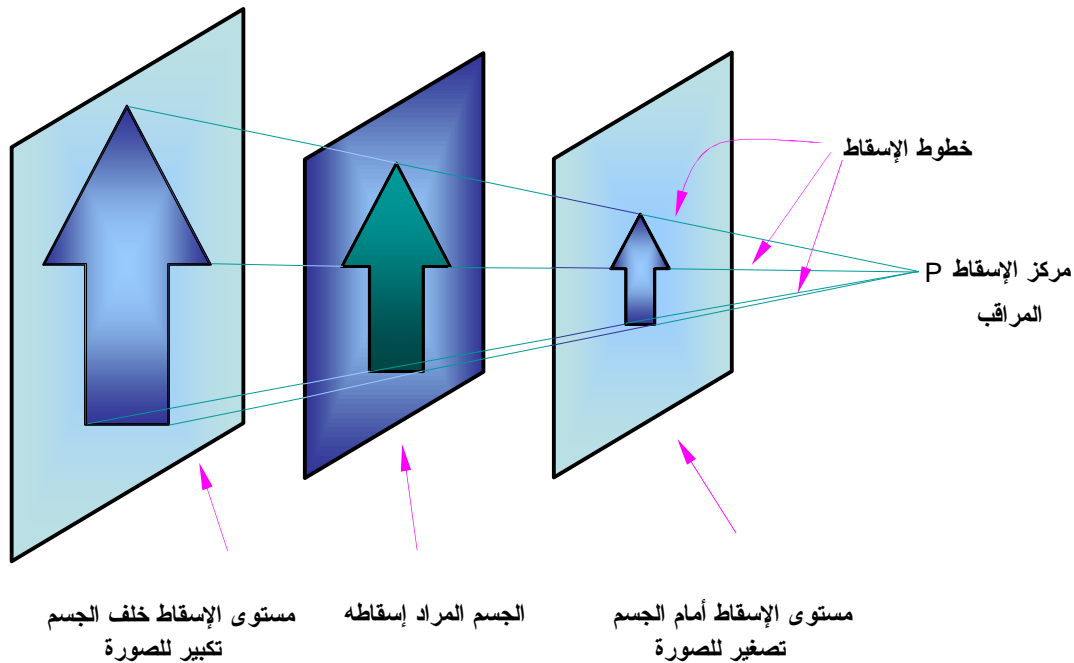


الباب الخامس

مبادئ الإسقاط PRINCIPLES OF PROJECTION

يعرف الإسقاط بأنه طريقة رسم أو تمثيل الأجسام على سطحٍ مستوٍ. ولأن الأجسام بطبيعتها ذات ثلاثة أبعادٍ رئيسية، يستند الإسقاط على تحويل هذه الأبعاد إلى لوحة رسم ذات بعدين فقط. والإسقاط يجب أن يمثل الجسم بطريقة تؤدي إلى إدراك حجمه وشكله وأبعاده من السطح المسقط عليه. إذ يتم ذلك هندسياً بتصور نقطة ما في الفضاء تسمى مركز الإسقاط station point وإمرار خطوطٍ شعاعية منها إلى نقاط الجسم وحوافه المختلفة. وعند تقاطع هذه الخطوط أو امتداداتها مع المستوى نحصل على مسقط projection الجسم على ذلك المستوى الذي يسمى مستوى الإسقاط projection plane، شكل 1.5.

ويحدد موقع مستوى الإسقاط وزاوية سقوط الأشعة عليه وبعد مركز الإسقاط نوعه. فإذا كان بعد مركز الإسقاط محدداً نحصل على الإسقاط المنظور perspective projection. أما إذا كان المركز في الما لا نهاية، أي بعيد جداً فإننا نحصل على الإسقاط المتوازي parallel projection. من جهة أخرى، يسمى الإسقاط متعامداً orthographic projection إذا كانت خطوط الإسقاط عمودية على مستواها. وعلى النقيض من ذلك، يدعى الإسقاط مائلاً oblique projection إذا كانت خطوط الإسقاط متوازية لكنها ليست عمودية على مستوى الإسقاط.



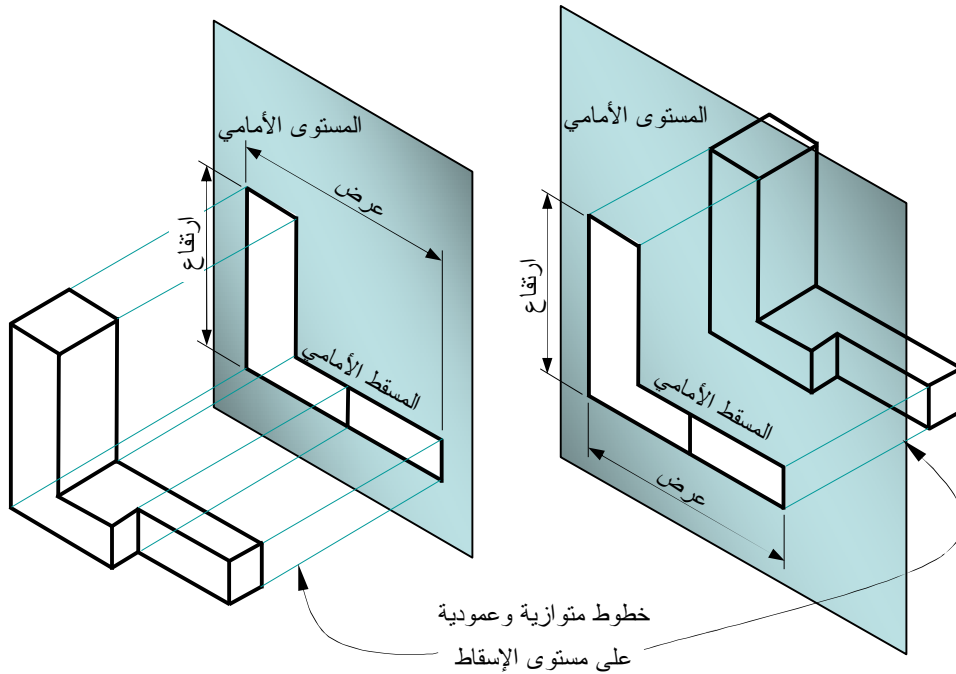
شكل 1.5: الإسقاط

1.5 الإسقاط المتعامد

طريقة لتمثيل جميع أجزاء الجسم من حيث الشكل والحجم والأبعاد بمسقطين منفصلين أو أكثر ناتجة من إسقاط أسطح وحواف الجسم المختلفة عمودياً على سطح ما، تمثيلاً كاملاً ومباشراً لا يقبل الشك أو الاحتمالات، وتنتقل فيه المعلومات من الرسام إلى قارئ الرسم بأقل جهدٍ ووقتٍ ممكنين.

