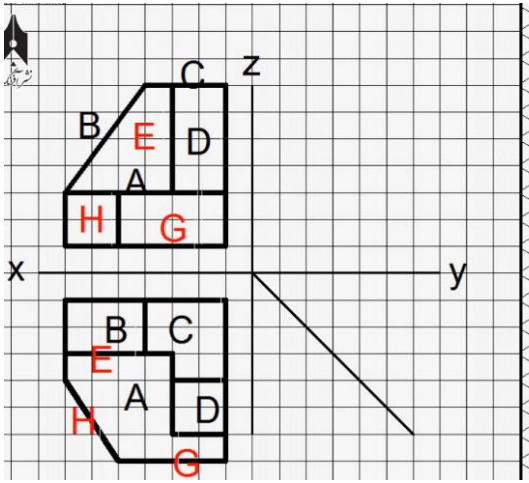



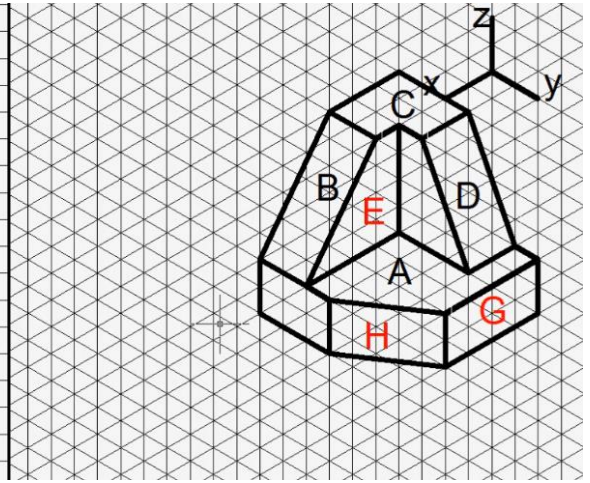



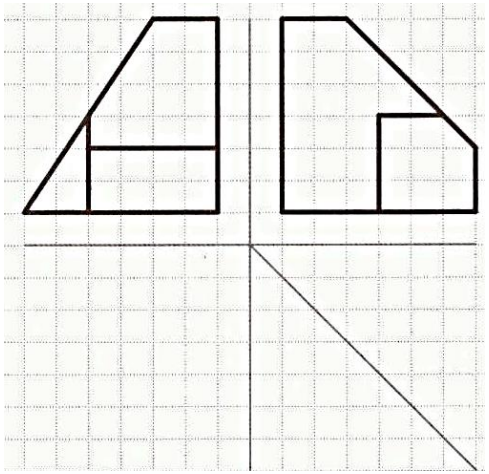
مثال ۴۲

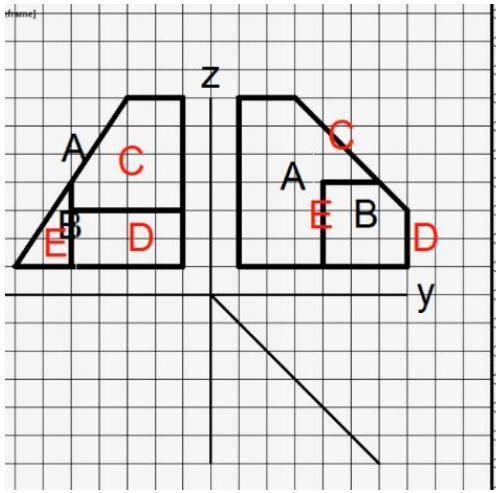
**مثال ۱-۵:** در شکل‌های ۱۸-۵ و ۱۹-۵ تصویر ایزومتریک را در کاغذ شطرنجی ایزومتریک و سپس در محیط دوبعدی AutoCAD ترسیم کنید.

