الجمهورية العربية السورية
جامعة حماة
كلية الهندسة المدنية

Syrian Arab Republic
University of Hama
Faculty of Civil Engineering

الرسم الهندسي

لعام (٢٠١٨-٢٠١٩)

السنة الأولى

المحاضرة الأولى(نظري)

مدرس المادّة

المهندس: حسام يعقوب إغا

Axonometric Projection

الرسم الفراغي للمجسمات

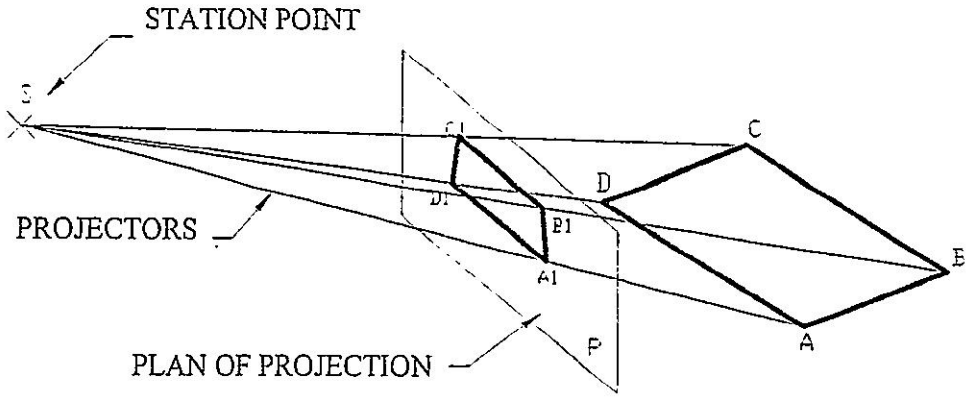
مقدمة: عندما تنظر في الفراغ إلى أي جسم وتقوم برسمه على ورقة مستوية، فإنك تقوم بعملية إسقاط هندسي لهذا الجسم على السطح المستوي لورقة الرسم، واختصاراً تسمى هذه العملية بالإسقاط الفراغي للأجسام هندسياً (Projections).

- **أنواع الإسقاط Projection methods:** نميز بين نوعين من الإسقاط الهندسي للأجسام:

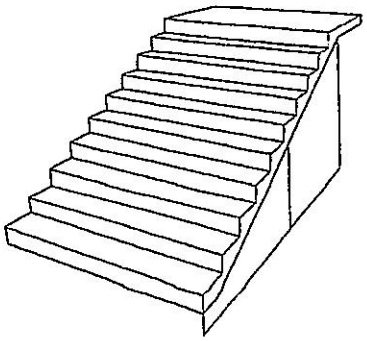
1- الإسقاط المركزي Perspective or Central Projection:

وفيه يتم رسم الأجسام بشكلها الطبيعي، أي كما تراها العين المجردة في الطبيعة، حيث تعتبر العين - في هذه الحالة - مركز الإسقاط S (Station point)، وعندها يكون مسقط النقطة A (الموجودة في الفراغ) على ورقة الرسم المستوية (Plan of projectio) هو النقطة A_1، ويكون مسقط المستطيل ABCD هو شبه المنحرف $A_1B_1C_1D_1$، والسبب في ذلك هو أن العين ترى طول الضلع AD الأقرب إليها أكبر من طول الضلع BC الأبعد عنها.

يسمى الخط المار من مركز الإسقاط S (Station point) والنقطة A في الفراغ ومسقطها A1 على مستوي الإسقاط P بخط إسقاط النقطة A (Projection).



من الخصائص الهندسية المعروفة أن المستقيمان المتوازيان لا يلتقيان مهما امتدا، وأن نقطة المنتصف لأي خط تقسمه إلى قسمين متساويين .... الخ، غير أنك تلاحظ في هذا النوع من الإسقاط أن الأشكال تفقد معظم خواصها الهندسية، حيث تجد أن الخطان المتوازيان يقتربان كلما ابتعدا عن عين الناظر، فإذا وقفت عند بداية الشارع ونظرت باتجاه نهايته يبدو لك وكأن عرض الطريق يتناقص كلما ابتعد عن عين الناظر ليصبح في اللانهاية نقطة تسمى نقطة التلاشي أو نقطة الفرار (Point Perspective).



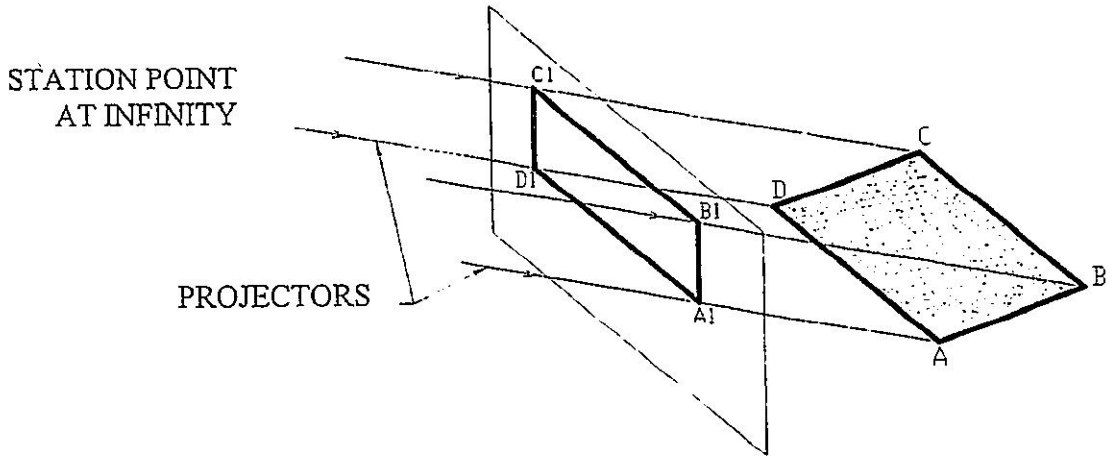
منظور درج في الإسقاط المركزي

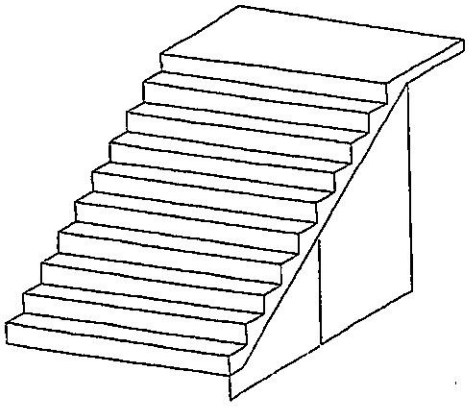
كما أن نقطة المنتصف التي تقسم المسافة إلى قسمين متساويين تُظهر القسم الأقرب لعين الناظر أكبر من القسم الأبعد عنها، فإذا نظرت إلى الدَرَج من بدايته وباتجاه نهايته يبدو لك أن المسافة بين أول درجة والدرجة الوسطى هي أكبر من المسافة بين الدرجة الوسطى والدرجة الأخيرة كما يبدو لك أن طول الدرجة وعرضها وارتفاعها يتناقص كلما ابتعدت عن عين الناظر.

هذا النوع من الإسقاط يستخدمه عادة الرسامون ومهندسي الديكور ومهندسي العمارة. أما في الهندسة المدنية فتستخدم طريقة أخرى من الإسقاط التي تحافظ على بعض الخواص الهندسية الهامة كالتوازي والتناصف والتناسب، وتسمى هذه الطريقة بالإسقاط المتوازي (Parallel projection).

٢- الإسقاط المتوازي (Parallel):

إذا افترضنا أن مركز الإسقاط (عين الناظر Station point) يبتعد إلى اللانهاية (At infinity)، فإن خطوط الإسقاط التي تمثل اتجاه الإسقاط تصبح في هذه الحالة متوازية فيما بينها، و يسمى الإسقاط عندها بالإسقاط المتوازي (Parallel projection) الذي يحافظ على خواص التوازي والتناسب.

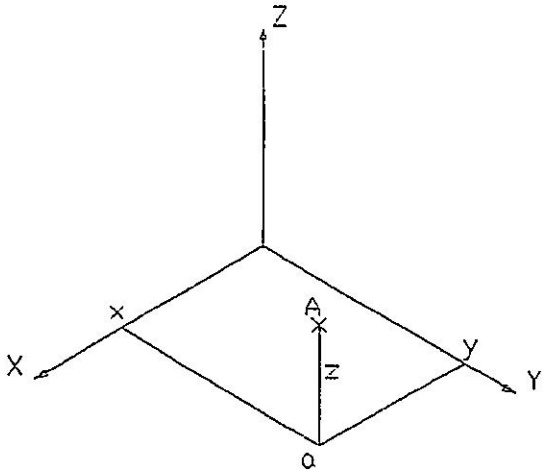




منظور درج في الإسقاط المتوازي

• رسم المنظور في الإسقاط المتوازي القائم (Axonometric):

لرسم أي جسم هندسي فراغي على ورقة مستوية نفترض أن كل رأس من رؤوس هذا الجسم هو عبارة عن نقطة فراغية لها إحداثيات معينة تقع ضمن محاور ثلاثية متعامدة (X , Y , Z).



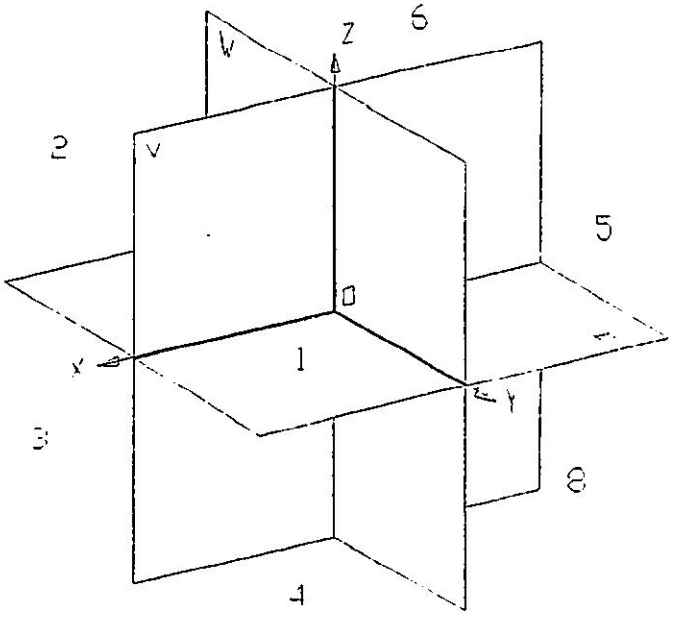
فلرسم منظور النقطة A ذات الإحداثيات (x , y , z) بطريقة الإسقاط المتوازي (Parallel projection) نأخذ على المحور X مسافة تساوي قيمة الإحداثية x للنقطة A ونرسم منها خطاً يوازي المحور Y، وبشكل مشابه نأخذ المسافة y على المحور Y ونرسم خطاً يوازي المحور X، فيتلاقى الخطان في نقطة مثل a التي نرسم منها خطاً يوازي المحور Z وبطول يساوي z، فنحصل بذلك على منظور النقطة A.

بنفس الطريقة نرسم بقية رؤوس الجسم وفق إحداثياتها المعطاة، ثم نصل بين هذه الرؤوس بخطوط تمثل أضلاع الجسم لنحصل على التمثيل الفراغي له أو ما يسمى بالمنظور.

• المحاور الثلاثية المتعامدة والمنظور الأيزومتري (Isometric Projection):

بفرض لدينا الفراغ الموجود Γ :

نمرر مستوي أفقي H يقسم الفراغ Γ إلى قسمين، علوي وآخر سفلي. ثم نمرر مستوي ثان يتعامد مع المستوي الأفقي السابق يسمى بالمستوي الشاقولي أو الجبهي V ويقسم الفراغ أيضاً إلى قسمين أمامي وخلفي. وبذلك ينقسم الفراغ إلى أربعة أقسام باستخدام المستويين السابقين الأفقي والجبهي.



نمرر مستوياً ثالثاً يتعامد مع المستويين السابقين يسمى بالمستوي الجانبي W ويقسم الفراغ إلى قسمين، أيمن وأيسر.

نسمي الفصل المشترك بين المستويين الأفقي والجبهي بخط الأرض (Ground line) ويرمز له بالمحور X، كما يرمز للفصل المشترك بين المستويين الأفقي والجانبي بالمحور Y، أما الفصل المشترك بين المستويين الجبهي والجانبي فهو المحور Z. تعتبر النقطة O نقطة تلاقي المحاور مبدأً للإحداثيات.

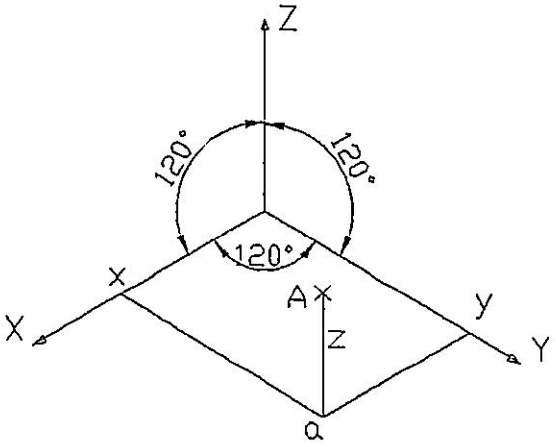
تسمى المحاور X , Y , Z بالمحاور الأكسنومترية (Axonometric Axis) وتكون متعامدة مع بعضها البعض، وتأخذ الاتجاهات الموجبة لها في الثمن الأول. وتسمى المستويات H, V, W بمستويات الإسقاط.

من الشكل السابق نلاحظ أن المستوي الأفقي (Horizontal Plane) يتحدد بالمحورين X, Y.

والمستوي الجبهي (Vertical or Frontal Plane) يتحدد بالمحورين X , Z.

أما المستوي الجانبي (Side or Profile Plane) فيتحدد بالمحورين Y , Z.

ملاحظات :

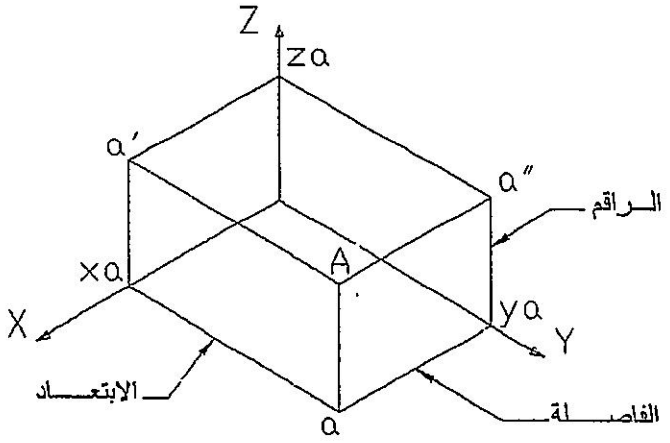


عند إجراء عملية إسقاط متوازي للمحاور الأكسنومترية (X , Y , Z) على ورقة الرسم المستوية تجد أن منظور هذه المحاور يتغير بتغير اتجاه خطوط الإسقاط المتوازية أي بزاوية ميلها على المحاور الأكسنومترية، فعندما تكون زاوية ميل خطوط الإسقاط عن المحاور الثلاثية X , Y , Z متساوية فإن المنظور المرسوم بطريقة الإسقاط المتوازي في هذه الحالة يسمى بالمنظور الأيزومتري (Isometric) وتكون عندها الزاوية بين كل محورين على ورقة الرسم المستوية تساوي ١٢٠ درجة.

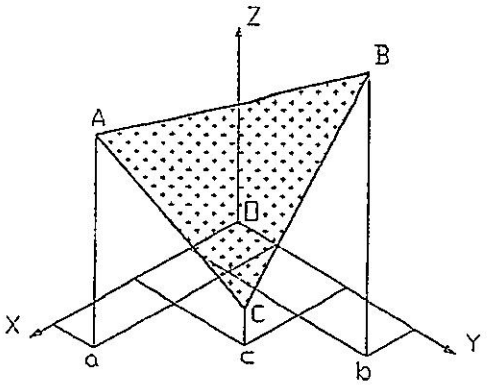
المقصود بالمنظور الأيزومتري أن أوجه الجسم (العلوي، الأمامي، الجانبي) لها نفس النصيب من الرؤية.

- **تمثيل النقطة والمستقيم والمستوي في المنظور الأيزومتري**

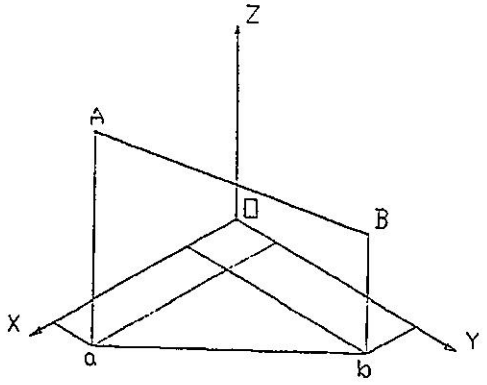
لتمثيل النقطة A حسب الإحداثيات المعطاة (Xa , Ya , Za) لهذه النقطة، نأخذ أولاً القيمة Xa على المحور X ونرسم خطاً يوازي المحور Y، والقيمة Ya على المحور Y ونرسم خطاً آخر يوازي المحور X ومن نقطة التقاطع a للخطين السابقين نرسم خطاً يوازي المحور Z ونأخذ عليه القيمة Za، وبذلك نكون قد مثلنا النقطة A فراغياً أو بمعنى آخر رسمنا المنظور الأيزومتري لهذه النقطة.



بشكل مشابه يمكن تمثيل المستقيم AB فراغياً وذلك برسم المنظور الأيزومتري لنقطة بدايته A ونقطة نهايته B ثم الوصل بينهما ، أما في تمثيل المستوي نكتفي بتمثيل ثلاث نقاط منه لا تقع على استقامة واحدة كما في تمثيل مستوي المثلث ABC الموضح بالشكل أدناه .



منظور مستوي المثلث



منظور مستقيم AB

- **المستقيمات الخاصة في الفراغ :**

١- المستقيم الشاقولي (Vertical Line) : وهو المستقيم الموازي للمحور Z .

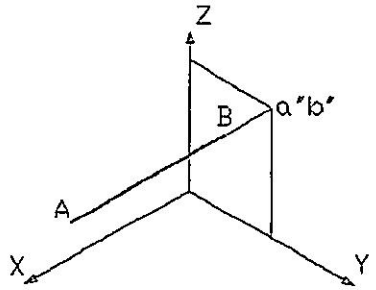
٢- المستقيم الأمامي : وهو المستقيم الموازي للمحور Y .

٣- المستقيم الموازي لخط الأرض : وهو المستقيم الموازي للمحور X .

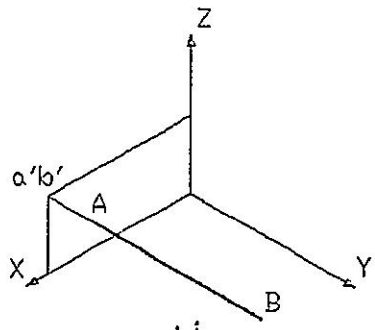
٤- المستقيم الأفقي : يوازي المستوي XY .