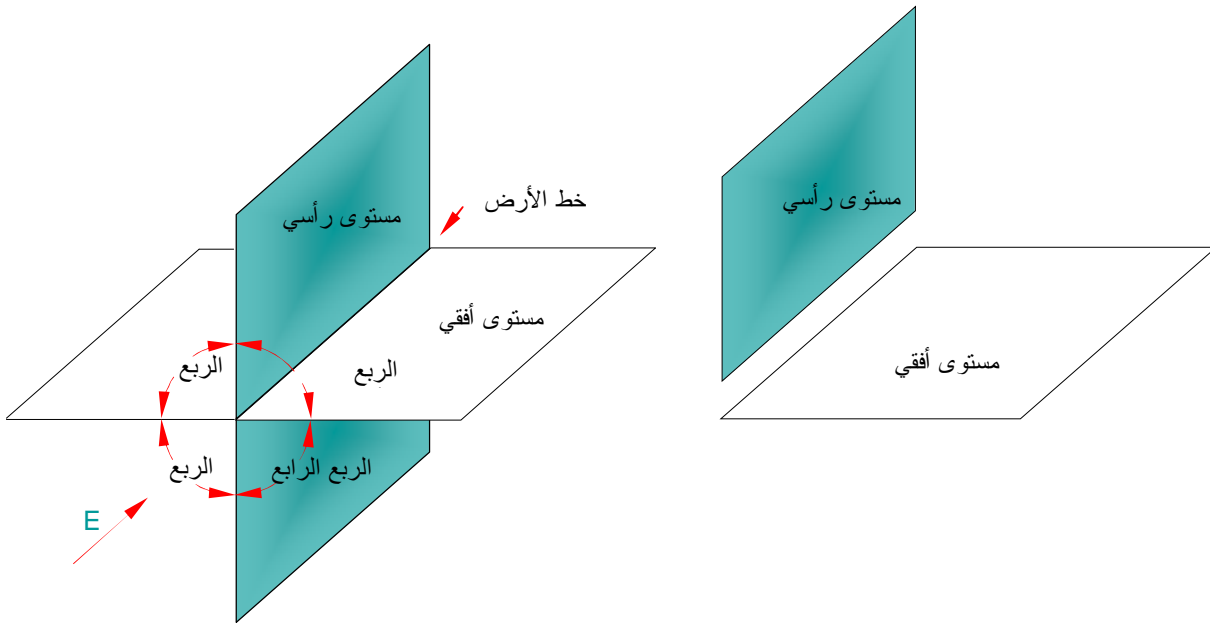
وإذا تحرك المراقب - مركز الإسقاط مسافةً بعيدة جداً للخلف، **شكل 1.5**، متخيلين أن المراقب أصبح بالنسبة لمستوى الإسقاط في الما لا نهاية عندئذ تصبح الأشعة الصادرة من مركز الإسقاط نحو الجسم المعين متوازية مع بعضها. وإذا كان مستوى الإسقاط عمودياً على هذه الأشعة يصبح الإسقاط الناتج لحظتها دقيقاً إلى أبعد الحدود لتمثيل الشكل العام للجسم وأبعاده المختلفة على مستوى الإسقاط. ويدعى الأسقاط لحظتها بالإسقاط المتعامد وما رآه المراقب على مستوى الإسقاط بالمسقط العمودي أو بشكل مختصر مسقطاً.

وعلى هذا الأساس، إذا اعتبرنا واجهة معينة في الجسم أمامية، فإن مسقط هذه الواجهة الناتج من النظر إليها بشكل مباشر يُسمّى المسقط الأمامي **frontal view**. وهو مسقطٌ يحدد طول الجسم وارتفاعه، لكنه لا يحدد بعده الثالث، عرضه أو سمكه، باتجاه النظر. أما المستوى الحاوي لهذا المسقط فنُدعوه المستوى الأمامي **frontal plane**. موقع مستوى الإسقاط وبالتالي مسقط الجسم عليه يتحدد إما أمام الجسم أو خلفه، **شكل 2.5**.



شكل 2.5: إسقاط واجهة الجسم الأمامية على مستوى عمودي أمامها على اليمين وخلفها في اليسار

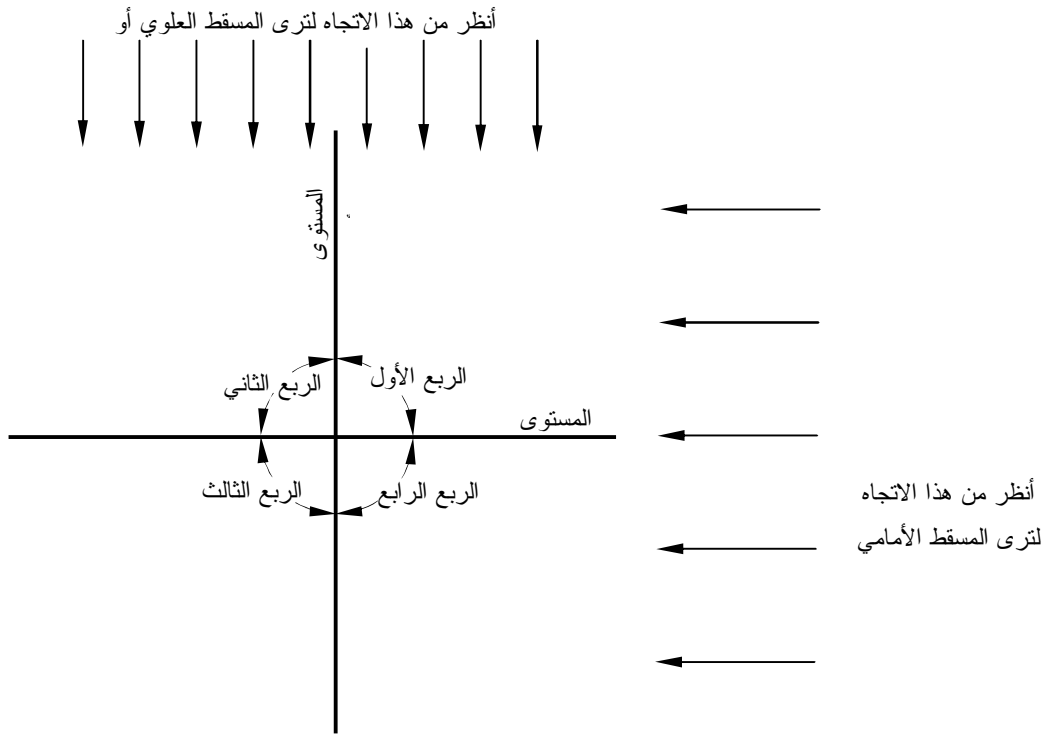
وبما أن للجسم ثلاثة أبعاد، الطول والعرض والارتفاع، فإن رسم مسقط واحد للجسم لن يكفي لتوضيح تفاصيل الجسم. إذ يُعرّف المسقط الواحد ببعدين اثنين فقط. لذلك، يلزم رسم عدة مساقط، على الأقل مسطتين اثنين من اتجاهات مختلفة. ويقوم أفضل أسلوب على تخيل مستويي إسقاط متعامدين، شكل 3.5، أحدهما مواز للأفق، يسمى المستوى الأفقي Horizontal plane والآخر عمودي عليه ندعوه المستوى الرأسي Vertical plane. هذان المستويان، إذا ما جُمعا مع بعض بشكل يتقاطع الواحد مع الآخر فإنهما يقسمان الفراغ المحيط بهما إلى أربعة أرباع أو زوايا قائمة. ونحن اليوم ندعو خط القطع بين هذه الأقسام بخط الأرض بينما تعرف الزوايا (الأرباع) بزوايا الإسقاط الأولى والثانية والثالثة والرابعة على الترتيب.



