

تم رفع الملف

عبر

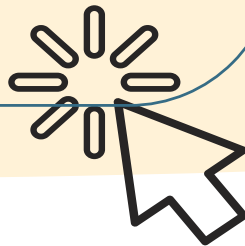
موقع الكتاب 24

للعودة الى الموقع اكتب في بحث جوجل

موقع الكتاب 24



alktab24.online





بسم الله الرحمن الرحيم  
جمهورية السودان  
وزارة التعليم والتربية الوطنية  
المركز القومي للمناهج والبحث التربوي  
بخت الرضا



## المرحلة الثانية

# العلوم الهندسية

## الصف الثاني

إعداد لجنة بتكليف من المركز القومي للمناهج والبحث التربوي من الأساتذة:

- أ. د. عصام محمد عبد الماجد - جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا
- أ. د. علي محمد علي - جامعة الخرطوم
- الأستاذ/ أبو القاسم عبد القادر صالح - خبير تربوي
- الأستاذ/ عبد الوهاب المهدي الوسيلة - معلم فني متقاعد
- الأستاذ/ عبد الله محمد علي - تعليم الخرطوم
- الأستاذ/ عبد الرحيم سعيد محمد نور - المركز القومي للمناهج والبحث التربوي
- الأستاذ/ محمد عبد الله خير الله - مستشار التعليم الفني

### الإشراف العام :

د. معاوية السرقشي - المدير العام  
أ. حبيب آدم حبيب - نائب المدير العام  
أ. الباقر رحمه البشير - الأمين العام  
أ. أحمد حمد النيل - مدير إدارة المناهج

### التحكيم:

أ. عثمان عمر علي ادم  
خبير تربوي  
د. عثمان أبوبكر محمد احمد  
كلية بورتسودان التقنية - جامعة السودان التقنية  
د. هاشم حسب الرسول عبد الله  
هندسة كهربائية - جامعة الشيخ عبد الله البدري

### التصميم والإخراج الفني :

د. مجدي محجوب فتح الرحمن

### الجمع بالحاسوب :

شعبة الجغرافيا

حقوق التأليف للمركز القومي للمناهج والبحث التربوي -  
بخت الرضا، وحقوق الطبع والنشر محفوظة لوزارة التعليم  
والتربية الوطنية ولا يجوز لأي جهة طباعة أو بيع هذا الكتاب  
أو أي جزء منه و إلا تعرضت لطائلة القانون.

الطبعة: ٢٠٢٦م

## المقدمة :

يأتي هذا الكتاب ليمثل امتداداً لأساسيات العلوم الهندسية المنقحة التي درسها الطالب في الصف الأول الثانوي. ويهدف المنهج إلى تعميق المفاهيم الأولية وتوسيع مدارك الطلاب في مجالات الهندسة الأربعة الرئيسية: (الرسم الهندسي، الهندسة الميكانيكية، الهندسة الكهربائية، والهندسة المدنية)، وذلك وفق رؤية تعليمية حديثة ومتكاملة.

تم تقسيم هذا الكتاب إلى أربع وحدات رئيسية:  
الوحدة الأولى (أساسيات الرسم الهندسي): تناولت الإسقاط الهندسي، أنواعه، مبادئه، ونظمه وطرق تطبيقه.

الوحدة الثانية (أساسيات الهندسة الميكانيكية): تناولت دراسة الخواص الفيزيائية والميكانيكية للفلزات الحديدية واللاحديدية، بالإضافة إلى مكونات السيارة ومحركات الاحتراق الداخلي وآليات عملها.

الوحدة الثالثة (أساسيات الهندسة الكهربائية والإلكترونية): تبدأ بتعريف الوحدات الأساسية والمشتقة في علم الكهرباء، مصادر القوة الدافعة الكهربائية، مفاهيم الفيض والمجال الكهربائي، والمكثفات، متبوعاً بمدخل مبسط يفتح آفاق الطالب على الهندسة الإلكترونية وأشباه الموصلات وتطبيقاتها.

الوحدة الرابعة (أساسيات الهندسة المدنية): تفرد هذه الوحدة مساحة لدراسة هندسة الإنشاءات والمباني، الأنواع الرئيسة للمنشآت وهندسة التربة والأساسات. ختاماً، نسأل الله العليّ القدير أن يوفق أبناءنا الطلاب وينفعهم بهذه المادة الدراسية لتقودهم نحو مستقبل علمي واعد. كما نرحب بآراء ومقترحات زملائنا المعلمين في الميدان لتطوير وتنقيح الطبقات القادمة.

المؤلفون

## المحتويات

| الرقم | الموضوع                                           | الصفحة |
|-------|---------------------------------------------------|--------|
| ١     | المقدمة:                                          | أ      |
| ٢     | الوحدة الأولى: أساسيات الرسم الهندسي              | ١      |
| ٣     | الإسقاط                                           | ٢      |
| ٤     | الإسقاط العمودي                                   | ٥      |
| ٥     | المسقط الأمامي وتطبيقاته                          | ١٣     |
| ٦     | إسقاط الأسطح المختفية (الخطوط المخفية)            | ٢٧     |
| ٧     | المسقط الجاني                                     | ٣٢     |
| ٨     | المسقط الأفقي                                     | ٤٩     |
| ٩     | الوحدة الثانية: أساسيات الهندسة الميكانيكية       | ٥٧     |
| ١٠    | الفلزات                                           | ٥٩     |
| ١١    | الفلزات الحديدية                                  | ٦٢     |
| ١٢    | الفلزات اللاحديدية                                | ٦٧     |
| ١٣    | المكونات الأساسية للسيارة                         | ٧٣     |
| ١٤    | المحركات                                          | ٨٠     |
| ١٥    | طريقة عمل محرك السيارات                           | ٩٧     |
| ١٦    | الوحدة الثالثة: أساسيات الهندسة الكهربائية        | ١٠٢    |
| ١٧    | مصادر الطاقة وتوليد الكهرباء                      | ١٠٣    |
| ١٨    | تحويل الطاقة إلى كهرباء                           | ١٠٥    |
| ١٩    | الشبكة القومية للكهرباء                           | ١١٣    |
| ٢٠    | مكونات الدوائر الكهربائية الأساسية                | ١١٦    |
| ٢١    | الفصل الثاني: أساسيات الهندسة الإلكترونية         | ١٢٧    |
| ٢٢    | مقدمة الهندسة الإلكترونية                         | ١٢٨    |
| ٢٣    | الوحدة الرابعة: الهندسة المدنية (هندسة الإنشاءات) | ١٣٥    |
| ٢٤    | مدخل إلى هندسة الإنشاءات                          | ١٣٦    |
| ٢٥    | الأنواع الرئيسة للمنشآت والعناصر الهندسية         | ١٤٠    |
| ٢٦    | هندسة التربة والأساسات                            | ١٤٩    |

## الوحدة الأولى

# الرسم الهندسي

### أهداف الوحدة:

- بعد دراسة هذا الوحدة يُتوقع من الطالب أن يكون قادراً على أن:
  - يتعرّف مفهوم الإسقاط وأهميته في الرسم الهندسي.
  - يُميّز بين أنواع الإسقاط المختلفة واستخداماتها.
  - يُميّز بين الرسم المجسم (المنظور) والرسم المسقط (الإسقاط العمودي) من حيث الاستخدام والدقة.
  - يرسم ويقرأ المساقط الأساسية للأجسام الهندسية.
  - يستنتج الشكل الفراغي للأجسام من خلال مساقطها المختلفة.
  - يُطبق قواعد الرسم الهندسي بدقة باستخدام الأدوات المناسبة.
  - يُنمي مهارات الملاحظة والتحليل والاستنتاج الهندسي.

## الإسقاط

### مقدمة:

في حياتنا اليومية، عندما ننظر إلى صندوق أو قطعة أثاث، فإن عيوننا تراها كجسم مجسم؛ أي أننا نرى طولها وعرضها وارتفاعها معاً في وقت واحد. في الرسم الهندسي، يُسمى هذا التمثيل بـ (الرسم الأيزومتري أو المنظور المجسم). هذا الرسم ممتاز جداً ومريح للعين لأنه يوضح لنا شكل الجسم العام مباشرة، لكنه غير صالح للاستخدام في المصانع والورش لعدة أسباب:

- **خداع الرؤية (تشويه الأبعاد):** في الرسم المجسم، تظهر بعض الأسطح والخطوط مائلة بزوايا غير حقيقية لتمنحنا شعور التجسيم، مما يجعل قياس الأبعاد والزوايا منه مباشرة أمراً صعباً وغير دقيق.
- **اختفاء التفاصيل الداخلية:** إذا كان داخل الجسم تخويف، أو ثقب مخفي، فإن الرسم المجسم يعجز عن إظهاره بوضوح، وتتداخل الخطوط فوق بعضها لتصبح مربكة.

ومن هنا ظهرت الحاجة إلى طريقة علمية دقيقة جداً تفكك هذا المجسم إلى رسومات مسطحة وسهلة القراءة، تبين الأبعاد الحقيقية والزوايا كما هي في الواقع تماماً، وهذه الطريقة هي «الإسقاط». في هذه الوحدة، سنتعلم كيف ننظر إلى المجسم (الأيزومتري) من زوايا محددة لنحوه إلى لوحات مسطحة دقيقة.

### مفهوم الإسقاط :

الإسقاط لغوياً يعني سقوط الشيء ونزوله باتجاه الأرض بفعل الجاذبية. المعنى في الرسم الصناعي (الهندسي): هو عملية هندسية يتم فيها نقل تفاصيل مجسم ثلاثي الأبعاد إلى مستوي ثنائي الأبعاد، وذلك عبر مد خطوط مستقيمة من نقاط مختلفة تقع على حواف المجسم لتلتقي مع مستوى معين يسمى «مستوى الإسقاط».

### المصطلحات الأساسية في علم الإسقاط:

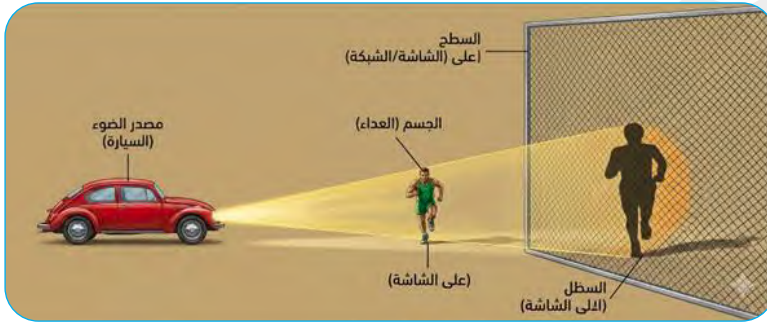
**المسقط (Projection View):** هو الشكل الهندسي المتكون على مستوى الإسقاط نتيجة توصيل نقاط تقاطع أشعة الإسقاط مع هذا المستوى.

**أشعة الإسقاط (Projectors):** هي الخطوط والمستقيمات الوهمية الساقطة من نقاط وحواف الجسم باتجاه مستوى الإسقاط بناءً على اتجاه نظر محدد.

**مستوى الإسقاط (Plane of Projection):** المستوي الثنائي الأبعاد (مثل ورقة الرسم) الذي تستقبل سطحه الأشعة لتكوين المسقط.

**أمثلة توضيحية من الحياة اليومية:**

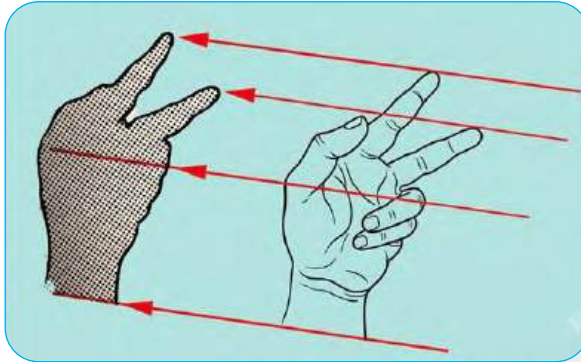
**إضاءة السيارة:** عند سقوط أشعة كشاف السيارة على عداء تقف خلفه شبكة، فإن ظله يسقط على الشبكة. ويكون الظل أكبر من الحجم الفعلي للشخص تبعاً لبُعد السيارة والشخص عن الشبكة؛ والسبب في ذلك أن الأشعة الصادرة من كشاف السيارة ليست متوازية بل أشعة متشعبة.



الشكل (١): يوضح تكون الظل والمنظور

**جهاز إسقاط الصور (البروجكتر):** تنفذ أشعة ضوئية قوية من خلال الصورة الشفافة عبر عدسة تجمعها على مرآة، ثم تعكسها باتجاه الشاشة لتتكون صورة حقيقية مكبرة على سطح الشاشة.

**ألعاب الظل:** لعل بعضنا قد مارس عملية إسقاط ظل اليد على الحائط مع جعل الأصابع في أوضاع معينة لتكوين أشكال طريفة لطيور أو حيوانات.



الشكل (٢): يوضح أسقاط ظل اليد

## أنواع الإسقاط حسب زاوية النظر:

تختلف طرق الإسقاط تبعاً لاتجاه تسليط أشعة النظر بالنسبة إلى مستوى الإسقاط:

١. الإسقاط المائل (Oblique Projection): تخرج فيه أشعة الإسقاط متوازية من الجسم، ولكنها تسقط بزواوية مائلة (غير قائمة) على مستوى الإسقاط. الإسقاط التصويري / المنظور المركزي (Perspective): تنطلق فيه أشعة النظر من مركز محدد (عين الناظر أو مركز الرؤية) لتلتقي في نقطة تلاحش؛ مما يجعل الخطوط المتوازية تبدو وكأنها تلتقي في الأفق. الإسقاط المتعامد (Orthographic Projection): تكون فيه أشعة النظر وأعمدة الإسقاط متوازية فيما بينها، وتصنع زاوية قائمة مقدارها  $90^\circ$  مع مستوى الإسقاط.

### نشاط (١): تجربة «مصباح الهاتف الذكي والبطاقات» (داخل الغرفة الصافية)

الهدف: معاينة الفرق عملياً بين الإسقاط المتشتت (المركزي) والإسقاط المتوازي (العمودي).

الأدوات: بطاقة مستطيلة من الكرتون ( $15 \times 10$  cm)، مصباح هاتف، ورقة بيضاء مثبتة على الحائط، مسطرة.

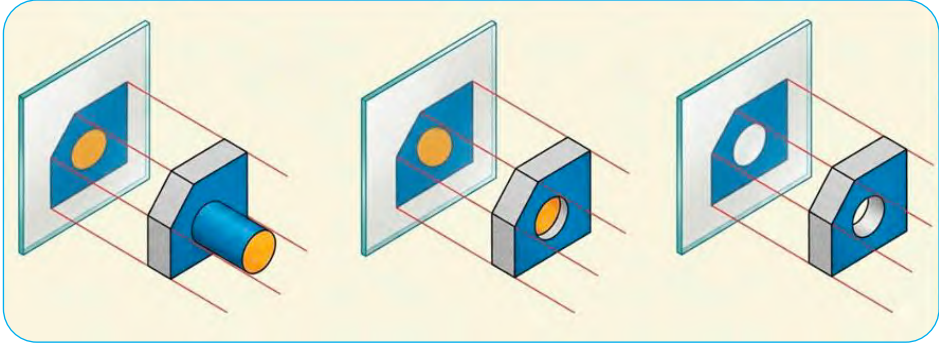
الخطوات: وجه مصباح الهاتف إلى الورقة على الحائط، وضع البطاقة في المنتصف. لاحظ حجم الظل (ستجده مكبراً ومشوش الأطراف).

الآن، لتوليد إسقاط (شبه متوازي)، ابتعد بالمصباح جداً إلى خلف الغرفة مع الحفاظ على البطاقة قريبة جداً من الحائط (مستوى الإسقاط). احسب طول الظل وقارنه بالطول الحقيقي للبطاقة.

قم بإمالة البطاقة بزاوية  $45^\circ$  وراقب كيف ينكمش الظل على الحائط، ثم اجعلها عمودية تماماً على الحائط وراقب كيف يتحول الظل إلى (خط مستقيم).

## الإسقاط العمودي

الإسقاط العمودي (أو المتعامد) هو النظام الأساسي واللغة العالمية المستخدمة في الرسم الهندسي والصناعي. تكمن أهميته في قدرته على تحويل الأجسام ثلاثية الأبعاد إلى مساقط ثنائية الأبعاد بدقة متناهية، مما يسمح للمصممين والمهندسين بنقل الأبعاد والخطوط الحقيقية إلى ورش التصنيع دون أي تشويه بصري. في الرسم الهندسي، نحن نتخيل أن أشعة تمر على الجسم وتسقط صورته بكل تفاصيله على ورقة الرسم. ولكي تكون الصورة (المسقط) مطابقة تماماً لأبعاد الجسم دون تكبير أو تشويه، يجب أن تكون أشعة الإسقاط متوازية وعمودية تماماً على ورقة الرسم، ومن هنا جاءت تسمية (الإسقاط العمودي).



الشكل (٣): يوضح تخيل سقوط أشعة مرت بالجسم على ورقة الرسم

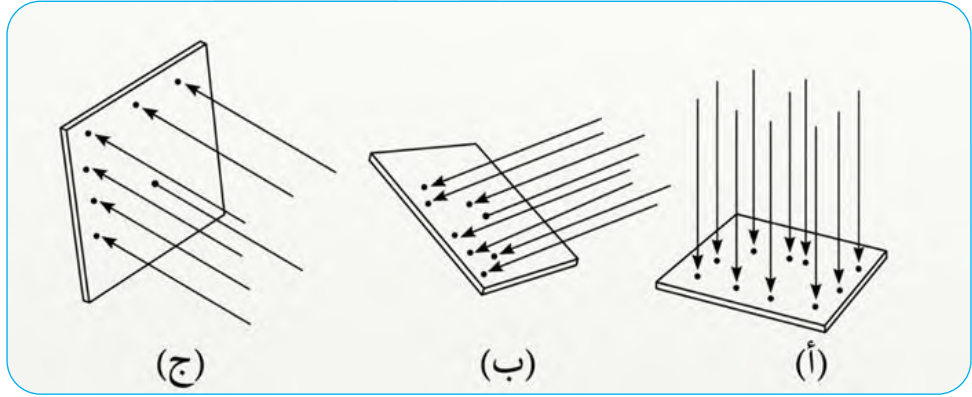
### المفهوم الهندسي لنظرية الإسقاط العمودي:

تقوم نظرية الإسقاط العمودي على فرضية أساسية: (أشعة النظر (أو خطوط الإسقاط) تنطلق من حواف الجسم متوازية فيما بينها، وتسقط بزوايا قائمة مقدارها  $90^\circ$  على مستوى الإسقاط).

### بعض المبادئ الأساسية للإسقاط العمودي:

قبل الاسترسال في دراسة المساقط المختلفة للأجسام، يجب أن نتعرف على المبادئ الأساسية للإسقاط العمودي من خلال دراسة إسقاط الخط المستقيم والمستوى في أوضاع مختلفة.

أشعة الإسقاط تكون عمودية دائماً على مستوى الإسقاط (الورقة التي ترسم عليها) أي كان وضع هذا المستوى في الفراغ (أفقياً، أو مائلاً، أو رأسياً). سواء كان مستوى الإسقاط أفقياً كما في الشكل (٤-أ) أو مائلاً الشكل (٤-ب) أو رأسياً الشكل (٤-ج).



الشكل (٤): يوضح مستويات الإسقاط المختلفة وبناءً على هذه القاعدة، نستنتج أولاً أن: مستوى إسقاط المستقيم العمودي على مستوى الإسقاط يظهر كـ (نقطة).

**أ. إسقاط الخطوط المستقيمة:**

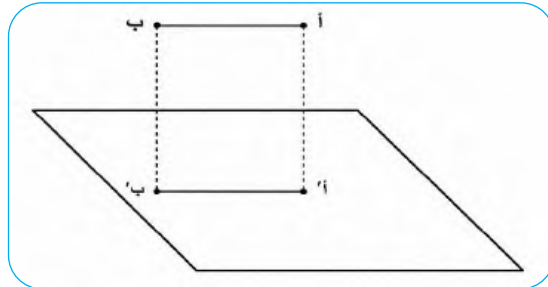
١. إسقاط خط مستقيم يوازي مستوى الإسقاط :

أسقط المستقيم (أ ب) الذي طوله ٤ سم على المستوى الأفقي؛ إذا علمت أن المستقيم خارج عن المستوى وموازي له.

**خطوات العمل :**

- أرسم المستقيم (أ ب) بالطول المعلوم خارجاً عن المستوى الأفقي.
- أسقط شعاعاً عمودياً على كل من النقطتين (أ، ب) في المسارين حتى أ، ب على المستوى الأفقي كما مبين.

- صل أ'، ب' لتحصل على إسقاط الخط المستقيم (أ' ب').



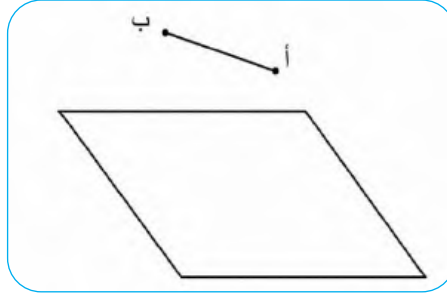
الشكل (٥): المسقط مساوياً في طوله للمستقيم وموازيًا له

يلاحظ في هذه الحالة أن المستقيم (أ ب) مواز للمستوى، لذلك يظهر بطوله الحقيقي (أ ب) عند الإسقاط على المستوى الأفقي.  
النتيجة: يكون المسقط مساوياً في طوله الحقيقي للمستقيم وموازياً له.

## ٢. إسقاط خط مستقيم مائل على مستوى الإسقاط:

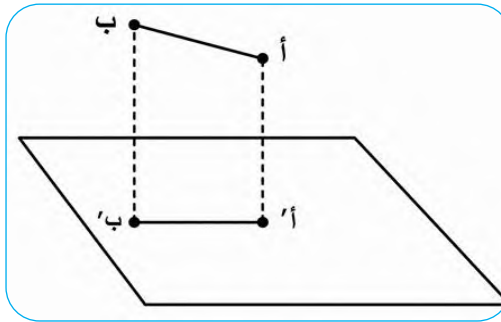
اسقط المستقيم المائل (أ ب) الذي طوله ٤ سم على المستوى الأفقي إذا علمت أن المستقيم (أ ب) خارج عن المستوى الأفقي.  
خطوات العمل:

(١) ارسم الخط (أ ب) حسب ميله خارجاً عن المستوى.



(٢) اسقط شعاعاً عمودياً من كل من النقطتين (أ ، ب) على المسار العمودي حتى (أ' ، ب').

(٣) صل أ' ، ب' لتحصل على إسقاط المستقيم (أ ب).



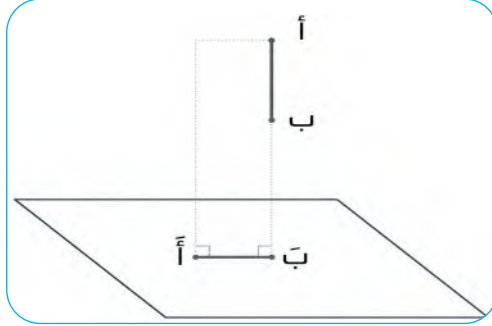
الشكل (٦): طول المسقط أقل من طول المستقيم ولا يوازيه  
يلاحظ في هذه الحالة أن طول المستقيم (أ' ب') أقل من الطول الحقيقي للمستقيم (أ ب) ذلك لأن المستقيم (أ ب) مائلاً وخارجاً عن المستوى.  
النتيجة: يُلاحظ أن طول المسقط (أ' ب') يكون أقل من الطول الأصلي الفعلي للمستقيم أ ب ولا يوازيه (يسمى الطول المسقط أو المختزل).

### ٣. إسقاط خط مستقيم عمودي على مستوى الإسقاط:

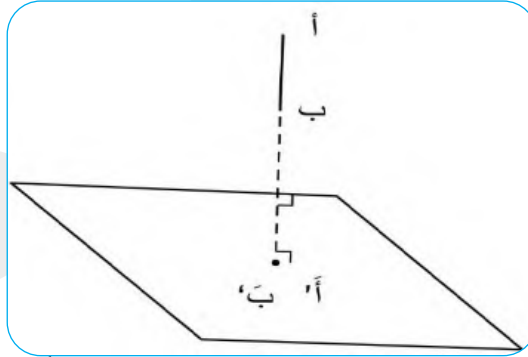
أسقط المستقيم القائم (أ ب) الذي طوله (٤ سم) على المستوى الأفقي إذا علمت أنه يقع خارجاً عنه.

#### خطوات العمل :

- ارسم المستقيم (أ ب) عمودياً بالطول المعلوم خارج المستوى.



- اسقط شعاعاً عمودياً على (أ) ماراً على المسار (أ ب) حتى المستوى ويظهر في هذه الحالة المستقيم (أ ب) على المستوى نقطة واحدة فقط نسميها (أ' ب')



الشكل (٧): يختزل المسقط تماماً

النتيجة: يختزل مسقطه تماماً ويظهر على شكل نقطة واحدة (نقطة اختراق المستقيم للمستوى).

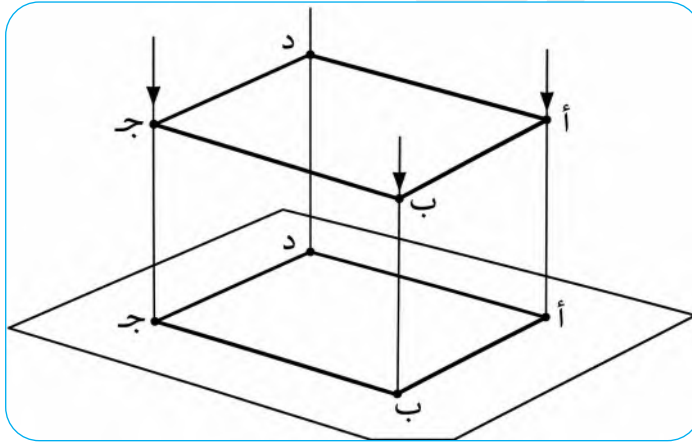
### ب. إسقاط السطوح المستوية:

#### ١. إسقاط سطح يوازي مستوى الإسقاط:

أسقط المستطيل (أ ب ج د) على المستوى الأفقي؛ إذا علمت المستطيل أ ب ج د موازٍ لمستوى الإسقاط وخارجاً عنه.

### خطوات العمل :

- ارسم المستطيل (أ ب ج د).
- أسقط أشعة عمودية من النقاط (أ، ب، ج، د) على المستوى الأفقي.
- حدد النقطة أ على الشعاع المسقط من النقطة أ، والنقطة ب على الشعاع المسقط من النقطة ب.
- صل أ ب بخط مواز للضلع (أ ب).
- من النقطة ب ارسم خطاً موازياً للضلع (ب ج) حتى يتقاطع مع الشعاع المسقط من النقطة ج في النقطة ج.
- من النقطة أ ارسم خطاً موازياً للضلع (أ د) حتى يتقاطع مع الشعاع المسقط من النقطة د في النقطة د.
- صل النقاط أ، ب، ج، د بالترتيب لتحصل على الإسقاط (أ ب ج د) للمستطيل.