٥- المستقيم الجبهي : يوازي المستوي XZ .

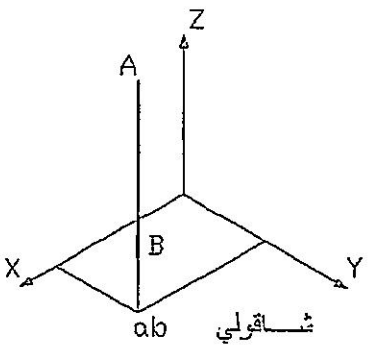
٦- المستقيم الجانبي : يوازي المستوي YZ .



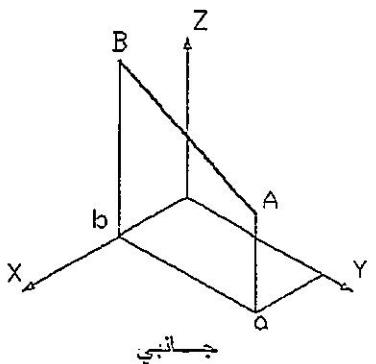
موازي لخط الأرض



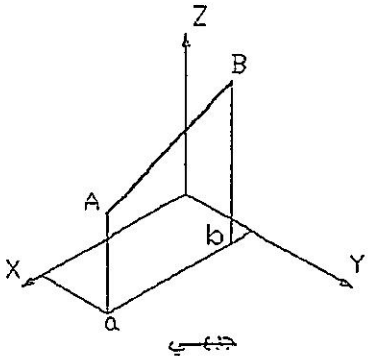
أمامي



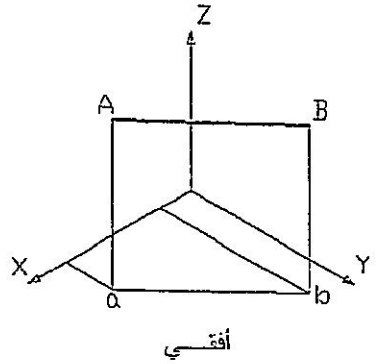
شاقولي



جانبي



جبهي



أفقي

ملاحظة هامة:

إن جميع المستقيمات الموازية للمحاور تسمى بالمستقيمات الأكسونومترية (Axonometric Lines).

وتسمى هذه المستقيمات بأن طولها في المنظور الايزومتري (Sketching Isometric) يساوي طولها الحقيقي في الفراغ وتسمى موازية لمحور التحجيم.

- **الخواص الهندسية الثابتة في الإسقاط المتوازي:**

هناك بعض الخواص الهندسية التي تبقى ثابتة في الإسقاط المتوازي ولا تتغير وهي:

١- **خاصة التناسب (Proportion)**: إذا كان لدينا قطعة مستقيمة AB ونقطة مثل M تنتمي لهذه القطعة وتقسمها بنسبة معروفة، فإن هذه النسبة لا تتغير مهما تغير ميل خطوط إسقاط هذه القطعة على السطح المستوي، فنقطة المنتصف لقطعة مستقيمة تبقى نقطة المنتصف لهذه القطعة في المنظور ذو الإسقاط المتوازي.

٢- **خاصة التقاطع (Intersection)**: المستقيمان المتقاطعان في الفراغ يبقيا متقاطعين في المنظور ونقطة التقاطع تقسم كل مستقيم بنفس النسبة التي تقسمه فيها في الفراغ، فنقطة تقاطع القطرين في المعين مثلاً والواقعة في منتصف كل قطر منهما تبقى نقطة تقاطع حقيقية وتقع في منتصف كل قطر منهما في المنظور ذو الإسقاط المتوازي.

٣- **خاصة التوازي (Parallel)**: المستقيمان المتوازيان يبقيا متوازيين في الإسقاط المتوازي. كما أن نسبة طولي مستقيمين متوازيين تبقى ثابتة، فالضلعان المتقابلان في المربع أو المعين (المتوازيان والمتساويان في الطول) يحافظان على هاتين الخاصتين معاً في الإسقاط المتوازي، ولو كان طول أحد المستقيمين المتوازيين يساوي ثلث طول الآخر لبقي محافظاً على هذه النسبة في الإسقاط المتوازي.

- **رسم المنظور للأجسام الهندسية**

لكي تحصل على المنظور الفراغي لأي جسم هندسي، ابدأ برسم المنظور الفراغي لرؤوسه ثم قم بوصل هذه الرؤوس للحصول على أحرفه، وبذلك تحصل على المنظور، مع ملاحظة عدم رسم الخطوط الغير مرئية في هذا المنظور.

- **طرق رسم المنظور الأيزومتري**

هناك طريقتان لرسم المنظور الأيزومتري:

١- **طريقة النقاط :**

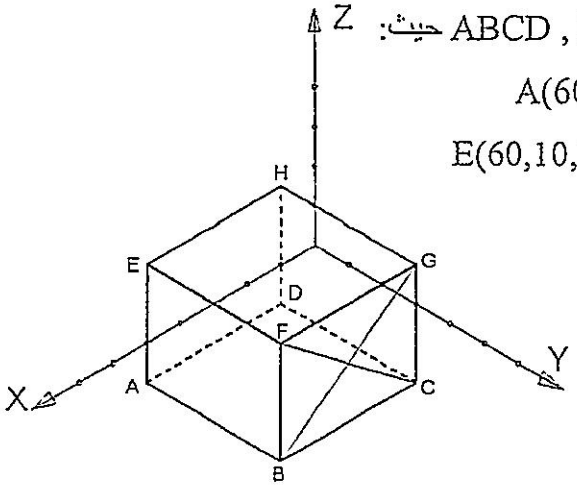
حيث يتم تمثيل كل نقطة من رؤوس الجسم بدلالة إحداثياتها، ثم الوصل بين هذه النقاط لتحصل على تمثيل أحرف الجسم وسطوحه، مع الأخذ بعين الاعتبار الخواص الهندسية الثابتة في الإسقاط المتوازي.

مثال:

ارسم المنظور الأيزومتري لمتوازي المستطيلات ABCD , EFGH حيث:

A(60,10,0) , B(60,50,0) , C(20,50,0) , D(20,10,0)

E(60,10,30) , F(60,50,30) ,G(20,50,30) , H(20,10,30)



الحل:

يوضح الشكل جانباً المنظور الأيزومتري لمتوازي المستطيلات حسب الإحداثيات المعطاة.

نتائج هامة في المنظور:

من المثال السابق تلاحظ :

- إن أي حرف من متوازي المستطيلات، وليكن AB الموازي للمحور Y والذي طوله يساوي ٤٠ مم بقي موازياً للمحور Y في المنظور ومحافظاً على طوله الحقيقي.
- جميع الأحرف المتوازية بقيت متوازية في المنظور.
- قطري الوجه الأمامي FC , BG المتقاطعان والمتساويان في الطول الحقيقي لم يحافظا على الطول الحقيقي لهما في المنظور وأصبح طوليهما مختلفين، لكنهما حافظا على نقطة تقاطعهما التي تقع في منتصف كل قطر منهما.
- الزاوية بين كل حرفين متجاورين من متوازي المستطيلات هي زاوية قائمة أصلاً، لكنها تشوهت في المنظور ولم تظهر قائمة، ففي بعض الحالات ظهرت حادة وفي حالات أخرى ظهرت منفرجة.

ومنه نستنتج التالي:

- **كل مستقيم يوازي أحد المحاور الأكسنومترية يبقى موازياً لنفس المحور في المنظور الأيزومتري ويحافظ على طوله الحقيقي.**
- **التوازي والتقاطع والتناسب هي خواص هندسية ثابتة في المنظور.**
- **ليست جميع الخواص الهندسية تبقى ثابتة في المنظور فالزوايا والأطوال تتشوه.**

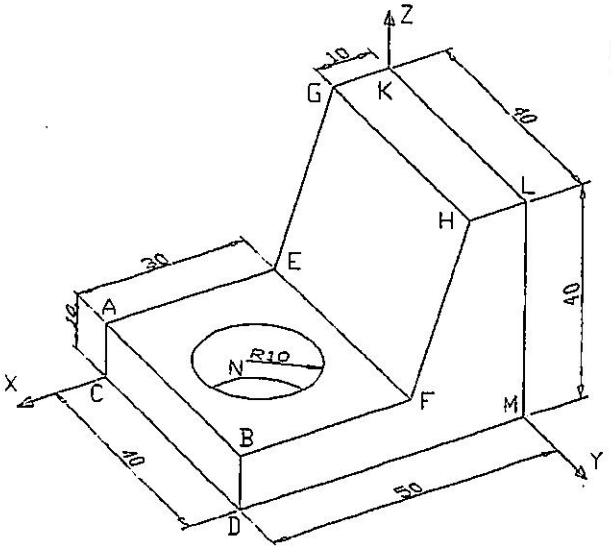
٢- طريقة المستقيمات الأكسنومترية:

وهي الطريقة الأسهل والأسرع، حيث يتم بداية رسم المنظور الأيزومتري لأحد رؤوس الشكل، بعد ذلك يتم رسم الخطوط الأكسنومترية المارة منه والتي تحافظ على خاصة التوازي مع المحاور وعلى الطول الحقيقي لها كما ذكرنا سابقاً، ومنه نحصل في نهاية كل خط أكسنومتري تم رسمه في المنظور الأيزومتري على رأس جديد من الشكل لنرسم بعد ذلك الخطوط الأكسنومترية المارة منه ... وهكذا.

أما الخطوط الغير أكسنومترية فيتم رسمها بإيجاد المنظور الأيزومتري لنقطة بداية الخط ونقطة نهايته باستخدام خطوط أكسنومترية مساعدة ثم الوصل بين نقطتي البداية والنهاية.

مثال:

المطلوب رسم المنظور الأيزومتري للشكل المبين جانباً



الحل:

سنختار طريقة المستقيمات الأكسنومترية، لذلك نبدأ أولاً برسم المنظور الأيزومتري لأحد رؤوس الشكل ولتكن النقطة D(50,40,0).

من النقطة D تمر ثلاث مستقيمات أكسنومترية وهي MD , BD , CD، والتي ترسم موازية للمحاور وبالطول الحقيقي لها حيث:

$$CD = 40\ mm\ ,\ BD = 10\ mm\ ,\ MD = 50\ mm$$

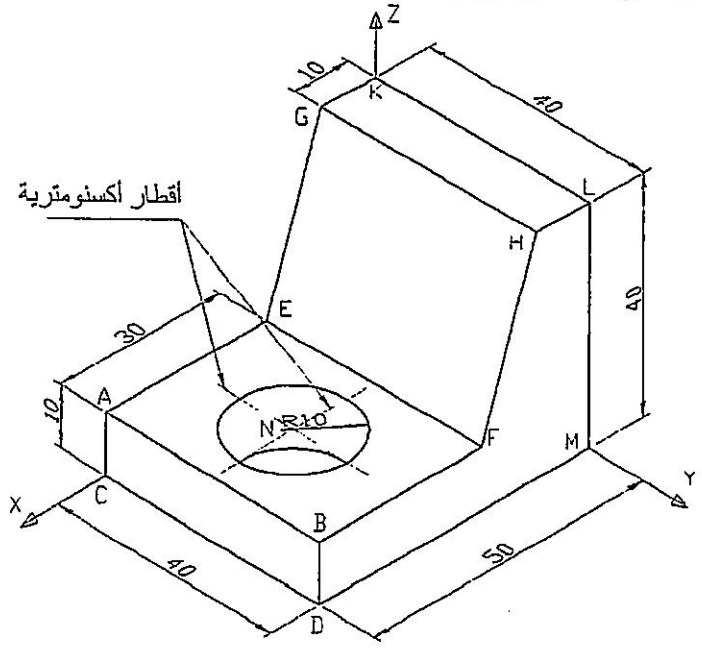
بنفس الطريقة نرسم من الرؤوس C , B , M المستقيمات الأكسنومترية المارة منها والتي توازي المحاور وبالطول الحقيقي لنصل إلى رؤوس أخرى وهكذا حتى ننتهي من رسم جميع المستقيمات الأكسنومترية.

لرسم المستقيمات الغير أكسنومترية كالمستقيمين HF, GE، يكفي الوصل بين النقطتين H و F المحددتين من رسم الخطوط الأكسنومترية السابقة، وكذلك الأمر بالنسبة للنقطتين E و G.

يمكن الاستفادة من خاصتي التوازي والتناسب في رسم المستقيمات ,----, GK , EG , AE الموازية للمستقيمات ----, HL , FH , BF على التسلسل.

- **رسم الفتحة الأسطوانية:**

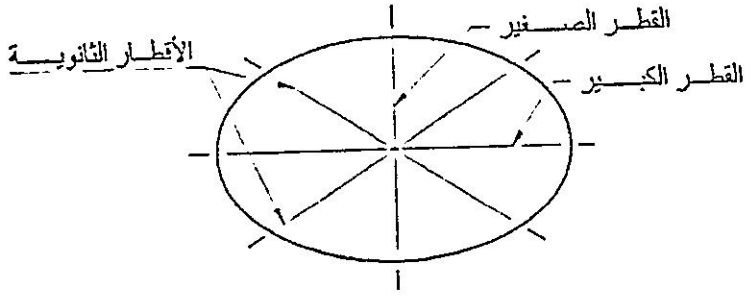
الأقطار الأكسنومترية: كل دائرة تحوي عدد لا نهائي من الأقطار. عندما يوازي مستوي الدائرة أحد مستويات الإسقاط تجد أن هناك دوماً قطران من هذه الأقطار يوازيان المحاور الأكسنومترية ويظهران بالطول الحقيقي في المنظور الأيزومتري. تسمي هذه الأقطار بالأقطار الأكسنومترية.



باستخدام مسطرة القطوع وبثلاث خطوات نستطيع رسم أي دائرة أو قوس دائرية في المنظور الأيزومتري:

- نحدد مركز الدائرة العلوية N الذي هو نقطة تقاطع AF, BE على المنظور (خاصة التناسب).
- نرسم القطرين الأكسنومتريين للدائرة المارين من المركز N والموازيين للمحورين X , Y ، حيث أن مستوي الدائرة يوازي المستوي الأفقي XY.

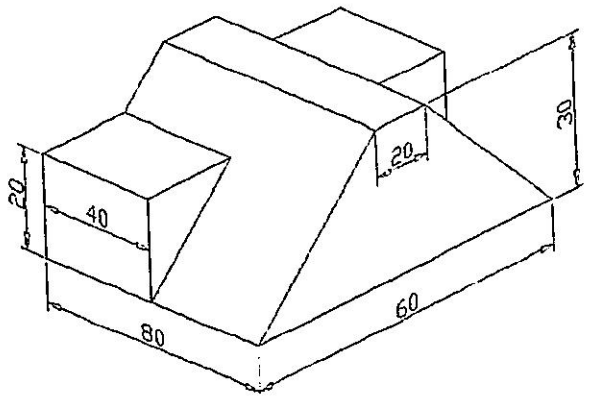
- نختار من مسطرة القطوع القطع الذي يقابل قطر الدائرة (D = 20)، ونطبق مسطرة القطوع بحيث تنطبق الأقطار الثانوية في القطع الموجود بالمسطرة على القطرين الأكسنومتريين المرسومين للدائرة في المنظور ونرسم القطع العلوي. بنفس الطريقة نرسم القطع السفلي، وبذلك نحصل على المنظور الأيزومتري.



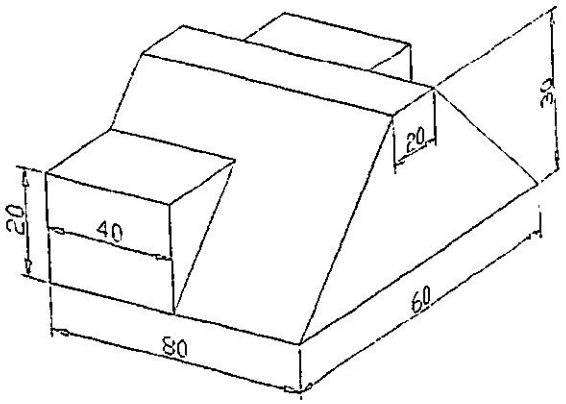
إن طول القطر الصغير في القطع يساوي 0.707R وهو يوازي المحور الثالث ، فإذا كان مستوي الدائرة يوازي المستوي الأفقي XY فإن القطر الصغير يوازي المحور Z. وطول القطر الكبير الذي يتعامد معه 1.224R

يبين الشكل أدناه الفرق بين المنظور المتوازي والمنظور الأيزومتري لنفس المجسم.

ركز على أنواع المستقيمات والمستويات في هذا المجسم ستجد أن معظم هذه المستقيمات أكسنومترية، وبعضها جبهية، ومنه تكون معظم مستويات الأوجه تتعامد مع مستويات الإسقاط.



منظور متوازي أيزومتري



منظور متوازي غير أيزومتري

عند رسم المنظور يجب الانتباه إلى النقاط الهامة التالية:

١- عند البدء برسم المنظور يجب الانطلاق من نقطة مرئية من المجسم، ويفضل أن يمر من هذه النقطة ثلاث خطوط أكسنومترية (كالنقطة D في الشكل السابق).

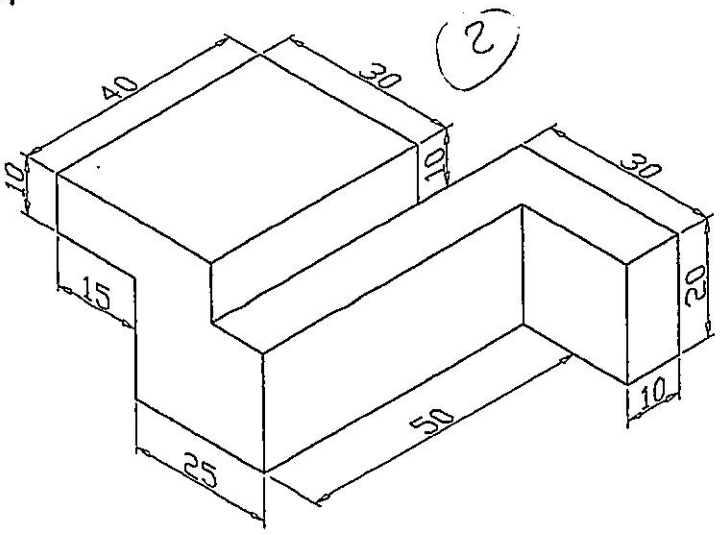
٢- يتم رسم الأوجه المرئية أولاً، لذلك نبدأ برسم أوجه الجسم من الأعلى إلى الأسفل، ومن اليسار إلى اليمين ، ومن الأمام إلى الخلف، وذلك للتخفيف من عدد الخطوط الغير مرئية التي نضطر لإزالتها فيما بعد.