شكل 3.5: مستوى الأرض الأفقي والمستوى الرأسي

وبالنظر نحو المستويين الرأسي والأفقي وبتجاه عمودي عليهما، شكل 4.5، نستطيع تحديد موضع مستوى الإسقاط وتبعاً لذلك المسقط الناتج من النظر إلى الجسم. ففي الربع الأول يكون المسقط أياً كان خلف الجسم بالنسبة للمراقب بينما يكون المسقط في الربع الثالث أمام الجسم دائماً. أما في الربعين الثاني والرابع فيكون المسقط إما أمام الجسم وإما خلفه لكل حالة.

وعلى هذا الأساس، يمكن التمييز بين ضربين من الإسقاط المتعامد: إذا تخيلنا مركز الإسقاط P، شكل 1.5، في ألما لا نهاية، فإن موقع مستوى الإسقاط خلف الجسم يُعرف الإسقاط في الزاوية الأولى. وعلى النقيض من ذلك تموضع مستوى الإسقاط بين الجسم ومركز الإسقاط يُعرف الإسقاط في الزاوية الثالثة. وبشكل أكثر تحديداً، إذا اخترقت خطوط الإسقاط الجسم راسمة صورته خلفه كان الإسقاط في الزاوية الأولى، وإذا ارتدت خطوط الإسقاط من الجسم راسمة صورته أمامه كان الإسقاط في الزاوية الثالثة، أنظر الشكل 2.5.

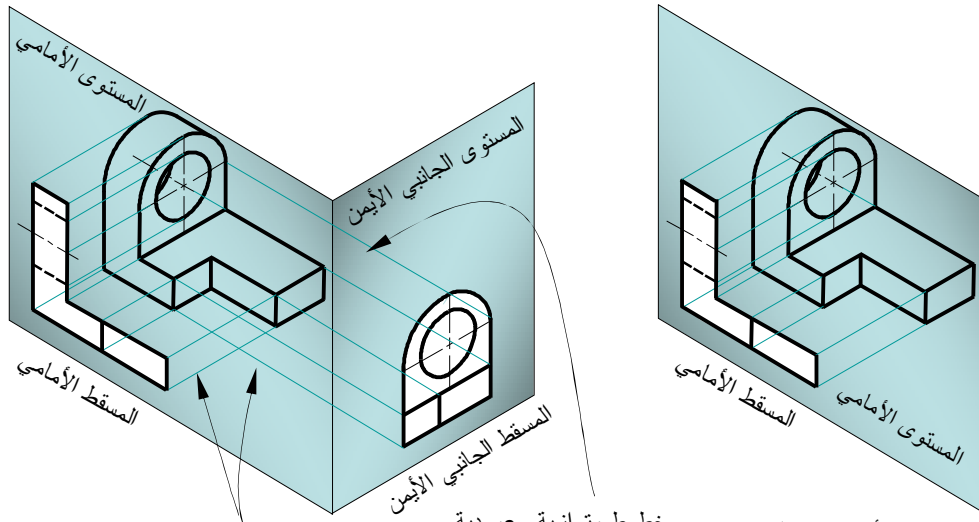


شكل 4.5: النظر لرؤية المساقط في الزوايا الأربعة

وحتى اليوم يتم استخدام الإسقاط في الزاويتين الأولى والثالثة فقط بينما إسقاط الزاويتين الثانية والرابعة فهما غير ملائمتين بتاتاً. ويقتصر اعتماد الزاوية الأولى على أوروبا وبقية دول العالم باستثناء الولايات المتحدة وكندا اللتين تستخدمان أسلوب الإسقاط في الزاوية الثالثة.

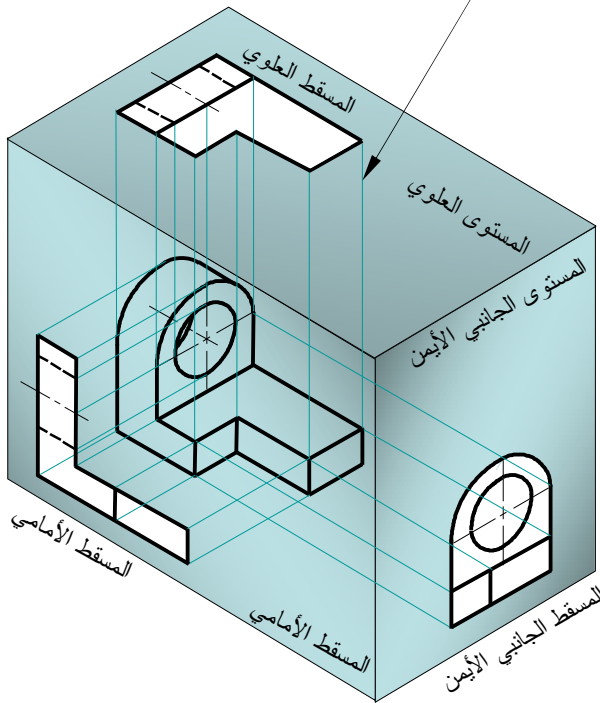
2.5 الإسقاط في الزاوية الثالثة

هل المسقط الواحد والوحيد يكفي لتعريف أبعاد الجسم؟ الجواب بكل بساطة ليس سهلاً. لنفترض أن المسقط الأول (الأمامي) لا يوفي ولا يعرف التفاصيل الكاملة للجسم عندئذ، على المراقب/المشاهد النظر إلى الجسم من جهة أخرى، ثم رسم المسقط الناتج من تلك الجهة. وإذا نظر المشاهد إلى الواجهة الجانبية من يمين الجسم، فإنه يرسم المسقط الجانبي الأيمن وذلك ضمن مستوى عمودي على المستوى الأمامي بجانب الجسم من جهة اليمين ندعوه بالمستوى الجانبي الأيمن. وأخيراً، فإن النظر إلى الواجهة العلوية من فوق الجسم، يجعل المراقب/المشاهد يرسم المسقط العلوي ضمن مستوى متعامد مع المستويين السابقين وفوقهما سندعوه لاحقاً المستوى الأفقي. وتدعى مستويات الإسقاط الثلاثة، وهي الأمامي والأفقي والجانبي بمستويات الإسقاط الرئيسية. هذه المستويات مرتبة في الفراغ كما في الرسم الأخير كما أنها متعامدة بعضها على بعض، شكل 5.5.