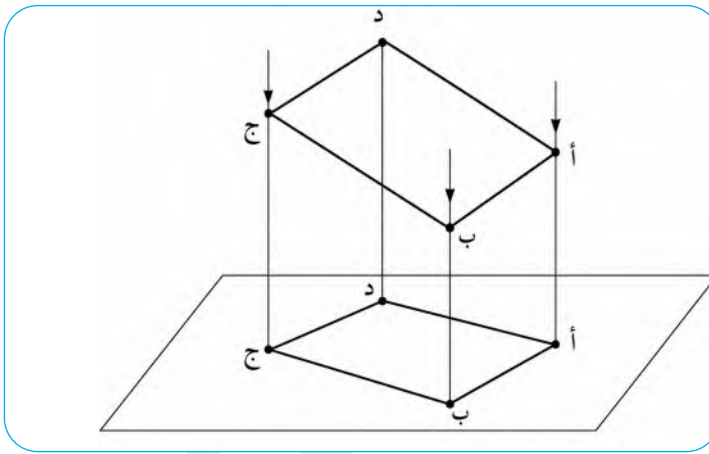
الشكل (٨)

النتيجة: أي سطح يوازي مستوى الإسقاط يكون مسقطه موازياً ومساوياً له.

### ٢. إسقاط سطح مائل على مستوى الإسقاط:

- ارسم المستطيل (أ ب ج د) في وضع مائل بالنسبة لمستوى الإسقاط الأفقي.
- أسقط أشعة عمودية من رؤوس المستطيل (أ، ب، ج، د) على مستوى الإسقاط.
- حدد النقطة أ على الشعاع المسقط من النقطة أ، والنقطة ب على الشعاع المسقط من النقطة ب.

- صل النقطتين أ و ب للحصول على إسقاط الضلع (أ ب).
- من النقطة ب ارسم خطاً موازياً لإسقاط الضلع (ب ج) حتى يتقاطع مع الشعاع المسقط من النقطة ج في النقطة د.
- من النقطة أ ارسم خطاً موازياً لإسقاط الضلع (أ د) حتى يتقاطع مع الشعاع المسقط من النقطة د في النقطة د.
- صل النقاط (أ، ب، ج، د) بالترتيب لتحصل على الإسقاط الأفقي للمستطيل.



الشكل (٩)

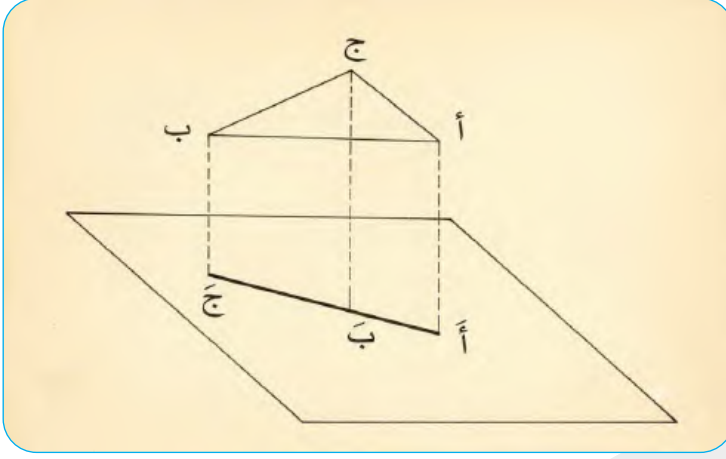
النتيجة: في جميع الحالات، يكون مسقط السطح المائل أقل في المساحة من السطح الأصلي الفعلي (يحدث له انكماش ظاهري في اتجاه الميل).

### ٣. إسقاط سطح متعامد مع مستوى الإسقاط:

اسقط المثلث أ ب ج على المستوى الأفقي إذا علمت أن المثلث أ ب ج خارج عن مستوى الإسقاط ومتعامد عليه كما مبين في الشكل.

#### خطوات العمل :

- ارسم المثلث أ ب ج خارجاً عن المستوى.
- اسقط شعاعاً من النقاط أ، ب، ج حتى أ'، ب'، ج'.
- بما أن المثلث أ ب ج متعامد على مستوى الإسقاط فإنه عند إسقاطه على المستوى الأفقي يظهر خطاً مستقيماً فقط مُمثلاً في الخط المستقيم أ' ج' ب'.



الشكل (١٠)

النتيجة: أن مسقط أي سطح متعامد مع مستوى الإسقاط يكون خطاً مستقيماً.  
قواعد الإسقاط الأساسية

لضمان الدقة في الرسم الهندسي، يجب حفظ وتطبيق القواعد التالية التي تحكم كيفية ظهور الخطوط والسطوح على مستوى الإسقاط بناءً على وضعها في الفراغ:

| ملاحظات هامة                         | شكل المسقط على الورقة           | وضع الجسم في الفراغ     |
|--------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| لا يحدث أي تشويه أو اختزال.          | يظهر بطوله / شكله الحقيقي       | موازٍ لمستوى الإسقاط    |
| كلما زادت زاوية الميل، زاد الاختزال. | يظهر مختزلاً (أقصر من الحقيقي)  | مائل على مستوى الإسقاط  |
| يختفي البعد الثالث تماماً            | يظهر كنقطة (للخط) أو خط (للسطح) | عمودي على مستوى الإسقاط |

### معلومة إثرائية: معايير الرسم الهندسية العالمية (ISO vs ANSI):

في عالم الصناعة، لا يتم رسم المساقط بشكل عشوائي، بل هناك نظامان عالميان يحددان مكان وضع المساقط الثلاثة (الرأسي، الأفقي، الجانبي) على اللوحة:

- نظام الزاوية الزوجية الأولى (First-Angle Projection): يُستخدم بكثرة في أوروبا والدول العربية (وفق مواصفات ISO)، وفيه يتخيل الرسام أن الجسم يقع بين الناظر ومستوى الإسقاط (المسقط الأفقي يكون تحت المسقط الرأسي).
- نظام الزاوية الزوجية الثالثة (Third-Angle Projection): يُستخدم في أمريكا الشمالية واليابان (وفق مواصفات ANSI)، وفيه يكون مستوى الإسقاط بين الناظر والجسم (المسقط الأفقي يكون فوق المسقط الرأسي).

### تدريب:

أ. اختر الإجابة الصحيحة مما يلي:

١. إذا كان لدينا خط مستقيم طوله الحقيقي 10 cm وكان مائلاً على مستوى الإسقاط، فإن طول مسقطه يكون:

(أ) أكبر من 10 cm (ب) مساوياً لـ 10 cm (ج) أقل من 10 cm (د) صفر

٢. مسقط السطح الدائري (مثل عملة معدنية) إذا كان موازياً تماماً لمستوى الإسقاط يظهر على شكل:

(أ) خط مستقيم (ب) دائرة مطابقة تماماً

(ج) شكل بيضاوي منكمش (د) نقطة

(ب) ضع علامة (✓) أو (X) أمام العبارات التالية:

١. أشعة الإسقاط في المنظور الأيزومتري تكون متوازية وعمودية على مستوى الرسم. ( )

٢. عندما يسقط مستوى عمودياً على ورقة الرسم، فإن مسقطه يختزل ليصبح خطاً مستقيماً. ( )

٣. تستخدم خطوط الإسقاط المتشعبة (مثل إضاءة السيارة) في إعداد اللوحات التنفيذية للمصانع. ( )

## المسقط الأمامي وتطبيقاته

### نظام المساقط الثلاثة الأساسية:

بما أن المسقط الواحد يوضح بُعدين فقط من أبعاد الجسم (مثل الطول والارتفاع)، فإننا نحتاج هندسياً إلى ثلاثة مساقط أساسية متعامدة تبادلياً لوصف أي مجسم ثلاثي الأبعاد بشكل كامل:

- **المسقط الرأسي (الأمامي):** يظهر الطول والارتفاع.
- **المسقط الأفقي (العلوي):** يظهر الطول والعرض.
- **المسقط الجانبي:** يظهر العرض والارتفاع.

### المسقط الأمامي (المسقط الرأسي):

المسقط الأمامي هو الرسم الناتج عن إسقاط الجسم على مستوى رأسي باستخدام أشعة إسقاط متوازية تمر من الجهة الأمامية للجسم. تكون أشعة الإسقاط:

- موازية لمحور العرض.

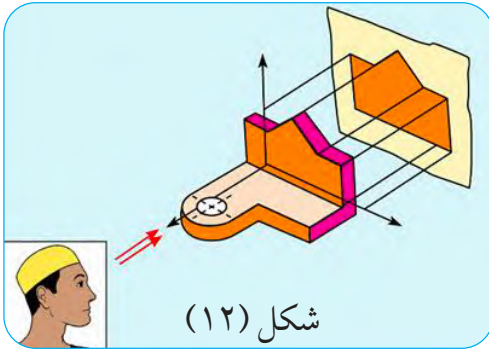
- عمودية على محوري الطول والارتفاع.

أما مستوى الإسقاط فيكون رأسياً، ويمثل المستوى المكوّن من محوري الطول والارتفاع.

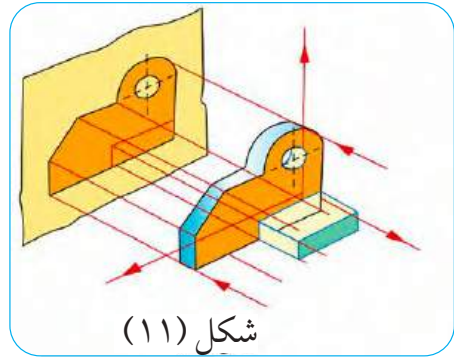
ويعرف المسقط الأمامي أيضاً باسم المنظر الأمامي؛ لأنه يمثل الشكل الذي نراه عند النظر مباشرة إلى الوجه الأمامي للجسم في اتجاه عمودي على مستوى الإسقاط الرأسي.

شكل (١١): توضيح اتجاه أشعة الإسقاط على المستوى الرأسي.

شكل (١٢): الحصول على المسقط الأمامي للجسم.



شكل (١٢)



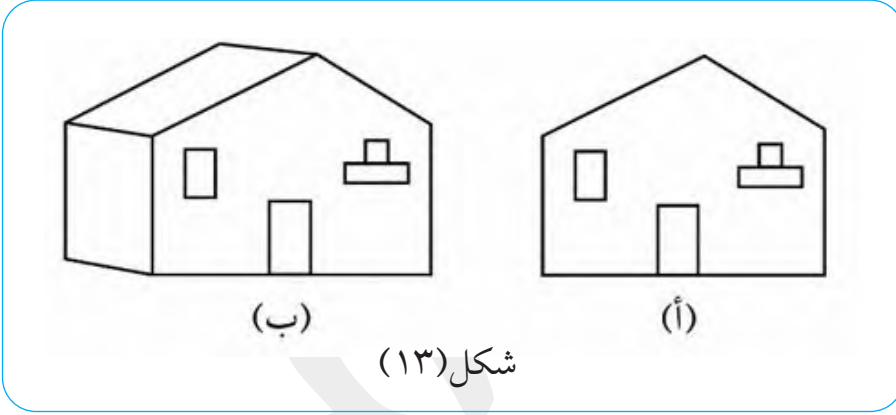
شكل (١١)

## المسقط الأمامي في الحياة اليومية:

عندما يُطلب من طفل صغير رسم منزل ذي سقف مائل، فإنه غالباً يرسم الواجهة الأمامية فقط دون إظهار الجوانب، كما في الشكل (١٣-أ). وهذا الرسم يمثل المسقط الأمامي للمنزل. أما الطفل الأكبر سنّاً فقد يحاول إظهار الجوانب أيضاً، كما في الشكل (١٣-ب)، وهو رسم أقرب إلى المنظور منه إلى المسقط الهندسي. شكل (١٣):

(أ) رسم يمثل المسقط الأمامي.

(ب) رسم يُظهر الواجهة وبعض الجوانب.



## دراسة تفصيلية للإسقاط على المستوى الرأسي:

بما أن الأجسام المجسمة تحددها سطوح، والسطوح تحددها خطوط، فإن إسقاط أي جسم يتطلب منا فهم كيفية إسقاط الخطوط والسطوح المكونة له على المستوى الرأسي.

### أولاً: إسقاط سطح أفقي على المستوى الرسي للأسقاط

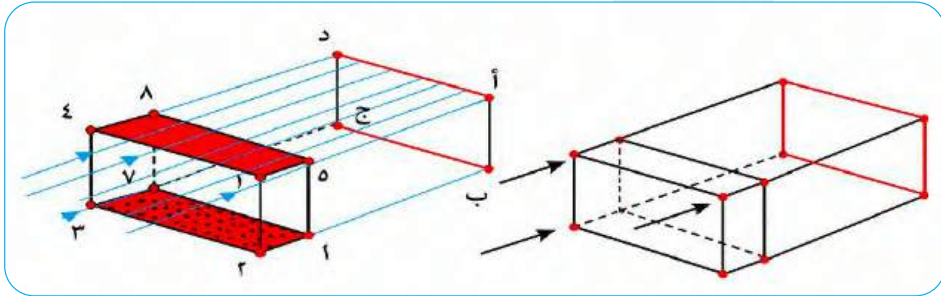
تطبيق عملي: إسقاط متوازي المستطيلات

لنفترض أن لدينا جسماً على شكل متوازي مستطيلات، وقُمت بترقيم أركانه (رؤوسه) من ١ إلى ٨. عند النظر إليه من الأمام، سيتكون مسقطه الأمامي على شكل المستطيل (أ ب ج د).

من خلال هذا النموذج، نستنتج هندسياً كيفية تشكّل النقاط والخطوط:

### ١. إسقاط الخطوط العمودية (تظهر كـ «نقاط»):

- النقطة (أ) على لوحة الرسم هي في الواقع مسقط النقطتين (١) و (٥) المنطبتين فوق بعضهما في اتجاه النظر، وهي أيضاً مسقط الخط المستقيم الحقيقي (١ - ٥) الناتج عن تقاطع السطح الجانبي مع السطح العلوي.
- وبالمثل النقطة (ب) هي مسقط المستقيم الحقيقي (٢ - ٦)، النقطة (د) هي مسقط المستقيم الحقيقي (٤ - ٨) و النقطة (ج) هي مسقط المستقيم المخفي الحقيقي (٣ - ٧).
- القاعدة: كل هذه المستقيمات في الواقع عمودية على مستوى الإسقاط الرأسي، ولذلك يظهر مسقط كل منها عبارة عن نقطة.



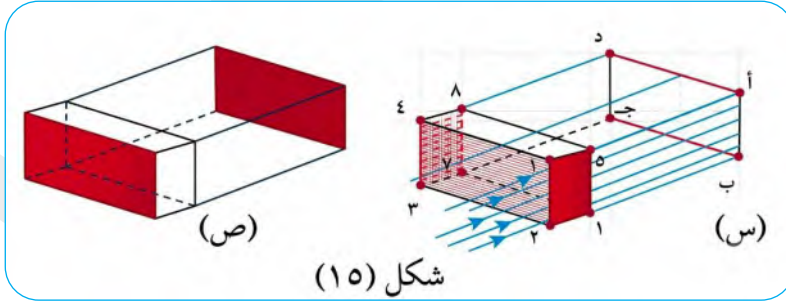
شكل (١٤)

### ٢. إسقاط السطوح الأفقية (تظهر كـ «خطوط»):

- بما أن النقطة (أ) هي مسقط النقطة (٥)، والنقطة (د) هي مسقط النقطة (٨)، فإن الخط المستقيم (أد) على لوحة الرسم هو مسقط المستقيم الحقيقي (٥ - ٨). بالتعبية، فإن الخط (أ د) هو أيضاً مسقط السطح العلوي الأفقي بالكامل وهو المستطيل (١ - ٤ - ٨ - ٥)، كما أنه مسقط القطرين الداخليين لهذا السطح (١ - ٤) و (٥ - ٨).
- وبالمثل، فإن الخط السفلي (ب ج) هو مسقط السطح السفلي الأفقي لمتوازي المستطيلات وهو (١ - ٢ - ٦ - ٣).

### ثانياً: إسقاط سطح رأسي عمودي على مستوى الإسقاط الرأسي

- من خلال تحليل الشكل (١٥) وعلى نفس المنوال الإسقاطي، نجد أن الخط (أ ب) يُمثل مسقط السطح الجانبي الأيمن (١ - ٢ - ٦ - ٣)، وهو سطح رأسي يتعامد تماماً على مستوى الإسقاط الرأسي.



شكل (١٥)

تتوزع تفاصيل هذا الإسقاط كالتالي:

مسقط الخطوط الرأسية: الخط (أ ب) هو محصلة إسقاط الخطوط الرأسية (١-٢) و (٥-٦).

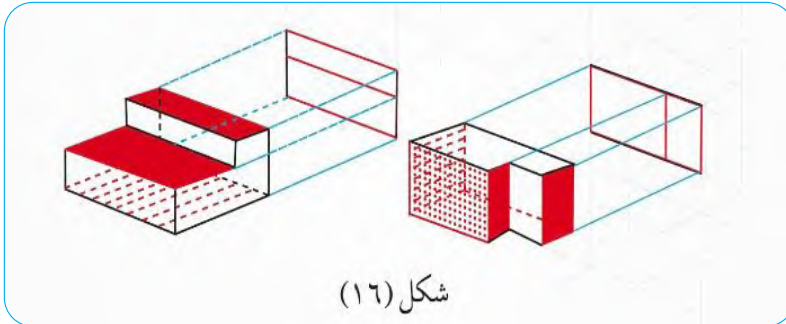
مسقط الخطوط المائلة (الأقطار): الخط (أ ب) هو أيضاً مسقط القطرين (١-٦) و (٢-٥)، ولكنه يظهر بطول حقيقي أقل من طولهما الفعلي (نتيجة الميل).

بناءً على ما سبق، يمكننا استنتاج القواعد الهندسية التالية:

- مسقط السطح الرأسي العمودي على مستوى الإسقاط الرأسي يظهر دائماً على شكل خط مستقيم رأسي.
- مسقط الخط الرأسي الموازي لمستوى الإسقاط يظهر على شكل خط رأسي مساوٍ له تماماً في الطول الحقيقي.
- مسقط أي خط مائل واقع في مستوى رأسي عمودي على مستوى الإسقاط يظهر كخط رأسي أقصر من الخط الأصلي (وليس أفقياً، نظراً لكون المستوى الحاضن له رأسياً عمودياً).

### تطبيقات عملية:

يوضح لنا الشكل (١٦) المساقط الأمامية لجسمين يحتويان على أسطح متعددة عمودية على مستوى الإسقاط الرأسي (سواء كانت أسطحاً رأسية أو أفقية)، وكيف تظهر هذه الأسطح كخطوط مستقيمة بناءً على زاوية رؤية أشعة الإسقاط.



شكل (١٦)

بناءً على التحليل السابق، يمكننا استنتاج القواعد الهندسية الأربعة التالية:

| الحالة الهندسية في الفراغ                | شكل المسقط على المستوى الرأسي | الخصائص والأبعاد                       |
|------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|
| ١. السطح الأفقي                          | خط مستقيم أفقي                | ينكمش السطح بالكامل ليصبح خطاً         |
| ٢. الخط الأفقي الموازي لمستوى الإسقاط    | خط مستقيم أفقي                | يظهر بطوله الحقيقي الكامل دون تشويه    |
| ٣. الخط الأفقي المائل على مستوى الإسقاط  | خط مستقيم أفقي                | يظهر بطول أقصر من طوله الحقيقي (مختزل) |
| ٤. الخط الأفقي العمودي على مستوى الإسقاط | نقطة                          | تنطبق بدايته على نهايته تماماً         |

### تطبيق عملي: ماذا يخبرك الخط داخل المسقط؟

عندما ترى خطاً أو مساحة داخل حدود المسقط، لا تفترض أنها مجرد خطوط، بل هي لغة هندسية؛ تخبرك بالتالي:

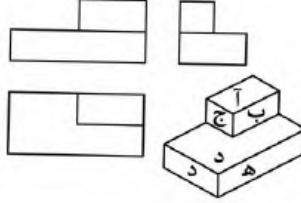
**إذا رأيت خطاً متصلاً:** فهو يفصل بين سطحين مختلفين (سواء كانا مائلين، أو سطحاً أسطوانياً، أو تقاطع مستويات).

**إذا رأيت خطاً متقطعاً (Hidden Line):** فهو يخبرك بوجود تفصيل مخفي (ثقب، تجويف، أو حافة خلفية) لا تراه عينك مباشرة من اتجاه النظر الحالي.

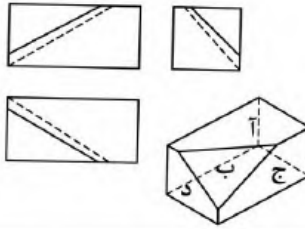
**القاعدة:** وجود مساحة داخلية في المسقط يعني دائماً وجود تغير في المستوى (سطح بارز أو غائر).

### تمرين:

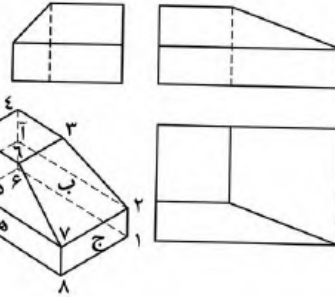
الحروف المعاطاة تمثل مستويات أسطح على الرسم الإيزومتري.  
و الأرقام تمثل الحواف والأركان المطلوب وضعها في المساقط للأشكال التالية.



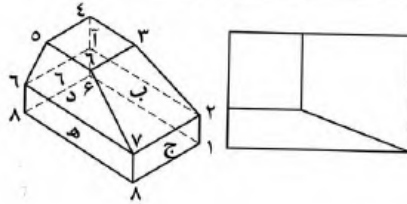
١



٢



٣

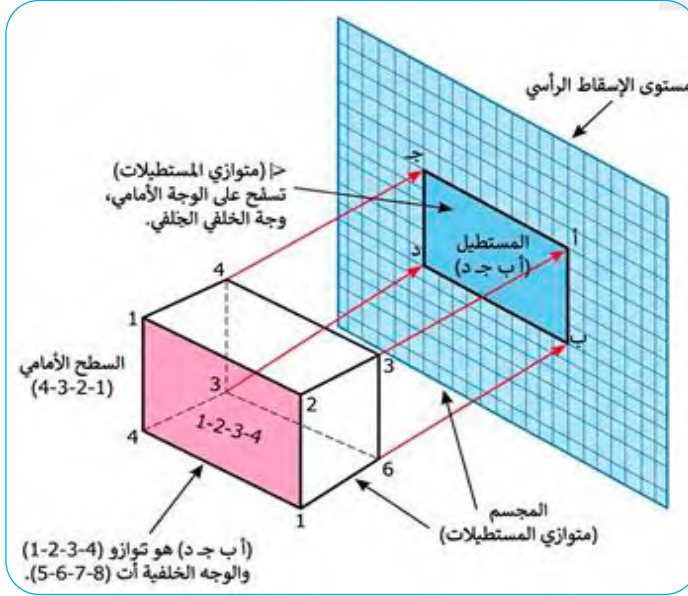


### تقويم:

١. ما المقصود بالمسقط الأمامي؟
٢. لماذا يظهر الخط العمودي على مستوى الإسقاط كنقطة؟
٣. ما شكل مسقط السطح الأفقي على المستوى الرأسي؟
٤. ما شكل مسقط السطح الرأسي العمودي على مستوى الإسقاط الرأسي؟
٥. متى يظهر الخط بطوله الحقيقي في المسقط الأمامي؟
٦. فسر سبب ظهور بعض الخطوط أقصر من أطوالها الحقيقية في المساقط.

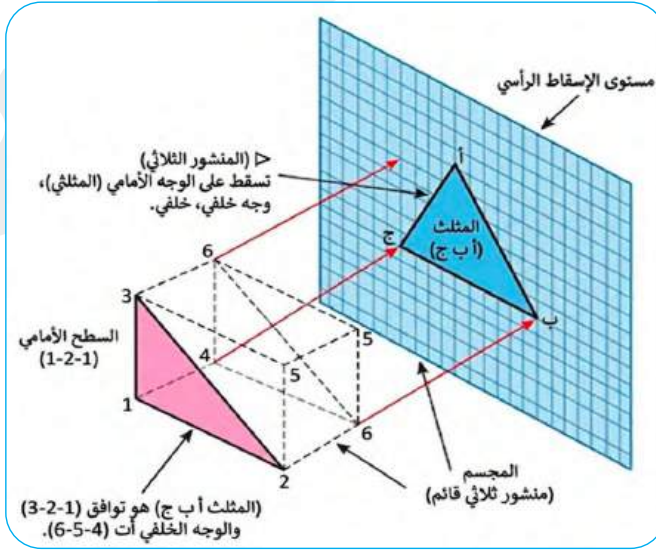
### ثالثاً: إسقاط سطح يوازي مستوى الإسقاط الرأسي

يوضح الشكل (١٧) أن المستطيل (أ ب ج د) لا يمثل فقط إسقاط مجموعة من الخطوط أو المستقيمات، بل يمثل أيضاً إسقاط السطح الأمامي (١-٢-٣-٤) والسطح الخلفي (٥-٦-٧-٨) لمتوازي المستطيلات. وبما أن هذين السطحين موازيان لمستوى الإسقاط الرأسي، فإن مسقطيهما يكون مطابقاً لهما تماماً في الشكل، الأبعاد والمساحة. كما أن جميع أضلاع وأقطار المستطيل (أ ب ج د) تكون موازية ومساوية للأضلاع والأقطار المناظرة لها في الوجه الأمامي للجسم.



الشكل (١٧)

- ولا يقتصر هذا الأمر على متوازي المستطيلات فقط، بل ينطبق على جميع الأجسام التي تحتوي على أسطح موازية لمستوى الإسقاط.
- إذا كان الوجه الموازي لمستوى الإسقاط مستطيلاً، ظهر في المسقط مستطيلاً مطابقاً له.
- إذا كان الوجه دائرة، كما في الأسطوانة المواجهة لمستوى الإسقاط، ظهر في المسقط دائرة مطابقة له.
- إذا كان الوجه مثلثاً، كما في المنشور الثلاثي، ظهر في المسقط مثلثاً مطابقاً له.