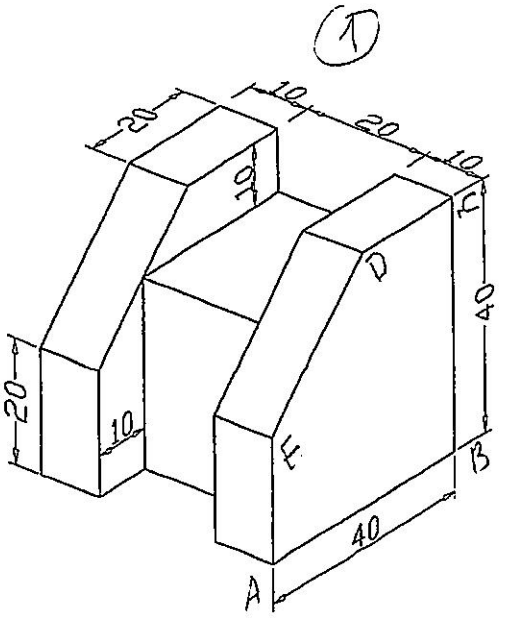
٣- إذا كان الجسم يتألف من عدد من الكتل المتراكبة فإننا نرسم الكتل العلوية واليسارية واليمينية أولاً.

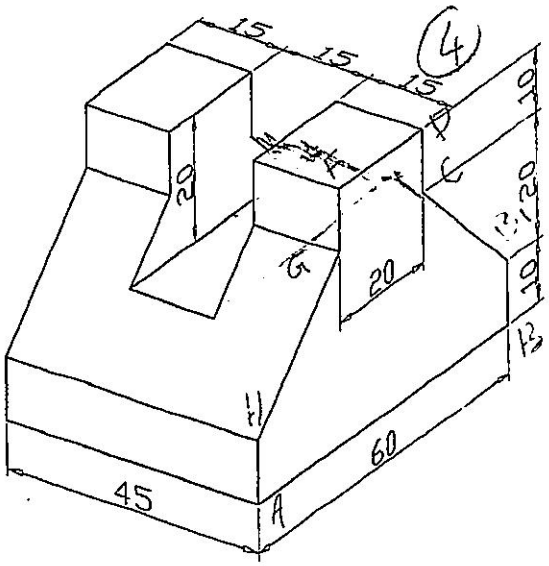
٤- عند رسم أي كتلة يفضل البدء برسم المستقيمات الأكسنومترية أولاً، ثم المستقيمات الغير أكسنومترية.

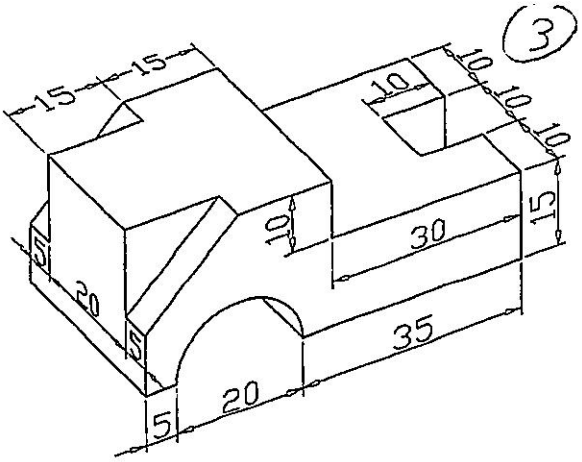
٥- لرسم المستقيمات الغير أكسنومترية يتم تحديد نقطة البداية ونقطة النهاية عبر مستقيمات أكسنومترية، ثم يتم الوصل بين نقطة البداية ونقطة النهاية.

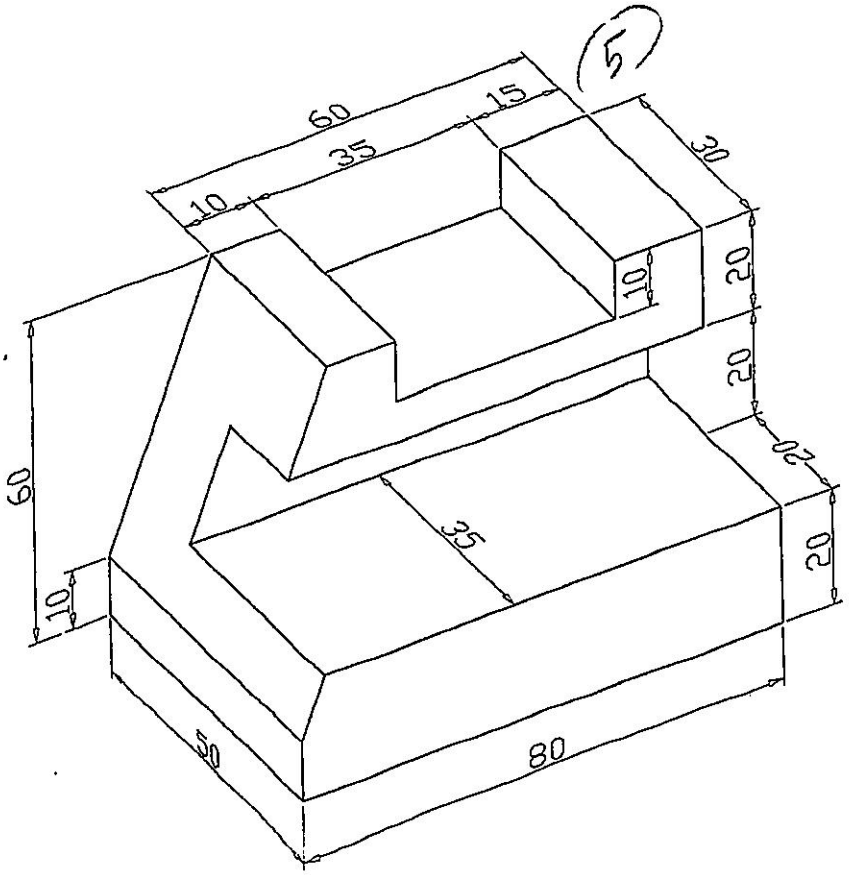
٦- عند الانتقال بالرسم من كتلة إلى كتلة أخرى نستخدم طريقة فرق الإحداثيات بين نقطة مرئية من الكتلة الأولى إلى نقطة مرئية من الكتلة الثانية.

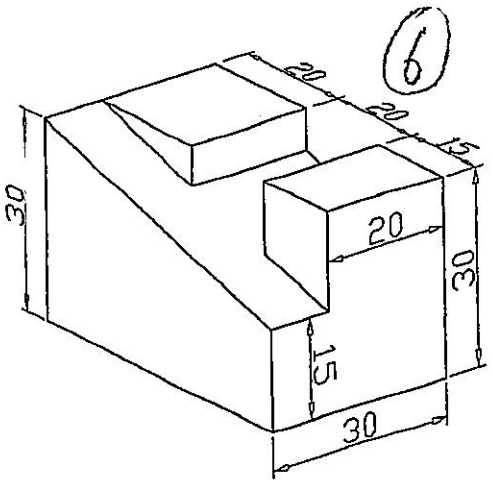

2
40
30
10
10
30
15
20
10
50
25


1
10
20
20
10
10
C
D
40
20
10
E
B
40
A

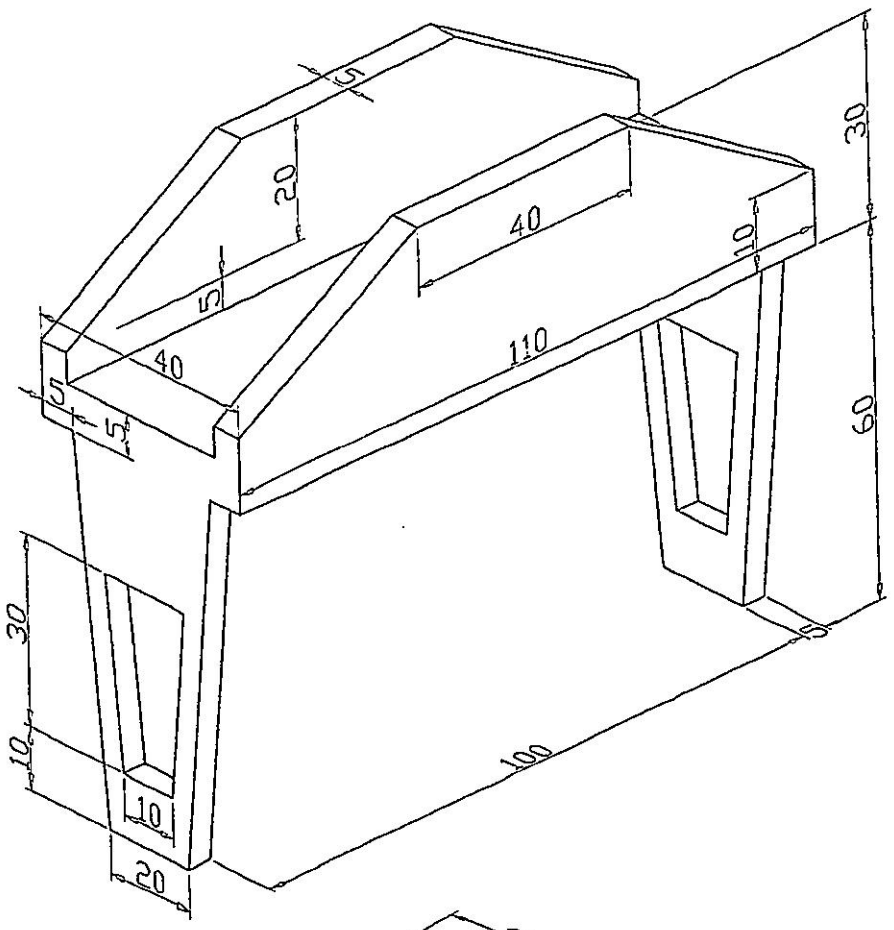

4
15
15
15
10
D
C
20
20
10
G
20
B
H
60
45
A

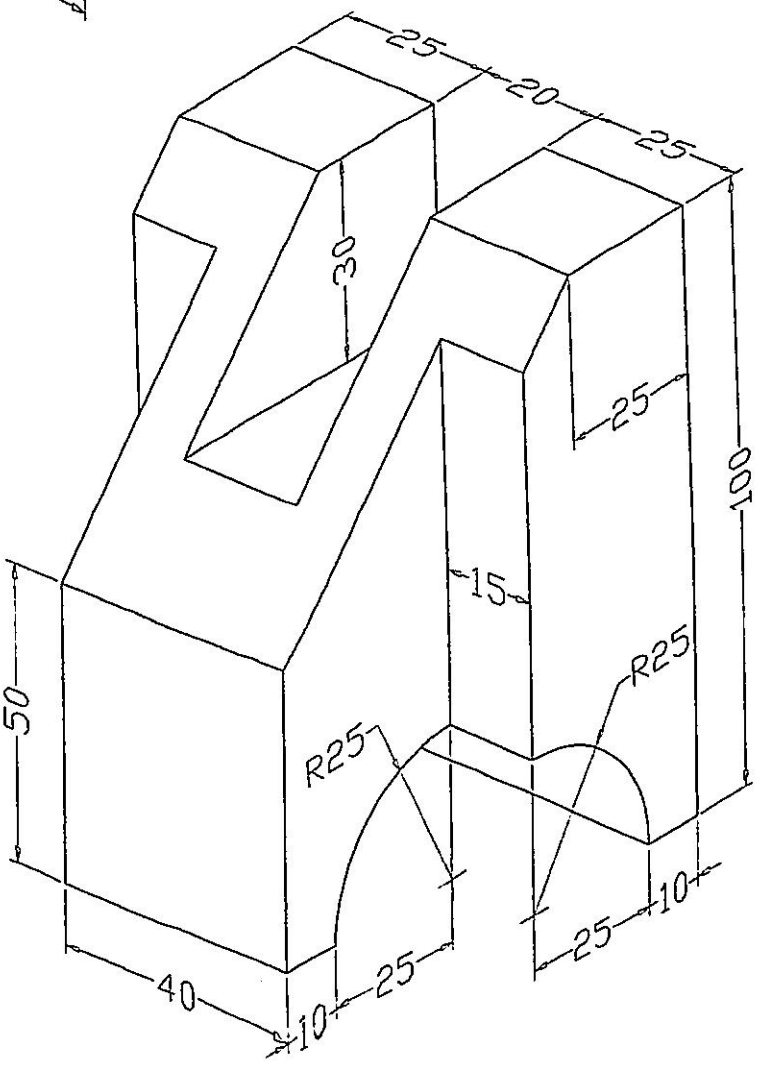

3
15
15
10
10
10
10
10
15
30
5
20
5
35
20
5


5
60
15
35
30
10
10
20
20
20
22
60
35
10
20
50
80

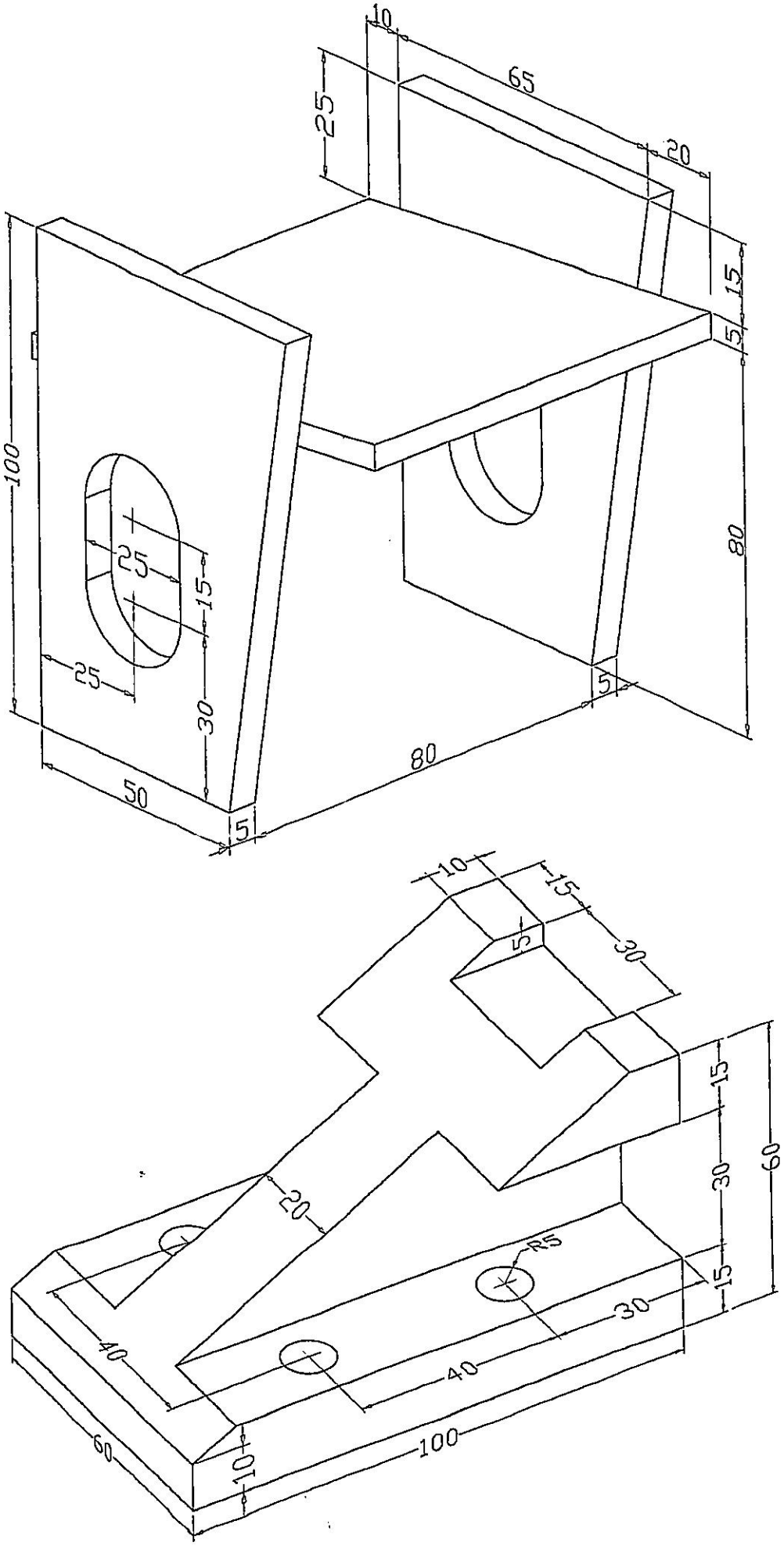

6
20
20
15
30
20
30
15
30

15


5
20
40
10
30
5
40
110
5
5
60
30
10
10
20
100
5

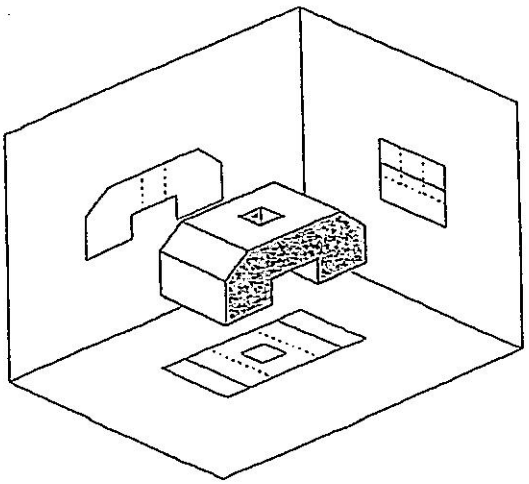

25
20
25
30
25
100
15
50
R25
R25
40
10
25
25
10

16

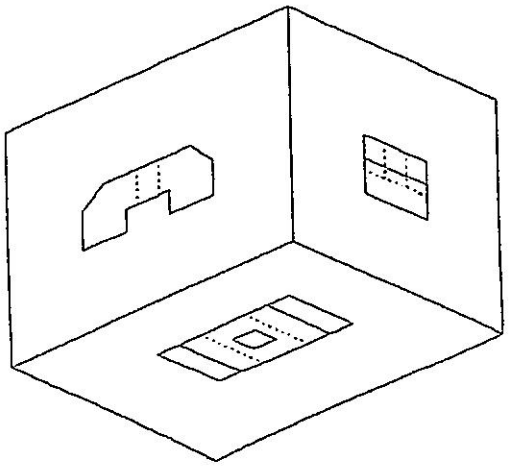

10
65
25
20
15
5
100
80
25
15
25
30
5
80
50
5
10
15
5
30
15
60
30
20
R5
15
30
40
40
60
10
100

إسقاط الأشكال الهندسية

- مقدمة :

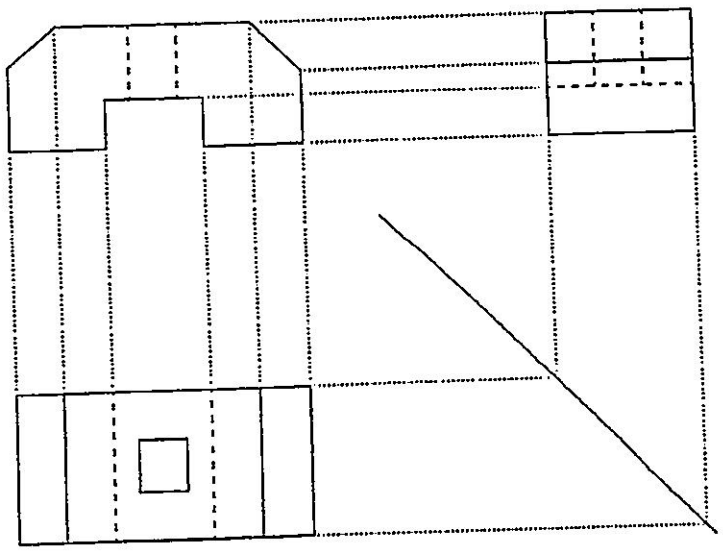


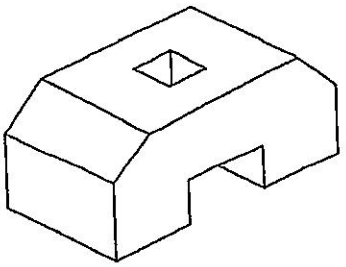
للحصول على مسقط جسم هندسي على أحد مستويات الإسقاط، نقوم بإسقاط رؤوس هذا الجسم على مستوي الإسقاط هذا بأن نمرر من كل رأس من رؤوس الجسم الهندسي خط إسقاط عمودي على مستوي الإسقاط ليتحدد عليه مسقط هذا الرأس، ويكون خط النظر إلى الجسم أثناء عملية الإسقاط عمودياً على مستوي الإسقاط بالوصل بين مساقط النقاط نحصل على مساقط المستقيمات ومنه مساقط السطوح والجسم ككل، مع ملاحظة أن مسقط الخط الغير مرئي يرسم بخط متقطع (الخط الغير مرئي ----------).