خطوط متوازية وعمودية
على مستوى الإسقاط

مسقط أمامي في الزاوية
الثالثة

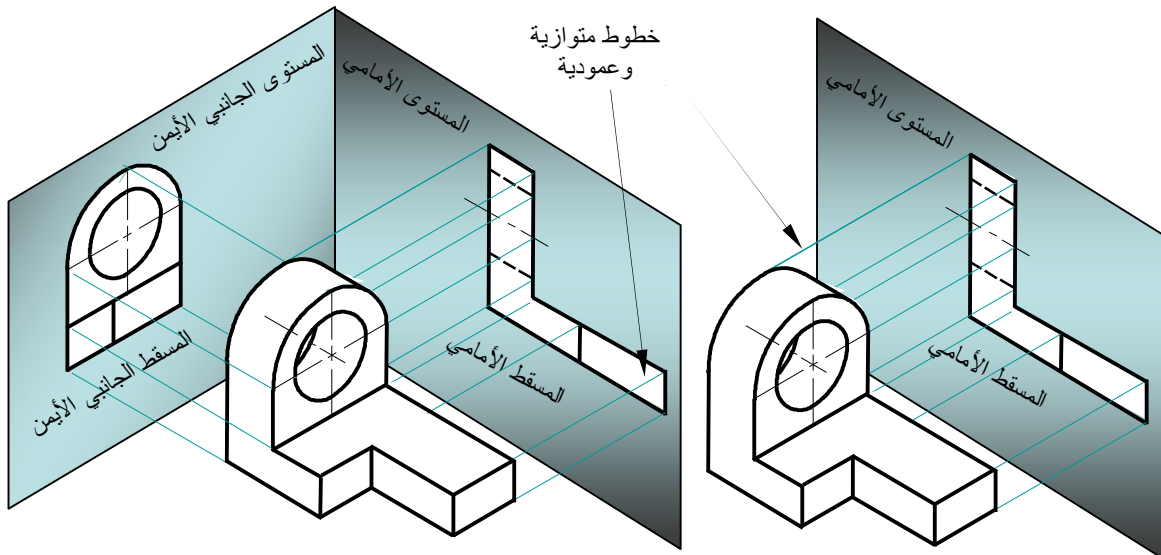


المساقط الثلاثة في
الزاوية الثالثة

شكل 5.5: الإسقاط المتعامد في الزاوية الثالثة

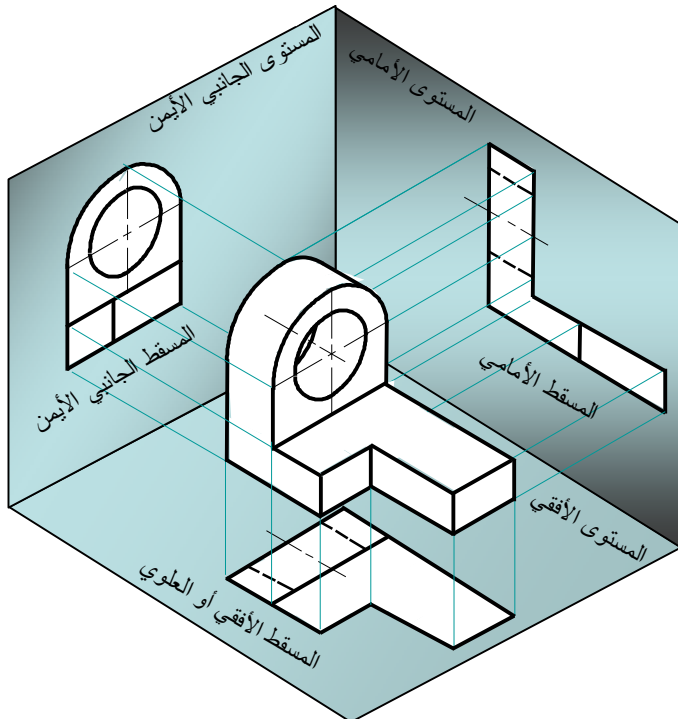
3.5 الإسقاط في الزاوية الأولى:

الرسومات الثلاثة التالية تُظهر طريقة الحصول على إسقاط الزاوية الأولى المتعامد للجسم نفسه.



مسقطان أمامي وجانبي أيمن في الزاوية

مسقط أمامي في الزاوية



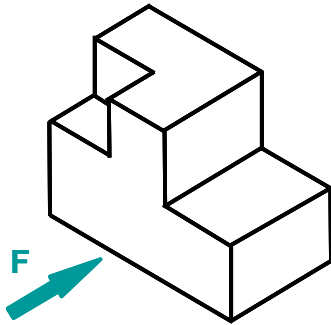
المساقط الثلاثة في الزاوية

شكل 6.5: الإسقاط المتعامد في الزاوية الأولى

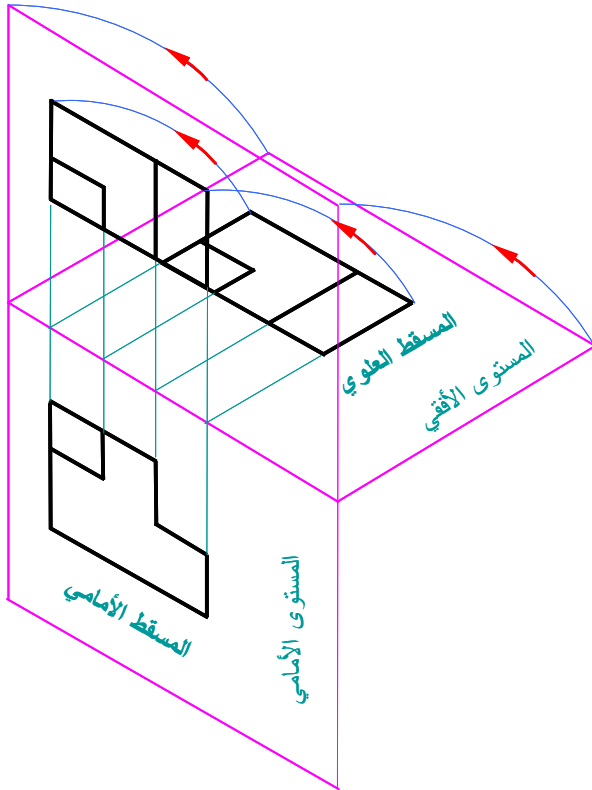
مثال: كيف يرسم المسقطان الأمامي والعلوي للمنصة التالية في الزاوية الثالثة للإسقاط؟ شكل 7.5.
الرسومات الأربعة التالية تُظهر طريقة الحصول على المسطتين الأمامي والعلوي للمنصة الواردة أعلاه في الزاوية الثالثة.