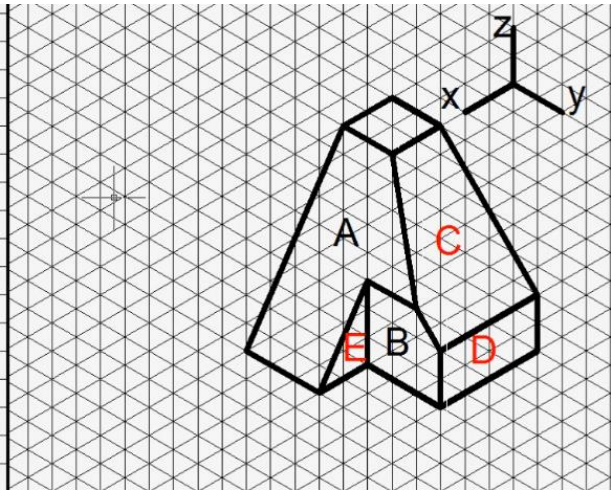




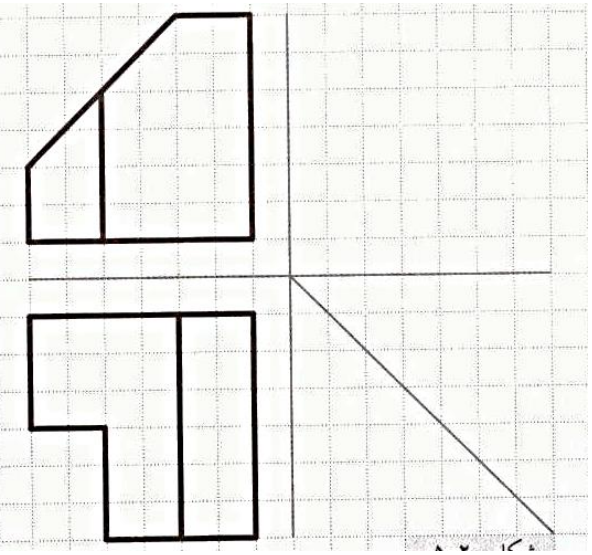



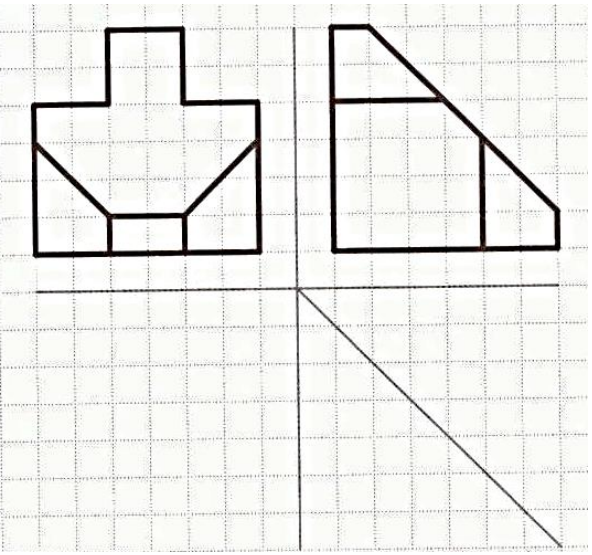



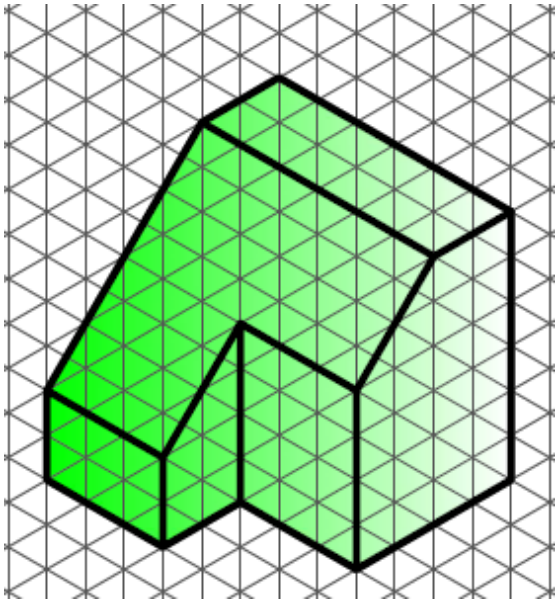


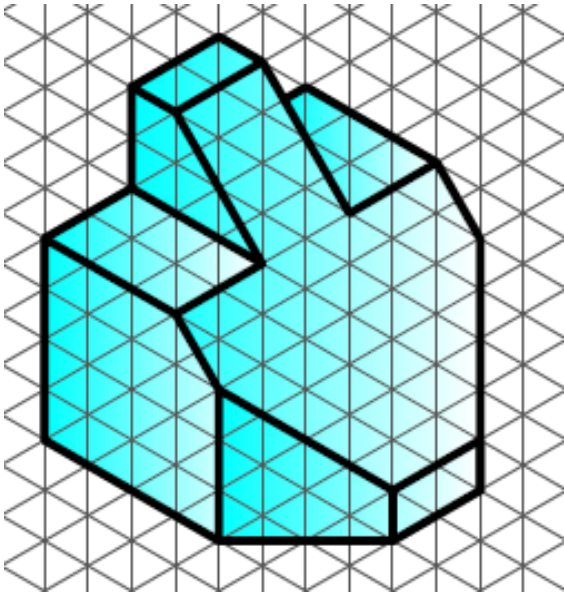



مثال
۴۳

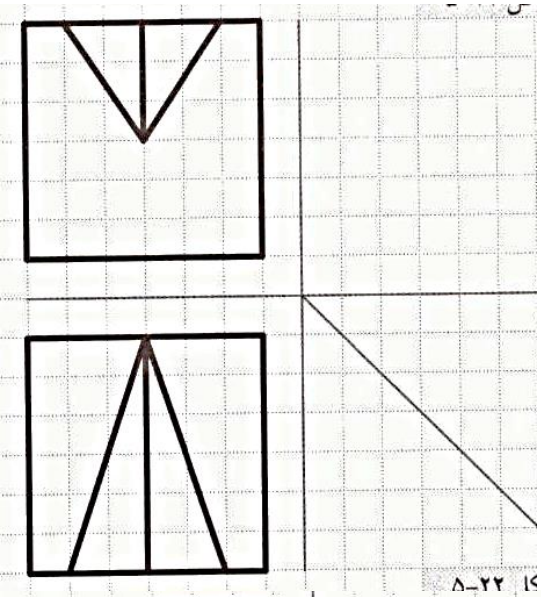


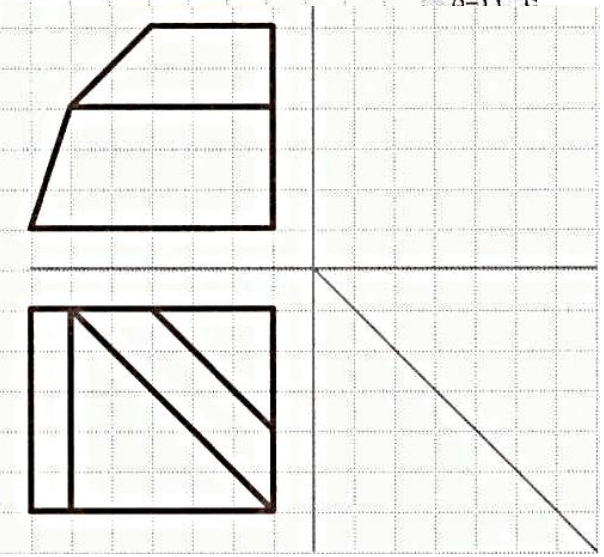


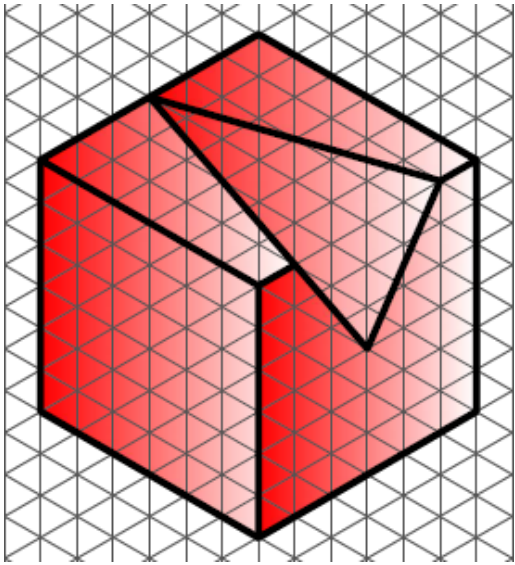


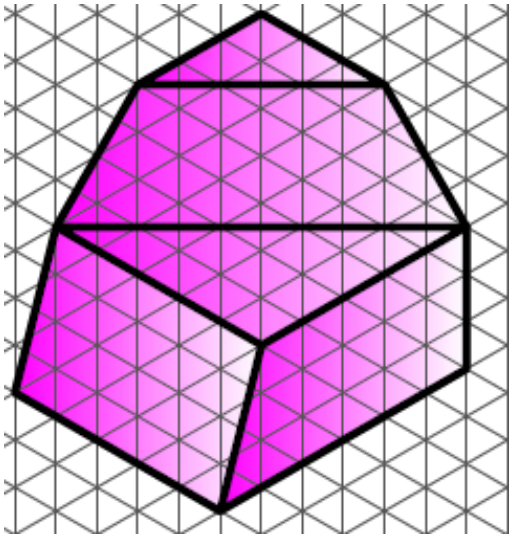


مثال
۴۴



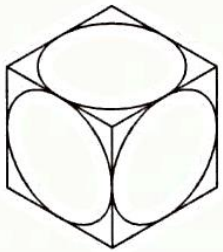




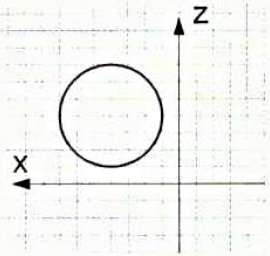


## ۵-۲-۴ رسم دایره در تصویر ایزومتریک

اجسامی که تا اینجا بررسی کردیم، همگی از سطوح صاف تشکیل شده بودند. ممکن است جسم دارای طرح‌های دایره‌ای باشد. همان طور که در بخش ۵-۲ اشاره کردیم، برای رسم تصویر مجسم ایزومتریک باید جسم و محورها را دوران دهیم؛ بنابراین اگر جسم حاوی طرح دایره‌ای باشد، تصویر دایره در نمای ایزومتریک به صورت بیضی مشاهده خواهد شد. بسته به اینکه دایره در چه صفحه‌ای قرار می‌گیرد، به یکی از بیضی‌های نشان‌داده‌شده در شکل ۵-۲۴ تبدیل می‌شود.