لزيادة الوضوح في التعبير عن المجسم، نعتمد الفصل بين المنظور والمساقط، بحيث يكون لدينا منظور أو عدة مناظير توضح المجسم خارجياً من جوانب مختلفة ومساقط للمجسم على ثلاثة مستويات إسقاط أو أكثر توضح الخواص الهندسية لأوجه المجسم وعناصره المرئية والغير مرئية (انظر الشكل جانباً).

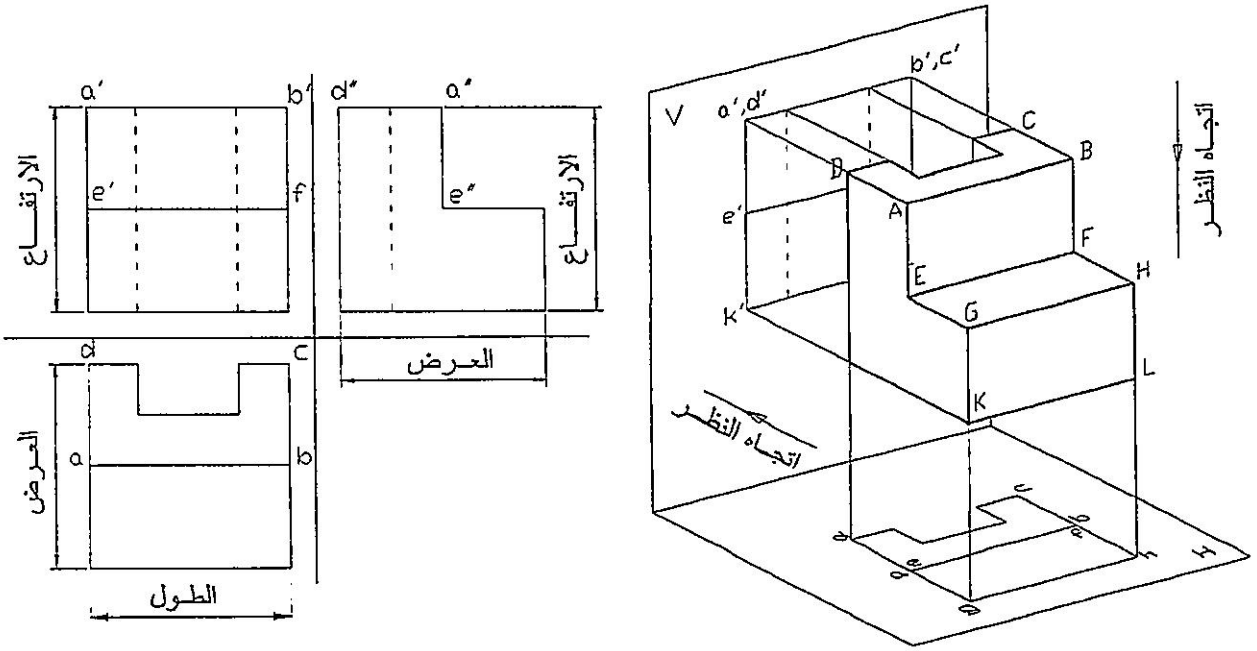
ولإظهار الخواص الهندسية بشكل أفضل، ولتسهيل عملية الترابط بين المساقط وحل المسائل الهندسية نستخدم هندسة مونج (الهندسة الوصفية) في إسقاط الأجسام الهندسية، بحيث نستفيد من قواعد الهندسة الوصفية في حل بعض المسائل الهندسية على المساقط.



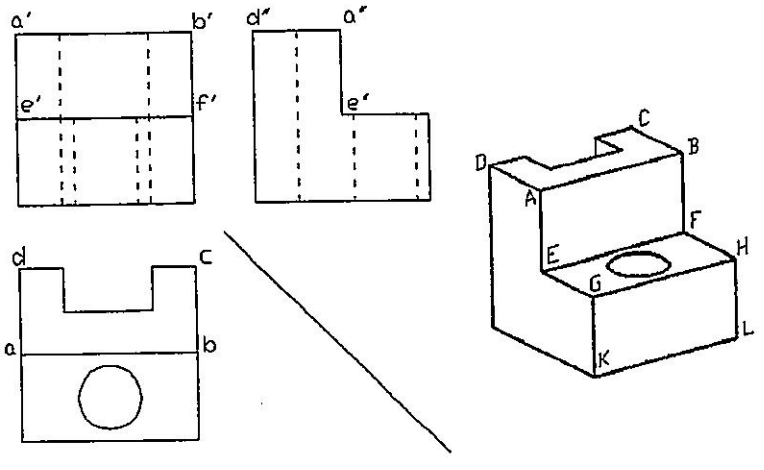


قواعد الهندسة الوصفية في إسقاط الأجسام الهندسية:

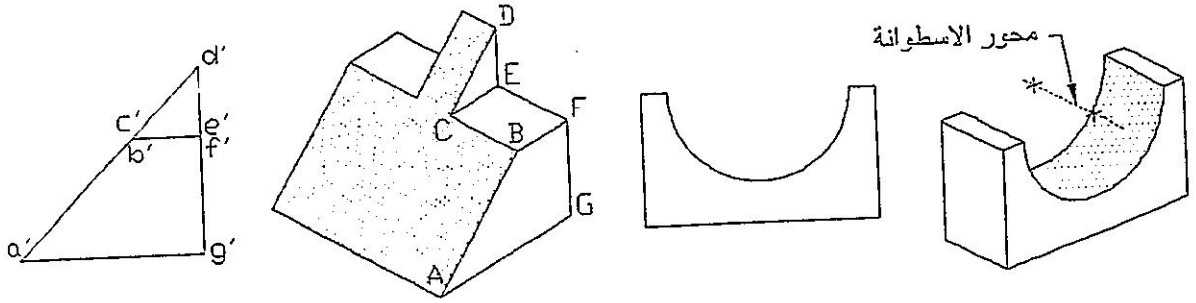
- يظهر على المسقط الجبهي للجسم الطول والارتفاع، بينما يظهر على المسقط الأفقي الطول والعرض وعلى المسقط الجانبي يظهر العرض والارتفاع.
- يتم توزيع المساقط على لوحة الرسم بحيث تكون المسافة بين كل مسقطين متجاورين متساوية.
- يحوي المسقط نوعين من الخطوط: خطوط مرئية وخطوط غير مرئية تعبر عن مساقط الأحرف الغير مرئية في الجسم بالنسبة للناظر من الجهة التي يتم منها الإسقاط.



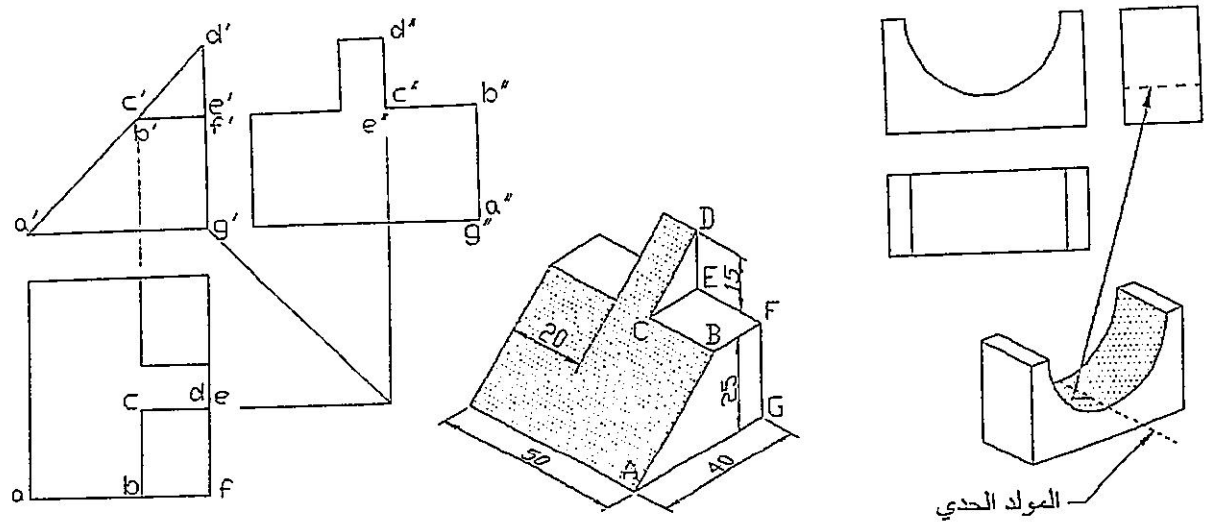
- كل رأس من المجسم يرتبط مسقطه الأفقي والجبهي على خط تداعي شاقولي واحد، ومسقطه الجبهي والجانبي على خط تداعي أفقي واحد ومسقطه الأفقي والجانبي عن طريق المنصف.
- إذا كان حرف المجسم مستقيم أكسنومتري (أي يوازي أحد المحاور)، فعلى المساقط يبقى مسقط هذا الحرف موازياً لنفس المحور ويظهر بطوله الحقيقي.
- إذا كان وجه المجسم يوازي مستوي الإسقاط فإن مسقطه يظهر بالشكل الحقيقي، فالدائرة الموازية لأحد مستويات الإسقاط يظهر مسقطها على مستوي الإسقاط هذا دائرة لها نفس القطر .... الخ.



- إذا احتوى أي سطح مستوي مستقيماً واحداً على الأقل عمودياً على أحد مستويات الإسقاط يكون المستوي بالكامل عمودي على مستوي الإسقاط هذا وتكون مساقط جميع نقاطه تقع على خط مستقيم واحد، كالسطح ABCD الذي يحوي المستقيم BC العمودي على مستوي الإسقاط الجبهي في الشكل أدناه. انظر مسقط النقاط A , B , C , D على المسقط الجبهي للشكل أدناه.
- إذا كان وجه المجسم سطحاً منحنياً يتعامد مع أحد مستويات الإسقاط (أي محور السطح الاسطواني أو مولداته تتعامد مع مستوي الإسقاط) فمسقط جميع نقاط هذا السطح المنحني على مستوي الإسقاط يقع على قوس دائرية واحدة تمثل مسقط المقطع الناظمي في هذا السطح الاسطواني. انظر المسقط الجبهي للمجسم أدناه.



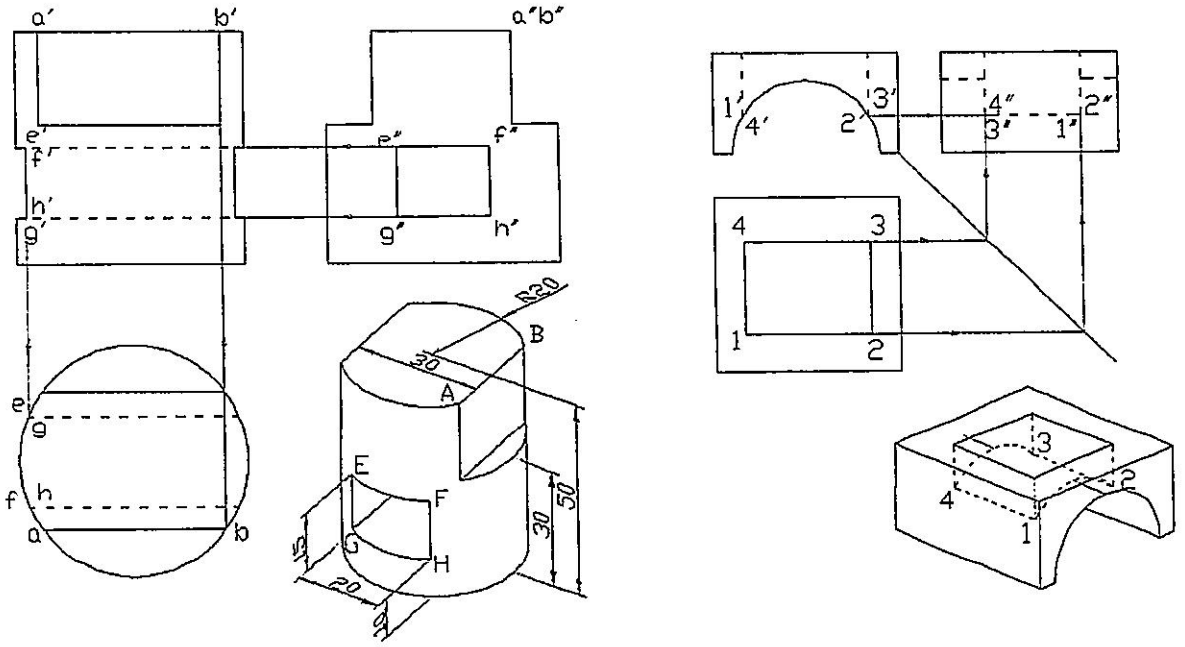
- إن المستقيمات المتوازية في المنظور تبقى متوازية على المساقط وتبقى نسبة الأطوال بينها في المنظور نفسها على المساقط كالمستقيمين المتوازيين AB , CD.
- يرسم مسقط المستقيم الكيفي برسم مسقطي نقطة بدايته ونقطة نهايته، ثم الوصل بينهما كالمستقيم AB.
- ترسم المولدات الحدية للسطح الأسطواني في المساقط موازية لمحور الأسطوانة، وتكون هذه الخطوط وهمية في حال حفرة أسطوانية.



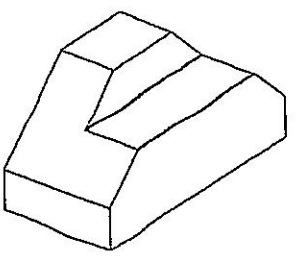
- يمكنك إيجاد المسقط الثالث لأي نقطة بدلالة مسقطين معلومين لها كالنقطة C في الشكل أعلاه. كذلك الأمر بالنسبة للمستقيم الأكسنومتري CE المجهول الطول على المنظور حيث يمكنك استنتاج المسقط الأفقي له ce بعد رسم المسقطين الجبهي ć é والجانبي c″e″ لهذا المستقيم.

وكذلك الأمر بالنسبة للنقاط A , B , E , F , G , H الواقعة على السطح الأسطواني في الشكل أدناه على اليسار. فمن المسقطين الأفقي والجانبي لها يمكنك إيجاد المسقط الجبهي بالاعتماد على ترابط المساقط.

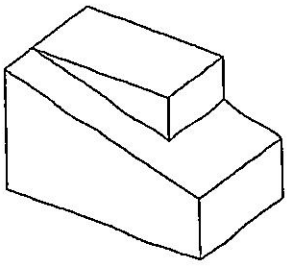
- في حال تقاطع سطوح مستوية مع سطح أسطواني (كالحفرة المستطيلة EFHG والحفرة المستطيلة 1234 أدناه)، فإن مسقط حدود التقاطع (1,2,3,4) في الشكل الأيمن، والنقاط (EFHG) في الشكل الأيسر على مستويات الإسقاط تستنتج من خلال ترابط المساقط.



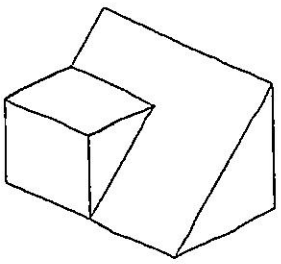
- من المعلوم أن الأبعاد تعطى على المنظور للمستقيمات الأكسنومترية فقط، فإذا وجد أن بعض المستقيمات الأكسنومترية مجهولة البعد، فهذا يعني أن طولها يستنتج من خلال رسم المساقط. فالخطوط السميكة الأكسنومترية في المجسمات أدناه إذا لم يعطى طولها الحقيقي على المنظور من خلال كتابة الأبعاد، فإننا نبدأ برسم المسقط الذي يظهر فيه هذا المستقيم بطوله الحقيقي دون الحاجة لقيمة البعد من المنظور.