رسم 1

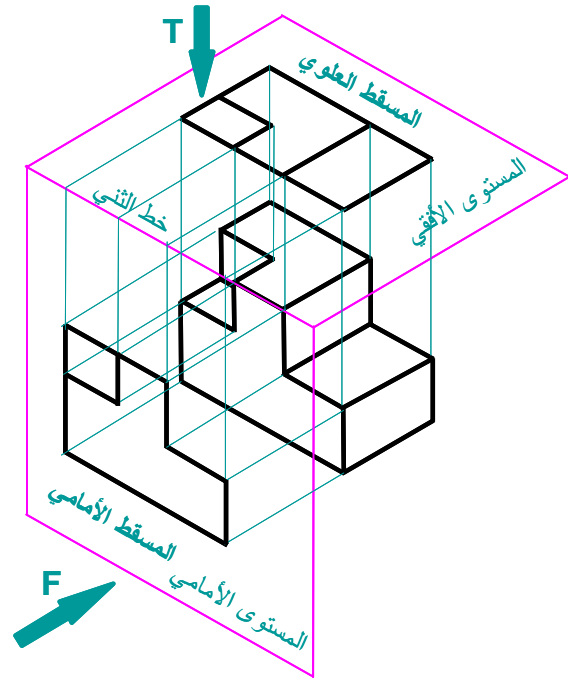
نتخيل أن المنصة موجودة في الفراغ بين مستويين متعامدين يشكلان واجهتين متجاورتين من ستّ واجهاتٍ تشكل صندوقاً زجاجياً شفافاً يحيط بالجسم من جميع الجهات. وضعت المنصة في الزاوية الثالثة للإسقاط المشكلة من المستوى الأفقي أعلى المنصة والمستوى الأمامي أمامها. ننظر نحو المنصة باتجاه السهم **F** لنرسم المسقط الأمامي بين المشاهد والجسم على المستوى الأمامي، وننظر من أعلاها باتجاه السهم **T** لنرسم المسقط العلوي على المستوى الأفقي.



شكل 7.5



رسم 2



رسم 1

شكل 7.5: الإسقاط في الزاوية الثالثة لمنصة

رسم 2

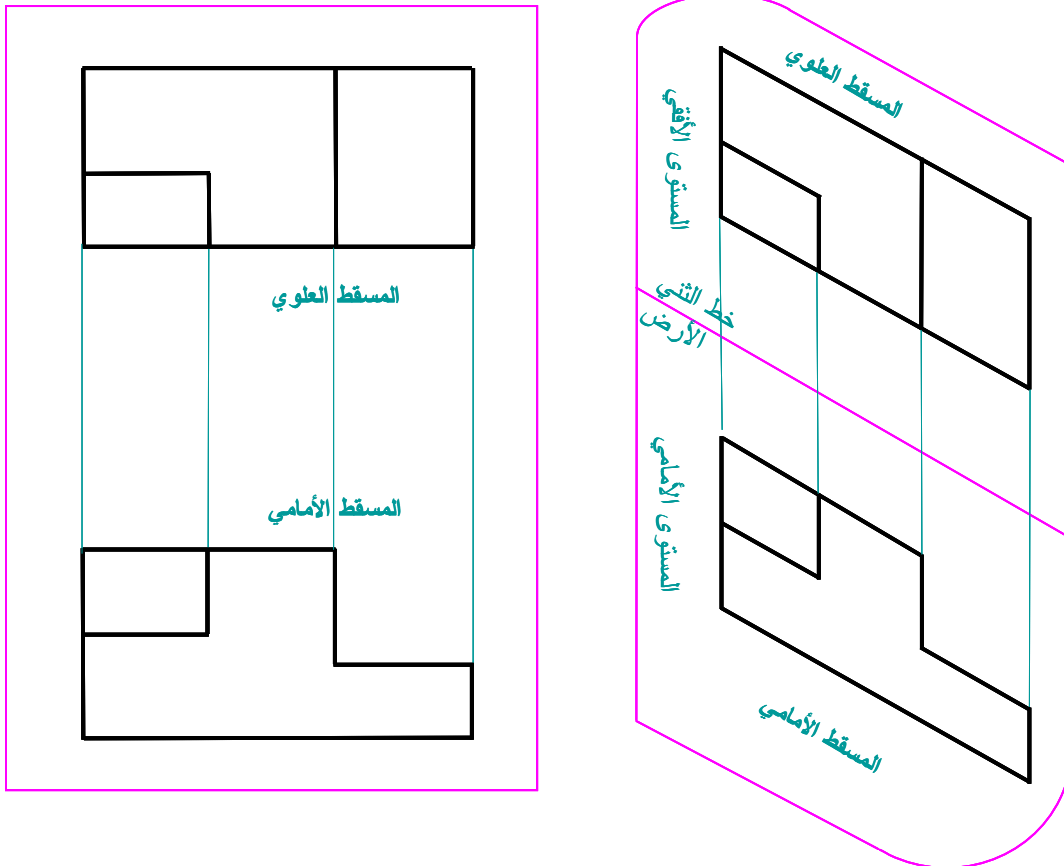
نتخلص من المنصة ونبقي المستويين الأمامي والعلوي مطبوع عليهما المسططين الأمامي والعلوي. ندور المستوى الأفقي مع المسقط العلوي حول خط الأرض بعكس عقارب الساعة ربع دورة حتى يُشكل المستويان الأفقي والأمامي مستوىً واحداً هو المستوى الرأسي.

رسم 3

المستوى الرأسي يبين مستويي الإسقاط الأمامي والعلوي. المستوى الأفقي فوق المستوى الأمامي وعلى امتداده رأسياً. وتبعاً لذلك يصبح المسقط العلوي فوق المسقط الأمامي.

رسم 4

الطريقة المثلى لرسم المسططين الأمامي والعلوي في الزاوية الثالثة على لوحة الرسم.



رسم 3

رسم 4

شكل 7.5: الإسقاط في الزاوية الثالثة لمنصة

المسقط الثالث في الزاوية الثالثة

إذا تطلب الأمر زيادة توضيح الجسم أو بعضاً من تفاصيله الإضافية فيمكن تخيل مسقط ثالثٍ للاثنتين السابقين، شكل 8.5. وفي العادة، يكون مستوى الإسقاط الثالث عمودياً على المستويين الرئيسيين الأمامي والأفقي. وبإسقاط الجسم على المستوى الجديد نحصل على مسقطه الثالث.