الشكل (١٨)

### النتيجة:

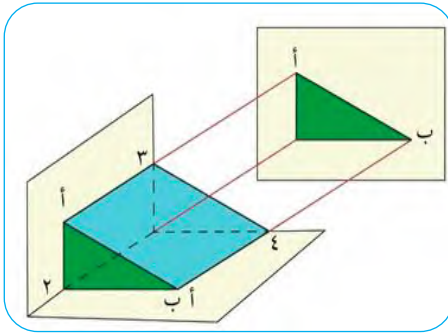
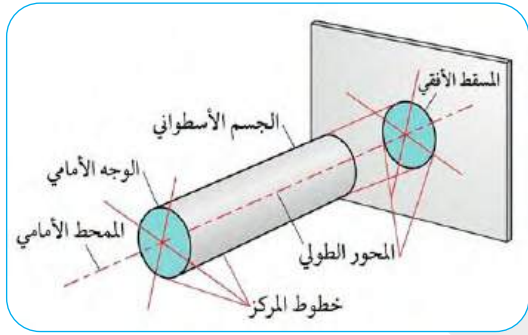
- مسقط السطح الموازي لمستوى الإسقاط الرأسي يكون مطابقاً له تماماً في الشكل والأبعاد.
- مسقط أي خط يقع في مستوى موازٍ لمستوى الإسقاط يكون مساوياً لطوله الحقيقي وموازياً له.

### رابعاً: إسقاط سطح مائل عمودي على مستوى الإسقاط الرأسي

ليس من الضروري أن تكون الأسطح العمودية على مستوى الإسقاط أفقية أو رأسية فقط، بل يمكن أن تكون مائلة بالنسبة للمستويين الأفقي والجانبى، مع بقائها عمودية على مستوى الإسقاط الرأسي.

يوضح الشكل (١٩) سطحاً مائلاً (١-٢-٣-٤) عمودياً على مستوى الإسقاط الرأسي.

في هذه الحالة يظهر المسقط الأمامي للسطح على هيئة خط مستقيم (أ ب)، لأن السطح يُرى من الحافة عند النظر إليه عمودياً على مستوى الإسقاط.



**النتيجة:** مسقط أي سطح مستو عمودي على مستوى الإسقاط الرأسى يكون خطاً مستقيماً مهما كان ميله.

### خامساً: إسقاط الأسطح المائلة على مستوى الإسقاط الرأسى

يبين الشكل (١٩) سطحاً مائلاً (أ ب ج د) بالنسبة لمستوى الإسقاط الرأسى. لرسم مسقط هذا السطح يتم أولاً إسقاط رؤوسه:

- أ ← أ<sup>-</sup>
- ب ← ب<sup>-</sup>
- ج ← ج<sup>-</sup>
- د ← د<sup>-</sup>

ثم توصل هذه النقاط بالترتيب للحصول على المسقط:

أ<sup>-</sup> ب<sup>-</sup> ج<sup>-</sup> د<sup>-</sup>

نلاحظ أن:

- طول الضلعين أ<sup>-</sup> د<sup>-</sup> و ب<sup>-</sup> ج<sup>-</sup> مساوياً لطول الضلعين الحقيقيين أ د و ب ج؛ لأنها موازيان لمستوى الإسقاط.
- أما الضلعان أ<sup>-</sup> ب<sup>-</sup> و د<sup>-</sup> ج<sup>-</sup> فيظهران أقصر من طولهما الحقيقي؛ لأنها مائلان على مستوى الإسقاط.
- لذلك فإن السطح المائل لا يظهر بأبعاده الحقيقية، بل يظهر مختصراً في الاتجاه المائل.

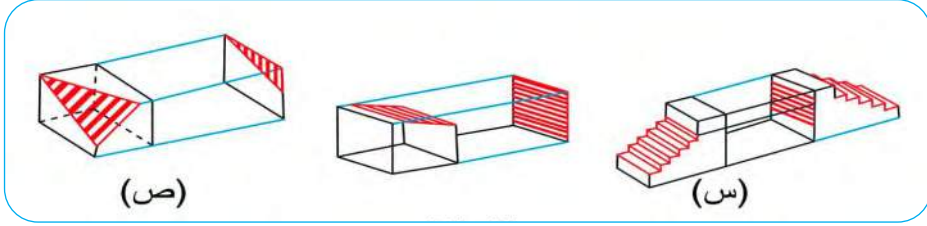
عند إسقاط المثلث (أ ب ج):

- نحدد مساقط رؤوسه أولاً.

- نوصل المساقط للحصول على المثلث (أ<sup>-</sup> ب<sup>-</sup> ج<sup>-</sup>).

ويلاحظ أن:

- أ- ب- أصغر من أ ب.
- أ- ج- أصغر من أ ج.
- ب- ج- يساوي ب ج إذا كان موازياً لمستوى الإسقاط.



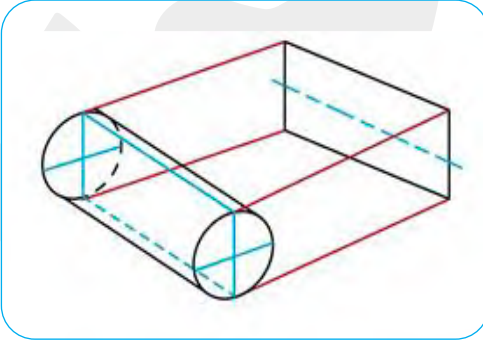
الشكل (١٩)

### النتيجة:

- الأبعاد الموازية لمستوى الإسقاط تظهر بطولها الحقيقي.
- الأبعاد المائلة على مستوى الإسقاط تظهر أقصر من أطوالها الحقيقية.
- سادساً: إسقاط الأسطح الأسطوانية والمنحنية
- تختلف الأسطح الأسطوانية والمنحنية عن الأسطح المستوية لأنها لا تُحدد بالكامل بخطوط مستقيمة.

### إسقاط الأسطوانة الأفقية:

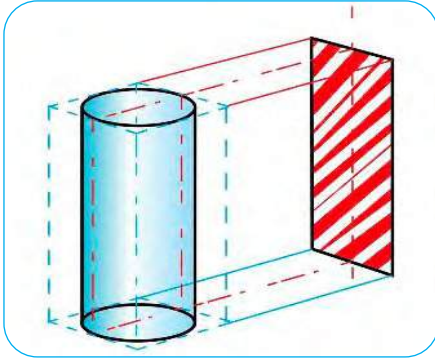
يوضح الشكل (٢٠) المسقط الأمامي لأسطوانة أفقية:  
نلاحظ أن:



الشكل (٢٠)

- المستقيم أ- ج- يمثل إسقاط أحد المولدين الجانبيين للأسطوانة.
- المستقيم ب- د- يمثل إسقاط المولد الجانبي المقابل.
- المستقيم أ ب يمثل المولد العلوي للأسطوانة.
- المستقيم ج د يمثل المولد السفلي للأسطوانة.

## إسقاط الأسطوانة الرأسية:



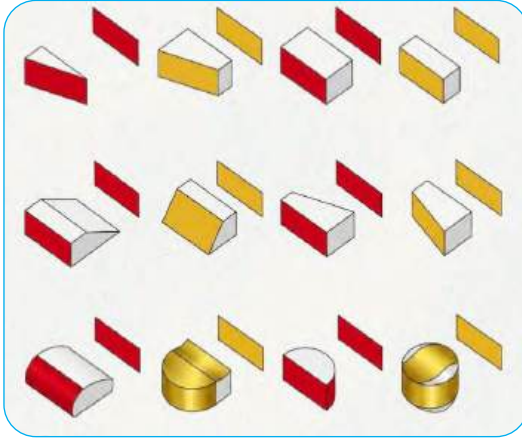
الشكل (٢١)

عندما توضع الأسطوانة رأسياً، فإن الخطين الظاهرين في المسقط يمثلان أقصى مولدين ظاهرين على جانبي الأسطوانة، وهما خطا التماس بين الأسطوانة والمنشور الرباعي المتخيل المحيط بها.

## الرسم الهندسي (المساقط والأسطح):

### أولاً: أمثلة للمسقط (المنظر) الأمامي لبعض الأجسام

يُظهر الشكل (٢٢) المسقط الأمامي لبعض الأجسام البسيطة؛ حيث يبدو المسقط على شكل مستطيل خالٍ من أي خطوط داخلية، ويرجع ذلك إلى أن الوجه الأمامي للجسم يتكون من سطح واحد مستوٍ، وإن اختلفت أبعاده أو أوضاعه.



الشكل (٢٢)

كما يوضح الشكل (٢٢) أيضاً المساقط الأمامية لبعض الأجسام الأكثر تعقيداً، والتي يتكون وجهها الأمامي من عدة أسطح في أوضاع مختلفة (رأسية أو مائلة). وتحدد هذه الأسطح في المسقط الأمامي خطوطاً رأسية أو أفقية تُظهر حدود كل سطح، وتبين المساقط الأمامية تماماً كما تُرسم على ورقة الرسم.

## ثانياً: دلالة الخطوط الداخلية في المسقط

عند قراءة المسقط الهندسي، فإن وجود أي خط داخلي يعني أن هذا الخط يفصل بين سطحين مختلفين. ووفقاً لـ الشكل (٢٣)، يمثل الخط في المسقط أحد الاحتمالين الآتين:

١. ركنًا ناتجاً عن تقاطع سطحين:

(أ) تقاطع سطحين مائلين.

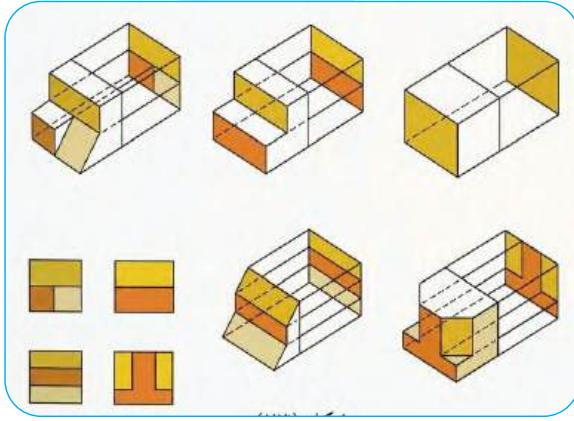
(ب) تقاطع سطح مستو رأسي مع سطح مائل.

(ج) تقاطع سطح رأسي مع سطح أسطواني.

(د) تقاطع سطح رأسي مع سطح كروي.

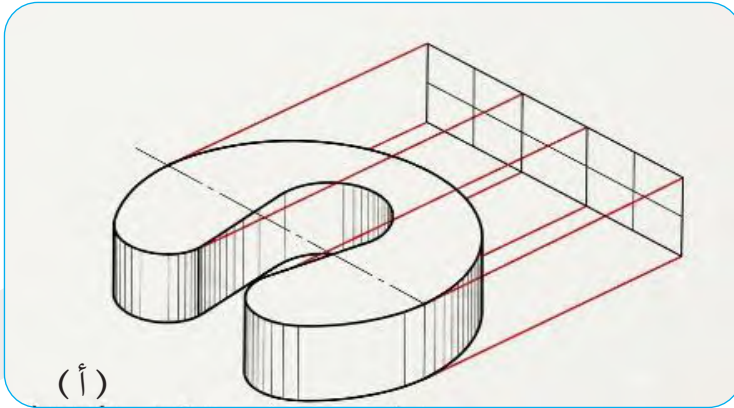
(هـ) تقاطع سطح رأسي مع سطح مخروطي... إلخ.

٢. الحد الأقصى للسطح المنحني (الخط الراسم):

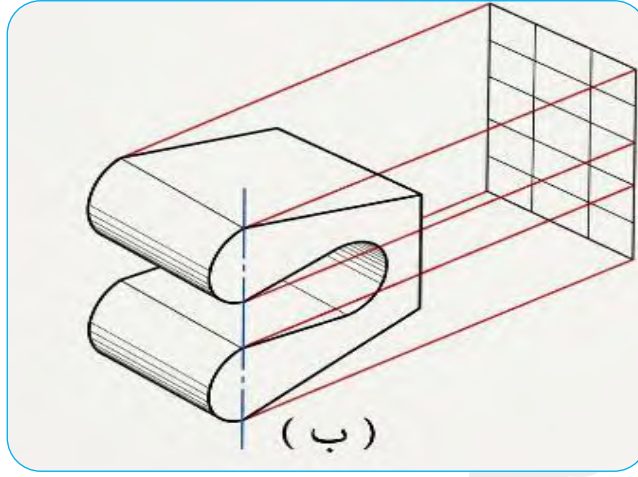


الشكل (٢٣)

يمثل الخط أقصى امتداد للسطح يوازي مستوى الإسقاط، كما هو موضح في الشكل (٢٤):



الشكل (٢٤ - أ): يمثل إسقاط سطح أسطواني (السطح الخارجي)، وإسقاط سطوح منحنية (السطح الداخلي).



الشكل (٢٤ - ب): يمثل جسماً ذو سطوح منحنية من الداخل والخارج معاً.

### ثالثاً: دلالة المساحات في المسقط

وجود مساحة محددة داخل المسقط يعني وجود مساحة مناظرة لها على الجسم الواقعي. وتصنف هذه المساحة حسب طبيعة السطح كالتالي:

سطح يوازي مستوى الإسقاط: وفي هذه الحالة يتشابه ويتساوى المسقط مع السطح الحقيقي تماماً (بالأبعاد الحقيقية).

سطح مائل أو منحنى: سواء كان هذا المنحنى مقعراً أم محدباً.

نستنتج الآتي:

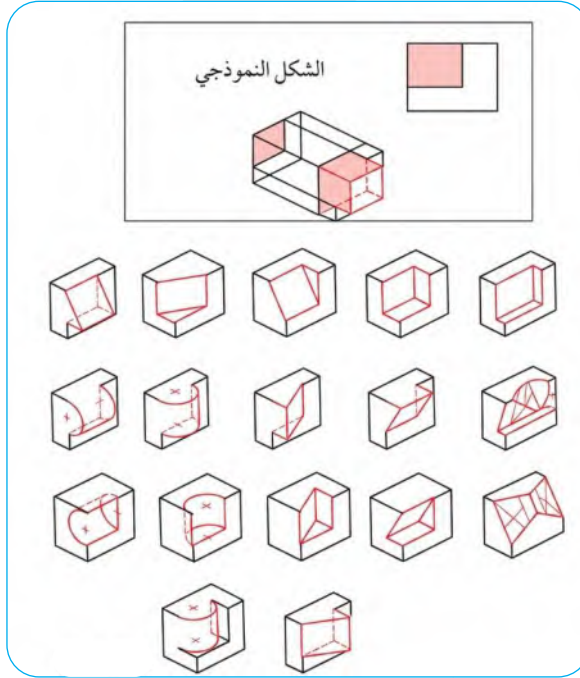
| نوع السطح                   | شكل المسقط على المستوى الرأسي      |
|-----------------------------|------------------------------------|
| سطح موازٍ لمستوى الإسقاط    | يظهر بشكله وأبعاده الحقيقية        |
| سطح عمودي على مستوى الإسقاط | يظهر خطاً مستقيماً                 |
| سطح مائل على مستوى الإسقاط  | يظهر مختصراً عن أبعاده الحقيقية    |
| سطح أسطوانى أو منحنى        | تحده خطوط التماس والمولدات الظاهرة |
| خط موازٍ لمستوى الإسقاط     | يظهر بطوله الحقيقي                 |
| خط مائل على مستوى الإسقاط   | يظهر أقصر من طوله الحقيقي          |

## مثال تطبيقي: قراءة الرسم الهندسي

المعطيات: يبين الشكل (٢٥) المسقط الأمامي لأحد الأجسام.

المطلوب: قراءة الرسم والتعرف على طبيعة شكل الجسم.

### الإجابة والتحليل:



١. الخطوط الخارجية للمسقط:

تدل على أن الشكل الخارجي للجسم عند النظر إليه في اتجاه الإسقاط الأمامي هو مربع.

٢. الخطوط الداخلية: يوجد

خطان داخل المسقط يحصران

مساحة مربعة الشكل. تعني هذه المساحة وجود سطح يختلف في مستواه عن باقي السطح الأمامي للجسم.

٣. الاحتمالات الهندسية لهذه المساحة: قد تكون هذه المساحة إسقاطاً لـ:

- سطح رأسي أو مائل بارز عن الجسم.
  - سطح رأسي أو مائل غائر (تجويف) في الجسم.
  - سطح محدب أو مقعر... إلخ، كما يوضحه الشكل (٢٥).
- ملاحظة: من الجائز أيضاً أن يمثل المربع الكبير سطحاً يتخذ أحد هذه الأشكال ويقع في خلفية السطح الصغير.

### نشاط:

- أستنتج المسقط الأمامي للأشكال الموضحة في الرسم السابق كما في النموذج داخل المستطيل.
- ماذا تلاحظ؟ قارن إجابتك بالإجابة في الشكل النموذجي.

## إسقاط الأسطح المخفية (الخطوط المخفية)

عند النظر إلى مجسم هندسي لرسم مسقطه الأمامي، قد تحجب بعض الأجزاء الأمامية أسطحاً أو تفاصيل تقع خلفها. في هذه الحالة، يتم التعامل مع الأجزاء المخفية وفق القواعد الهندسية التالية:

### تمثيل الأسطح المحجوبة:

يُرسَم الجزء المخفي من السطح (أو حوافه) باستخدام خطوط متقطعة (Hidden Lines)، وتكون هذه الخطوط أقل سُمكاً من الخطوط الظاهرية الخارجية للمسقط.

### حالة التداخل (شكل ٢٦ أ):

يوضح المسقط الأمامي للجسم حالة اختفاء جزء من السطح خلف المكعب الصغير، ولذلك تم تمثيل حدود هذا الجزء المخفي بخطوط متقطعة.

### حالة الانطباق أو التوازي

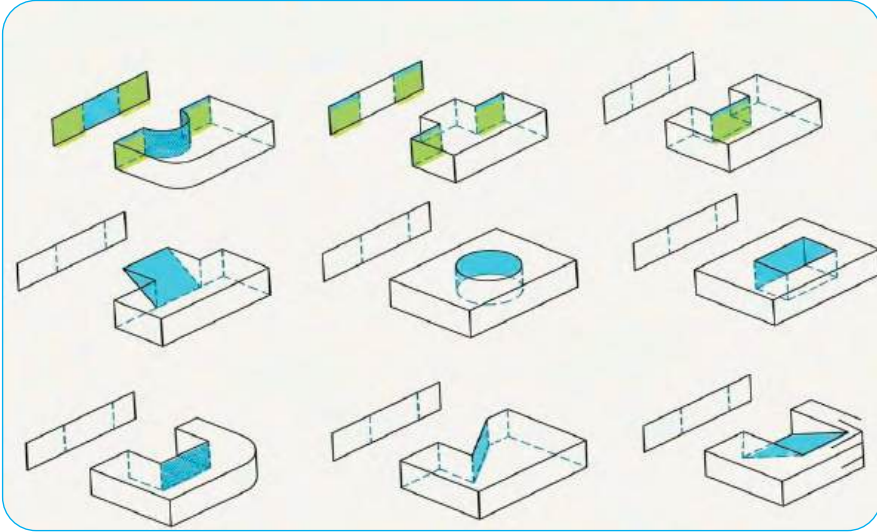
الممتد (شكل ٢٦ ب): إذا تخيلنا

تحرك المكعب الصغير العلوي قليلاً إلى الخلف في اتجاه عمق الرؤية، فإن مسقط مساحته الأمامية سينطبق تماماً على الخط المتقطع في المسقط الأمامي ويغطيه (تبعاً لقواعد أولويات الخطوط في الرسم الهندسي، حيث يغطي الخط الظاهري الخط المخفي عند الانطباق).

### ١. تمثيل التفاصيل المخفية في المساقط

يُظهر الشكل (٢٧) مجموعة من الأجسام والمجسمات المختلفة التي تحتوي على تفاصيل داخلية أو خلفية مخفية. ورغم اختلاف تفاصيل هذه الأجسام من الداخل، إلا أن تفاصيلها المخفية تظهر في المسقط الأمامي على شكل خطوط

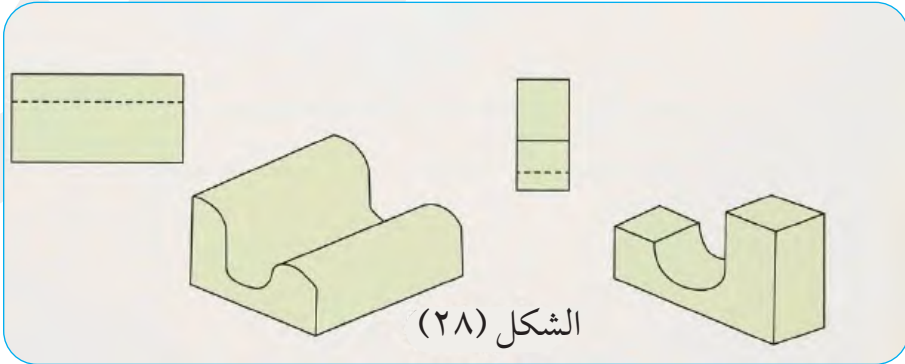
متقطعة متطابقة؛ لذا نلاحظ أن المسقط الأمامي جاء واحداً ومشتركاً لجميع هذه الأجسام.



الشكل (٢٧)

**قاعدة هندسية (الشكل ٢٨):** إذا كان الجسم يحتوي على:

- سطح داخلي أو محجوب.
- ركن غير ظاهر (ناتج عن التقاء سطحين).
- نهاية سطح منحنى (مثل حافة أسطوانة داخلية).



الشكل (٢٨)

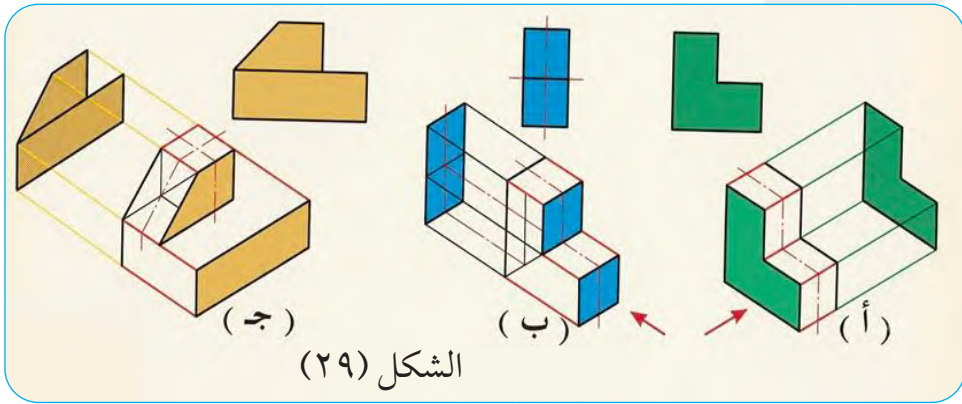
وكانت هذه التفاصيل غير مرئية مباشرة للناظر في اتجاه الإسقاط، فإنها تُمثَّل حتماً في المسقط بخط رفيع متقطع يُسمي بخط المخفي (Hidden Line).

## ٢. قواعد اختيار اتجاه النظر للمسقط الأمامي (الرئيسي)

من أي جهة ننظر إلى الجسم لرسم المسقط الأمامي؟ عند البدء في رسم مجسم هندسي، يبرز تساؤل حول تحديد الجهة الأنسب للمسقط الأمامي. كما يتضح في الشكل (٢٩)، هناك خياران أساسيان للنظر إلى الجسم:

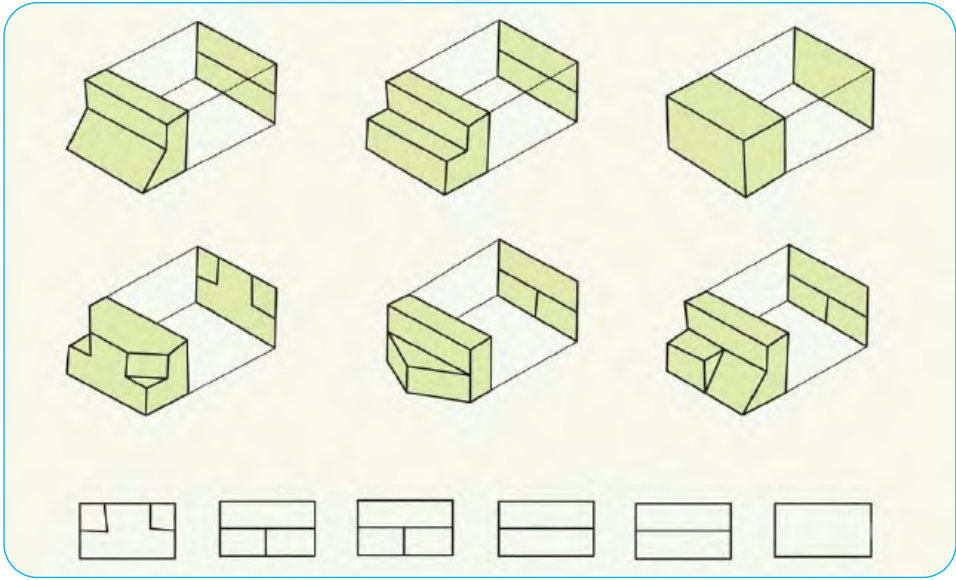
أ. **النظر من جهة اليسار:** وفي هذه الحالة يُرسم المسقط الأمامي كما هو مبين في الحالة (أ).

ب. **النظر من جهة اليمين:** وفي هذه الحالة يُرسم المسقط كما هو مبين في الحالة (ب).



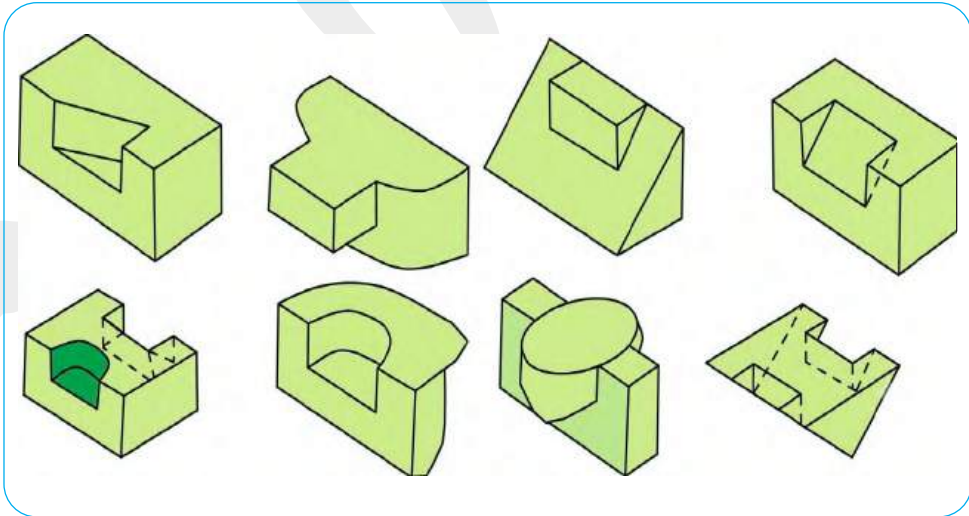
## محددات اختيار المسقط الأمامي الأفضل:

- بصفة عامة، لا يتم اختيار اتجاه النظر عشوائياً، بل يخضع للقواعد التالية:
  - **إظهار الشكل المميز:** نختار الاتجاه الذي يمنحنا مسقطاً يوضح المعالم الأساسية والمميزة للشكل الهندسي، كما هو موضح في الشكلين (أ)، (ج)، وتطبق هذه القاعدة خاصة إذا كانت أبعاد الجسم (الطول والعرض) متقاربة.
  - **اعتماد البعد الأكبر (الطول):** إذا كان طول الجسم يزيد بوضوح وبفارق كبير عن عرضه، فإنه يجب علمياً اختيار اتجاه النظر بحيث يظهر البعد الأطول للجسم في المسقط الأمامي (لتوفير مساحة رسم أفقية مريحة ومتناسقة).
- ويستعرض الشكل (٣٠) تطبيقات ونماذج عملية متنوعة للمساقط الأمامية لبعض الأجسام الهندسية وفقاً لهذه القواعد.