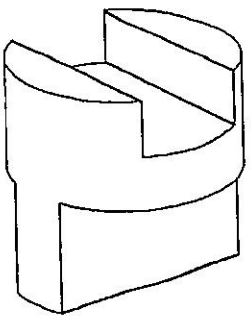
البدء بالمسقط الجبهي



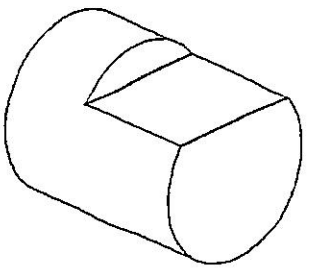
البدء بالمسقط الجانبي



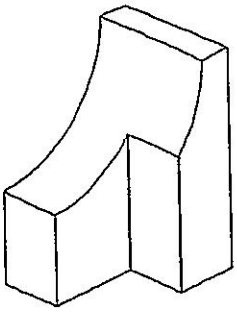
البدء بالمسقط الجبهي



البدء بالمسقط الأفقي

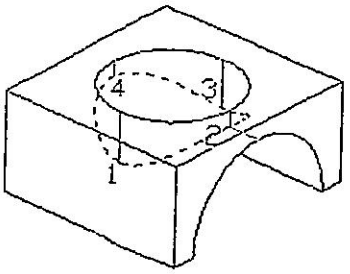


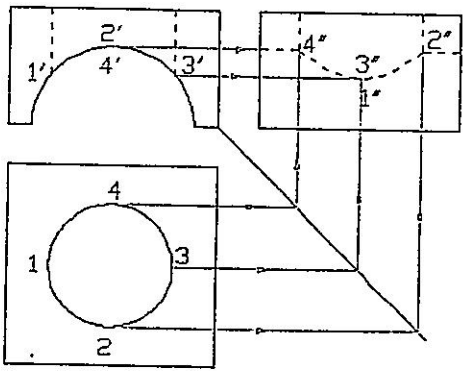
البدء بالمسقط الجبهي

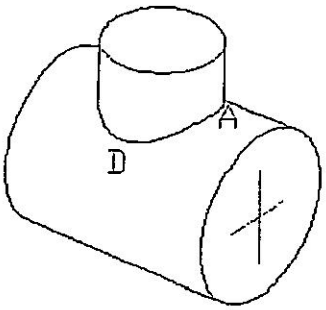


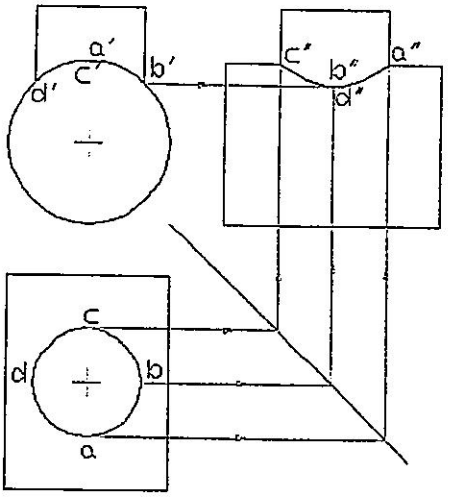
البدء بالمسقط الجبهي

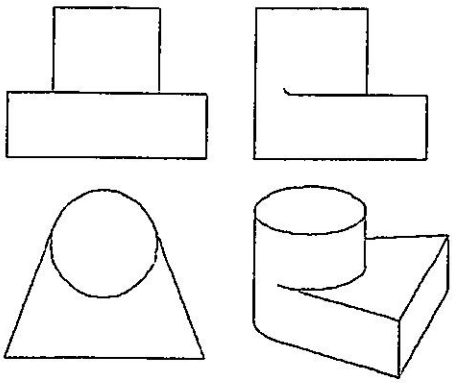
- **للاطلاع:** في حال تقاطع سطحين أسطوانيين فإن مسقط منحني التقاطع على مستويات الإسقاط وخاصة المسقط الذي لا تظهر فيه دائرة أي من الأسطوانتين (المسقط الجانبي في الأشكال أدناه) يستنتج بدلالة ترابط مساقط نقاط منحني التقاطع هذا مع المسقطين الآخرين.









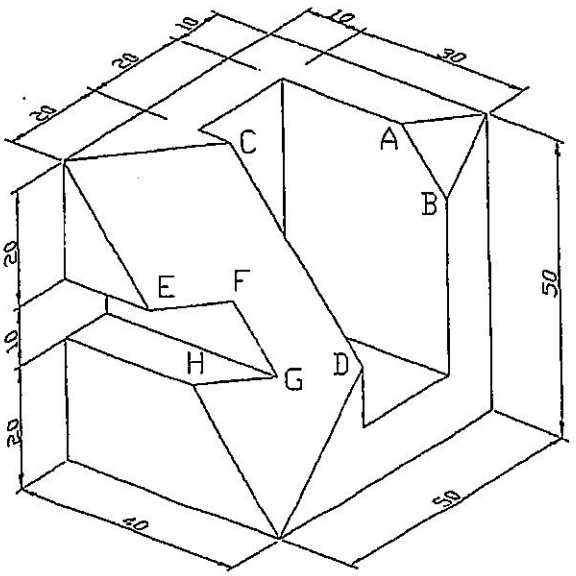


- في جميع المساقط الخط المرئي يستند من طرفيه دوماً على خط مرئي، عدا الخط الذي يمس السطح الأسطواني حيث ينتهي بقوس صغيرة (عكفة) في نقطة التماس.
  انظر المسقط الجانبي في الشكل جانباً.

- **سماكات وأنواع الخطوط المستخدمة :**

  - ترسم الخطوط المرئية بالخط المستمر والقلم HB (0.5).
  - ترسم الخطوط الغير مرئية بالخط المتقطع والقلم H.
  - ترسم محاور التناظر ومحاور الدوائر وخطوط الأبعاد على المساقط بالقلم 2H.

- **دور ترابط المساقط في عملية الإسقاط :**



في المجسم جانباً لدينا:

النقطتان E , F تقعان على قطر وجه متوازي المستطيلات اليساري الجانبي.

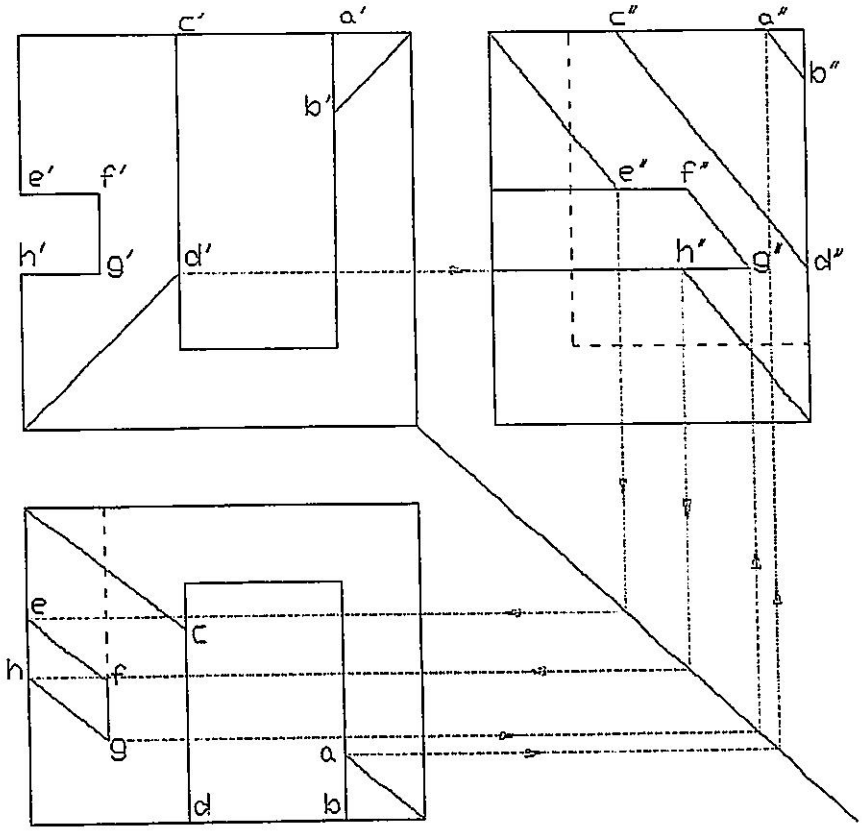
النقطتان B , D تقعان على قطر وجه متوازي المستطيلات الأمامي الجبهي.

النقطتان C , A تقعان على قطر وجه متوازي المستطيلات العلوي الأفقي.

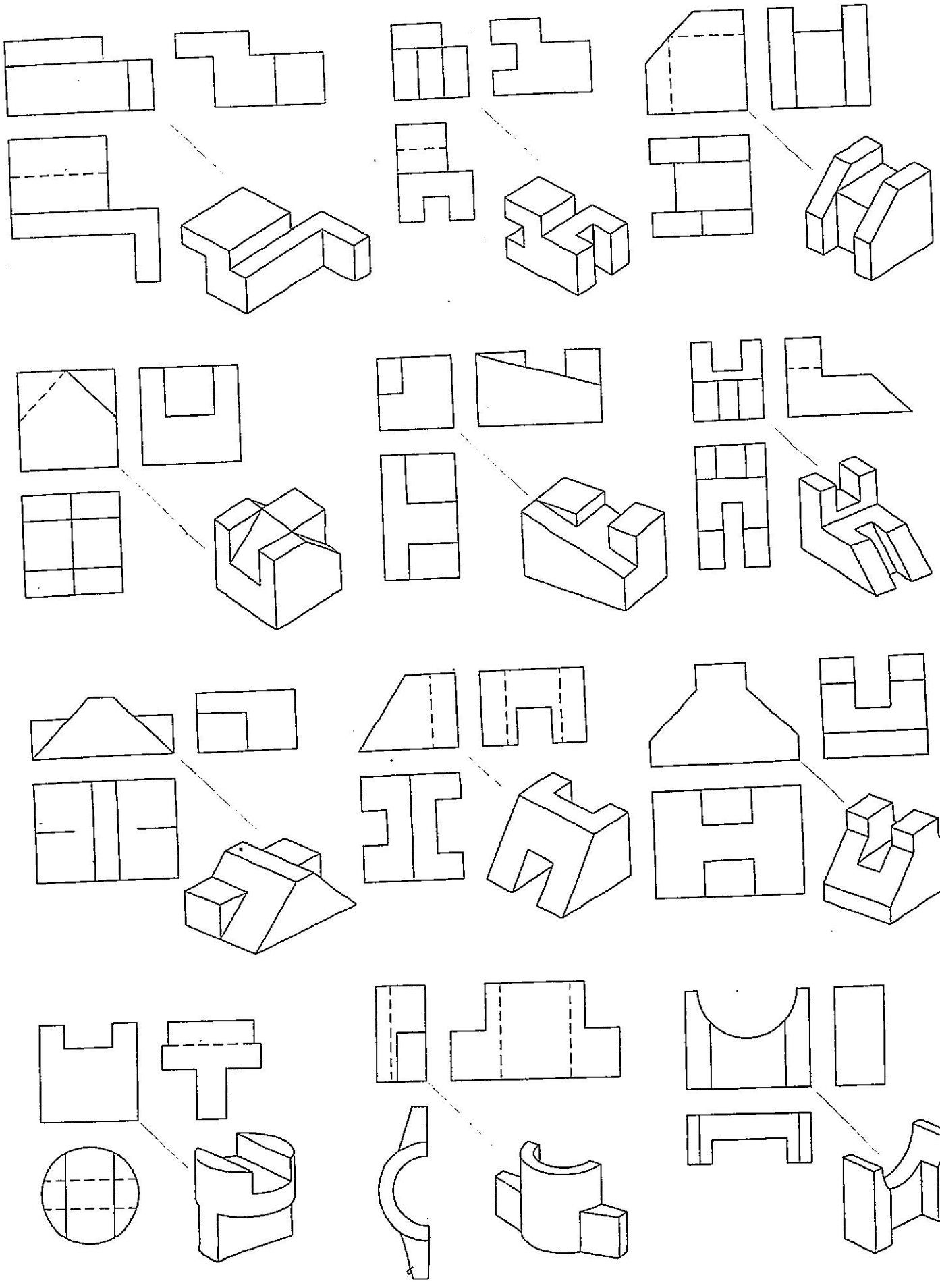
من المجسم تجد أنه لا يمكنك إيجاد مساقط النقاط A , B , C , D على مستوي الإسقاط الجانبي إلا بعد رسم المسقطين الجبهي والأفقي لها.

كما أنه لا يمكنك إيجاد مساقط أحد النقاط (مثل G) إلا بعد إيجاد مساقط نقطة أخرى تقع معها على خط واحد (النقطة H). لإيجاد المسقط الجانبي للنقطة G لا بد من القيام بالمراحل التالية:

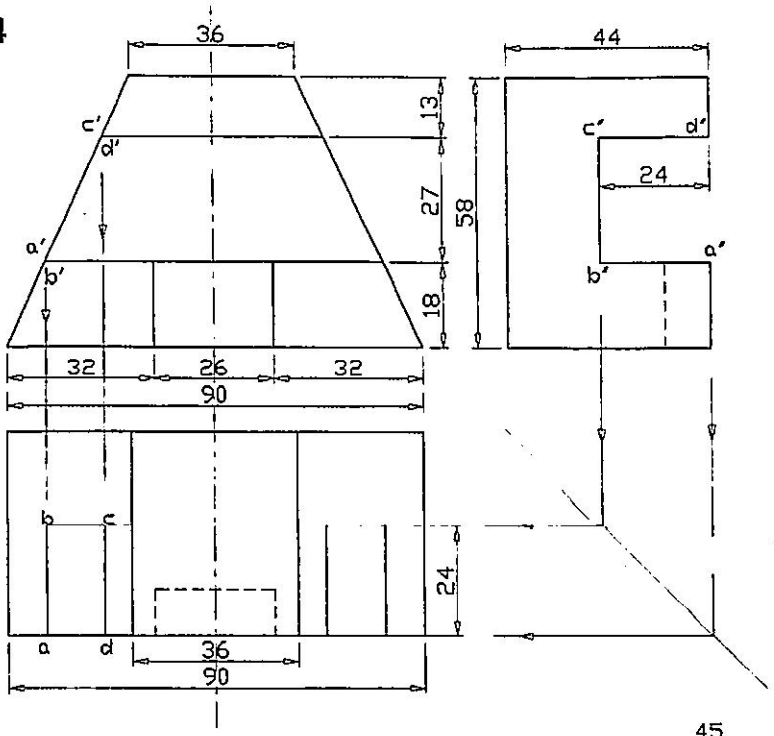
- نوجد المسقط الجانبي "h للنقطة H، ومن ثم نستنتج المسقط الأفقي لها h عن طريق المنصف.
- من المسقط الأفقي h نرسم خطاً يوازي مسقط المستقيم ca فيتحدد المسقط الأفقي g للنقطة G.
- من المسقط الأفقي g والمسقط الجبهي ǵ نستنتج المسقط الجانبي "g.
- يمكننا المتابعة لإيجاد مساقط النقطة F ثم نوجد مساقط بقية النقاط.

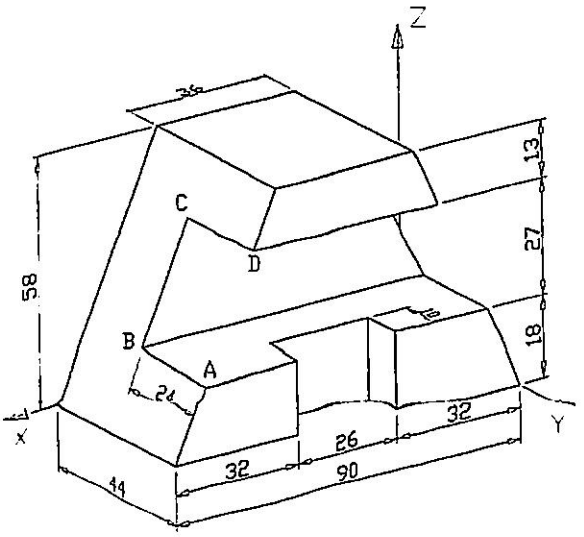


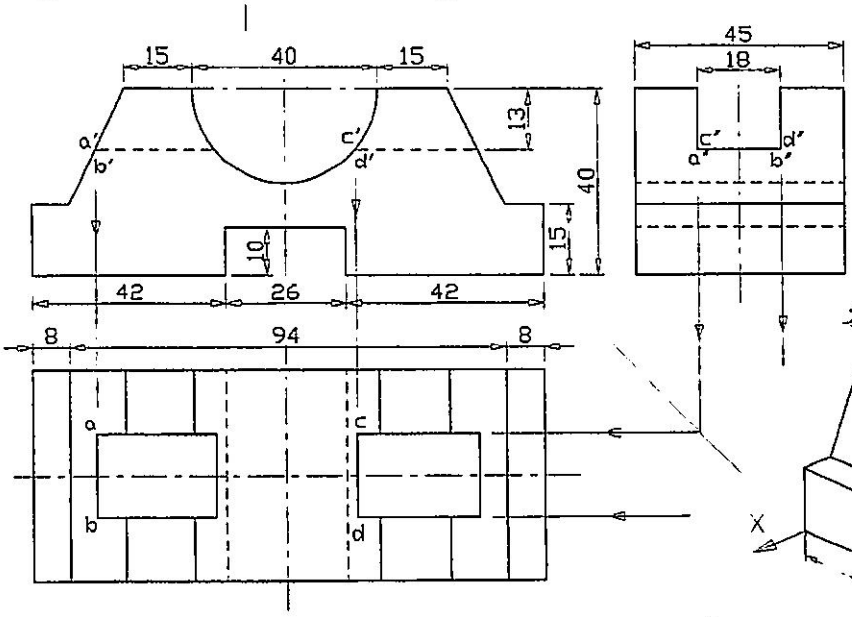
تدريب : ارسم الخطوط الناقصة (المرئية والوهمية)، على المساقط أدناه.

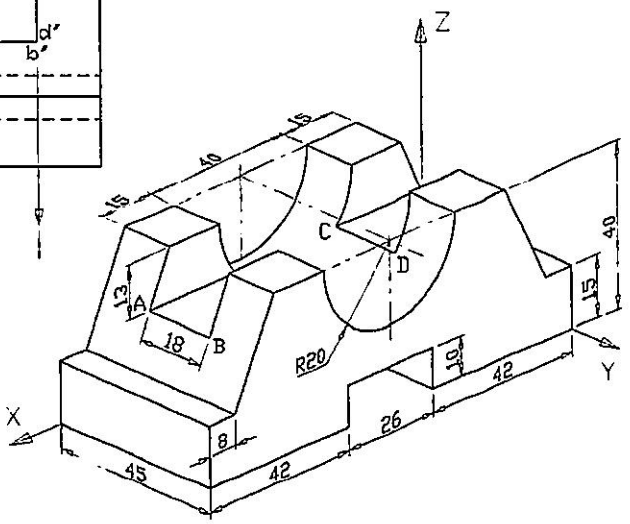


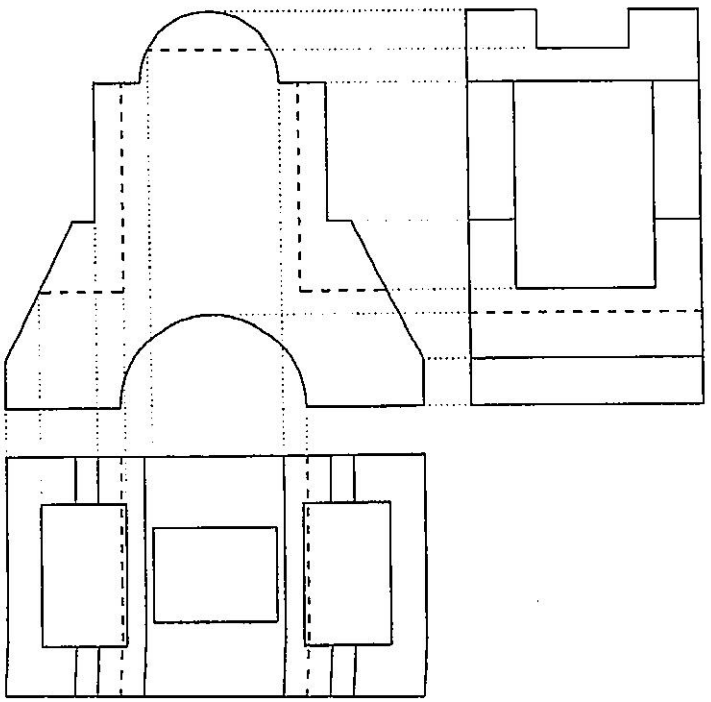
أمثلة محلولة:

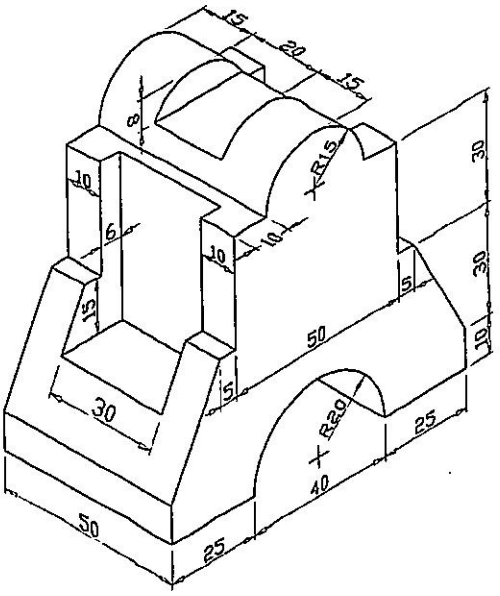




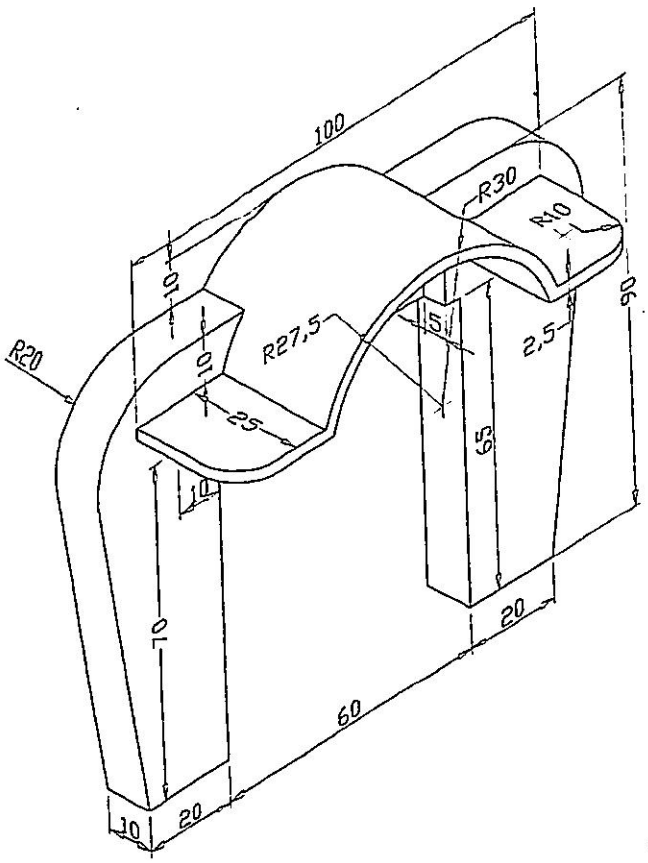


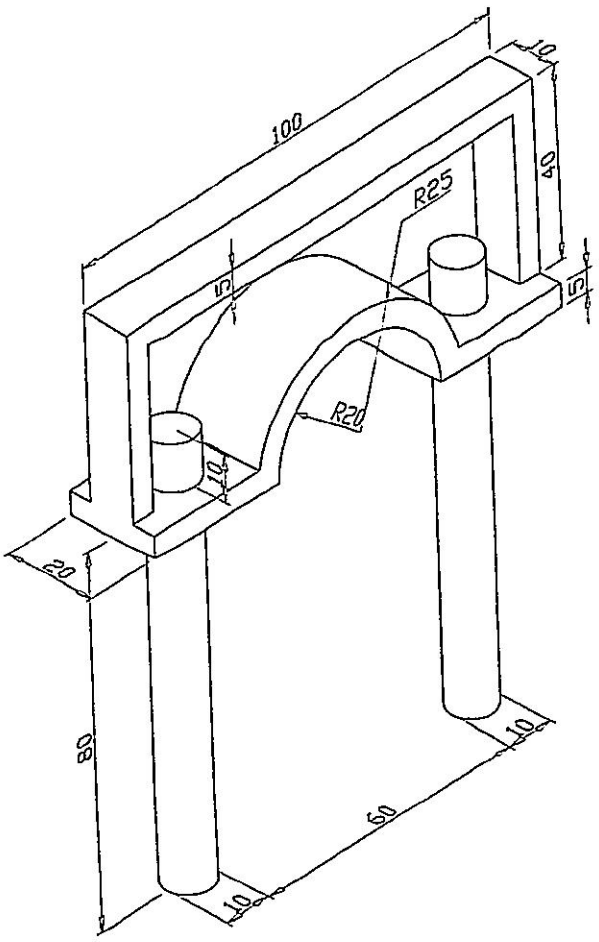


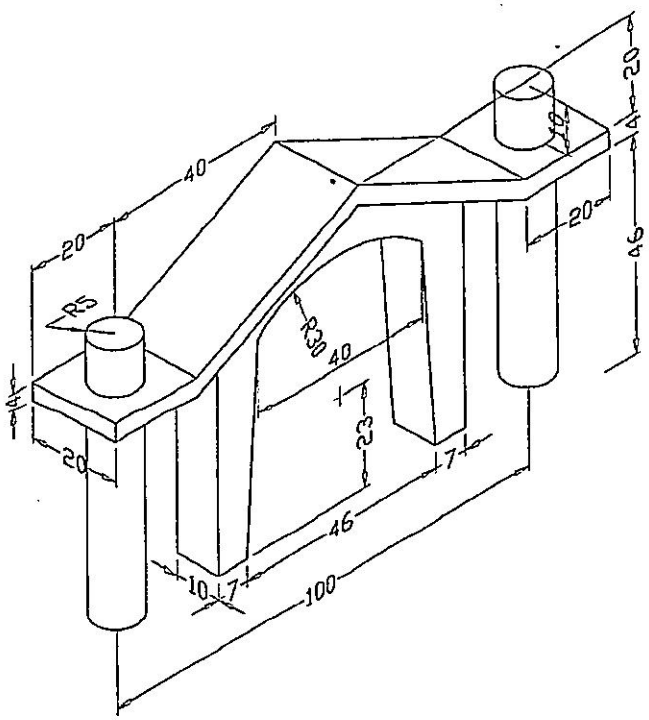


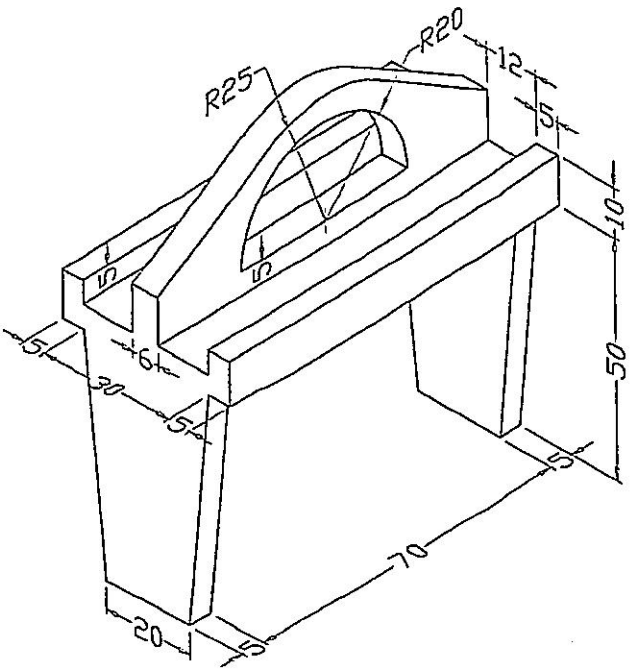


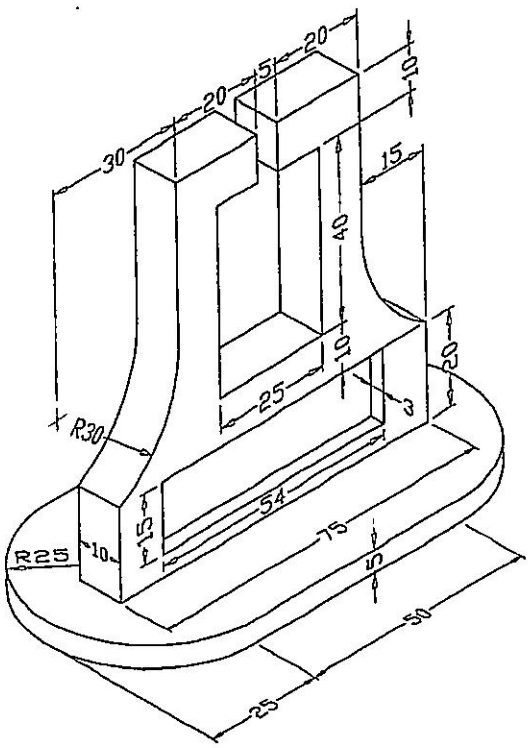
أمثلة غير محلولة:

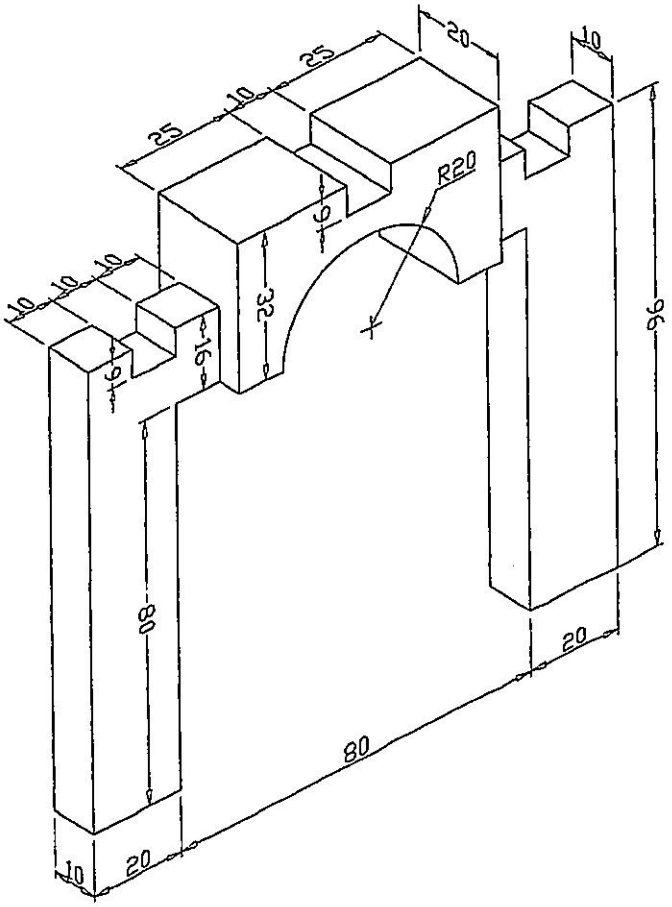


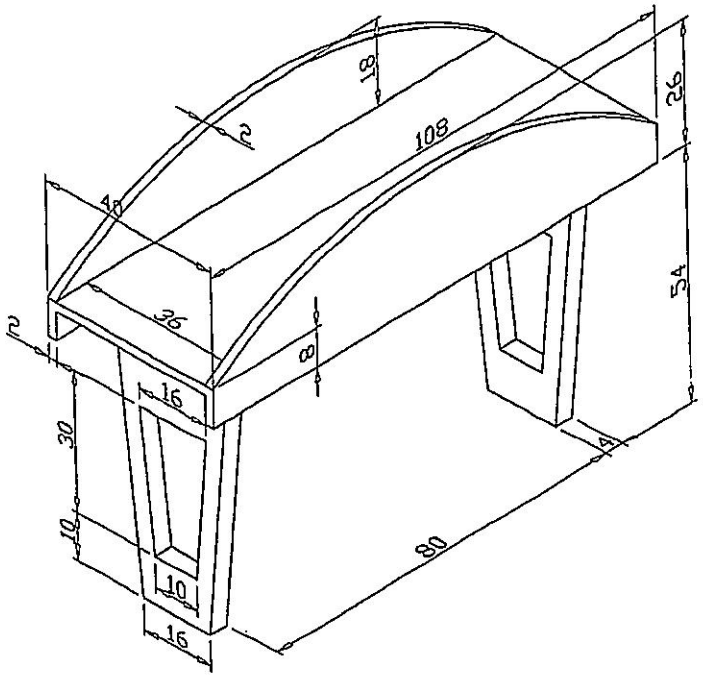


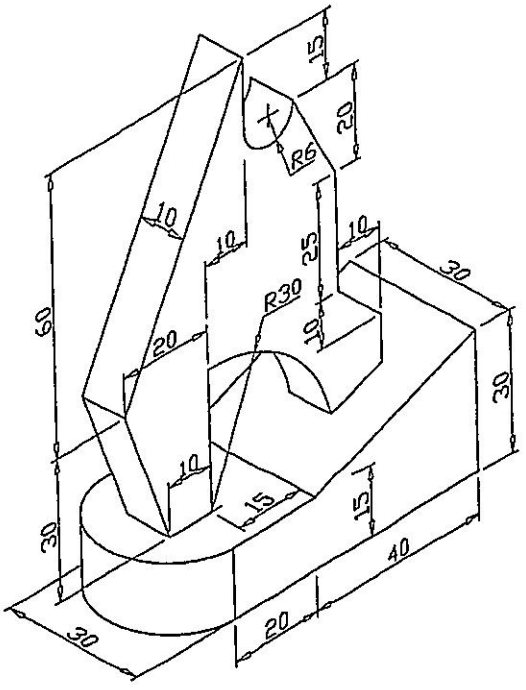





30
20
5
20
10
15
40
10
20
3
25
R30
54
15
R25
10
75
10
50
25

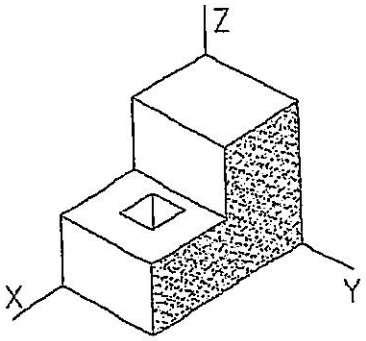

20
10
25
10
25
R20
6
10
10
10
32
16
6
96
80
20
10
20
80


18
26
2
108
40
36
54
8
2
16
30
10
10
16
80
4


15
20
R6
10
10
25
10
30
R30
15
60
20
30
10
15
15
30
40
30
20

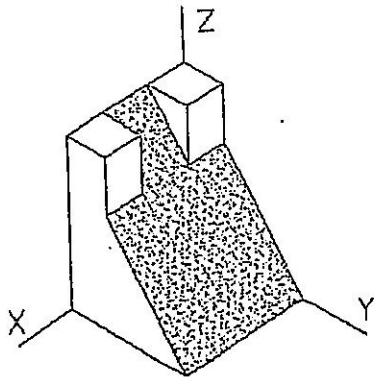
استنتاج المسقط الثالث

كما هو معروف في الهندسة الوصفية يكفي لتمثيل أي جسم هندسي رسم مسقطين من مساقطه فقط، لأنك تستطيع معرفة جميع أبعاد وشكل أي سطح من سطوح هذا الجسم بدلالة مسقطين من مساقطه، إذ يمكنك استنتاج المسقط الثالث له بالاعتماد على قواعد ترابط المساقط. بمعنى آخر، يمكنك استنتاج المسقط الثالث لأي جسم هندسي بدلالة مسقطين من مساقطه فقط. وهنا نميز بين ثلاثة أنواع من السطوح المستوية التي تشكل الجسم الهندسي:



(الشكل 1)

1- **سطح يوازي أحد مستويات الإسقاط:** يظهر هذا السطح بشكله الحقيقي على مستوي الإسقاط الموازي، بينما تقع نقاطه على خط مستقيم موازي للمحور الأكسنومتري في المساقط الأخرى، حيث يمكنك الربط بين مساقطه باستخدام خطوط التداعي، فالوجه المظلل على الشكل (1) والذي يوازي مستوي الإسقاط الجبهي، يظهر بشكله الحقيقي على المسقط الجبهي بينما يكون مسقطه الأفقي خط مستقيم يوازي المحور X، ومسقطه الجانبي خط مستقيم يوازي المحور Z.



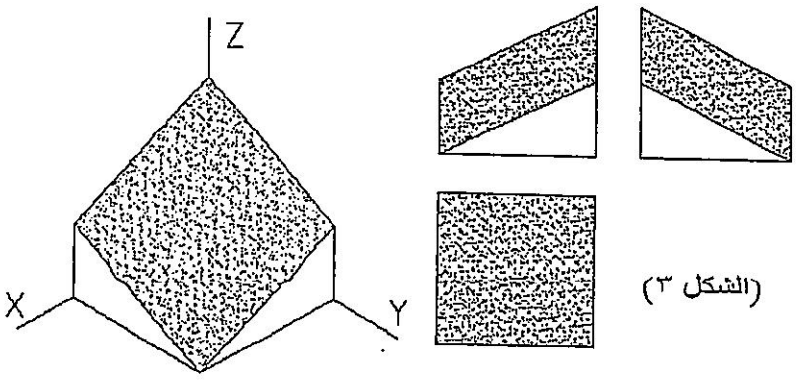
(الشكل 2)

2- **سطح مائل يوازي أحد المحاور الأكسنومترية:** يظهر هذا السطح بشكله الهندسي (وليس الحقيقي) على مسقطين من المساقط التي تحوي المحور الموازي له، حيث يشترك هذان المسقطان المتشابهان بالأبعاد الموازية لذلك المحور وبذلك تحتفظ الأبعاد الموازية لهذا المحور بقيمها الحقيقية على هذين المسقطين، بينما يظهر هذا السطح كخط مستقيم في المسقط الثالث لأنه يتعامد مع هذا المستوي.

فالوجه المظلل في الشكل (2) والموازي للمحور X، والذي له شكل هندسي مميز(حرف T مقلوب)، يظهر بنفس الشكل الهندسي على المسقطين الأفقي والجبهي الحاويان للمحور X، كما تظهر أبعاده الموازية لهذا المحور في هذين المسقطين أيضاً، بينما يظهر على المسقط الجانبي المتعامد مع السطح خط مستقيم مائل.

3- **سطح مائل لا يوازي أي من مستويات الإسقاط ولا أي من المحاور:** يظهر هذا السطح بشكله الهندسي المشوه الأبعاد على المساقط الثلاثة حيث أن هذه المساقط لا تشترك بأبعاد معينة. فالسطح المظلل في الشكل (3) يظهر كمضلع رباعي له أشكال هندسية مختلفة في المساقط، ولا يشترك أي مسقطين منها بأبعاد معينة.

يمكنك الربط بين مساقط هذا الوجه بالاعتماد على قواعد ترابط المساقط في تمثيل النقطة والمستقيم والمستوي وبالاستفادة من الخواص الهندسية الثابتة كالتقاطع والتوازي والتناسب.