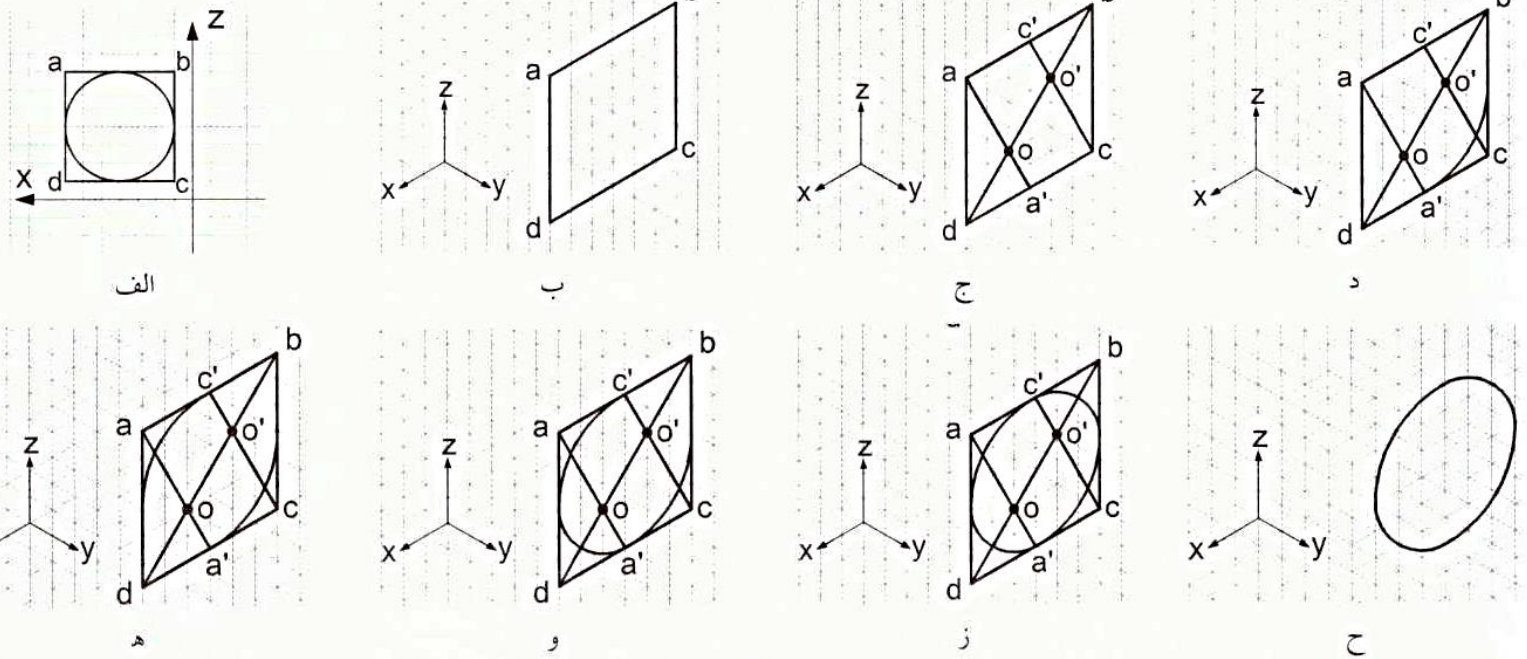
شکل ۵-۲۴




شکل ۵-۲۵

برای رسم سریع هر یک از بیضی‌ها با دست می‌توان ابتدا مربع محیطی هر یک از دایره‌ها را رسم و سپس دایره را درون آن به صورت مماسی ترسیم کرد. برای رسم بهتر با پرگار، بیضی مورد نظر را با چهار کمان تقریب می‌زنیم و آن را رسم می‌کنیم. مثلاً دایره موجود در شکل ۵-۲۵ را در نظر بگیرید. مراحل رسم تصویر ایزومتریک دایره، مطابق شکل‌های ۵-۲۶الف تا ح به شرح زیر است:

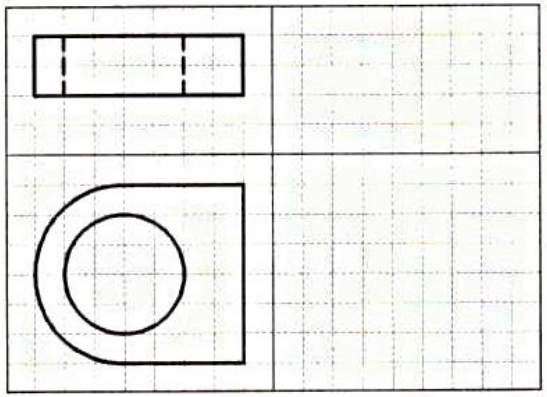
الف) رسم مربع محیطی دایره؛ ب) رسم مربع محیطی در نمای ایزومتریک؛ ج) رسم قطر بزرگ و همچنین خطوط $aa'$ و $cc'$ به نحوی که $a'$ و $c'$ به ترتیب نقاط میانی dc و ab باشند؛ د) رسم کمان به مرکز a و شعاع $aa'$؛ ه) رسم کمان به مرکز c و شعاع $cc'$؛ و) رسم کمان به مرکز o و شعاع $oa'$؛ ز) رسم کمان به مرکز $o'$ و شعاع $o'c'$؛ ح) حذف خطوط اضافه.



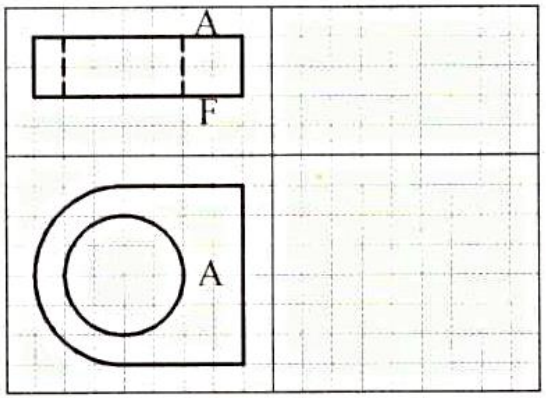

شکل ۵-۲۶

## ۵-۲-۵ رسم تصویر ایزومتریک اجسام با طرح‌های دایره‌ای

هنگام رسم باید به این نکته دقت کرد که چون جسم، هم دارای صفحات جلویی و هم دارای صفحات پشتی است، دایره‌های مربوط به صفحات پشتی نیز باید رسم شوند. برای آشنایی با نحوه ترسیم تصویر ایزومتریک اجسام با طرح‌های دایره‌ای، مراحل ترسیم را برای شکل ۵-۲۷ توضیح می‌دهیم. ابتدا سطوح جسم را مطابق شکل ۵-۲۸ آنالیز می‌کنیم. همان طور که ملاحظه می‌کنید، صفحه A که در نمای بالا نامگذاری شده است، در واقع دو صفحه‌اند که یکی در بالای جسم (صفحه A) و دیگری در کف جسم قرار گرفته‌اند (صفحه F).