الشكل (٣٠)

٣. حالة تطابق المساقط لأشكال مختلفة (تمرين للملاحظة)  
يُظهر الشكل (٣١) أمثلة متعددة لأجسام ذات تكوينات هندسية مختلفة تماماً، ولكنها تشترك في كونها تمتلك نفس المسقط الأمامي.



الشكل (٣١)

## تمرين:

١. تحقق من صحة انطباق المسقط الأمامي على الأجسام المعروضة في الشكل (٣١).
٢. اختر ثلاثة أشكال مختلفة من الأشكال الموضحة، وقم باستنتاج ورسم المسقط الأمامي لكل منها بشكل مستقل. ماذا تلاحظ بعد انتهائك من الرسم؟

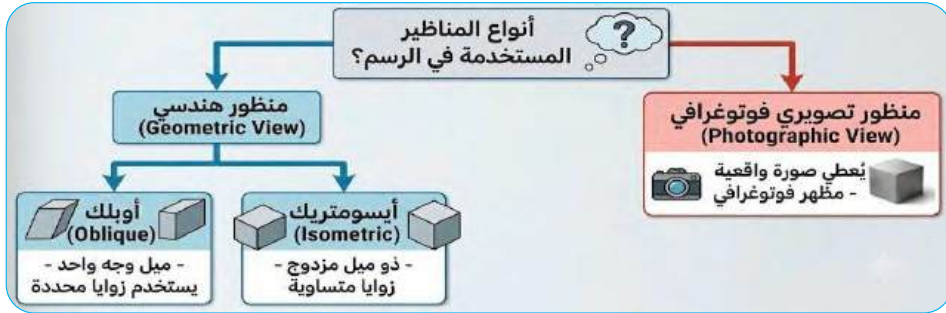
**الملاحظة العلمية المستهدفة:** ستلاحظ أن المسقط الواحد (ثنائي الأبعاد) لا يكفي وحده دائماً لتحديد الشكل الفراغي الدقيق للجسم (ثلاثي الأبعاد)، ولهذا السبب نحتاج دائماً في الرسم الهندسي إلى استنتاج مساقط أخرى مساعدة (كالمسقط الأفقي أو الجانبي) لإزالة أي غموض في فهم الجسم.

## أنواع المناظير الهندسية:

كما تعلمنا في قسم أنظمة ونظم الإسقاط، فإن بناء المساقط يتطلب دقة شديدة. للتعرف على الفرق بين أنواع التمثيل الهندسي والمناظير، انظر إلى الخريطة المفاهيمية التالية المستخرجة من الصورة المرجعية:

## أنواع المناظير في الرسم الهندسي:

انظر الشكل التالي والذي يوضح أنواع المناظير:



## أنواع الإسقاط التعامدي من حيث عدد المستويات:

يستخدم الإسقاط التعامدي لتمثيل الأجسام ثلاثية الأبعاد على أسطح ثنائية الأبعاد، وينقسم إلى:

١. الإسقاط على مستوى واحد: هو أبسط أنواع الإسقاط، حيث يتم تمثيل الجسم من خلال مسقط واحد فقط.

٢. الإسقاط على مستويين: يُستخدم لإعطاء تفاصيل أكثر عن الجسم من خلال مسقطين متعامدين (غالباً مسقط رأسي ومسقط أفقي).

٣. الإسقاط على ثلاثة مستويات: وهو الأكثر شيوعاً في الرسم الهندسي، حيث يتم تمثيل الجسم من خلال ثلاثة مساقط متعامدة (رأسي، أفقي، وجانبي) لتوضيح كافة أبعاد الجسم وتفاصيله بدقة.

### نظم الإسقاط الأساسية:

لضمان توحيد طرق تمثيل الأجسام في الرسم الهندسي والفني، تم اعتماد نظامين عالميين أساسيين للإسقاط هما:

#### أ- نظام الإسقاط بطريقة الزاوية الأولى (First Angle Projection):

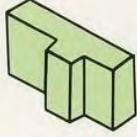
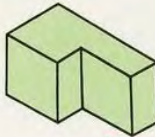
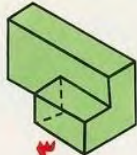
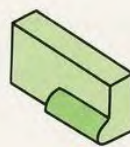
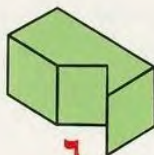
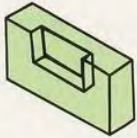
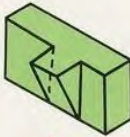
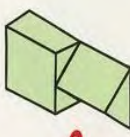
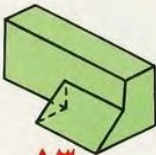
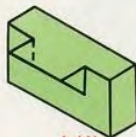
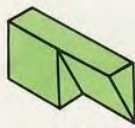
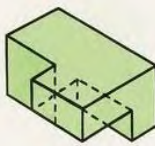
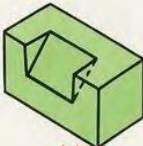
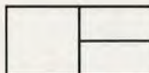
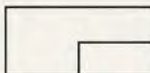
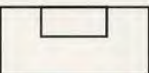
في هذا النظام، يوضع الجسم بين الناظر ومستوى الإسقاط. عند النظر للجسم، يتم إسقاط صورته على المستوى الواقع خلفه، ويشيع استخدام هذا النظام في العديد من دول العالم وفي المدارس الهندسية المختلفة.

#### ب- نظام الإسقاط بطريقة الزاوية الثالثة (Third Angle Projection):

في هذا النظام، يقع مستوى الإسقاط بين الناظر والجسم. أي أن المسقط يظهر أمام الجسم بالنسبة للناظر. يتميز هذا النظام بوضوح ترتيب المساقط، حيث يظهر المسقط العلوي فوق المسقط الأمامي، والمسقط الجانبي في نفس جهة النظر، ويستخدم بكثرة في الولايات المتحدة وكندا والعديد من المجالات الصناعية.

## تدريب على قراءة المسقط الأمامي

• أدرس الأجسام المرسومة وأكمل الجدول بكتابة رقم الشكل مع حرف مسقطه الأمامي؟

|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
|    |    |    |    |                                                                                     |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| ١                                                                                   | ٢                                                                                   | ٣                                                                                   | ٤                                                                                   |                                                                                     |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
|    |    |    |    |                                                                                     |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| ٥                                                                                   | ٦                                                                                   | ٧                                                                                   | ٨                                                                                   |                                                                                     |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
|    |    |    |    |                                                                                     |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| ٩                                                                                   | ١٠                                                                                  | ١١                                                                                  | ١٢                                                                                  |                                                                                     |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
|   |   |   |   |                                                                                     |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| ١٣                                                                                  | ١٤                                                                                  | ١٥                                                                                  | ١٦                                                                                  |                                                                                     |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
|  |  |  |  |  |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| أ                                                                                   | ب                                                                                   | ج                                                                                   | د                                                                                   | هـ                                                                                  |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |
| رقم الشكل                                                                           | ١                                                                                   | ٢                                                                                   | ٣                                                                                   | ٤                                                                                   | ٥ | ٦ | ٧ | ٨ | ٩ | ١٠ | ١١ | ١٢ | ١٣ | ١٤ | ١٥ |
| حرف المسقط                                                                          |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |

## المسقط الجانبي

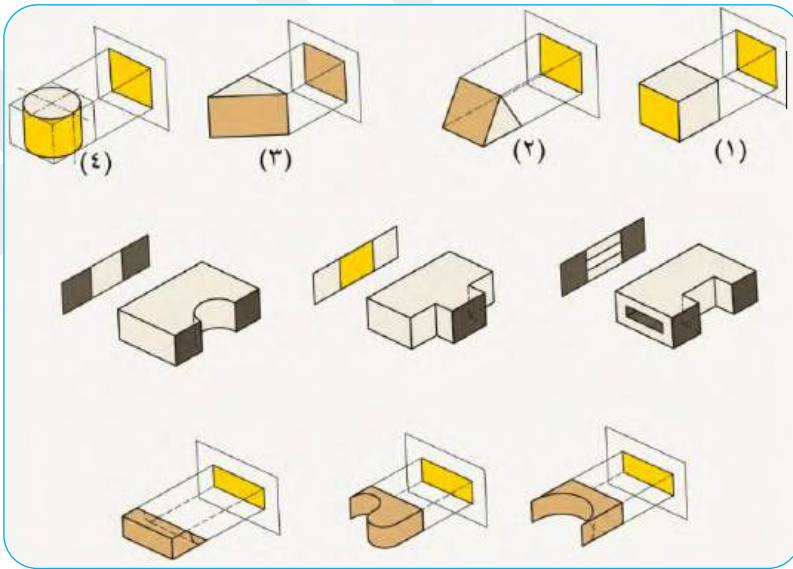
فلسفة الرسم الهندسي ( لماذا نحتاج لأكثر من مسقط؟ ):

نحن لا نرسم مسقطاً واحداً لأن المسقط الواحد مضلل.  
مثال: الأسطوانة، المكعب، والمنشور الثلاثي قد يظهرون جميعاً كمستطيل واحد إذا نظرنا إليهم من اتجاه معين.  
الحل: المسقط الأمامي يعطينا (الطول والارتفاع)، بينما المسقط الجانبي هو الذي يضيف لنا (العرض) ويكشف هوية الجسم الحقيقية.

## أولاً: ضرورة وأهمية المسقط الجانبي

عند المقارنة بين الأجسام الهندسية المختلفة الموضحة في الشكل (٣٢)، نلاحظ أنه على الرغم من التباين الكبير في الأشكال الفراغية لأجسام كل مجموعة، إلا أنها تشترك جميعاً في مسقط أمامي واحد ومتطابق.  
ونستنتج من ذلك حقيقة هندسية مهمة: إن المسقط الأمامي وحده لا يكفي للتعرف الدقيق على الشكل الفراغي الكامل للجسم؛ حيث لا يمكننا من خلاله التفريق بين:

- المكعب أو المنشور الرباعي (المجموعة أ/ ١).
- المنشور الثلاثي أو الأشكال المائلة (المجموعة أ/ ٢، ٣).
- الأسطوانة (المجموعة أ/ ٤).



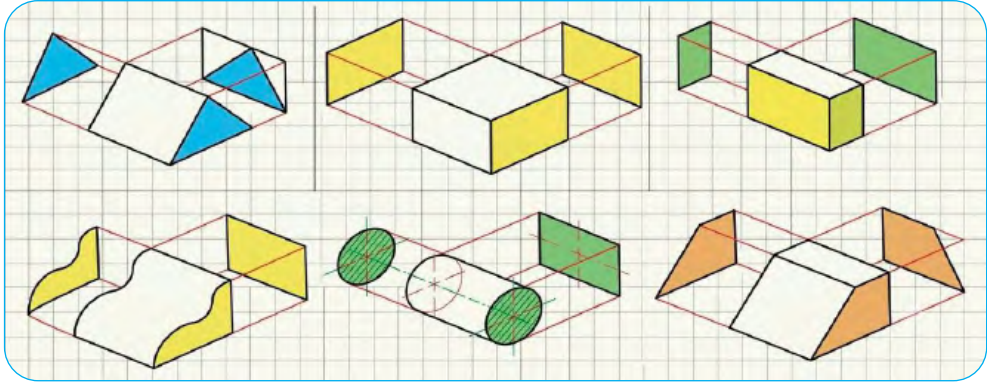
الشكل (٣٢)

### ثانياً: الأبعاد التي يحددها المسقط الأمامي

السبب العلمي في هذا التشابه هو أن المسقط الأمامي لا يقدم معلومات عن الجسم إلا في بُعدين فقط، هما: الطول والارتفاع. وبما أن جميع هذه الأجسام المتمايزة تتساوى في أبعاد طولها وارتفاعها وفي حوافها الظاهرية من الأمام، جاءت مساقطها الأمامية متطابقة تماماً.

### ثالثاً: دور المسقط الجانبي في إزالة الغموض

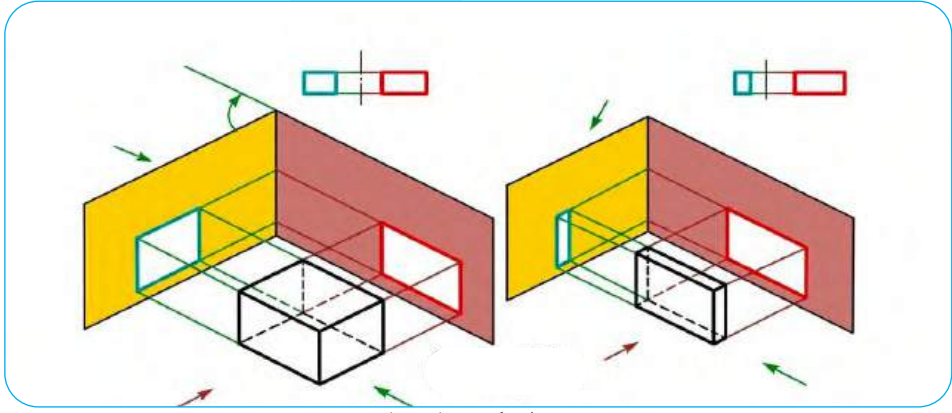
لكي يصبح الرسم الهندسي تعبيراً دقيقاً وشاملاً عن كينونة الجسم الفراغية، يصبح من الضروري النظر إلى الجسم من اتجاه آخر، وهو المنظر الجانبي (بحيث يكون اتجاه الإسقاط موازياً لمحور الطول وعمودياً على العرض والارتفاع). من خلال هذا الاتجاه، نحصل على المسقط الجانبي (Side View) لكل جسم، كما هو مبين في الشكل (٣٣)، والذي يوضح التمايز الحقيقي بين تلك المجسمات (كالدائرة للأسطوانة، والمثلث للمنشور الثلاثي، والمربع للمكعب).



الشكل (٣٣)

### خلاصة واستنتاج (الشكل ٣٤):

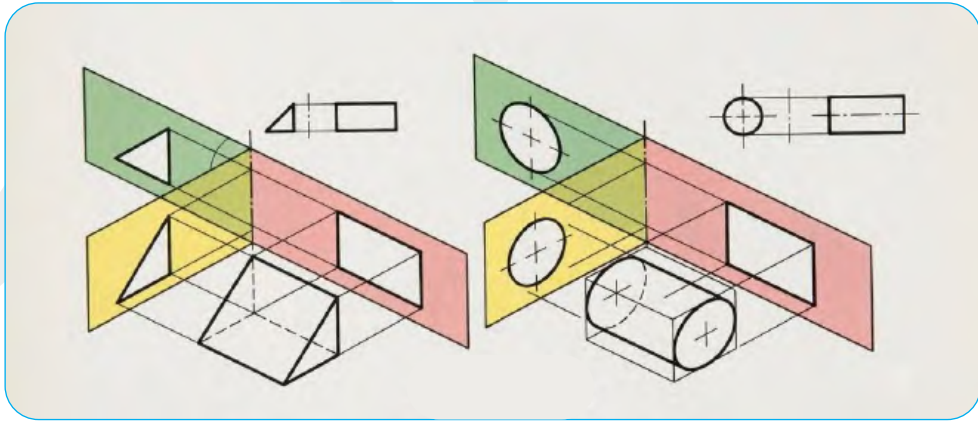
- للتعبير الهندسي الكامل والوافي عن أي مجسم، لا بد من رسم المسقطين معاً (الأمامي والجانبي) كحد أدنى في مثل هذه الحالات، وتوزيع الأبعاد بينهما كالتالي:
- **المسقط الأمامي (Front View):** يحدد بُعدي الطول والارتفاع.
  - **المسقط الجانبي (Side View):** يحدد بُعدي العرض والارتفاع، بالإضافة إلى إظهار التشكيل الجانبي المميز والمحدد لطبيعة الجسم الفراغية.



الشكل (٣٤)

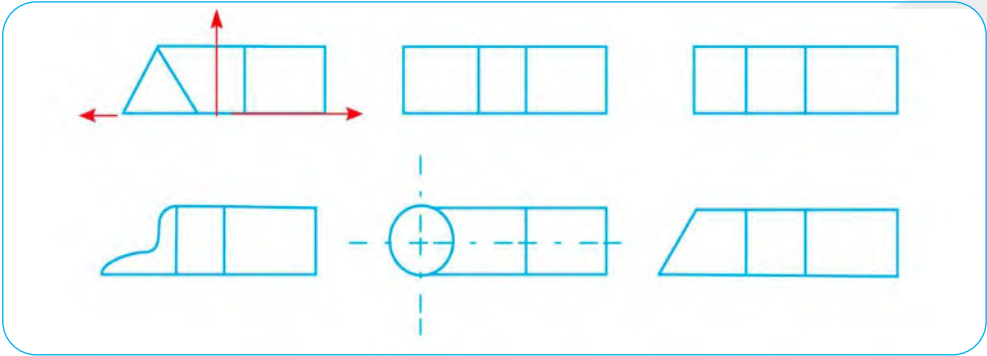
### رسم المسقط الجانبي:

إذا أدرنا مستوى الإسقاط الجانبي ليصبح على امتداد مستوى الإسقاط الأمامي كما في شكل (٣٥)، يصير المسقطان الجانبي والأمامي في مستوى واحد (يمكن اعتباره سطح الورقة التي ترسم عليها)، ويحاذي كل منهما الآخر أفقياً، كما هو موضح بالشكل. ويصبح التمثيل الكامل لمساقط الأجسام التي تناولناها في شكل (٣٤) كما هو موضح في شكل (٣٥). وليس هناك ضرورة لرسم المحاور. وليكن مفهوماً أن الرسم الأيمن هو المسقط الأمامي، ويشمل أبعاد الجسم في اتجاه الطول والارتفاع.



الشكل (٣٥)

وأن الرسم الأيسر هو المسقط الجانبي، ويشمل أبعاد الجسم في اتجاه محوري العرض والارتفاع. وبذلك يمكن تمثيل الأجسام على ورقة واحدة مستوية حيث تظهر الأطوال والزوايا بقيمتها الحقيقية. وتعتبر هذه ميزة تمتاز بها طريقة الإسقاط العمودي عن الرسم الأيزومتري، فكما درسنا الدوائر على الأجسام ترسم بيضاوية في الرسم الأيزومتري، والخطوط غير الأيزومترية والزوايا لا يمكن قياسها من الرسم الأيزومتري أو توقعها عليه، حيث تأخذ في الرسم قياساً غير قيمها الحقيقية على الجسم.



الشكل (٣٦)

### العلاقة بين المسقط الأمامي والمسقط الجانبي:

لفهم العلاقة بين المسقط الأمامي والمسقط الجانبي، يمكن دراسة منشور ثلاثي قائم الزاوية ومسقطيه الأمامي والجانبي كما هو موضح في الشكل (٣٦). عند تمديد المستوى الأفقي الذي تركز عليه قاعدة المنشور حتى يتقاطع مع مستوى الإسقاط الأمامي، يتكون خط تقاطع يمثل المستقيم (أ-م). وبما أن قاعدة المنشور تقع على هذا المستوى الأفقي، فإن مسقطها الأمامي يجب أن يقع على هذا المستقيم، ويمثله الجزء (أ-ب).

وبالمثل، إذا مُدِّد المستوى نفسه حتى يتقاطع مع مستوى الإسقاط الجانبي، فإن خط التقاطع يكون المستقيم (م-د)، ولذلك يجب أن يقع مسقط قاعدة المنشور الجانبي على هذا المستقيم، ويمثله الجزء (ج-د).

ولأن مستويي الإسقاط الأمامي والجانبي متعامدان على المستوى الأفقي الذي تقع عليه قاعدة المنشور، فإن خط التقاطع بينهما يكون أفقياً. وعند تدوير مستوى الإسقاط الجانبي ليصبح في مستوى الرسم، تصطف النقاط على استقامة واحدة،

بحيث يقع المستقيمان (أ-ب-م) و(م-ج-د) على خط أفقي واحد يمر بالنقطة (م).

ومن ذلك نستنتج أن المسقط الأمامي والمسقط الجانبي لأي جسم يجب أن يرتبطا بخطوط أفقية مشتركة، مما يساعد على تحقيق التوافق بين المسقطين أثناء الرسم.

### توافق الارتفاعات بين المسقطين:

يمثل ارتفاع المستطيل في المسقط الأمامي ارتفاع المنشور الحقيقي، كما يمثل ارتفاع المثلث في المسقط الجانبي الارتفاع نفسه. لذلك فإن ارتفاع المسقط الجانبي يساوي ارتفاع المسقط الأمامي.

وعليه، فإن النقطة (هـ) في المسقط الجانبي يجب أن تقع على المستوى الأفقي نفسه الذي يقع عليه السطح العلوي للمستطيل في المسقط الأمامي، لأن كليهما يمثل الحافة العلوية نفسها للمنشور.

ويمكن تعميم هذه القاعدة بالقول:

أي تفصيل يظهر في أحد المسقطين يجب أن يكون على الارتفاع نفسه في المسقط الآخر إذا كان يمثل الجزء نفسه من الجسم.

### أمثلة على التفاصيل المتناظرة في المسقطين:

في الشكل (٣٦)، نجد أن مساقط التفاصيل الآتية تقع على خطوط أفقية متقابلة في كل من المسقط الأمامي والمسقط الجانبي:

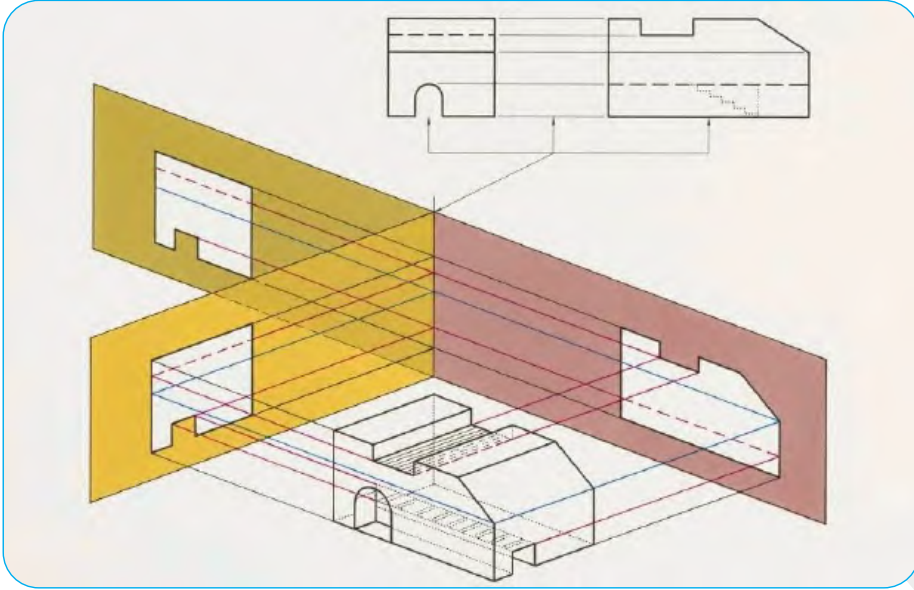
١. السطح السفلي للجسم.
  ٢. السطح العلوي للجسم.
  ٣. خط التقاء السطح الجانبي الأيمن بالسطح المائل، والذي يظهر كنقطة في المسقط الأمامي.
  ٤. سقف التجويف الطولي الموجود أسفل الجسم، والذي يظهر في المسقط الأمامي على هيئة خط متقطع (مخفي).
  ٥. قاع التجويف العرضي الموجود أعلى الجسم، والذي يظهر في المسقط الجانبي كخط متقطع (مخفي).
- وتساعد ملاحظة هذه العلاقات في تسريع عملية الرسم وزيادة دقتها، خاصة عند اتباع الطريقة الصحيحة لرسم المساقط.

## الأسلوب الصحيح لرسم المساقط:

تُعد أفضل وأسهل طريقة لرسم المساقط الهندسية لأي جسم هي رسم جميع المساقط في وقت واحد، بدلاً من إكمال كل مسقط على حدة. ويبدأ ذلك بتصوير الجسم على أنه كتلة مصمتة كاملة، ثم رسم مساقط هذه الكتلة الأساسية أولاً. بعد ذلك تُضاف التفاصيل تدريجياً كما لو أننا نقوم بتصنيع نموذج حقيقي للجسم خطوة بخطوة. وبعبارة أخرى، يجب أن تتوافق مراحل الرسم مع المراحل التخيلية لتشكيل الجسم، حيث تُضاف الفتحات والتجاويف والأسطح المائلة بالتتابع على جميع المساقط في الوقت نفسه. ويؤدي هذا الأسلوب إلى المحافظة على التوافق بين المساقط المختلفة، ويقلل من الأخطاء ويزيد من سرعة الإنجاز، كما سيتضح في الأمثلة التالية.

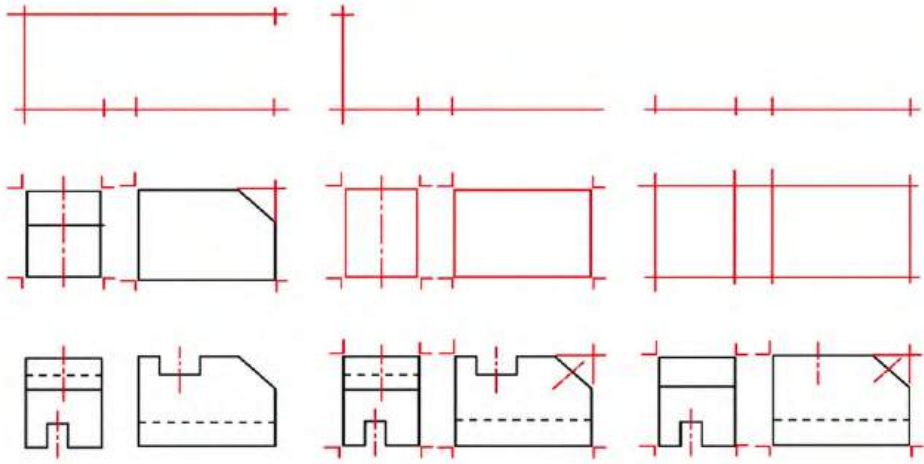
مثال (١ / ٦):

المطلوب: رسم المسقط الأمامي والمسقط الجانبي للجسم المبين في شكل (٣٧).