(الشكل ٣)

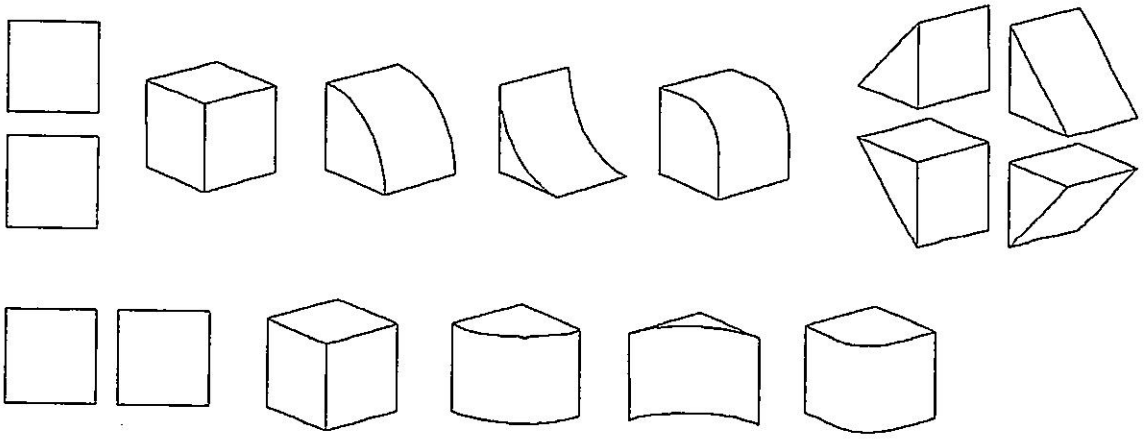
- **طرق استنتاج المنظور من المساقط :**

توجد طرق مختلفة وعديدة في استنتاج المنظور من المساقط، وجميع هذه الطرق تعتمد على قوة المخيلة، حيث يستخدم الطالب طريقة التحليل لتخيل كل سطح من سطوح الجسم بالاعتماد على الأنواع المذكورة أعلاه، ومن ثم يستخدم طريقة التركيب للحصول على شكل المجسم فراغياً، مع الأخذ بعين الاعتبار القواعد الثابتة في الهندسة الوصفية، وهنا لابد من التنويه أنه من خلال مسقطين فقط للجسم يمكنك الحصول على أكثر من احتمال واحد لشكل سطوح هذا الجسم - انظر الاحتمالات الممكنة للمنظور في النموذج رقم ١ الذي يمثل مسقطاه الأفقي والجبهي مربع له نفس الأبعاد.

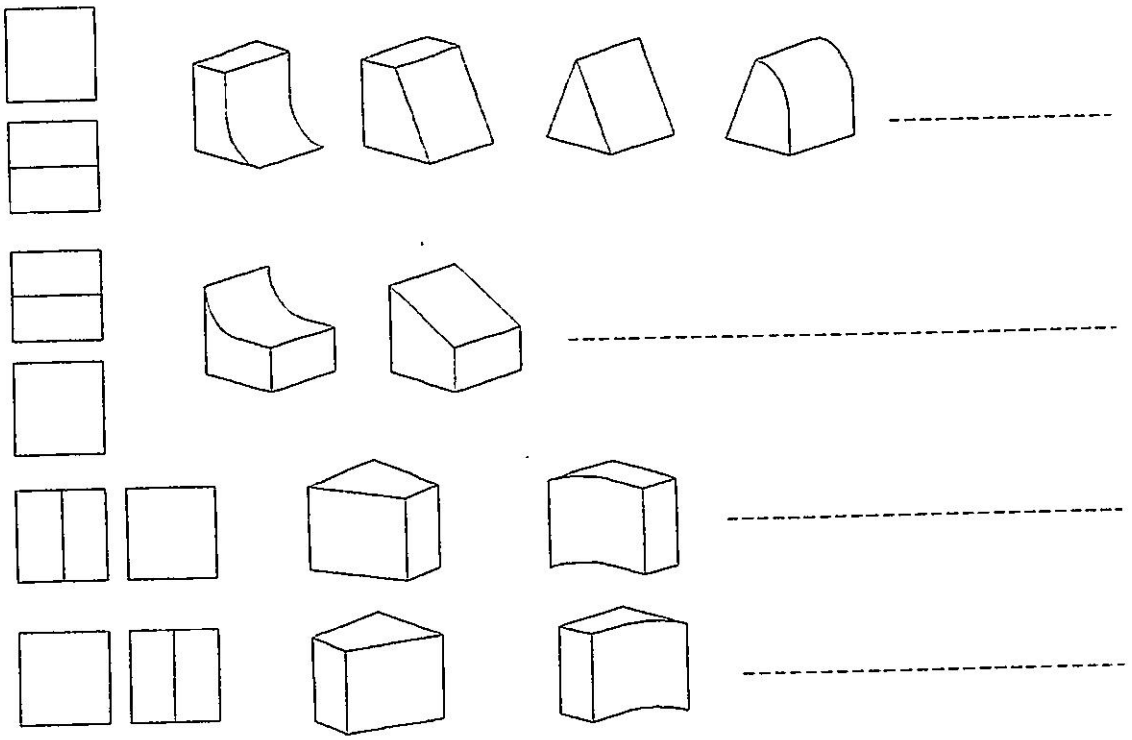
إلا أن تركيب هذه السطوح التي يتشكل منها الجسم مع بعضها البعض يخفف من عدد الاحتمالات لدرجة أنه يمكن أن تصل بالنهاية إلى احتمال وحيد كما سترى في الفقرات القادمة.

في البداية لابد من التعرف على بعض المساقط الأولية، وعدد الاحتمالات للأجسام التي يمكن تشكيلها منها:

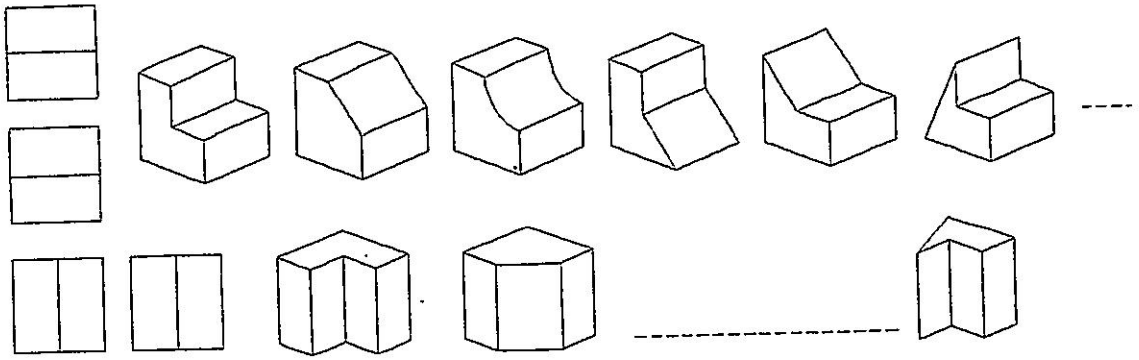
١- سطح مستطيل أو مربع متكرر في مسقطين من المساقط (جبهي وأفقي، جبهي وجانبي)



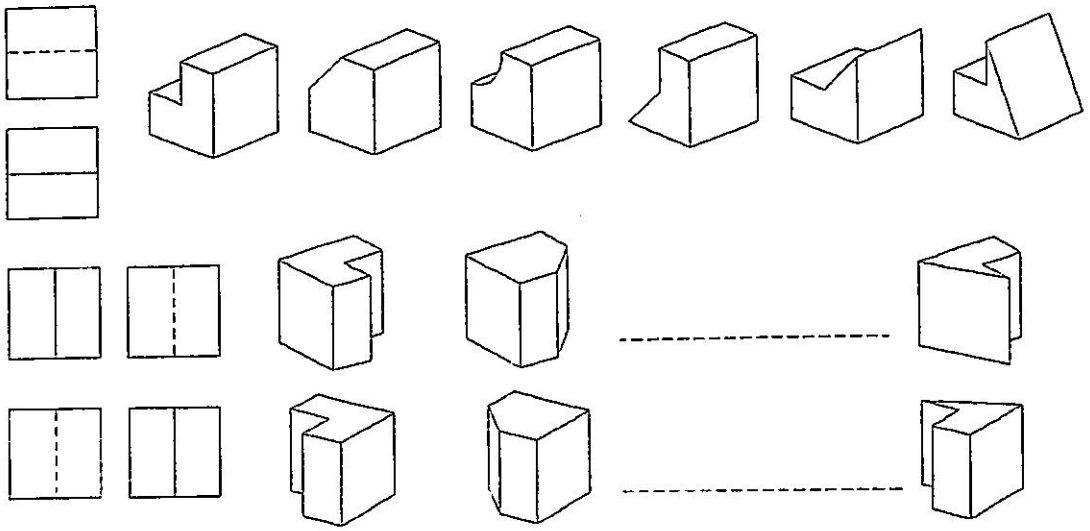
٢- سطح مستطيل في أحد المساقط يقابله مستطيلان في المسقط الآخر.



٣- سطحان مستطيلان مرئيان في مسقطين من المساقط.

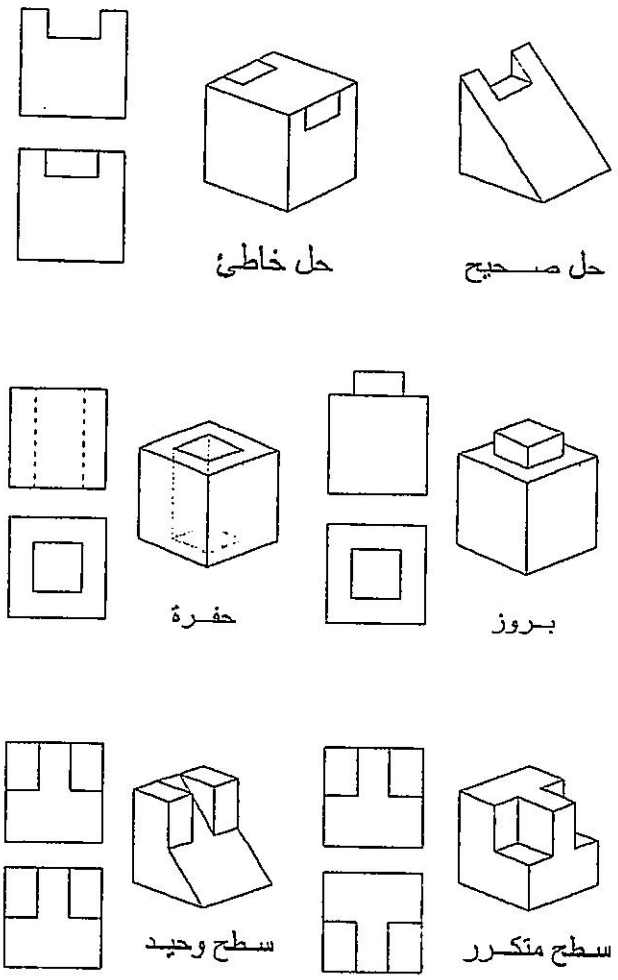


٤- سطحان مستطيلان مرئيان في أحد المساقط، ووهميان في المسقط الآخر.



ملاحظات هامة :

- كل خط يرسم في المنظور يعبر عن فصل مشترك بين سطحين متجاورين لا يقعان في مستوي واحد، أي لا يجوز رسم خط في المنظور داخل السطح الواحد، وإنما تقع الخطوط على حدود هذا السطح فقط.
- إذا كانت سطوح المجسم توازي مستويات الإسقاط، وَوَجَدْتَ مضلعاً مغلقاً في أحد المساقط يقابله خطوطاً وهمية في المسقط الآخر فإن هذا غالباً ما يدل على وجود حفرة في الجسم، بينما إذا قابلته خطوطاً مرئية في المسقط الآخر فإن هذا غالباً ما يدل على وجود بروز.
- يجب التمييز بين السطح الذي مسقطاه متشابهان والذي يعبر في الغالب عن سطح مائل وحيد، وبين السطح الذي مسقطاه متناظران والذي لا يعبر عن سطح مائل واحد وإنما عن سطحين متجاورين لهما نفس الشكل (سطح متكرر).

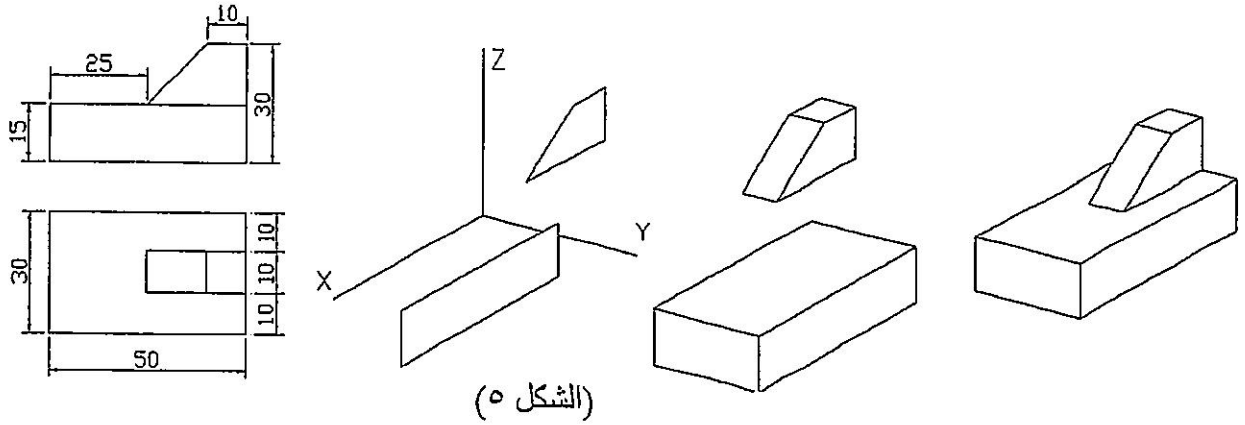


(الشكل ٤)

• طريقة رسم منظور سطوح الجسم :

مثال ١ :

لدينا المسقط الأفقي والجبهي لجسم هندسي (الشكل ٥)، والمطلوب استنتاج المنظور ورسم المسقط الثالث له.



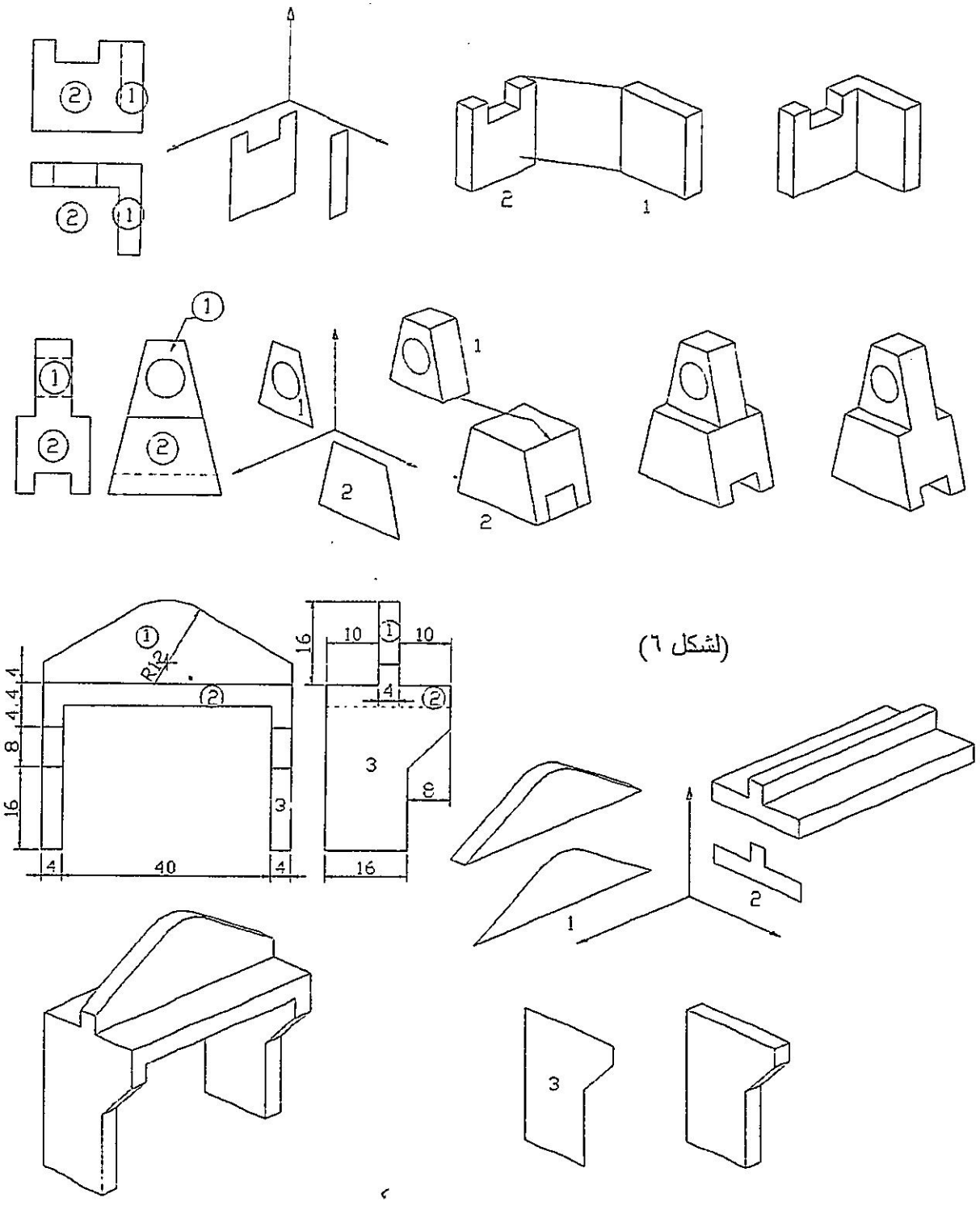
(الشكل ٥)

بالنظر إلى المسقط الجبهي نجد أنه يتألف من سطحين (مستطيل ، شبه منحرف)، وباستخدام خطوط التداعي إلى المسقط الأفقي نجد أن كل سطح منهما هو من النموذج الأول للسطوح أي يوازي مستوي الإسقاط الجبهي.

- نرسم منظور المستطيل فراغياً، حيث أن أضلاعه توازي المحورين x و z. وبشكل مشابه نرسم منظور شبه المنحرف، حيث نرسم الأضلاع الموازية للمحاور أولاً، ثم نصل بين نهاياتها لرسم الخط المائل.
- نرسم مجسم المستطيل بإعطائه البعد الثالث الموازي للمحور y والذي قيمته تساوي 30، وبشكل مشابه نرسم مجسم شبه المنحرف والبعد (y=10).
- نقوم بتركيب الجسمين مع بعضهما بحيث تتوافق مساقط الجسم الناتج مع المساقط المعطاة.

مثال ٢ :

تبين الأشكال الموضحة أدناه (الشكل ٦)، كيفية استنتاج المنظور باستخدام هذه الطريقة.