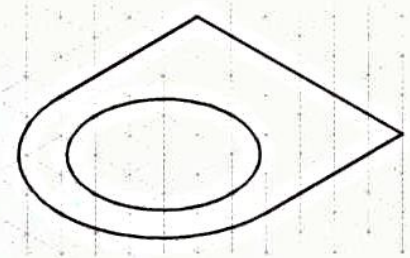
شکل ۵-۲۷



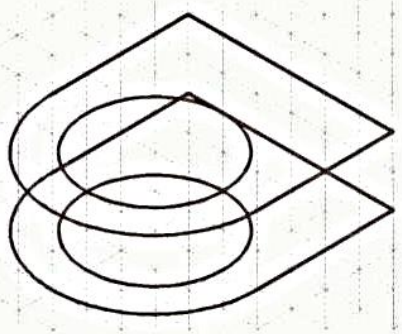

شکل ۵-۲۸

ابتدا صفحه بالایی را مطابق شکل ۲۹-۵ ترسیم می‌کنیم. با توجه به اینکه صفحه پایینی به اندازه ۲ خانه در راستای محور z پایین‌تر از صفحه بالایی است، تصویر این صفحه مطابق شکل ۳۰-۵ خواهد شد. واضح است قسمت‌هایی از صفحه پایینی که زیر صفحه بالایی یا پشت صفحات جلوی جسم قرار می‌گیرند، نباید ترسیم شوند. بنابراین با حذف این خطوط شکل ۳۱-۵ حاصل می‌شود. دقت کنید که دایره‌های مربوط به سوراخ در صفحه پایینی ممکن است در نمای ایزومتریک مشاهده شوند؛ بنابراین این قسمت‌ها که در شکل ۳۱-۵ با فلش نشان داده شده‌اند، باید ترسیم شده باشند. با رسم خطوط اتصالی این دو صفحه و همچنین لبه‌های دید، تصویر ایزومتریک مطابق شکل ۳۲-۵ به دست می‌آید. همان طور که در این شکل ملاحظه می‌کنید، بعد از رسم لبه‌های دید، قسمت‌هایی از صفحه پایینی در پشت و به صورت ندید قرار می‌گیرند. با حذف این خطوط تصویر ایزومتریک مطابق شکل ۳۳-۵ کامل می‌شود.

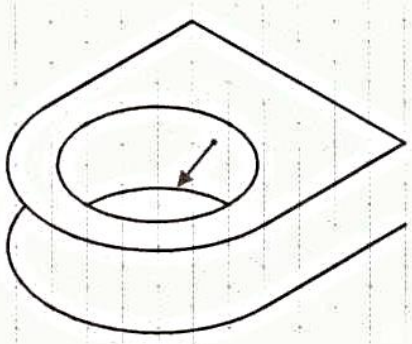
یک راه سریع برای ترسیم صفحه پایینی شکل ۲۹-۵ این است که به روش نقطه‌یابی تمام نقاط را، مطابق شکل ۳۴-۵، به اندازه ۲ خانه در جهت خلاف محور z انتقال دهیم.



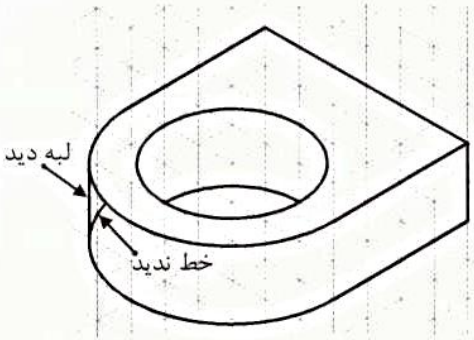
شکل ۲۹-۵



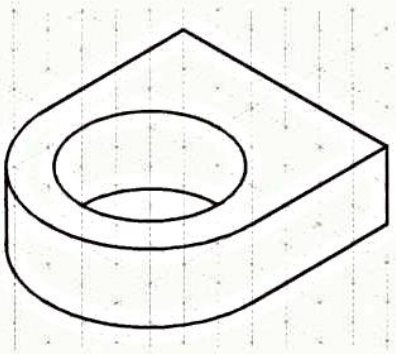
شکل ۳۰-۵



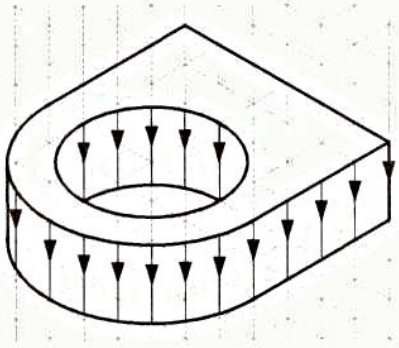
شکل ۳۱-۵




شکل ۳۲-۵



شکل ۳۳-۵



شکل ۳۴-۵

مثال
۴۵