رسم 1

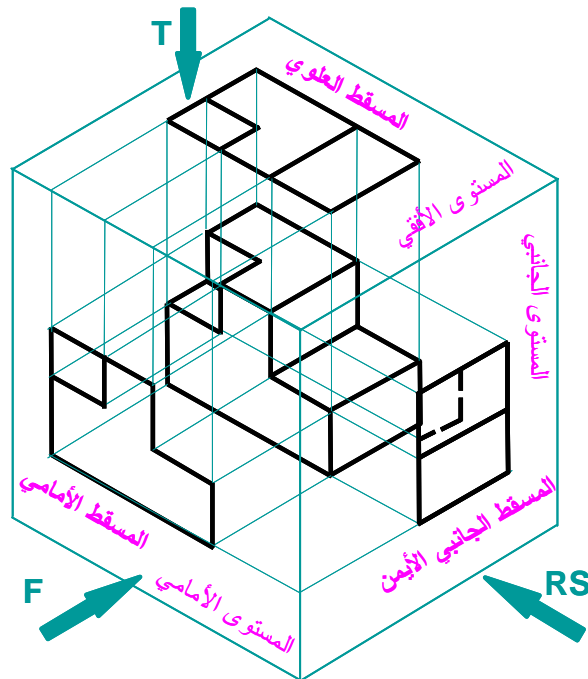
وضعت المنصة في الزاوية الثالثة للإسقاط المشكلة من المستويات الثلاثة الأفقي فوق الجسم والمستوى الأمامي أمامه بينما المستوى الجانبي الأيمن بجانبه إلى اليمين.

رسم 2

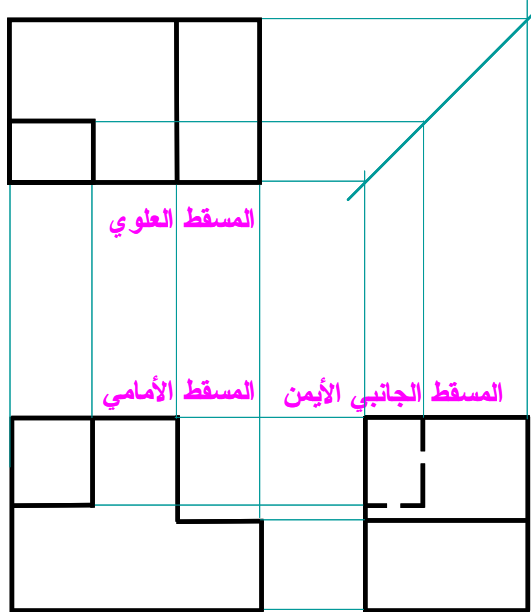
بعد التخلص من المنصة، ندور المستوى الأفقي حول خط الأرض ربع دورة مع عقارب الساعة وندور المستوى الجانبي الأيمن ربع دورة بعكس عقارب الساعة. ومن الطبيعي عندئذ أن تتحدد المستويات الثلاثة في مستوى واحد هو المستوى الرأسي.

رسم 3

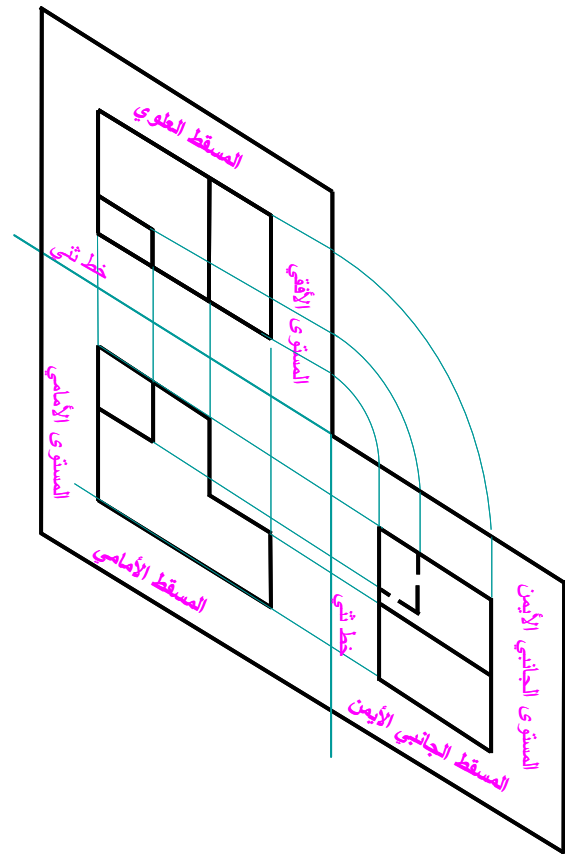
الطريقة المثلى لرسم المساقط الثلاثة الأمامي والعلوي والجانبي الأيمن على لوحة الرسم. لقد تم استخدام خط الميل 45° لنقل أبعاد المسقط العلوي إلى المسقط الجانبي الأيمن وبالعكس.