الشكل (٣٧)

الحل: يجب إتباع قواعد الرسم الصحيحة في استعمال أدوات واتجاه سير القلم، والبدء بالرسم الخفيف المبدئي. ويتم رسم المسقطين معاً بإتباع الخطوات التالية والتي يوضحها شكل (٣٨):



الشكل (٣٨)

١. نحدد المكان المناسب لرسم الخط الأفقي الذي يمثل قاعدة الجسم، ونأخذ في الاعتبار طول الجسم وعرضه، كذلك نأخذ في الاعتبار ارتفاع الجسم، ونحدد على هذا الخط طول الجسم وعرضه مع ترك مسافة مناسبة بينهما.
٢. نقيم عموداً عند إحدى النقط ونحدد عليه ارتفاع الجسم.
٣. نرسم خطاً أفقياً يمثل السطح العلوي للجسم على المسقطين معاً.
٤. من نقطة تحديد الطول والعرض نرسم خطوطاً رأسية حتى الخط العلوي.
٥. نمسح الخطوط الزائدة، وبذلك نكون قد رسمنا المسقط الأمامي والجانبى للجسم كما لو كان مجرد متوازي مستطيلات فقط ليس به أي تفاصيل أخرى.
٦. أ/ أن نقوم برسم السطح المائل في المسقط الذي يظهر فيه واضحاً، وهو المسقط الأمامي.
- ب/ مقابل الركن الذي تكوّن عن ذلك نرسم الخط المناظر على المسقط الجانبى والتي تعتبر نقطة الركن هذه مسقطاً أمامياً له. ونمسح الخطوط الزائدة.

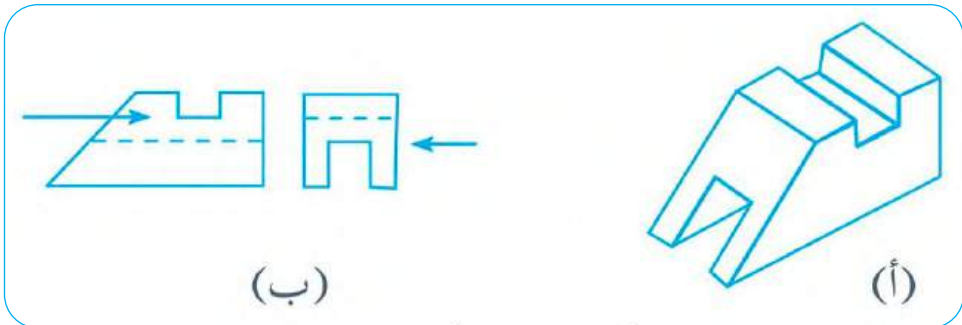
٧. أ/ نقوم برسم التجويف الموجود طولياً بأسفل الجسم على المسقط الذي يظهر فيه واضحاً وهو المسقط الجانبي.  
 ب/ مقابل سقف هذا التجويف نرسم خطاً متقطعاً (مختفياً) بطول المسقط الأمامي ونمسح الخطوط الزائدة (ونوفر بذلك عملية القياس اللازمة لرسم هذا الخط).

٨. أ/ نقوم برسم التجويف الموجود في اتجاه العرض بأعلى الجسم في المسقط الذي يظهر فيه واضحاً وهو المسقط الأمامي.  
 ب/ في محاذاة قاع هذا التجويف نرسم على المسقط الجانبي خطاً متقطعاً (مختفياً) ونمسح الخطوط الزائدة (نوفر بذلك الوقت الضائع في عملية القياس اللازمة لرسم هذا الخط).

٩. نقوم بتشطيب الرسم بخطوط متصلة سميكة للخطوط الظاهرة، وخطوط رفيعة متقطعة للخطوط المخفية.  
 وتذكر دائماً: أن إتباع أسلوب رسم المساقط في آن واحد يوفر كثيراً من الجهد والوقت.

**مثال (٦/٢):**

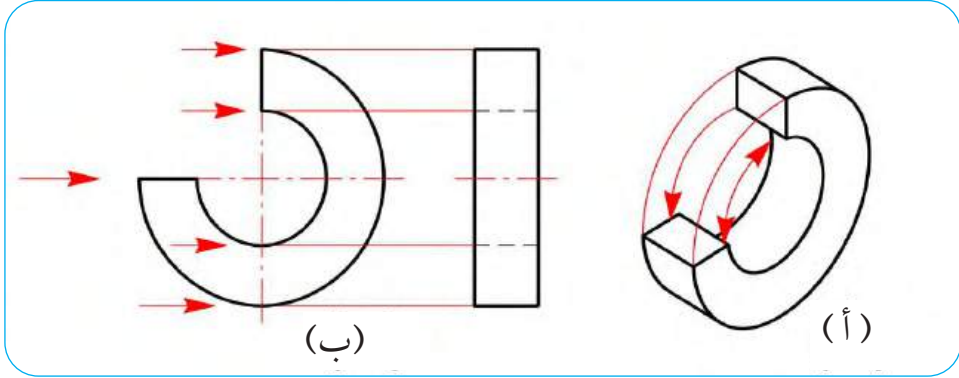
المطلوب: رسم المسقط الأمامي والجانبي للجسم المعطى في شكل (أ٣٩).  
 الحل: نتبع نفس خطوات رسم المساقط كما في المثال (٦/١) فيما عدا تغيير اتجاه أشعة إسقاط المسقط الجانبي فهي تتجه من اليسار إلى اليمين، ويتعين الإسقاط على مستوى جانبي على يمين الجسم، ويتم إدارته جهة اليمين فيكون المسقط الجانبي على يمين المسقط الأمامي كما هو موضح بشكل (ب٣٩).



الشكل (٣٩)

مثال (٦/٣):

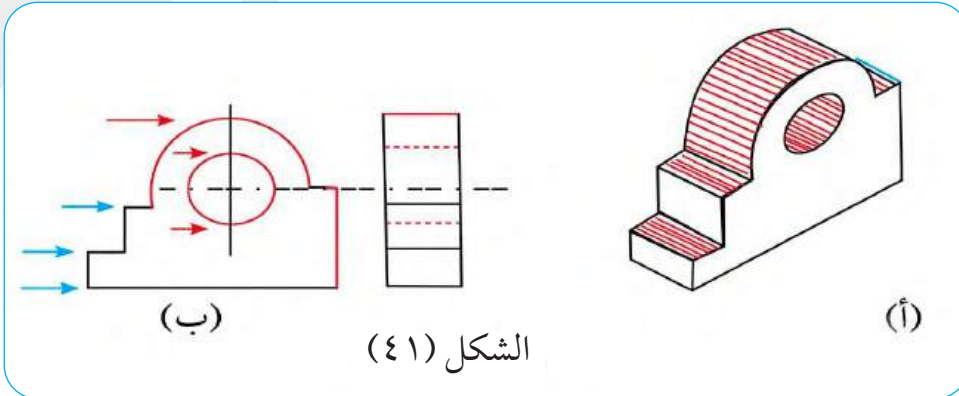
المطلوب: رسم المسقطين الأمامي والجانبى للجسم المبين في شكل (٤٠ أ).  
الحل: لرسم المساقط يتم أولاً التخطيط لعملية الرسم بتحديد مركز الدائرة وعرض الجسم. بعد رسم الدائرتين الداخلية والخارجية ومستطيل المسقط الجانبى، يتم إسقاط باقي التفاصيل كما هو موضح في شكل (٤٠ ب). ويتم الإسقاط على مستوى جانبى أيمن، فيكون المسقط الجانبى على يمين المسقط الأمامى.



الشكل (٤٠)

مثال (٦/٤):

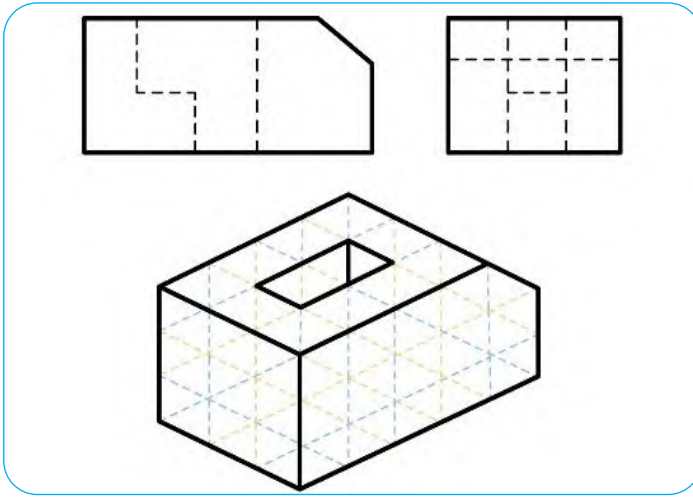
المطلوب: رسم المسقطين الأمامي والجانبى للجسم المبين في شكل (٤١ أ).  
الحل: في هذا المثال يتم أيضاً رسم المسقط الجانبى على يمين المسقط الأمامى، وواضح من الشكل أن الأسهل هو رسم الثقب الدائرى والتفاصيل على المسقط الأمامى أولاً ثم إسقاطها على المستطيل الذى يمثل المسقط الجانبى، شكل (٤٢ ب).



الشكل (٤١)

## مثال (٥/٦):

يبين شكل (٤١) الرسم الأيزومتري لجسم على هيئة متوازي مستطيلات اقتطع أحد أركانه بزاوية  $٤٥^\circ$  وبه تجويف في سطحه العلوي. ولم ترسم به الخطوط المختلفة التي توضح شكل التجويف. ونفس الجسم ممثل في الرسم العلوي بالمسقط الأمامي وعلى يمينه المسقط الجانبي. وبدراسة الشكل (٤٢) يتضح لنا بساطة وسهولة الرسم بالإسقاط العمودي عن الرسم الأيزومتري. فالركن المتقطع يظهر واضحاً في المسقط الأمامي ويؤكد الخط المتقطع المناظر الممتد بعرض المسقط الجانبي. أما التغير في شكل التجويف ومدى عمقه داخل الجسم ومكانه بالنسبة لطول الجسم، فالتعرف عليه على المسقط الأمامي في منتهى السهولة والبساطة. أما عرض التجويف فيظهر في المسقط الجانبي (الخطان الرأسيان المختلفان، وهما يحددان أيضاً مكان التجويف بالنسبة لعرض الجسم). وهذه التفاصيل لا يمكن معرفة بعضها من الرسم الأيزومتري.

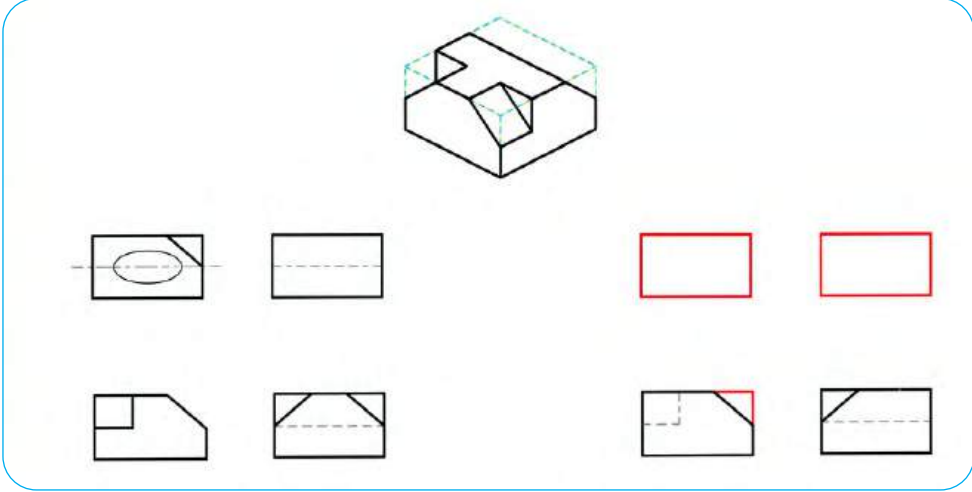


الشكل (٤٢)

وحتى إذا رُسِمت هذه التفاصيل على الرسم الأيزومتري، هل توضح شكل التجويف؟ حاول ذلك. وأيها أبسط؟

مثال (٦/٦):

المطلوب: رسم كل من المسقط الأمامي والجانبى للجسم الموضح بشكل (٤٣)



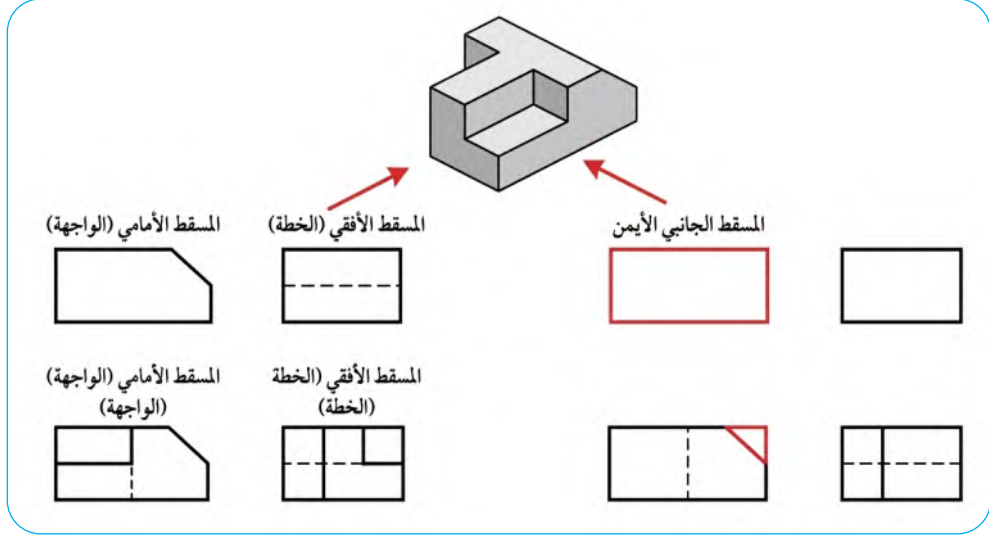
الشكل (٤٣)

الحل:

- نرسم المسقط الأمامي والجانبى للجسم كما لو كان متوازي مستطيلات كاملاً، ونرسم المسقط الجانبى على يسار المسقط الأمامي بإتباع نفس الخطوات كما في المثال (٦/١).
- نرسم السطح المائل (في الجهة الخلفية للجسم) ويظهر في المسقط الجانبى كخط مائل بزاوية ٤٥°، ويظهر في المسقط الأمامى كخط متقطع مختفٍ بطول المسقط بمحاذاة نقطة تقابل الخط الممثل للسطح المائل والخط الممثل للسطح الخلفى.
- نقوم برسم السطح المائل (في الجهة الأمامية اليسرى للجسم) في الجهة اليسرى من المسقط الأمامى، ويظهر هذا السطح على شكل مربع مختفٍ في المسقط الجانبى.
- نقوم برسم السطح المائل (في الجهة الأمامية اليمنى للجسم) في الجهة اليمنى من المسقط الأمامى، ويظهر هذا السطح في المسقط الجانبى على شكل مربع ظاهر يخفي تحته الخطوط المخفية السابق رسمها في خطوة (٣). ويكتمل الحل بتشطيب الرسم بعد إزالة الخطوط الزائدة.

مثال (٦/٧):

المطلوب: رسم كل من المسقطين الأمامي والجانبى للجسم الموضح في شكل (٤٤).



الشكل (٤٤)

الحل:

- تتبع نفس الخطوات المذكورة في مثال (١) لرسم المسقط الأمامي والجانبى للجسم باعتباره متوازي مستطيلات كامل، ويكون المسقط الجانبى على يمين المسقط الأمامي.
- نتخيل أننا قطعنا منشوراً ثلاثياً في الجهة اليمنى من متوازي المستطيلات، ونرسم مساقط السطح المائل الناتج من ذلك في يمين الجسم والتي تظهر في المسقط الأمامي كخط مائل، ويظهر في المسقط الجانبى كخط مختفٍ.
- نتخيل أننا نقطع منشوراً رباعياً بارتفاع الجسم كله في أيسر السطح الخلفى لمتوازي المستطيلات، ونرسم مساقط الأسطح الناتجة عن ذلك وهي عبارة عن خط رأسي في المسقط الجانبى، وخط مختفٍ رأسي مناظر في المسقط الأمامي.
- نتخيل أننا نقطع منشوراً رباعياً من الوجه الأمامي، ونرسم مساقط الأسطح الناتجة عن ذلك، وهي المربع الظاهر في المسقط الجانبى والمستطيل الظاهر المناظر في المسقط الأمامي. ويكتمل الرسم بعملية التشطيب.

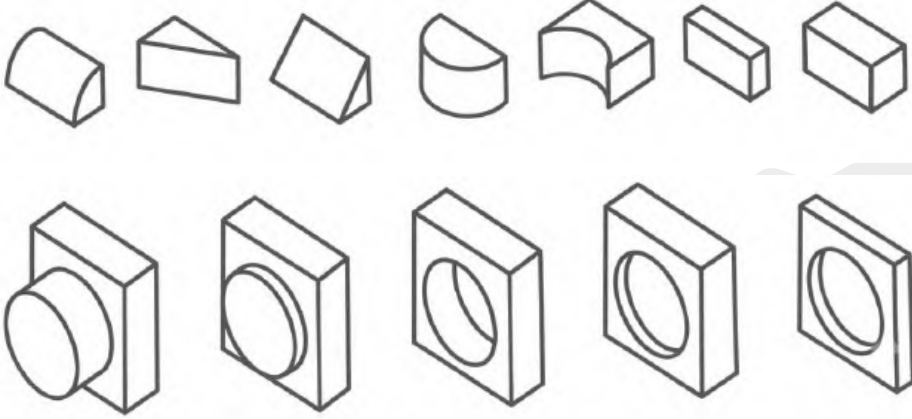
## منهجية المهندس في الرسم:

لضمان الدقة والسرعة، لا ترسم مسقطاً واحداً ثم تنتقل للآخر، بل اتبع استراتيجية التفكير المتوازي:

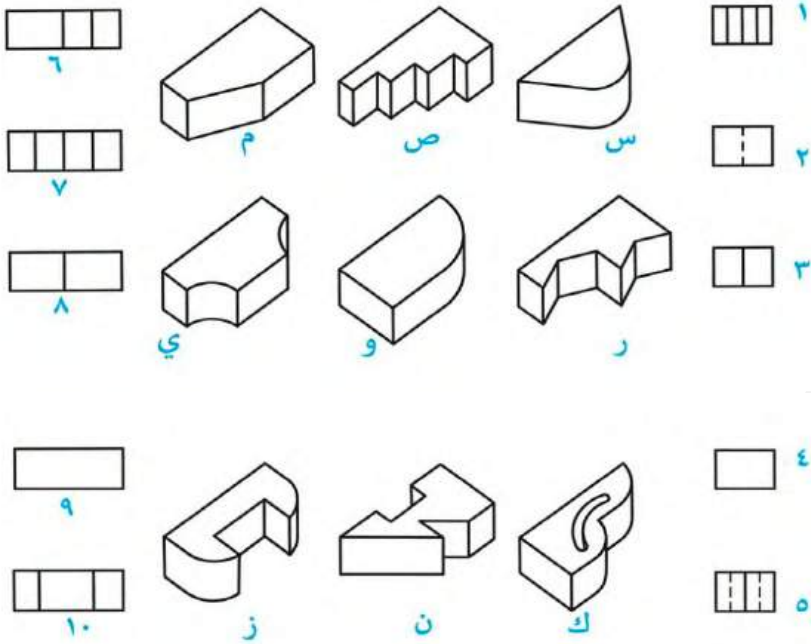
- **تصور الكتلة:** ابدأ برسم الحدود الخارجية للمجسم على جميع المساقط في وقت واحد.
- **بناء التفاصيل:** أضف التجاويف والأسطح المائلة بالتتابع على المساقط جميعها.
- **التوافق:** تأكد أن المسقطين متوافقان أفقياً ورأسياً (استخدم خطوط محاذاة خفيفة).

## تمارين

**تمرين (٦/١)** يوضح الشكل أجساماً لها نفس المسقط الأمامي. والمطلوب رسم المسقط الجانبي لكل جسم.

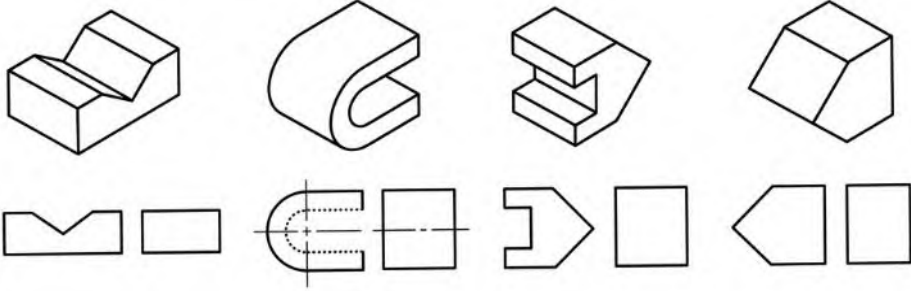
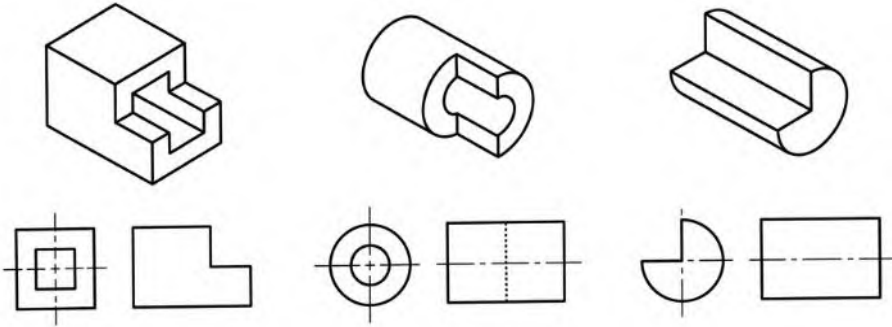
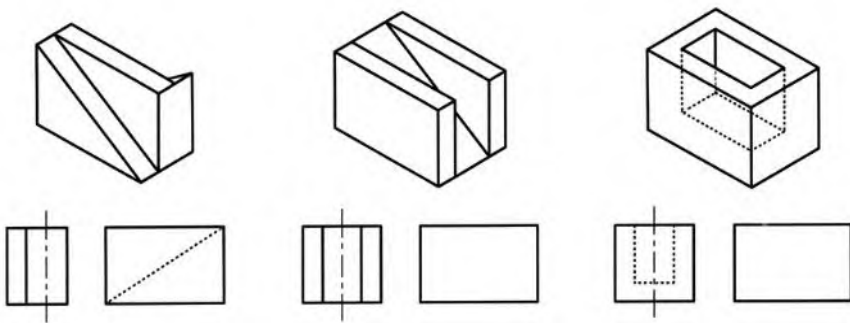


**تمرين (٦/٢)** ادرس الأجسام المرسومة، وأكمل الجدول بكتابة أرقام المساقط الأمامية والجانبية لكل جسم.



تمرين (٦/٣):

ادرس الأجسام الموضحة، وأكمل رسم الخطوط الناقصة في المساقط.

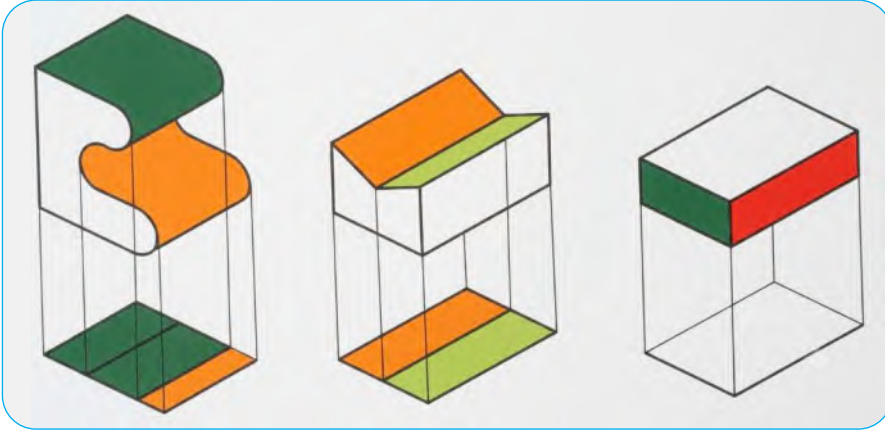


## المسقط الأفقي

يُعد المسقط الأفقي من المساقط المهمة في الرسم الهندسي، ويمكن من خلاله التعرف على العديد من تفاصيل الجسم بسهولة. ويوضح شكل (٤٥) أن الخطوط الظاهرة في المسقط الأفقي تمثل إحدى الحالات الآتية:

- إسقاط الأسطح الرأسية.
- خطوط تقاطع الأسطح المختلفة.
- نهايات الأسطح المنحنية.

أما ظهور مناطق أو مساحات منفصلة داخل المسقط الأفقي فيدل على وجود أسطح تقع عند مناسيب أو ارتفاعات مختلفة في الجسم شكل (٤٥).



الشكل (٤٥)

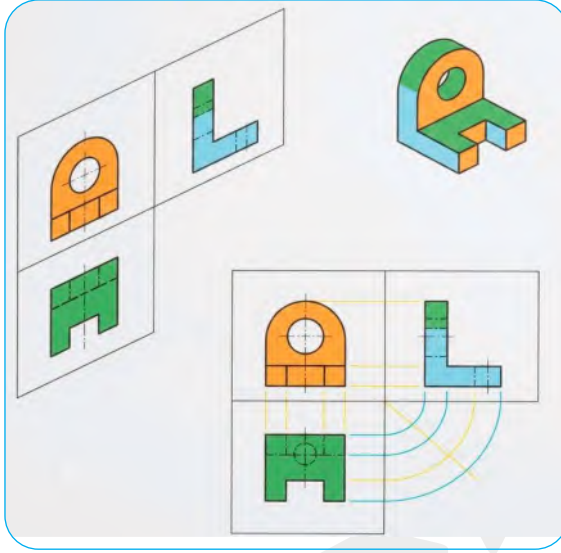
### العلاقة بين المساقط الثلاثة:

ترتبط المساقط الثلاثة للجسم (الأمامي والأفقي والجانبية) بعلاقة هندسية دقيقة، حيث إن كل تفصيل يظهر في أحد المساقط يجب أن يكون له ما يقابله في المسقطين الآخرين.

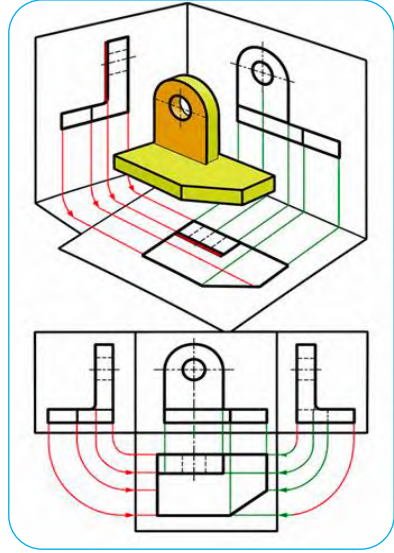
فعلى سبيل المثال، تظهر الأسطح الرأسية في الجسم على هيئة خطوط في المسقط الأفقي، بينما تظهر هذه الأسطح نفسها كخطوط رأسية في المسقط الجانبي. وإذا تأملنا السطح المظلل في شكل (٤٦) وتبعنا مساقطه على كل من المستوى الأفقي والمستوى الجانبي، نجد أن امتدادات المسقطين تتقاطع مع محور العرض عند النقطة

(أ). وعند فرد مستويات الإسقاط، تتطابق هذه الامتدادات مع محوري العرض عند النقاط المناظرة للنقطة (أ).