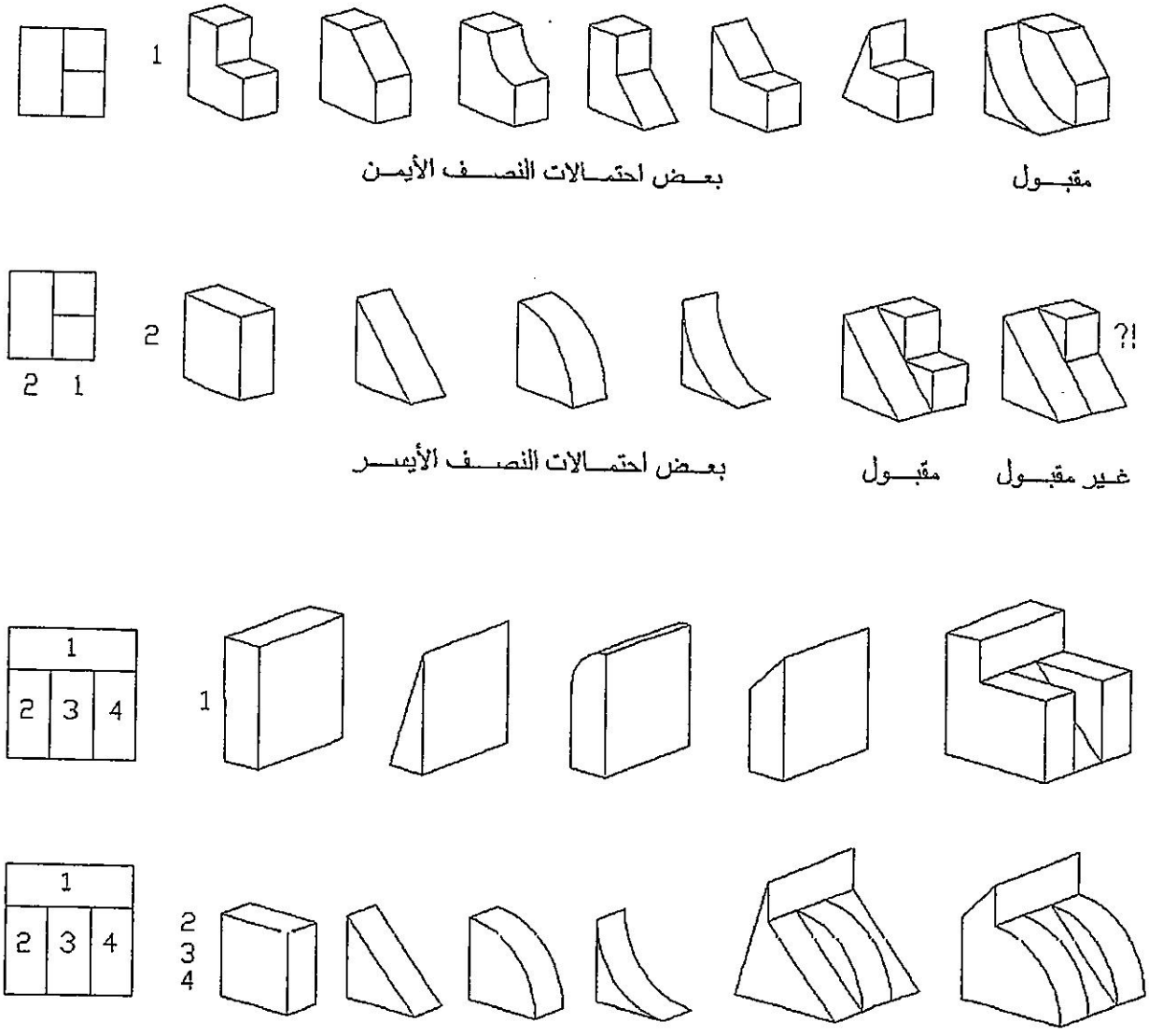
(الشكل ٦)

- **طريقة تجزئة الجسم إلى أجسام أولية:**

لدينا المسقط الأفقي والجبهي لجسم هندسي (الشكل ٧)، والمطلوب استنتاج المنظور ورسم المسقط الثالث له.

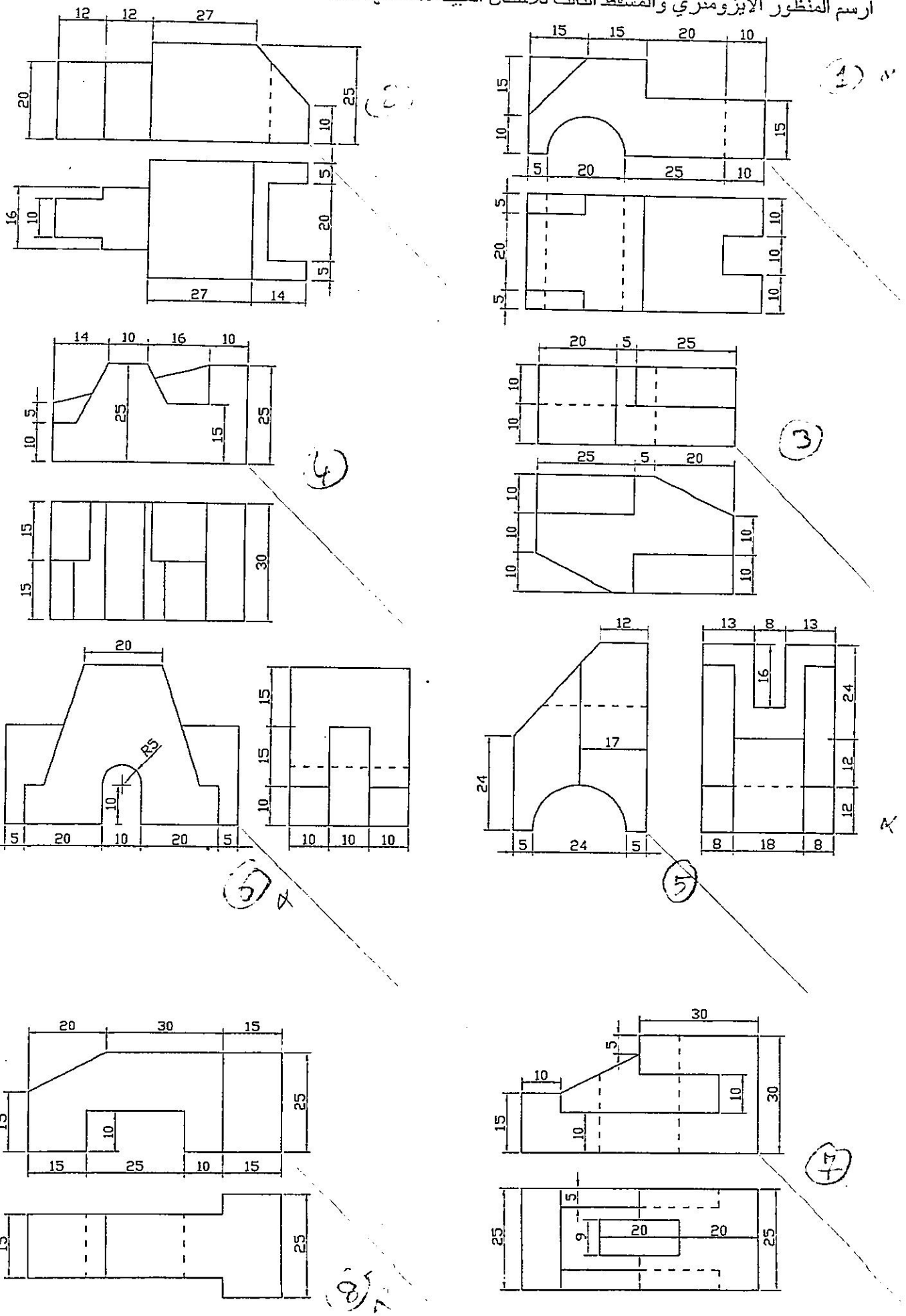
الحل:

نقوم بتقسيم الجسم إلى مساقط بسيطة أولية كما هو موضح على الشكل (٧)، ثم نستنتج الاحتمالات الممكنة لكل جزء منها. بعد ذلك نقوم بتركيب هذه الأجزاء مع بعضها البعض مع الأخذ بعين الاعتبار الملاحظات والشروط المذكورة في هذا البحث.

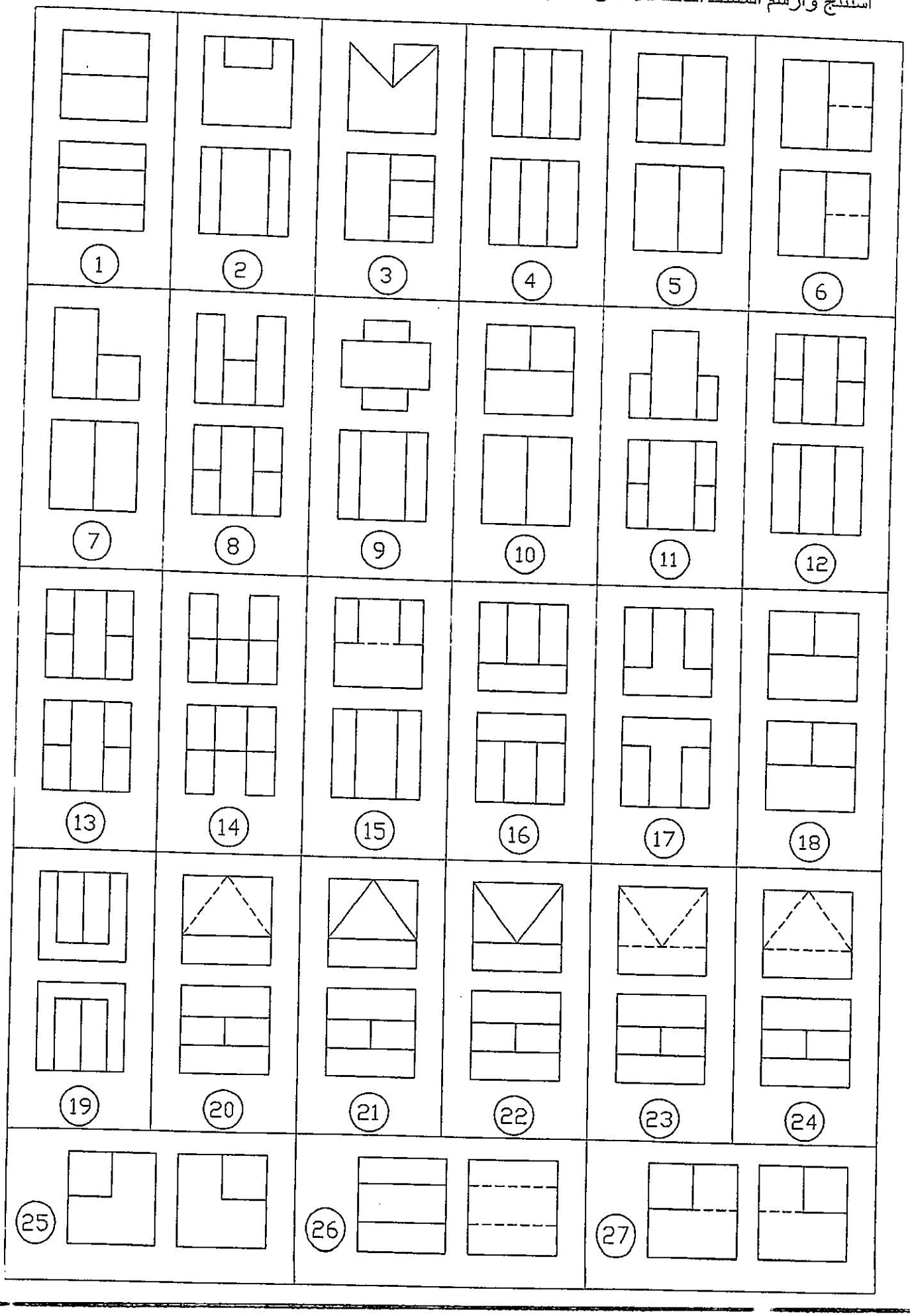


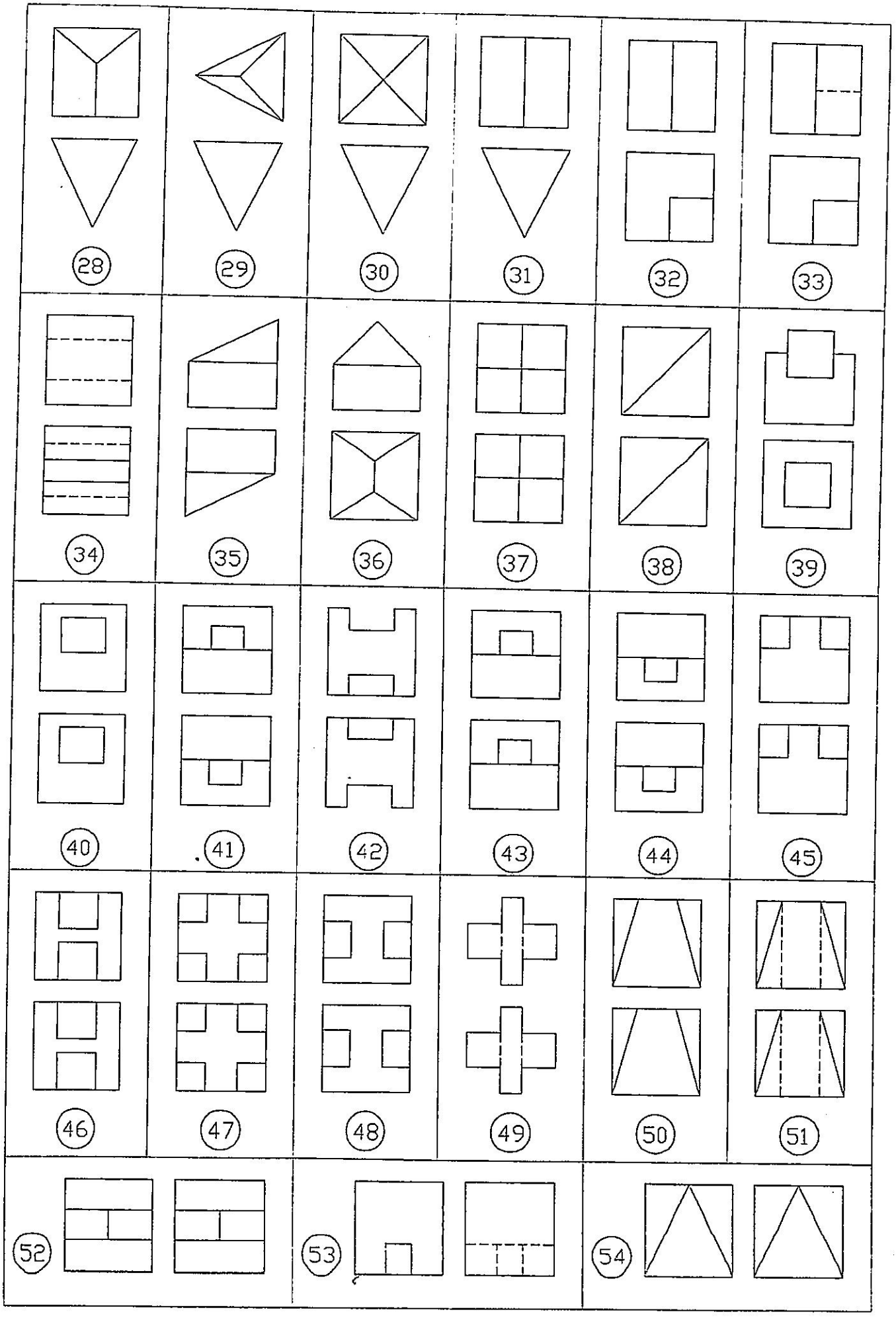
(الشكل ٧)

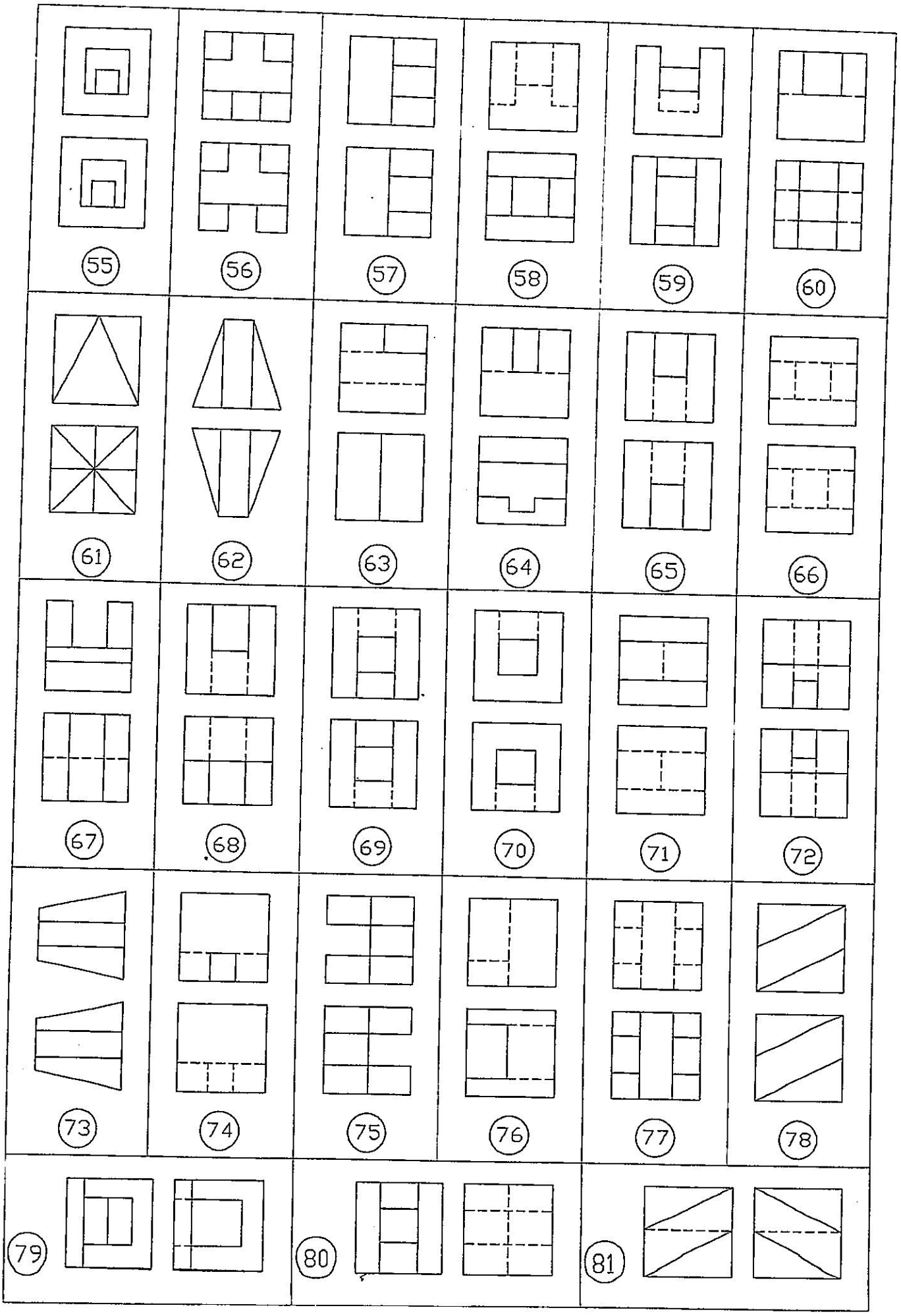
ارسم المنظور الأيزومتري والمسقط الثالث للأشكال المبينة مساقطها أدناه



استنتج وارسم المسقط الثالث للأشكال أدناه :




28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54


55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81