شكل 8.5: المنصة مع مساقطها الثلاثة الأساسية في الزاوية الثالثة



رسم 3

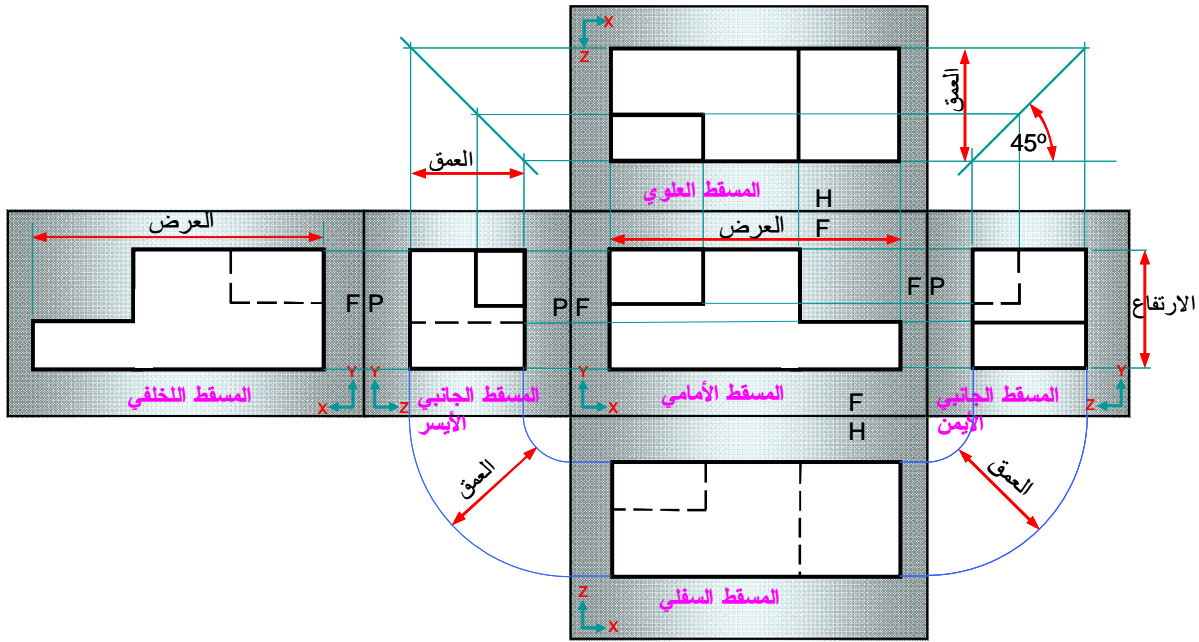


رسم 2

شكل 8.5: المسقط الثالث في الزاوية الثالثة

المساقط الستة وترتيبها وفقاً للزاوية الثالثة

الرسمان في الشكل 7.5، يُظهران طريقة الحصول على المسقطين الأمامي والعلوي لمنصة في الزاوية الثالثة. المنصة كانت موجودة في الفراغ تحت المستوى الأفقي وخلف المستوى الأمامي. عند إضافة المستوى الجانبي الأيمن أصبحت المنصة محاطة بثلاثة مستويات وتبعاً لذلك رسمنا ثلاثة مساقط أساسية هي الأمامي والعلوي والجانبي الأيمن، شكل 8.5. إذا وضعنا المنصة ضمن صندوق زجاجي شفاف يحيط بالجسم من جميع الجهات وتشكل أوجهه ستة مستويات متعامدة فإننا نستطيع رسم ستة مساقط نرتبها في الفراغ حول المنصة على مستويات الصندوق الشفاف. كما نستطيع ترتيبها على مستوى واحد كما في الشكل 9.5.



شكل 9.5: المساقط الستة للجسم وترتيبها على الرسم للإسقاط في الزاوية الثالثة

كيف نرسم المنصة في الزاوية الأولى

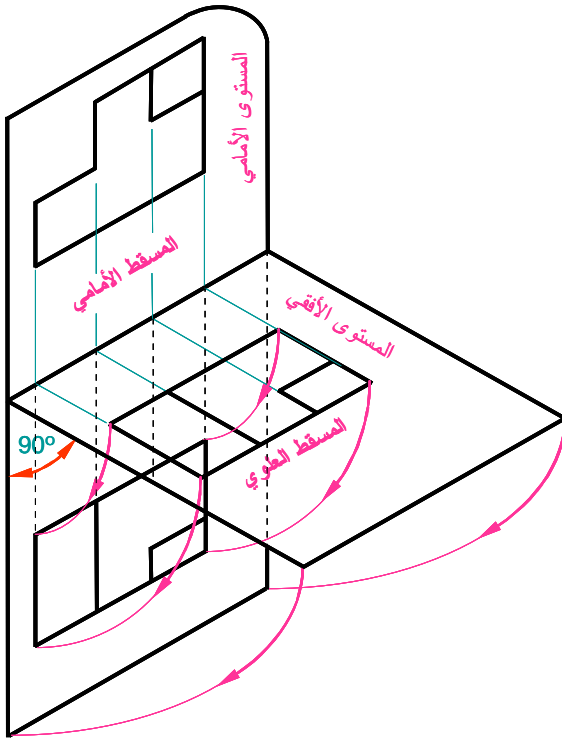
الرسومات التالية، شكل 10.5، تُظهر طريقة الحصول على إسقاط الزاوية الأولى المتعامد، ثنائي الإسقاط، للمنصة الواردة أعلاه. المنصة أصبحت موجودة في الفراغ بين مستويين متعامدين، يُنظر من خلالهما وكأنهما لوحان زجاجيان شفافان.

رسم 1

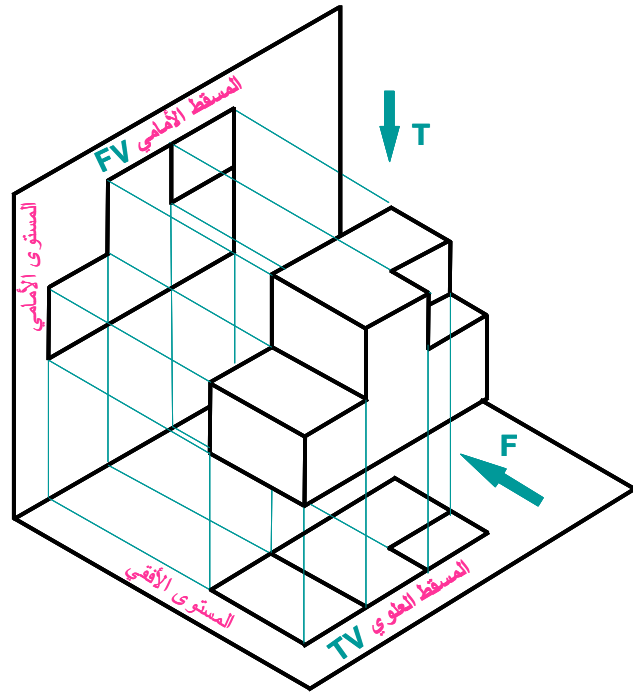
وضعت المنصة في الزاوية الأولى للإسقاط المشكلة من المستوى الأفقي أسفلها والمستوى الأمامي خلفها. ننظر من أمام الجسم (المنصة) باتجاه السهم F لنرسم المسقط الأمامي خلف الجسم منطبقاً على المستوى الأمامي. كما ننظر من أعلى المنصة باتجاه السهم T لنرسم المسقط العلوي أسفلها منطبقاً على المستوى الأفقي.

رسم 2

نتخلص من المنصة ونبقي المستويين الأمامي والعلوي وكذلك المسطّين الأمامي والعلوي. نُدَوِّرُ المستوى السفلي حول خط الأرض مع عقارب الساعة ربع دورة، فيتحدّد المستويان الأفقي والأمامي في مستوى واحد هو المستوى الرأسي.