ومن ذلك نستنتج أن أي نقطة أو خط أو سطح في الجسم لا بد أن يكون له تمثيل مناظر في كل من المسقط الأمامي والمسقط الأفقي والمسقط الجانبي، مما يضمن إمكانية قراءة الشكل وتمثيله بدقة من خلال المساقط الثلاثة. وتوضح الأشكال (٤٦) و (٤٧) أمثلة تطبيقية تبين العلاقة المتبادلة بين المساقط الثلاثة للأجسام الهندسية.



الشكل (٤٧)



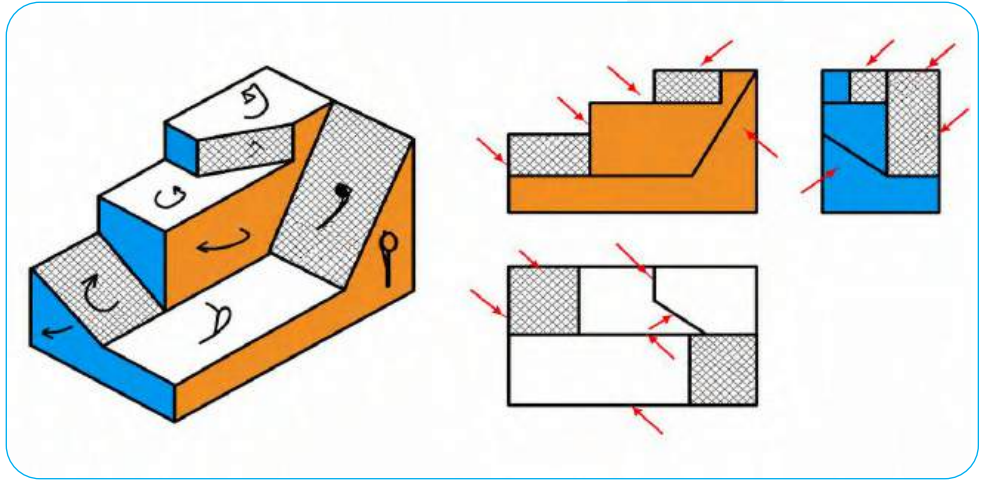
الشكل (٤٦)

مثال (٧/١):

المطلوب: دراسة المساقط الثلاثة للجسم الموضح في الشكل (٤٨) ووضع الحروف المكتوبة على كل سطح على الأسطح المناظرة في المساقط. لاحظ الآتي:

- الأسطح أ، ب موازية لمستوى الإسقاط الأمامي، ولذلك تظهر بشكلها الحقيقي في المسقط الأمامي، وتظهر كخطوط أفقية في المسقط الأفقي وكخطوط رأسية في المسقط الجانبي.
- الأسطح ج، د، هـ موازية لمستوى الإسقاط الأمامي، ولذلك تظهر بشكلها الحقيقي في المسقط الجانبي، وكخطوط رأسية في كل من المسقط الأمامي والمسقط الأفقي.

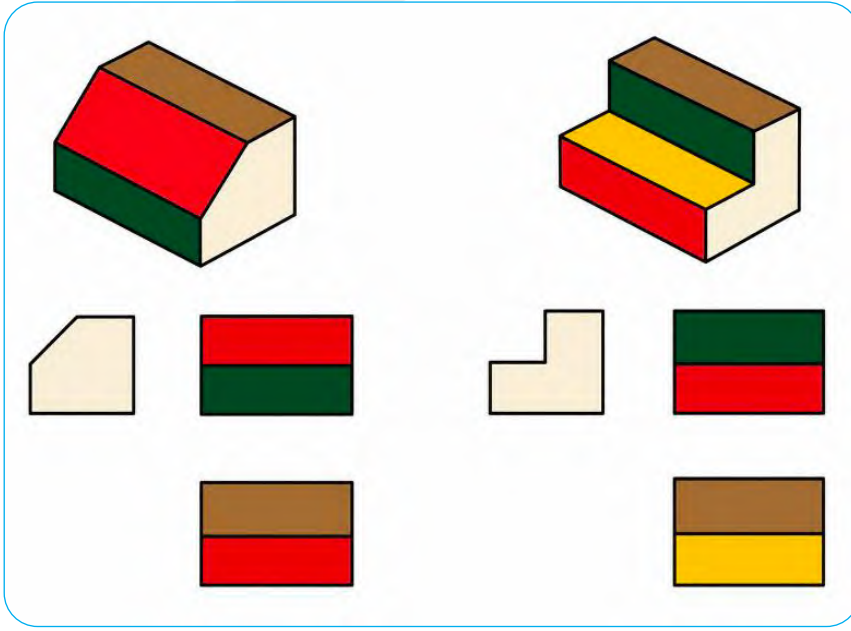
- السطح المائل (و): عمودي على مستوى الإسقاط الأمامي (الرأسي)، يظهر كخط مائل في المسقط الأمامي بطول السطح الحقيقي. ويظهر كمساحة في المسطتين الجانبي والأفقي، وتكون المساحة في المساقط أقل من المساحة الحقيقية.
- السطح المائل (ز): عمودي على المستوى الأفقي، يظهر كخط مائل في المسقط الأفقي ويظهر كمساحة في المسطتين الآخرين.
- السطح المائل (ح): عمودي على المستوى الجانبي، يظهر كخط مائل في المسقط الجانبي وكمساحة في المسطتين الآخرين.
- الأسطح الأفقية ط، ي، ك تظهر بأشكالها الحقيقية في المسقط الأفقي وكخطوط أفقية في المسقط الأمامي والجانبي.



الشكل (٤٨)

### مثال (٧/٢):

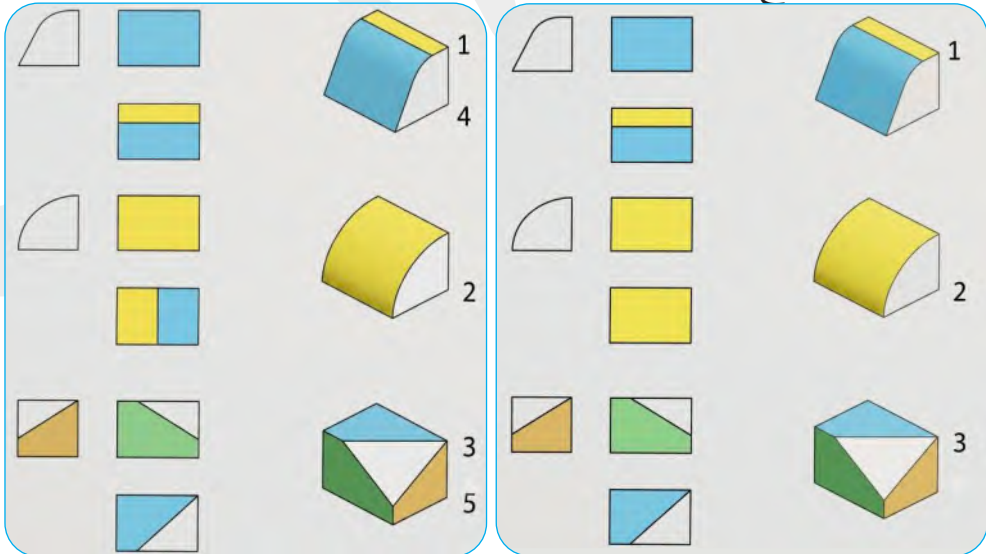
توضح الأشكال أدناه أمثلة متعددة لأجسام بسيطة مختلفة ومساقطها الثلاثة: الأمامي والجانبي والأفقي. وقد تم تلوين بعض الأسطح زيادة في الإيضاح، وللمساعدة في التعرف على ما يراها في المساقط. والمطلوب تحديد النقاط المبينة على الأيزومتري على المساقط الثلاثة في كل حالة. ويمكن للطالب أن يختبر مدى استيعابه بحل هذا المثال.



الشكل (٤٩)

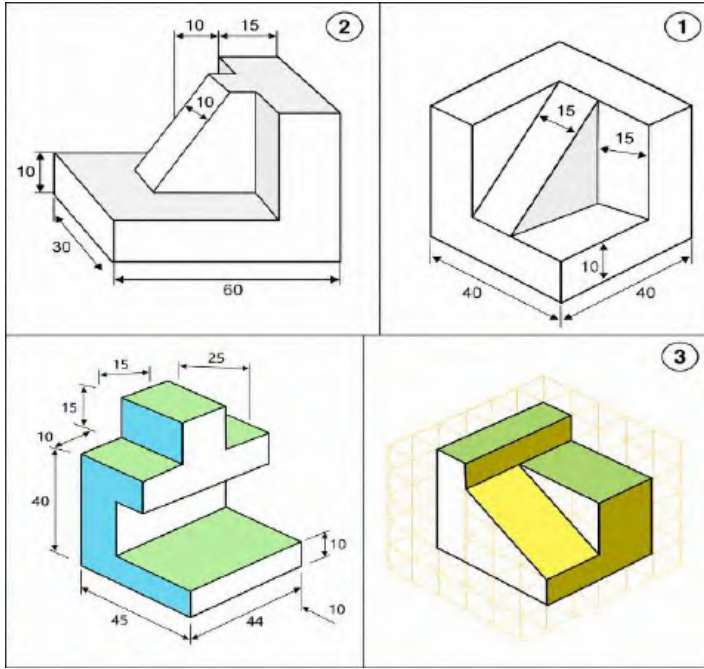
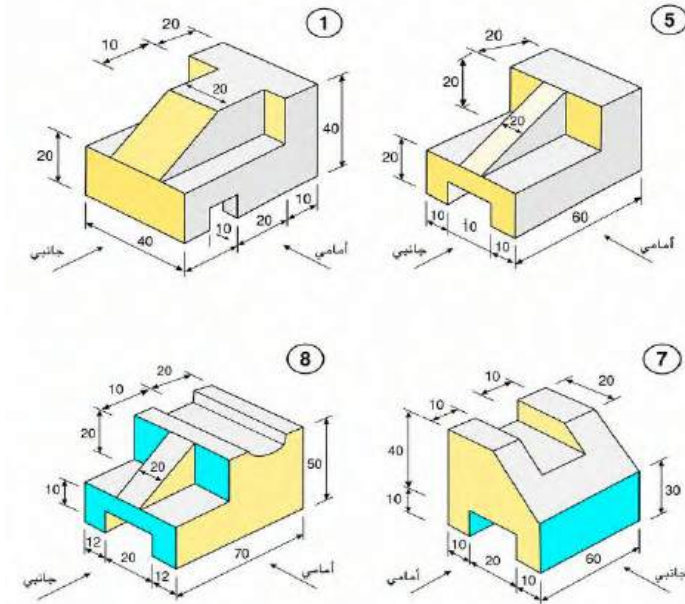
### نشاط:

الأشكال أدناه أمثلة لمساقط بعض الأجسام ذات الأسطح المائلة - ادرس المساقط وناقش مع معلمك.



شكل (٥٠)

• استخراج المساقط الثلاثة للأشكال المجسمة التالية؟



السؤال الأول : اختر الإجابة الصحيحة:

١. المسقط الناتج عن النظر إلى الجسم من الأمام يسمى:
    - (أ) المسقط الأفقي
    - (ب) المسقط الجانبي
    - (ج) المسقط الأمامي
    - (د) المنظور
  ٢. إذا كان الخط موازياً لمستوى الإسقاط فإن مسقطه:
    - (أ) نقطة
    - (ب) أقصر من طوله الحقيقي
    - (ج) يساوي طوله الحقيقي
    - (د) يختفي
  ٣. السطح العمودي على مستوى الإسقاط يظهر على شكل:
    - (أ) مساحة
    - (ب) دائرة
    - (ج) خط مستقيم
    - (د) نقطة
  ٤. المسقط الجانبي يوضح:
    - (أ) الطول والعرض
    - (ب) العرض والارتفاع
    - (ج) الطول فقط
    - (د) العرض فقط
  ٥. الخطوط المتقطعة في الرسم الهندسي تمثل:
    - (أ) خطوط المحاور
    - (ب) الأبعاد
    - (ج) الخطوط المخفية
    - (د) حدود الورقة
  ٦. المسقط الأفقي يوضح:
    - (أ) الطول والعرض
    - (ب) الطول والارتفاع
    - (ج) العرض والارتفاع
    - (د) الارتفاع فقط
  ٧. الإسقاط المستخدم في الرسومات التنفيذية هو:
    - (أ) المنظوري
    - (ب) المائل
    - (ج) العمودي
    - (د) الحر
  ٨. تحتاج الأجسام الهندسية غالباً إلى:
    - (أ) مسقط واحد
    - (ب) مسقطين أو أكثر
    - (ج) منظور فقط
    - (د) قطاع فقط
- السؤال الثاني: ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (X) أمام العبارة الخاطئة

١. أشعة الإسقاط العمودي متوازية فيما بينها. ( )
٢. الخط العمودي على مستوى الإسقاط يظهر نقطة. ( )
٣. السطح الموازي لمستوى الإسقاط يظهر بأبعاده الحقيقية. ( )
٤. المسقط الأمامي يوضح العرض والارتفاع. ( )

٥. الخطوط المخفية ترسم بخطوط متصلة سمكية. ( )
٦. يمكن أن تمتلك أجسام مختلفة المسقط الأمامي نفسه. ( )
٧. المسقط الجانبي يساعد في إزالة الغموض عن شكل الجسم. ( )
٨. جميع الأبعاد تظهر حقيقية في الرسم الأيزومتري. ( )

#### السؤال الثالث: أكمل العبارات الآتية

١. يسمى الشكل الناتج على مستوى الإسقاط ب.....
٢. الخطوط الوهمية الممتدة من الجسم تسمى.....
٣. المسقط الأمامي يوضح بعدي..... و.....
٤. المسقط الجانبي يوضح بعدي..... و.....
٥. المسقط الأفقي يوضح بعدي..... و.....
٦. تمثل الخطوط المتقطعة التفاصيل.....
٧. إذا كان السطح موازياً لمستوى الإسقاط فإنه يظهر.....
٨. إذا كان السطح عمودياً على مستوى الإسقاط فإنه يظهر.....

#### السؤال الرابع: أجب عن الأسئلة التالية

١. لماذا لا يصلح الرسم الأيزومتري وحده للتصنيع؟
٢. لماذا يظهر الخط العمودي على مستوى الإسقاط كنقطة؟
٣. ما أهمية المسقط الجانبي؟
٤. لماذا تظهر بعض الخطوط أقصر من أطوالها الحقيقية؟
٥. ما فائدة الخطوط المخفية في الرسم الهندسي؟
٦. كيف تساعد المساقط الثلاثة على فهم شكل الجسم؟

#### السؤال الخامس:

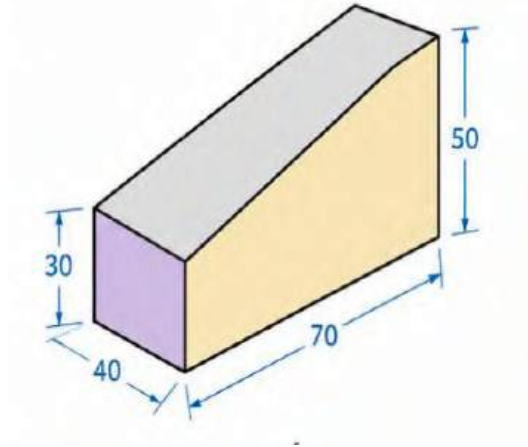
أ. ارسم:

١. ارسم مسقط خط مستقيم:
٢. مواز لمستوى الإسقاط.
٣. مائل على مستوى الإسقاط.
٤. عمودي على مستوى الإسقاط.
٥. ارسم إسقاط: أ. مستطيل مواز لمستوى الإسقاط.  
ب. مستطيل مائل على مستوى الإسقاط.

ب. استخراج:

١. المسقط الأمامي لجسم معطى.
٢. المسقط الجانبي لجسم معطى.

٣. المسقط الأفقي لمجسم معطى.  
السؤال الخامس:  
أمامك رسم أيزومترى لمجسم هندسى:



١. ارسم المسقط الأمامي.
٢. ارسم المسقط الجانبي.
٣. ارسم المسقط الأفقي.
٤. حدد الخطوط المخفية.
٥. اكتب الأبعاد التي يمثلها كل مسقط.
٦. اشرح كيف ساعدتك المساقط الثلاثة في التعرف على شكل الجسم.

## الوحدة الثانية

# أساسيات الهندسة الميكانيكية

### الأهداف:

- بعد دراسة هذا الجزء، يُتوقع من المتعلم أن يكون قادراً على أن:
  - يُصنف الفلزات هندسياً إلى فلزات حديدية ولاحديدية بناءً على بنيتها البلورية.
  - يُميز بين أنواع خواص الفلزات (الفيزيائية، الكيميائية، الميكانيكية، والفنية) مع إعطاء أمثلة لكل نوع.
  - يتتبع بالترتيب العمليات التحضيرية الخمس التي تجري على خام الحديد قبل عملية الصهر (التكسير، الفرز، التعريض والغسيل، التركيز، والتحميص).
  - يقارن بين أنواع حديد الزهر المسبوك (الأبيض، الرمادي، الكري، واللدن) من حيث الخصائص والاستخدامات.
  - يُفرق بين أنواع الصلب الكربوني الثلاثة (منخفض، متوسط، وعالي الكربون) بناءً على نسبة الكربون والخصائص الميكانيكية لكل نوع.
  - يُحدد المكونات الهيكلية الأساسية للسيارة (الهيكل / الشاسيه، المحرك، الجسم الخارجي / البودي).
  - يشرح وظيفة وميكانيكية عمل أجهزة نقل الحركة المختلفة بالسيارة (القابض / الكلتش، صندوق التروس / الجير بوكس، عمود الإدارة / الكردان، وصندوق التروس الفرقي / الدفرنش).
  - يوضح الأهمية الهندسية لفرق السرعات الديناميكي وتغيير زاوية الحركة الذي يقوم به الدفرنش (الكرونة) أثناء المنعطفات.

- يُميز بين وظيفة نظام التعليق (المساعدين والنوابض) ووظيفة نظام التوجيه (عجلة القيادة وعصا التروس والجريدة والترس).
- يشرح مراحل تحول الطاقة الحرارية الناتجة من احتراق الوقود داخل غرفة الاحتراق إلى طاقة حركة دورانية لعمود المرفق.
- يُصنف أجزاء ماكينة السيارة إلى أجزاء ثابتة (رأس الأسطوانات، كتلة الأسطوانات، وعاء الزيت) وأجزاء متحركة (المكبس، ذراع التوصيل، عمود الكرنك، وآلية الصمامات).
- يوضح وظيفة -حاشية رأس الأسطوانات- (وش الرأس) في منع تسرب الغازات واختلاط السوائل.
- يبين دور حلقات المكبس (الشنابر) بنوعيتها (شنابر الضغط وشنابر الزيت) في إحكام غلق الأسطوانة وكشط الزيت.
- يشرح وظائف الحداقة في تخزين الطاقة خلال شوط القدرة وتنعيم حركة المحرك وبدء التشغيل.
- يُعدد أنظمة الخدمة الأربعة في المحرك (الوقود، الإشعال، التبريد، والتزييت) ويشرح دور كل منها في استمرارية عمل المحرك وأمانه.
- يشرح بالتفصيل آلية حدوث الأشواط الأربعة للمحرك رباعي الأشواط (السحب، الضغط، القدرة، العادم) مع تحديد وضعية الصمامات وحركة المكبس في كل شوط.

## الفلزات

تعد الفلزات عصب الصناعة الحديثة؛ إذ تهدف المصانع بشكل أساسي إلى تحويل المواد الخام إلى منتجات نهائية صالحة للاستعمال المباشر، أو منتجات شبه نهائية تجري عليها عمليات تشغيلية أخرى في مصانع تكميلية. وتصنف الفلزات هندسياً والمستخدم في التصنيع إلى نوعين رئيسيين بناءً على بنيتها البلورية:

- **الفلزات الحديدية (Ferrous Metals):** وهي الفلزات التي يدخل عنصر الحديد في بنيتها البلورية كعنصر أساسي.

- **الفلزات اللاحديدية (Non-Ferrous Metals):** وهي الفلزات التي تخلو بنيتها البلورية من عنصر الحديد.

ولكل نوع من هذه الفلزات مجموعة من الخواص الفريدة التي تميزه وتحدد مدى صلاحيته لتطبيقات هندسية محددة دون غيرها.

### خواص الفلزات (Properties of Metals):

تُصنف خواص الفلزات إلى أربعة أنواع رئيسية:

جدول (١): خواص الفلزات

| الخاصية            | التعريف والعوامل المؤثرة                                                                   | أمثلة                                                  |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| الخواص الفيزيائية  | الخواص التي يكتسبها الفلز من طبيعة تركيبه الذري والبلوري.                                  | الوزن النوعي، قابلية الانصهار، التوصيل، البخر، السبك.  |
| الخواص الكيميائية  | الخواص الناتجة عن التفاعلات الكيميائية كالتأكسد والاختزال، أو التفاعل مع الأحماض والرطوبة. | مقاومة العوامل الجوية، مقاومة الصدأ والتآكل الكيميائي. |
| الخواص الميكانيكية | قدرة الفلز على مقاومة الأحماض والإجهادات الواقعة عليه (ثابتة، متحركة، مترددة).             | المرونة، الصلادة، المتانة، قابلية السحب والتطريق.      |
| الخواص الفنية      | مدى قابلية الفلز لاستجابة عمليات التشغيل والتشكيل الفنية المختلفة.                         | قابلية اللحام، وقابلية التشغيل بالحدادة أو الخراطة.    |

## الخواص الفيزيائية (Physical Properties):

- هنالك مجموعة من الخواص الفيزيائية يتصف بها الفلزات نلخصها كالآتي:
  - **الثقل النوعي:** ويعرف أيضاً بالوزن النوعي ويعرف بأنه: هو نسبة وزن حجم معين من الفلز إلى وزن نفس الحجم من الماء عند درجة حرارة ٤°م. تبرز أهميته القصوى في الصناعات الاستراتيجية مثل صناعة الطائرات.
  - **قابلية الانصهار:** خاصية تحويل الفلز من الحالة الصلبة إلى السائلة بالحرارة. وتتحول معظم الفلزات مباشرة، بينما تمر بعض الفلزات (كالبلاطين والحديد النقي) بحالة -عجينية- بين الصلابة والسيولة، وهي خاصية حيوية في عمليات السباكة واللحام.
  - **قابلية اللحام:** قدرة قطعتين منفصلتين أو أكثر من الفلز على التماسك والالتحام عند درجات حرارة عالية دون الحاجة لوسيط.
  - **قابلية التوصيل:** قدرة الفلز على نقل الحرارة والطاقة الكهربائية بمعدل معين.
  - **قابلية البخر أو التطاير:** تحول الفلز من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية (بخار) بعد تخطي درجة غليانه.
  - **قابلية السبك:** قدرة الفلز المنصهر على الانسياب والسريان ليمر في القالب ويأخذ شكله تماماً.
  - **قابلية التماسك:** قدرة الفلز على مقاومة إجهادات الشد والاستطالة، أو الفصل، أو الضغط دون التعرض للكسر.

## الخواص الميكانيكية (Mechanical Properties):

- **المرونة:** قدرة الفلز على استعادة أبعاده وحجمه الأصلي بدقة فور زوال المؤثر أو الإجهاد الخارجي.
- **الصلادة:** قدرة الفلز على مقاومة التآكل الاحتكاكي، أو الخدش، أو القطع، أو الاختراق.
- **قابلية السحب:** قدرة الفلز على الاستطالة دون أن يتشقق أو ينقطع تحت تأثير قوى الشد أو الدرفلة (مثل سحب الأسلاك).
- **المتانة:** قدرة تحمل الفلز لعمليات الشني والالتواء المتكررة في الاتجاهات المتضادة.
- **قابلية التطريق أو التمدد:** قدرة الفلز على التمدد في جميع الاتجاهات عند تعرضه للطرق أو الدرفلة دون أن ينكسر.

تمرين: 

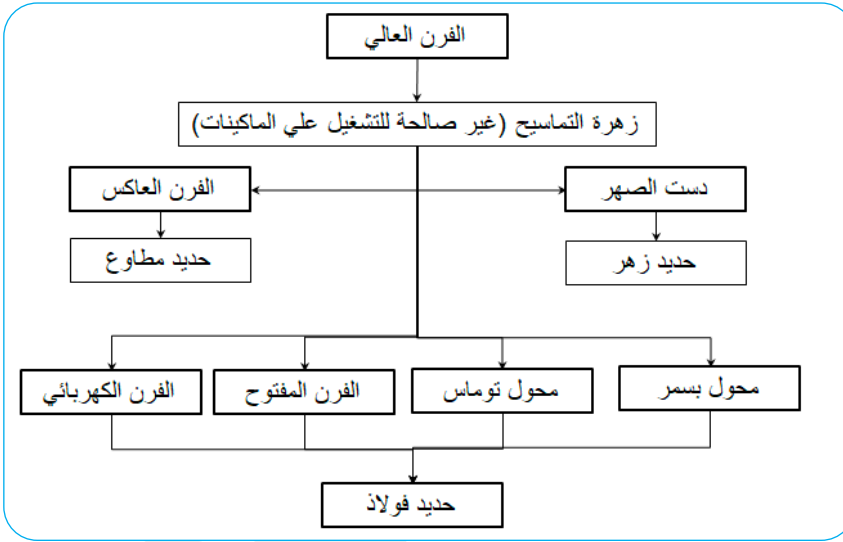
١. ما المقصود بخواص المعادن الطبيعية وخواص المعادن الكيميائية؟
٢. اكمل الجدول أدناه:

| الخاصية      | نوع الخاصية |
|--------------|-------------|
| الثقل النوعي |             |
| المرونة      |             |
| قابلية الشد  |             |
| قابلية السبك |             |

## الفلزات الحديدية

### إنتاج الحديد والصلب (Iron and Steel Production):

يعتبر الحديد أساس الصناعة الحديثة لتدخله في كافة مناحي الحياة (الأواني، أنابيب المياه، آلات النسيج، الطائرات، والسيارات). يوجد الحديد في الطبيعة داخل المناجم والجبال على هيئة صخور مختلطة بالأتربة والشوائب. ويتم إنتاج الأنواع المختلفة للحديد عبر صهر الخام في الأفران المختلفة كما موضح بالشكل أدناه:



مخطط (١): مخطط إنتاج الحديد.

### أ. العمليات التحضيرية لخام الحديد:

قبل صهر وتنقية الخام، يجب إدخاله في عمليات تحضيرية تشمل:

١. **عملية التكسير:** تفككت الصخور الكبيرة إلى قطع أصغر ليسهل نقلها وشحنها داخل الأفران.

٢. **عملية الفرز:** عزل الصخور التي تحتوي على نسب حديد جديرة بالصهر باستخدام آلات مغناطيسية، والتخلص من الخامات عديمة الجدوى الاقتصادية.

٣. **عملية التعريض والغسيل:** ترك الخامات الغنية بالكبريت في العراء لتتفاعل مع العوامل الجوية (أمطار ورطوبة)، فيتحول الكبريت إلى كبريتات تذوب في الماء أثناء الغسيل، مما ينظف الخام من الرمل والمواد الطفيلية.

٤. **عملية التركيز:** تجميع الذرات الناعمة (البودرة) الناتجة عن التكسير والتي تحتوي على نسب حديد عالية، وخلطها مع الحجر الجيري وفحم الكوك (وقود خفيف الوزن، متفتح المسام، ذو قدرة حرارية عالية، رماده قليل ورخيص الثمن)، ثم كبسها على هيئة كرات جاهزة للترحيل.

٥. **عملية التخميص (التكليس):** تسخين الخام للتخلص نهائياً من الرطوبة وبقايا الكبريت، وتحويل الخام إلى أكسيد حديديك جاهز تماماً للصهر.

ب. الصهر في الفرن اللافح العالي:  
يسمى بفرن تيار الهواء، وسمي باللافح العالي لارتفاعه الشاهق مقارنة ببقية الأفران.

### بنيته الهيكلية:

يتكون من مخروطين منكفئين فوق بعضهما (المخروط العلوي أكبر من السفلي).

### أجزائه الرئيسية:

يحتوي في أعلاه على ناقوس الشحن الشبه مخروطي (يمنع تسرب الحرارة للوصول للموضع الأصلي) وفتحة خروج غازات الفرن. ويحتوي في أسفله على أنبوب هواء ساخن يمر عبر فتحات تسمى الودنات، يليه حوض الانصهار وبه فتحتان: اليمنى لخروج الخبث (الشوائب المتوحددة مع الحجر الجيري والتي تطفو بالأعلى)، ويسرى السفلى لخروج الحديد المنصهر.



شكل (١): الفرن اللافح

## طريقة الشحن والتفاعل:

يوضع فحم كوك ملتهب وفحم كوك عاد في القاع، فوقه أكسيد الحديد الجاهز، ثم الحجر الجيري (كمساعد صهر). عند الاشتعال، يتحد أول أكسيد الكربون الناتج من الفحم مع أكسيد الحديد لينتج زهر التماسيح، ويتحد الحجر الجيري مع الشوائب ليكون الخبث، مع استمرار دفع تيار الهواء الساخن عبر الودنات.

## منتجات الفرن العالي:

١. **زهر التماسيح (Pig Iron)**: المنتج الأساسي ويمثل الخام الأولية لجميع الفلزات الحديدية. لا يصلح للاستخدام المباشر لامتناعه شوائب بنسب متفاوتة (كربون، سيليكون، كبريت، فسفور، منجنيز).

تأثير الشوائب فيه: الفسفور والكبريت (عناصر ضارة تسبب التقصف ويجب التخلص منها)، المنجنيز (يذيب الكربون ويكون كبريتيد الحديد)، السيليكون (يفصل الكربون على هيئة قشور جرافيتية رقيقة).

٢. **غازات الفرن العالي**: تستخدم لإعادة تسخين هواء الفرن وتشغيل آلات الغاز والمولدات والغلايات.

٣. **خبث الحديد**: يُستفاد منه في تصنيع الأسمنت الحديدي (لرصف الطرق) والصوف الأسمنتي العازل للحرارة.

## ملحوظة:

| مكونات شحنة الفرن العالي:                | منتجات الفرن العالي:                        |
|------------------------------------------|---------------------------------------------|
| ١. خام الحديد المجهز على هيئة أكسيد حديد | ١. زهرة التماسيح وهو الأساس في صناعة الحديد |
| ٢. فحم الكوك كوقود                       | ٢. خبث الحديد                               |
| ٣. الحجر الجيري كمساعد                   | ٣. غازات الفرن                              |

## تنقية زهر التماسيح وإنتاج حديد الزهر والصلب:

بما أن زهر التماسيح لا يمكن استخدامه مباشرة، فإنه ينقل إلى أفران أخرى لتنقيته:

**أولاً: إنتاج حديد الزهر المسبوك عبر "دست المسبك" (Foundry Cupola):**

يستخدم دست المسبك (الكيوبولا) لصهر زهر التماسيح وتنقيته لإنتاج أنواع حديد الزهر التالية:

- **الزهر الأبيض:** حديد يذوب فيه الكربون ذوباناً ناعماً، هش جداً، مقطعه أبيض، ويندر استخدامه صناعياً.
- **الزهر الرمادي:** باهت أو أسود اللون، ينصهر عند  $1200^{\circ}\text{C}$ ، طري ذو مقطع منتظم، ممتاز في امتصاص الضغط والصدمات (لذا تصنع منه قواعد الآلات وأسطوانات السيارات حيث يعمل الجرافيت ببند تسهيل انزلاق المكبس)، ولكنه لا يتحمل إجهادات الشد أو الشني والالتواء.
- **الزهر الكري:** خليط وسيط في الخواص والعيوب بين الأبيض والرمادي، ويستخدم في المسبوكات المعرضة للاحتكاك الشديد.
- **الزهر اللدن (الطري):** ينتج بمعالجة الزهر الرمادي حرارياً (تسخينه إلى  $700^{\circ}\text{C}$  ثم تبريده ببطء شديد) ليكتسب ليونة نسبية، ويستخدم في صناعة الأقفال، وأجزاء آلات الخياطة والآلات الزراعية.

### ثانياً: إنتاج الحديد الصلب (الفولاذ) (Steel):

الصلب عبارة عن سبيكة من الحديد والكربون، تكون فيها نسبة الكربون أقل بكثير من النسبة الموجودة في حديد الزهر (بحيث لا تتعدى ٨، ١٪). يتم الحصول عليه عبر تقليل نسبة الكربون وتنقية حديد التماسيح في أفران خاصة مثل: محول بسمر، ومحول توماس، والفرن المفتوح. وينقسم الصلب الكربوني (Carbon Steel) حسب نسب الكربون إلى ثلاثة أنواع:

جدول (١): أنواع الصلب الكربوني

| نوع الصلب الكربوني | نسبة الكربون      | الخصائص الميكانيكية                                                                                            | الاستخدامات                                                                |
|--------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| صلب منخفض الكربون  | ٠,٥ ٪ ، ٠,٣ ٪ إلى | طري، يسهل تشغيله، لا تتغير صلابته بالتبريد المفاجئ، يقبل الشني والالتواء والحدادة واللحام بسهولة.              | حديد التسليح، ألواح الصاج، القضبان، المسامير، المستنات، وهياكل السيارات.   |
| صلب متوسط الكربون  | ٠,٣ ٪ إلى ٠,٧ ٪   | قابل للطرق واللحام، تزداد صلابته بالتبريد المفاجئ، ويقبل عمليات المعالجة الحرارية، ويتحمل إجهادات الشد والشني. | إطارات وقضبان السيارات، مسامير البرشام، المطارق، ومرافق وأعمدة نقل الحركة. |

|                  |                |                                                                                                                                           |                                                                                                               |
|------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| صلب عالي الكربون | ٧, ٠٪ إلى ٨, ١ | رمادي مسود، حبيباته دقيقة جداً، وهو الأقوى بين الأنواع، قابل لتعديل خواصه بالحرارة، لحامه صعب جداً ويحتاج عناية فائقة عند تشغيله بالخرطة. | شفرات الحلاقة، النواض (اليايات)، الأدوات القاطعة للورش (المبارد)، الأجنات، السكاكين، أدوات النجارة والمقصات). |
|------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### تمرين:

١. اذكر أهم العمليات التجهيزية التي تجري على الحديد الخام قبل الصهر.
٢. ما أسباب استخدام فحم الكوك كوقود في الأفران العالية؟
٣. ما مكونات شحنة الفرن العالي؟
٤. ما المواد المساعدة للصهر؟ وما فائدتها؟
٥. بين باختصار طريقة استخلاص زهر التماسيح من خام الحديد.
٦. ارسم مقطعاً رأسياً للفرن اللافح العالي وبين الأجزاء الرئيسة فيه.
٧. ما طبيعة زهر التماسيح؟
٨. اذكر تأثير العناصر المختلطة بزهر التماسيح.
٩. بين باختصار الفرق بين الفرن اللافح العالي ودست الصهر.
١٠. ما الفرق بين الزهر الأبيض والزهر اللدن؟
١١. ما مميزات الزهر الرمادي؟
١٢. اذكر أنواع الزهر المسبوك مع توضيح الفرق بينهما؟
١٣. لماذا يُفضل استخدام - الزهر الرمادي - في تصنيع قواعد الآلات وأسطوانات السيارات، بينما يُستبعد - الزهر الأبيض - من التطبيقات الصناعية؟
١٤. تتبع بالترتيب: المراحل التحضيرية الخمس التي يمر بها خام الحديد قبل صهره في الفرن اللافح (العالي).

## الفلزات اللاحديدية (Non-Ferrous Metals)

تكتسب الفلزات اللاحديدية أهمية هندسية بالغة مكملية للفلزات الحديدية. وفيما يلي بطاقات تعريفية لأهم هذه الفلزات:

### النحاس (Copper):

- **الخواص:** ثقله النوعي ٩٢, ٨، ينصهر عند ١٠٨٣°م، ويغلي عند ٢٣٦٠°م. يتميز بأنه موصل ممتاز للكهرباء والحرارة، قابل للطرق والسحب، ومقاوم رائع للتآكل والأكسدة.
- **مركباته الطبيعية:** يوجد حراً، أو مركباً مثل أكسيد النحاس الأحمر، وبيرايث النحاس (كبريتيد النحاس المزدوج مع الحديد).
- **الاستخدام:** الكابلات والسلاسل الكهربائية المعدنية، والأواني المنزلية.

### الألومنيوم (Aluminum):

- **الخواص:** فلز أبيض فضي، طري، خفيف الوزن وثقله النوعي منخفض جداً (٢, ٦٨)، ينصهر عند ٦٦٠°م، موصل ممتاز للحرارة والكهرباء، وقابل للسحب والتطريق.
- **إنتاجه:** بالتحليل الكهربائي لأكسيد الألومنيوم المذاب في مصهور الكرايوليت (فلوريد الألومنيوم والبوتاسيوم)، ويتوقف إنتاجه اقتصادياً على وفرة ورخص الطاقة الكهربائية.
- **الاستخدام:** صناعة الطائرات (لخفته)، التوصيلات الكهربائية، والأواني المنزلية.

### الخارصين (Zinc):

- **الخواص:** فلز أبيض يميل للزرقة، بلوراته لامعة عند النقاء، كثافته ٧, ١، ينصهر عند ٤٢٠°م، ويتبخر عند درجة الاحمرار، ومقاوم للتآكل ويدوب في الحديد.
- **خاماته:** لا يوجد منفرداً، بل في خامات مثل البوند (كبريتيد الخارصين)، والكالين (كربونات الخارصين).
- **الاستخدام:** جلفنة (طلاء) الحديد لحمايته من الصدأ، تبطين المبردات والثلاجات، أقطاب الأعمدة الكهربائية، تغطية السقوف، وصناعة البوهيات والسبائك.

### الرصاص (Lead):

- **الخواص:** رمادي ضارب للزرقة، شديد الليونة (يمكن قطعه بالسكين)، كثافته عالية جداً (١١,٣)، وينصهر عند ٣٣٠°م، ويوجد ككربونات رصاص.
- **الاستخدام:** ألواح البطاريات، غلاف وحماية الكابلات والأسلاك الكهربائية، يدخل مع القصدير في لحام الكاوية، وأقلام الرصاص، والبارود.

### القصدير (Tin)

- **الخواص:** فضي مصفر، لامع، ينصهر عند ٢٣٢°م، ثقله النوعي بين ٨,٥ و ٧,٣. يتفتت تبريداً ويكون هشاً وسهل السحق عند ٢٠٠°م. له حالتان: قصدير ألفا (ثابت دون ١٣°م، كثافته ٨,٥)، وقصدير بيتا (ثابت بين ١٢°م إلى ١٦١°م، كثافته ٧,٣). وهو أعلى المعادن الهندسية تكلفة (أعلى من النحاس).
- ظاهرة الفرقعة: عند ثني عمود قصدير نقي بالقرب من الأذن يُسمع صوت فرقعة تكسر بلوراته، وهو مؤشر على جودة لحام القصدير.
- **الاستخدام:** طلاء ألواح الصلب (Tin-Plates)، طلاء أسلاك النحاس، وصناعة السبائك.

### السبائك اللاحديدية: (Alloys of Non-Ferrous Metals)

هي المخاليط المعدنية التي لا تحتوي على الحديد كمكون أساسي (أو تحتوي عليه بنسب ضئيلة جداً كشوائب). تمتلك هذه السبائك خصائص ميكانيكية وفيزيائية فريدة تجعلها لا غنى عنها في الصناعات المتقدمة والهندسية، كبديل ممتاز للحديد والصلب في التطبيقات التي تتطلب خفة الوزن، مقاومة التآكل، أو التوصيل العالي.

### الخصائص العامة للسبائك اللاحديدية:

- تتميز السبائك اللاحديدية بمجموعة من الخواص التي تمنحها تفوقاً في قطاعات معينة مقارنة بالسبائك الحديدية:
- **مقاومة عالية للتآكل والأكسدة:** لا تصدأ مثل الحديد عند تعرضها للرطوبة والعوامل الجوية.
- **التوصيل الكهربائي والحراري الممتاز:** كفاءة عالية في نقل الطاقة والحرارة (مثل النحاس والألومنيوم).
- **خفة الوزن (كثافة منخفضة):** تمتاز بعضها بنسبة قوة إلى وزن عالية جداً (مثل

- سبائك الألومنيوم والتيتانيوم).
- **سهولة التشكيل والتشغيل:** قابلة للسحب، الطرق، والصب، وتسهل عمليات تشغيلها ميكانيكياً (Machining).
- **غير مغناطيسية:** ميزة حيوية في الصناعات الإلكترونية والأجهزة الطبية (مثل رنين مغناطيسي).

### أنواع السبائك اللاحديدية:

تنقسم السبائك اللاحديدية بناءً على المعدن الأساسي (المذيب) فيها إلى عدة عائلات رئيسية:

#### أ. سبائك الألومنيوم (Aluminum Alloys):

- الألومنيوم هو المعدن اللاحديدي الأكثر استخداماً نظراً لخفته ووفرته. يتم سبكه مع عناصر مثل النحاس، المغنيسيوم، السليكون، والزنك.
- **الخصائص:** كثافة منخفضة، مقاومة ممتازة للتآكل، ونسبة قوة إلى وزن ممتازة بعد المعالجة الحرارية.
- **التطبيقات:**

- هيكل الطائرات وصناعة الفضاء مثل سبيكة -الدويرالومين (Duralumin).
- صناعة السيارات (كتل المحركات، الهياكل الخارجية لتقليل استهلاك الوقود).
- عبوات الأغذية والمشروبات، وإطارات النوافذ.

#### ب. سبائك النحاس (Copper Alloys):

- النحاس هو أقدم معدن استخدمه الإنسان، وتتميز سبائكه بالليونة والتوصيل الفائق.
- أهم أنواعها:

- ١- **النحاس الأصفر (Brass):** سبيكة من (٧٠٪ نحاس + ٣٠٪ خارصين). تتميز بمظهر ذهبي وسهولة تشكيل ومقاومة للاحتكاك. (تستخدم في الصمامات، الأنابيب، والآلات الموسيقية).
- ٢- **البرونز (Bronze):** سبيكة من النحاس والقصدير (وقد يضاف لها الفسفور أو الألومنيوم). تتميز بصلابة عالية ومقاومة للتآكل المائي، وأهم هذه السبائك:

### جدول (٣) : أنواع البرونز

| الاستخدام                                                 | المكونات                         | السبيكة          |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------|
| السفن،<br>مراوح دفع<br>ومضخات المياه                      | نحاس + ٢٢٪ قصدير +<br>١٪ فسفور   | البرونز الفسفوري |
| بناء وتصنيع هياكل السفن<br>البحرية لمقاومته الفائقة للصدأ | نحاس + (٢٠٪ - ٣٠٪)<br>نيكل       | البرونز النيكلي  |
| معدات توليد البخار،<br>المرجل، والمضخات الثقيلة           | نحاس + ١٠٪ قصدير +<br>٢٪ خارصين  | برونز المدافع    |
| صناعة الزلاقات الميكانيكية،<br>والعملات البرونزية         | نحاس + (٥، ٧٪ - ١٢٪)<br>ألومنيوم | برونز الألومنيوم |

٣- **السبيكة البيضاء (White Metal)** : تتكون من قصدير مخلوط بنحاس، ورصاص، والأنتيمونيا (معدن قصيف ثقله النوعي ٦، ٦ وينصهر عند ٦٣٠°م وهو العامل المشترك في السبائك البيضاء). تُستخدم لتبطين كراسي المحاور (البلي)، وتعتمد كفاءتها على عدم تجانسها (أن يحتوي على معدن ناشف مدفون في جسم معدن طري، وأن يكون البلي ألين من عمود الدوران).

### ج. سبائك التيتانيوم (Titanium Alloys):

تعتبر سبائك التيتانيوم من المواد الهندسية الفائقة (Superalloys).  
**الخصائص:** قوة ميكانيكية هائلة تقارب الصلب ولكن بنصف وزنه، ومقاومة استثنائية لدرجات الحرارة العالية والتآكل الكيميائي، كما أنه متوافق حيويًا مع جسم الإنسان.  
**التطبيقات:**

- أجزاء المحركات النفاثة والصواريخ.
- الزرعات الطبية (المفاصل الصناعية وزراعة الأسنان).
- الصناعات الكيميائية ومحطات تحلية المياه.

### سبائك النيكل (Nickel Alloys):

يتم سبك النيكل غالباً مع الكروم، الحديد، أو الموليبيدوم.  
**الخصائص:** قدرة فائقة على تحمل درجات الحرارة العالية جداً والبيئات

الحمضية القاسية دون فقدان المتانة تسمى السبائك الفائقة أو (Inconel / Monel).

• **أبرز التطبيقات:** توربينات الغاز، المفاعلات النووية، ومعدات التكرير البتروكيميائية.

هـ. **سبائك الزنك والمغنيسيوم (Zinc & Magnesium Alloys):**

• **سبائك الزنك:** تمتاز بدرجة انصهار منخفضة وسيولة عالية، مما يجعلها مثالية لعمليات - السباكة بالقوالب (Die Casting) لإنتاج أجزاء معقدة كالمقابض، الكربوريتور، والقطع الدقيقة.

• **سبائك المغنيسيوم:** هي الأخف وزناً بين المعادن التركيبية؛ وتستخدم في الأجهزة الإلكترونية المحمولة (الهواتف المحمولة والمحمول) ومعدات الرياضة وأجزاء الطائرات لتخفيف الوزن.

جدول (٤): مقارنة بين السبائك الحديدية واللاحديدية:

| وجه المقارنة    | السبائك الحديدية                   | السبائك اللاحديدية                       |
|-----------------|------------------------------------|------------------------------------------|
| المكون الأساسي  | الحديد                             | الألومنيوم، النحاس، التيتانيوم، إلخ.     |
| مقاومة الصدأ    | ضعيفة (تتطلب طلاءً أو معالجة خاصة) | عالية جداً وطبيعية                       |
| الوزن (الكثافة) | ثقيلة نسبياً                       | خفيفة إلى متوسطة                         |
| المغناطيسية     | مغناطيسية (في الغالب)              | غير مغناطيسية                            |
| التكلفة         | اقتصادية ووفرة عالية               | أعلى تكلفة بسبب صعوبة الاستخلاص والتشغيل |

 تمرين:

١. اذكر أهم خواص معدن الألومونيوم.
٢. اكتب عن خواص القصدير.
٣. ما خواص السبائك الآتية وأين تستخدم:  
أ / سبائك البرونز القصديري.  
ب / سبائك الألومونيوم.  
ج / السبيكة البيضاء.
٤. ما الفرق الجوهرى بين الفلزات الحديدية واللاحديدية من حيث البنية البلورية؟
٥. قارن في جدول بين النحاس الأصفر (Brass) والبرونز (Bronze) من حيث: المكونات الأساسية، والاستخدامات.

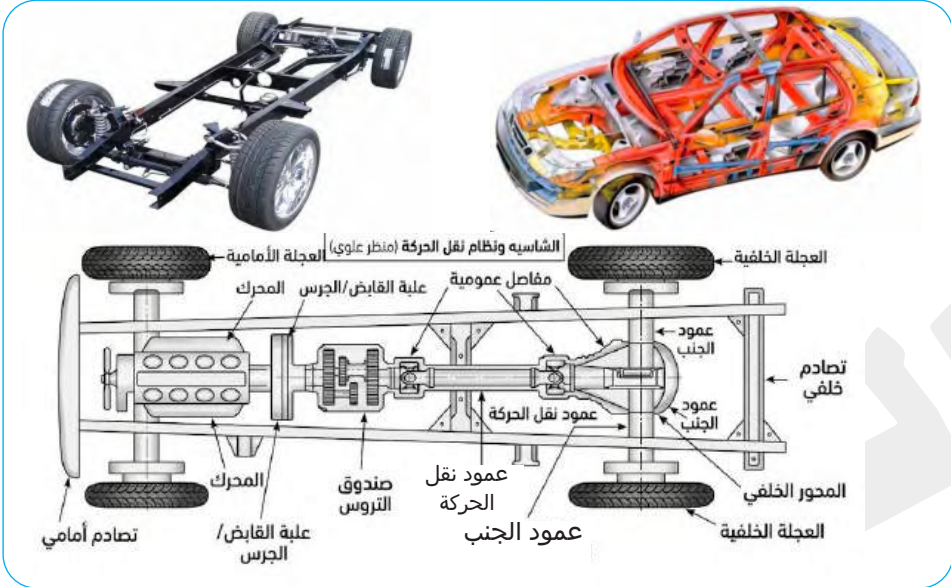
## المكونات الأساسية للسيارة

السيارة هي منظومة هندسية متكاملة تتكون من عدة أجزاء وهي الهيكل (الشاسيه)، المحرك، والجسم الخارجي (البودي)، أجهزة نقل الحركة، أعمدة الجنب، الإطارات والفرامل، أجهزة التعليق والتوجيه بالإضافة إلى الأجزاء الكهربائية والإلكترونية.

### أ. الهيكل:

هو العصب الهيكلي للسيارة ويعرف بالشاسي Chasis ويتم فيه تركيب المحرك وأجهزة نقل الحركة وجميع أجزاء السيارة الأخرى. يصنع هيكل السيارة من الصلب على شكل قضبان طويلة وعريضة، أو يأخذ مقطعه شكل حرف (U)، وتوصل أجزاؤه ومقاطعته العرضية إما بواسطة اللحام أو البرشام لضمان المتانة ومقاومة الإلتواء وهي ضرورية لتحمل الأحمال ناتجة من الطريق والأوزان التي تحملها السيارة.

كما موضح بالشكل أدناه فإن هيكل السيارة يثبت فيه كل من: المحرك، أجهزة نقل الحركة والتي تحتوي على القابض (الكلتش)، صندوق السرعات (الجير بوكس)، صندوق التروس الفرعية (الدفرنش)، المحاور وأعمدة الجنب، العجلات والفرامل أجهزة التوجيه (الدريكسيون)، وأجهزة التعليق التي تساعد على تقليل الاهتزازات لدى السائق والركاب.



شكل رقم (٣): هيكل السيارة.

## ب. الجسم الخارجي (البودي - Body):

هو الغطاء أو الهيكل الخارجي الذي يثبت فوق الشاسيه، ويصنع عادة من ألواح صاج رقيقة يتم تصميمها وتصنيعها لتقليل مقاومة الهواء، حيث يوجد عدة تصاميم للجسم الخارجي للسيارة كما موضح في الشكل أدناه. ووظيفة البودي هو حماية الركاب والبضائع من العوامل الجوية الخارجية (الأمطار، الأتربة، الرياح) وتوفير الراحة والأمان.



شكل رقم (٤): تصاميم مختلفة من جسم السيارات.

## ج. أجهزة نقل الحركة:

أجهزة نقل الحركة بالسيارة هي المسؤول الأول عن تحويل الطاقة الدورانية المتولدة من المحرك إلى عزم دوران يدفع العجلات، مما يسمح للسيارة بالحركة بسرعات وعزم مختلفين يناسبان ظروف القيادة المتغيرة ويتكون من الآتي:



شكل رقم (٥): أجهزة نقل الحركة، التعليق والتوجيه.

## ١. القابض (Clutch):

يُعد الكلتش حلقة الوصل المباشرة الميكانيكية بين المحرك وصندوق التروس في السيارات ذات ناقل الحركة اليدوي. وأهميته يكمن في السماح بقطع تدفق العزم مؤقتاً لتمكين السائق من تعشيق التروس بسلاسة دون حدوث تصادم أو كسر لأسنان التروس، بالإضافة إلى تمكين السيارة من التوقف التام دون انطفاء المحرك. في السيارات الحديثة المزودة بناقل حركة أوتوماتيكي، يُستبدل القابض التقليدي بمحول العزم - Torque Converter، وهو نظام هيدروليكي يعتمد على ديناميكا السوائل وضغط زيت القير لنقل الحركة بسلاسة ميكانيكية حرة.

## ٢. صندوق التروس:

يعرف أيضاً بعلبة التروس أو الجير بوكي ويعمل على توزيع القوة والسرعة طبقاً لحاجة السيارة الطبيعية سواء كانت صعوداً مرتفع، تسارع، أو قيادة بسرعة ثابتة. تعديل نسبة العزم والسرعة. التروس الكبيرة الغيار الأول والثاني تقدم عزماً عالياً وسرعة منخفضة لتغلب السيارة على القصور الذاتي عند البدء أو الصعود، بينما التروس الصغيرة الغلارات العالية تقدم سرعة عالية وعزماً منخفضاً للمحافظة على الزخم على الطرق السريعة. وهناك عدة أنواع من صناديق التروس وهي:

- ناقل الحركة اليدوي: ويعتمد على اختيار السائق المباشر للتروس يدوياً عبر عصا القير ودواسة القابض.

- ناقل الحركة الأوتوماتيكي التقليدي: يغير التروس تلقائياً عبر مجموعات تروس كوكبية (Planetary Gears) ووحدة تحكم هيدروليكية وإلكترونية متطورة.

- ناقل الحركة المستمر: يعتمد على بكرتين متغيرتي القطر وحزام معدني واصل بينهما لتوفير نسب نقل متغيرة لا نهائية وبسلاسة تامة دون أدنى شعور بالنقلات.

- ناقل الحركة مزدوج القابض: يحتوي على قابضين فاصلين (واحد للتروس الفردية والآخر للزوجية) مما يتيح تجهيز النقلة التالية مسبقاً وتغيير السرعات في أجزاء من الثانية.