رسم 2



رسم 1

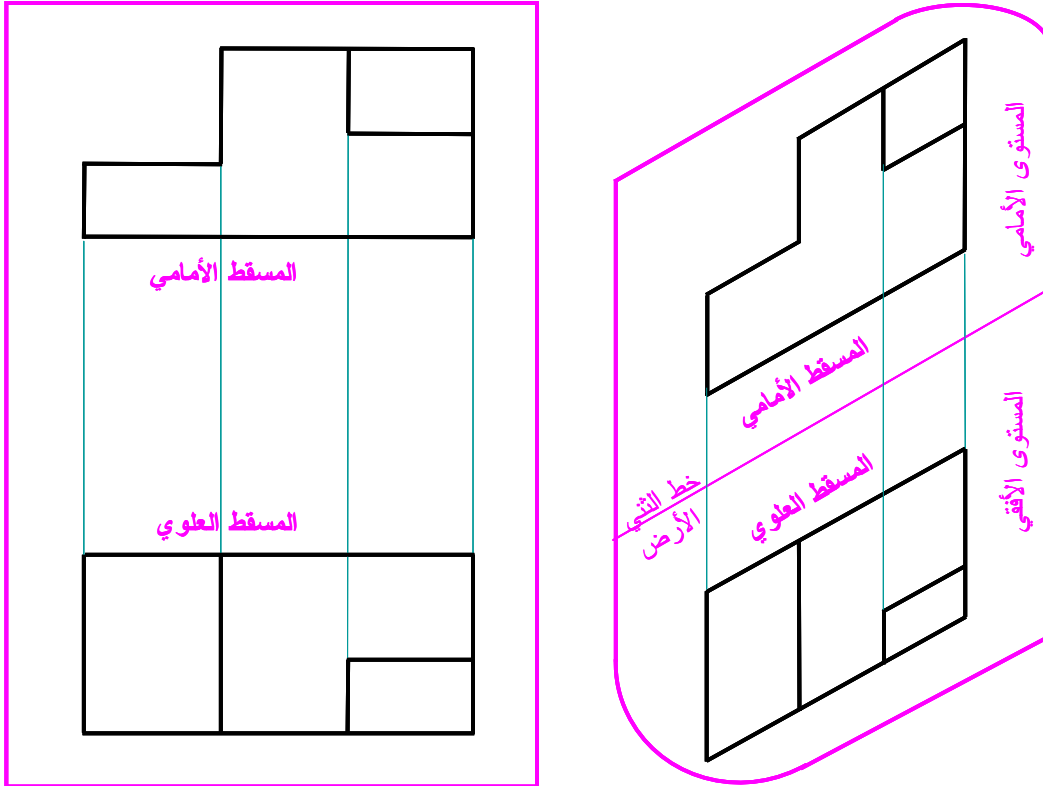
شكل 10.5: إسقاط الزاوية الأولى للمنصة

رسم 3

المستوى الرأسى يبين مستوي الإسقاط الأمامى والعلوى. المسقط العلوى أسفل المسقط الأمامى.

رسم 4

الطريقة المثلى لرسم المسقطين الأمامى والعلوى في الزاوية الأولى على لوحة الرسم.



شكل 10.5: إسقاط الزاوية الأولى، المساقط العمودية

المسقط الثالث في الزاوية الأولى، شكل 11.5

إذا تطلب الأمر زيادة توضيح بعض تفاصيله فيمكن تخيل مسقط ثالث له، شكل 10.5. وفي العادة، يكون مستوى وبإسقاط الجسم على المستوى الجديد العمودي على المستويين الأساسيين الأمامي والأفقي نحصل على المسقط الجانبي له.

رسم 1

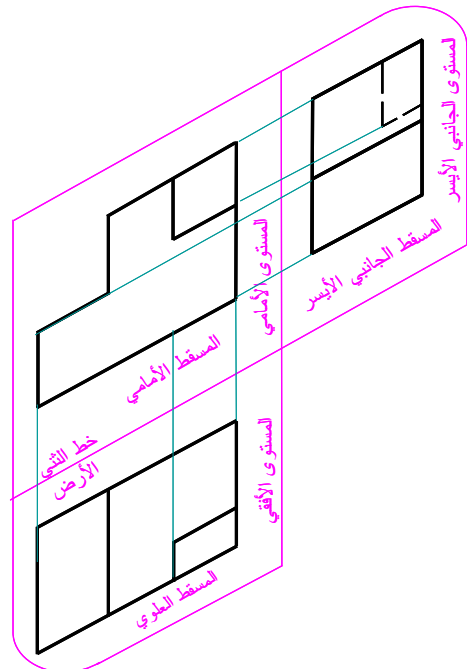
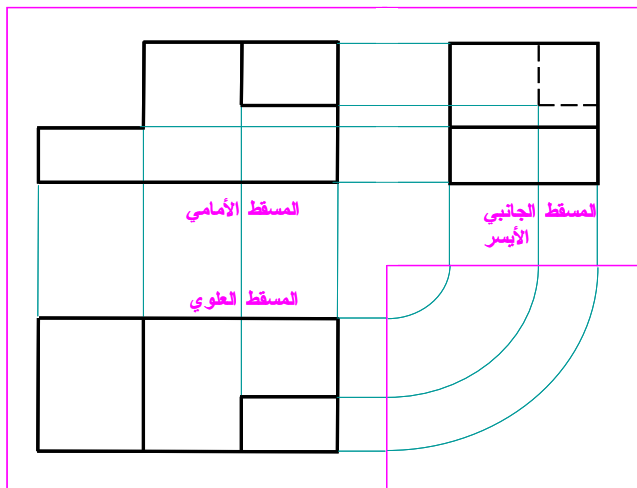
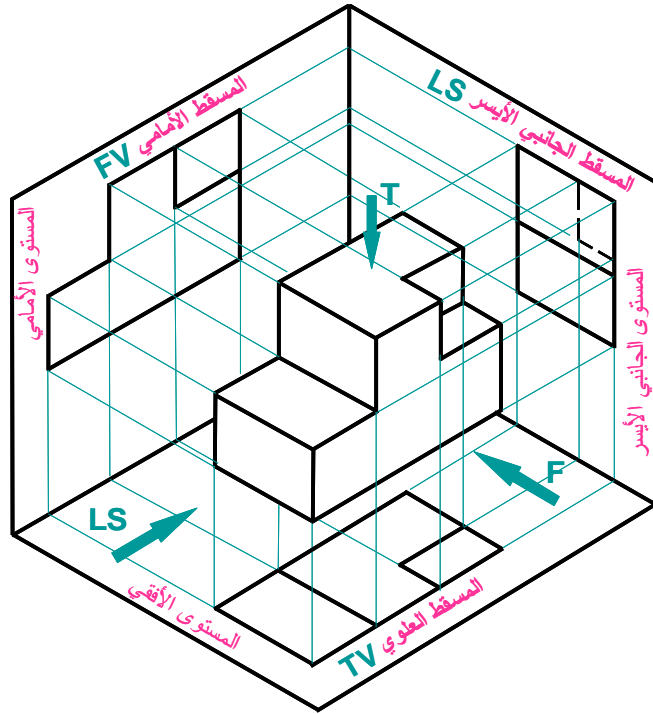
وضعت المنصة في الزاوية الأولى للإسقاط المشكلة من المستويات الثلاثة الأفقي والأمامي والجانبي الأيسر.

رسم 2

بعد التخلص من المنصة، ندور المستويين الأفقي حول خط الأرض ربع دورة مع عقارب الساعة وندور المستوى الجانبي الأيسر ربع دورة بعكس عقارب الساعة، فتحدد المستويات الثلاثة في مستوى واحد هو المستوى الرأسي.

رسم 3

الطريقة المثلى لرسم المساقط الثلاثة الأمامي والعلوي والجانبي الأيسر في الزاوية الأولى على لوحة الرسم.



شكل 11.5: المنصة مع مساقطها الثلاثة الأساسية في الزاوية الأولى