## ٣. عمود الإدارة:

يعرف أيضاً بعمود الكردان ويُصنع من مواد قوية مجوفة وخفيفة الوزن كالصلب أو ألياف الكربون ويقوم بنقل الحركة الدورانية من مخرج صندوق التروس في مقدمة أو منتصف السيارة إلى المحور الخلفي الدفرن. يشيع استخدامه

في سيارات الدفع الخلفي والرباعي. ويحتوي العمود على وصلات مفصلية - Universal Joints تتيح له مرونة فائقة لنقل العزم بزوايا متغيرة ناتجة عن تحرك نظام التعليق الخلفي صعوداً وهبوطاً أثناء السير في المنعطفات والمنحدرات.

#### ٤. صندوق التروس الفرقي:

يعرف أيضاً بالدفرنش وهو مكون ميكانيكي هندسي عبوري يقع بين العجلات القائدة، ويقوم بوظيفتين محورتين:

- تغيير زاوية الحركة: تحويل اتجاه الحركة الدورانية القادمة طويلاً من المحرك بمقدار ٩٠ درجة لتصبح حركة عرضية تتجه صوب العجلات.

- فرق السرعات الديناميكي: السماح للعجلة اليمين واليسار بالدوران بسرعات مختلفة تماماً أثناء المنعطفات؛ حيث تقطع العجلة الخارجية مسافة أطول وأسرع من العجلة الداخلية. بدون الدفرنش، ستنزلق الإطارات بقوة، وتفقد السيارة ثباتها وتتآكل التروس ميكانيكياً.

#### ٥. محاور العجلات ووصلات السرعة الثابتة:

وظيفته هي الأعمدة الصغيرة النهائية التي تخرج من صندوق التروس (في الدفع الأمامي) أو من الدفرنش (في الدفع الخلفي) لتتصل بصرة العجلات مباشرة بهدف التوصيل النهائي للحركة.

مفاصل السرعة الثابتة (الكوبلن) في سيارات الدفع الأمامي بشكل خاص، تحتاج المحاور إلى نقل الحركة بسلاسة تامة حتى أثناء انعطاف العجلات يمينا ويساراً مع المقود وتأرجح التعليق، وهو ما تقوم به (وصلات السرعة الثابتة - CV Joints / الكوبلن) المحمية بأغطية مطاطية تحافظ على شحم التشحيم داخلياً.

#### د. أجهزة التعليق والتوجيه:

يعمل نظاما التعليق والتوجيه جنباً إلى جنب كبنية موحدة لضمان راحة الركاب وتوجيه المركبة بدقة متناهية تحت مختلف الظروف التشغيلية.

#### ١. نظام التعليق (Suspension System):

هو الرابط الديناميكي الأساسي بين هيكل السيارة (الشاسيه) والعجلات، ويتمحور دوره حول امتصاص الصدمات الناتجة عن عيوب الطريق وضمان التصاق الإطارات الدائم بالأرض.

- النوابض / اليايات: سواء كانت نوابض لولبية (Coil Springs) أو نوابض ورقية (Leaf Springs - الشستات). وظيفتها امتصاص طاقة الصدمة وتخزينها مؤقتاً عبر الانضغاط.

- **ممتص الصدمات / المساعدين (Shock Absorbers):** تعمل هيدروليكيًا أو عبر غاز مضغوط على تبديد الطاقة المخزنة في النوابض وتحويلها إلى طاقة حرارية، وبدونها ستستمر السيارة في الارتداد والاهتزاز صعوداً وهبوطاً بشكل مستمر يفقدها الثبات.
- **أعمدة التوازن (Anti-roll Bars):** قضيب معدني مرن يربط بين جهتي التعليق اليمنى واليسرى لتقليل ميلان هيكل السيارة (Body Roll) أثناء الطرد المركزي في المنعطفات الحادة.
- **المقصات والجلب (Control Arms & Bushings):** الأذرع الهيكلية والوصلات المطاطية التي تثبت صرة العجلات وتسمح لها بالحركة الرأسية الحرة مع منع حركتها الأفقية غير المرغوبة.
- **٢. نظام التوجيه (Steering System)**  
هو النظام المسؤول عن تحويل رغبة السائق التوجيهية (عبر عجلة القيادة) إلى حركة زاوية موجهة للعجلات الأمامية لتحديد مسار المركبة بدقة.
- **عمود التوجيه:** تتكون من عجلة وعمود التوجيه اللذين ينقلان الحركة الدورانية من يد السائق لأسفل الشاسيه.
- **صندوق التروس التوجيهي:** النوع الأكثر شيوعاً هو الجريدة والترس، حيث يحول الترس الصغير الحركة الدورانية لعمود القيادة إلى حركة خطية أفقية يميناً ويساراً.
- **أذرع التوجيه:** الوصلات الميكانيكية الدقيقة التي تنقل الحركة الخطية من صندوق التوجيه مباشرة إلى نواكل العجلات.
- **أنظمة المساعدة:** لتخفيف الجهد العضلي، تدمج السيارات إما نظاماً هيدروليكيًا (مضخة زيت) أو نظاماً كهربائياً حديثاً بالكامل (EPS - Electric Power Steering) يعتمد على محرك كهربائي ذكي يقرأ سرعة السيارة ويوفر مساعدة متغيرة.

### هـ. العجلات والإطارات (Wheels and Tires)

- تمثل العجلات والإطارات نقطة الاتصال الوحيدة والفعلية بين السيارة وسطح الطريق، وهي المترجم الحقيقي لكفاءة أنظمة التعليق والتوجيه والفرامل.
- **الجنط المعدني:** الجزء المعدني الصلب المصنوع إما من الصلب أو سبائك

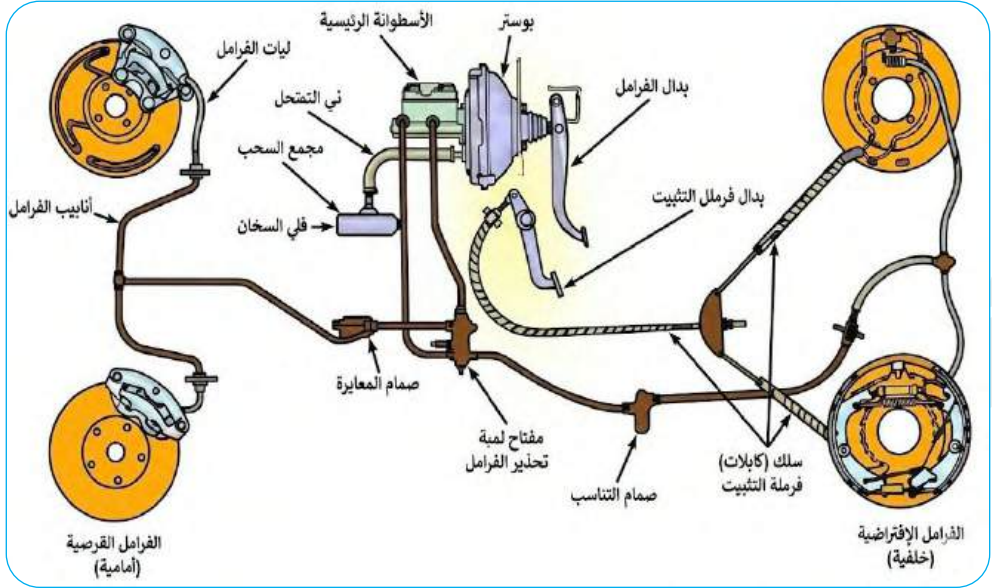
- الألمنيوم والمغنيسيوم الخفيفة (الجنوط السبور)، ومهمته تحمل الأوزان الاستاتيكية والديناميكية وتثبيت الإطار بوضعية هندسية صحيحة.
- الإطار المطاطي: هندسة كيميائية وميكانيكية معقدة تتداخل فيها طبقات المطاط، الأسلاك الفولاذية، والألياف النسيجية.
- مداس الإطار: النقشة الخارجية المسؤولة عن تصريف المياه ومنع الانزلاق المائي (Hydroplaning) وتوفير معامل الاحتكاك (Traction) اللازم للتسارع والكبح الصارم.
- الهواء المضغوط: الغاز المضغوط داخل الإطار هو الذي يحمل وزن السيارة الفعلي، ويساهم بنسبة تتجاوز ٣٠٪ في مرونة امتصاص الصدمات الأولية البسيطة قبل وصولها لنوابض التعليق.

## و. نظام الفرامل / المكابح (Braking System):

يعتبر نظام الأمان الأول والدفاعي الحرج في السيارة، ويعتمد فيزيائياً على مبدأ تحويل الطاقة الحركية للمركبة إلى طاقة حرارية عن طريق الاحتكاك الميكانيكي المباشر لإبطاء السيارة أو إيقافها تماماً.

### ١. المكونات الهيدروليكية والميكانيكية

- الأسطوانة الرئيسية: تحتوي على مكبس رئيسي يحول ضغطة قدم السائق على الدواسة إلى ضغط هيدروليكي مرتفع جداً يسري عبر أنابيب سائل الفرامل (باكس).
- سيرفو الفرامل: يقع خلف الدواسة مباشرة، ويعتمد على خلخلة الهواء (Vacuum) المستمدة من المحرك لمضاعفة القوة الهيدروليكية الناتجة عن ضغطة السائق بجهد بشري بسيط جداً.
- الفرامل القرصية: النظام الأكثر كفاءة؛ يتكون من قرص دوار (Rotor) يدور ملاصقاً للعجلة، وفك ثابت (Caliper) يحتوي على مكابس تضغط على فحمت/ تيل الفرامل (Brake Pads) للاحتكاك بالقرص وإيقافه حرارياً.
- الفرامل الأسطوانية: تشيع في العجلات الخلفية للسيارات الاقتصادية، حيث تضغط أحذية الفرامل (Brake Shoes) المقوسة إلى الخارج ضد الجدار الداخلي لأسطوانة (طنبورة) دوارة.



شكل رقم (٦): نظام الفرامل بالسيارة.

### تمرين:

١. يُعد "الشاسيه" - العصب الهيكلي للسيارة. اذكر الأشكال الهندسية لمقاطعها، وكيف يتم ربط أجزائه لضمان مقاومة الالتواء؟
٢. ماذا يحدث إذا ألغينا "صندوق التروس الفرقي (الدفرنش / الكرونة)" من سيارة ذات دفع خلفي أثناء سيرها في المنعطفات؟
٣. اشرح آلية عمل "مفاصل السرعة الثابتة (الكوبلن)" في سيارات الدفع الأمامي، وما وظيفة الأغشية المطاطية المحيطة بها؟
٤. قارن بين نظام "الفرامل القرصية" و"الفرامل الأسطوانية" من حيث الكفاءة وميكانيكية العمل.
٥. ما الوظيفة الديناميكية لـ "أعمدة التوازن (Anti-roll Bars)" في نظام التعليق أثناء الدوران في المنعطفات الحادة؟

## المحركات

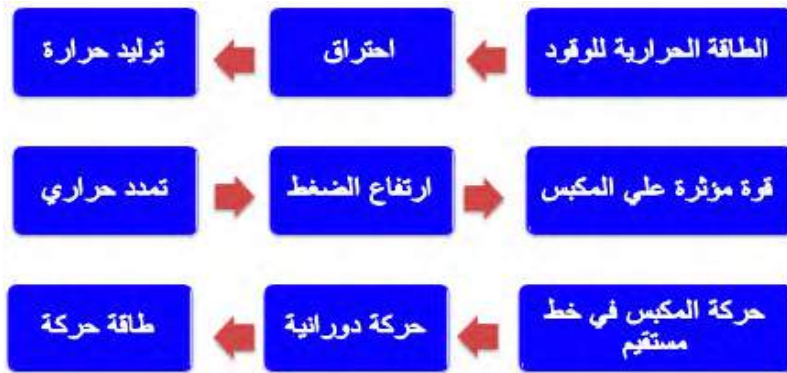
### محرك السيارة:

محرك السيارة هو المصدر الأساسي للقدرة وهو المسئول من حركة السيارة، ويعمل المحرك باستخدام الوقود (بنزين أو ديزل) ونتيجة احتراق الوقود داخل الحركة ينتج حركة دورانية لعمود المرفق والذي ينقل الحركة إلي العجلات عبر مجموعة من أجهزة نقل الحركة.



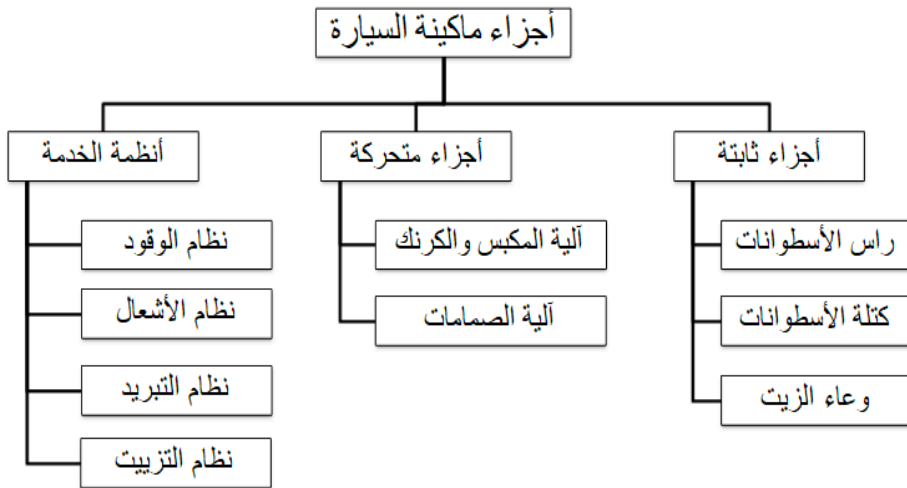
شكل (٧): المحرك

والمخطط يوضح مراحل تحول الطاقة الحرارية للوقود الى طاقة حركية في بمحرك السيارة، حيث يتم تحويل الطاقة المخزنة بالوقود المستخدم لتشغيل محرك السيارة إلى طاقة حرارية عبر عملية الاحتراق بمساعدة الهواء الخارجي والتي تتم داخل غرفة الاحتراق لكل أسطوانة مما يولد ضغط عالية من غازات الاحتراق ويؤدي ذلك إلى تحريك المكبس إلى أسفل حركة ترددية الذي يتحول إلى حركة دوران في عمود الكرنك عبر ذراع التوصيل.



## مكونات محرك السيارة:

يتكون محرك السيارة من أجزاء أساسية وأنظمة مساعدة لضمان استمرارية تشغيل المحرك. فالأجزاء الأساسية به أجزاء ثابتة ومتحركة، حيث يمكن تقسيم الثابتة إلى ثلاثة أجزاء وهي رأس الأسطوانات، كتلة الأسطوانات ووعاء الزيت (الكرتيل) والأجزاء المتحركة تتحرك داخل هذه الأجزاء الثابتة الثلاثة.



مخطط رقم (٢): يوضح المكونات العامة لمحرك السيارة

## أولاً: الأجزاء الثابتة:

ينقسم محرك السيارة إلى أجزاء ثابتة والتي بدورها تحتوي على أجزاء متحركة كما هو موضح في المخطط أعلاه. فهناك ثلاثة أجزاء رئيسية هي رأس الأسطوانة، كتلة الأسطوانات ووعاء الزيت، وأي من هذه الأجزاء الثلاثة تحتوي على أجزاء متحركة تعمل في تناسق لضمان استمرارية دوران المحرك. فرأس الأسطوانة تحتوي

علي صمامات السحب والعدم والتي تتحرك عبر آلية مربوطة مع عمود الكرنك، وكتلة الأسطوانات تحتوي علي المكابس التي تحرك عمود الكرنك عبر الية المكبس وذراع التوصيل، بينما يحتوي وعاء الزيت علي مضخة الزيت التي تدور عبر ترس مع عمود الكرنك.

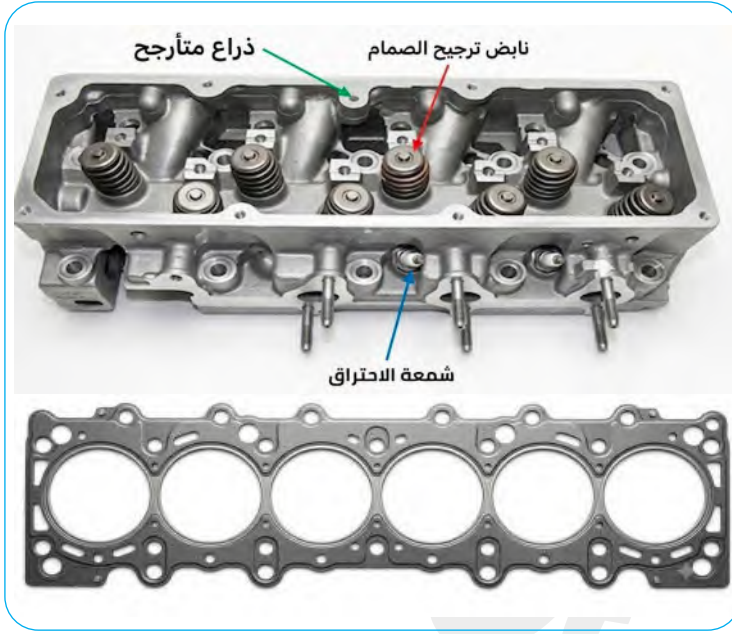


شكل رقم (٨): يوضح الأجزاء الثابتة لمحرك السيارة.  
الأجزاء الثابتة للمحرك:

#### ١. رأس الأسطوانات (Cylinder Head):

هو الجزء العلوي للمحرك ويعمل علي إحكام قفل الأسطوانات وتشكيل غرفة الاحتراق. ويركب في رأس الأسطوانات صمامات السحب وصمامات العادم، وبه فتحات لتركيب شمعات الاشعال (البلكات) وفتحات لتركيب بخاخات الوقود (الإنجكترات)، وأيضاً به مجاري لمرور ماء التبريد التي يتم ضخه عبر منظومة التبريد ومجاري لمرور الزيت التي يتم ضخه عبر منظومة التزيت. وفي الغالب يتم تصنيع رأس الأسطوانات من حديد الزهر أو سبيكة الألومنيوم، ويربط مع كتلة الأسطوانات بواسطة مسامير فولاذية عالية المتانة.

حاشية رأس الأسطوانات Head Gasket: توضع الحاشية (وش الرأس) بين رأس الأسطوانات وكتلة الأسطوانات وذلك لمنع تسرب الغازات عالية الضغط من غرفة الاحتراق، ومنع اختلاط أو تسرب ماء التبريد وزيت التزيت. أحيث من الممكن تسربه مع عدم وجود وش الرأس. ويتم تصنيع وش الرأس من الكربون أو الكوبريت الحراري والصلب المعالج.

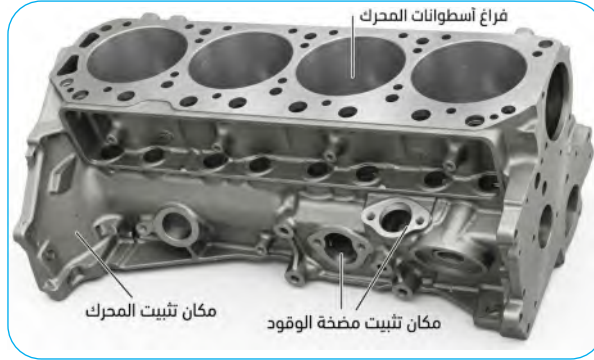


شكل رقم (٩): رأس الأسطوانات ووش الرأس.

## ٢. كتلة الأسطوانات (Block Cylinder):

وهي الجزء الأكبر والأثقل في المحرك، وتحتوي على فتحات أسطوانية دائرية تتحرك بداخلها المكابس حركة ترددية صعوداً وهبوطاً حيث يتكون كتلة الأسطوانات من الآتي:

- المجاري الداخلية: يحتوي السلندر على ممرات داخلية مصبوبة بعناية، تشمل:
- قمصان الماء: مجاري تحيط بالأسطوانات يمر فيها ماء التبريد لتشتت الحرارة الزائدة.



- مجاري الزيت: قنوات محفورة بدقة لضخ زيت التزييت تحت ضغط إلى جميع الأجزاء المتحركة.

شكل رقم (١٠): كتلة الأسطوانات

### ٣. وعاء الزيت Oil Pan:

يصنع الكرتيل عادة من ألواح الصاج الفولاذي الرقيق والتي تم إنتاجه بالكبس والطرق، أو من الألومنيوم المصبوب.

الإجزاء المتحركة في محرك السيارة عبارة عن آليتين وهي كالآتي:

تحتوي هذه الآلية علي ثلاثة أجزاء رئيسية تتحرك لتحويل الحركة الخطية الترددية للمكبس إلي حركة دورانية لعمود الكرنك وهي المكبس، ذراع التوصيل وعمود الكرنك، كما موضح بالشكل أدناه:



## ١. المكبس (Piston)

المكبس أو البستم: عبارة عن قطعة أسطوانية الشكل تتحرك حركة ترددية خطية داخل الأسطوانة بين النقطتين العليا والسفلى بكتلة الأسطوانات. ومن مهام المكبس هو:

- استقبال ضغط الغازات الناتج من عملية احتراق خليط الوقود والاندفاع الي أسفل حيث ينقل هذه القوة إلى ذراع التوصيل، والذي يحول إلى حركة دورانية لعمود الكرنك.
- إحكام غلق الأسطوانة وذلك بمساعدة حلقات المكبس (الشنابر) حيث يعملان علي منع تسرب الغازات الناتجة في غرفة الاحتراق إلى أسفل المحرك ومنع تسرب الزيت إلى غرفة الاحتراق.
- المكبس له دور كبير في شوطي السحب والعدم حيث يعمل علي سحب خليط الهواء الكافي عند فتح صمام الهواء وطرده الغازات بعد شوط القدرة إلى خارج المحرك عبر صمام العدم.
- امتصاص الحرارة الناتجة أثناء مرحلة الاحتراق وتصريفها عبر الشنابر إلى جدار كتلة الأسطوانات ومنها إلى سائل التبريد الذي يمر عبر تجاويف داخل كتلة الأسطوانات مما يؤدي إلى حماية المحرك من الحرارة الزائدة.
- يصنع المكبس من سبائك الألومنيوم لخفة وزنها وهذه مفيدة لتقليل قوى القصور الذاتي الناتجة عن التغير المفاجئ في اتجاه الحركة وأيضاً سبائك الألومنيوم تمتاز بالجودة العالية لتوصيل الحرارة مما يضمن التخلص من الحرارة الزائدة بصورة مستمرة ما يضمن إستمرارية تشغيل المحرك بأمان.
- ويتكون المكبس من:

- رأس المكبس: السطح العلوي المواجه لغرفة الاحتراق.
- منطقة الحلقات: مجاري محفورة حول المكبس لتركيب الشنابر.
- جذع المكبس: الجزء السفلي الذي يحافظ على استقامة المكبس ويوجه حركته ويمنع انحرافه الجانبي.
- سرة المكبس: الفتحة الداخلية التي يمر عبرها محور المكبس (البنز) لربطه بذراع التوصيل، ويصنع البنز من الصلب السبائكي المعالج بالكروم والنيكل ويكون مجوفاً لتقليل الوزن.
- ويركب بالمكبس حلقات المكبس (الشنابر) حيث يوجد نوعين منها نوعين وهي:

- **شبابر الضغط:** وتكون في الأعلى، وعددها عادة اثنين وظيفته هو منع تسرب الغازات والضغط من غرفة الاحتراق إلى علبة المرفق (الكارتيل) للحفاظ على قدرة المحرك.
- **شبابر الزيت:** تكون في الأسفل، وعددها واحد أو اثنين، وتحتوي على فتحات نفاذة، وظيفتها كشط الزيت الزائد عن جدران الأسطوانة وإعادة توزيعه للكارتيل، مما يمنع صعود الزيت لغرفة الاحتراق واحتراقه مما يمنع خروج دخان أزرق وتراكم الكربون على البلكات.
- وتصنع الشبابر عادة من الحديد الزهر المرن لمقاومته العالية للتآكل.



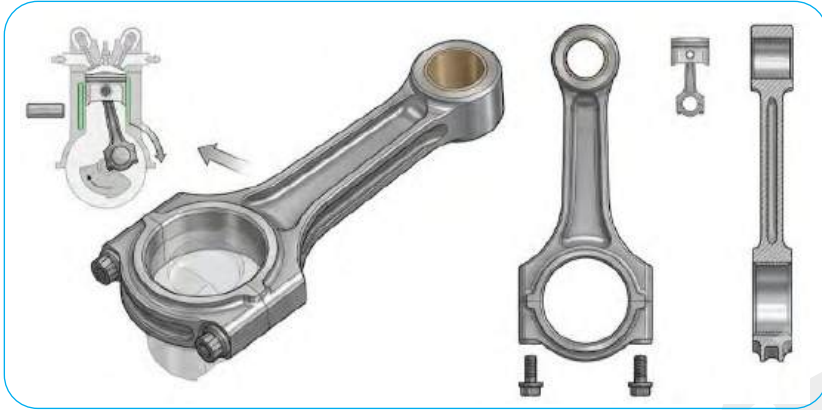
شكل رقم (١٢): يوضح المكبس والشبابر.

## ٢. ذراع التوصيل

يسمى أيضا بـ (الضراع)، وهو حلقة الوصل الميكانيكية التي تقوم بتحويل الحركة الترددية للمكبس إلى حركة دورانية لعمود المرفق. ويصنع ذراع التوصيل من الفولاذ السبائكي عالي الجودة حيث يتم إنتاجه عبر عملية الطرق في القوالب، ويأخذ مقطعه شكل حرف (I) ليعطي أقصى مقاومة لانحناء الشد والضغط بأقل وزن ممكن. وبذراع التوصيل طرفان هما:

- الطرف الصغير الذي يحتوي على جلبة برونزية ويرتبط بمحور المكبس (البنز).

- الطرف الكبير الذي ينقسم إلى نصفين (الذراع والغطاء) حيث يربطان معاً بمسامير دقيقة حول ركبة عمود المرفق، ويحتوي على سبيكة نصفين (كراشي المحاور) مبطنة بالمعدن الأبيض لتقليل الاحتكاك.



شكل رقم (١٣): يوضح ذراع التوصيل (الضراعات).

### ٣. عمود المرفق (الكرنك):

عمود المرفق أو عمود الكرنك Crankshaft هو العمود الرئيسي في المحرك ويعمل على جمع القدرة الميكانيكية من جميع الأسطوانات ويحولها إلى حركة دائرية مستمرة عبر الحدافة يتم نقله إلى العجلات عبر مجموعة من أجهزة نقل الحركة. ويتكون عمود الكرنك كما موضح في الشكل أدناه من محاور الارتكاز الرئيسية الذي يمثل كراسي التحميل، وركب عمود المرفق الذي تثبت به أذرع التوصيل، وممرات الزيت الداخلية لتزيت الكراسي، وكتل الاتزان وهي عبارة عن كتل معدنية مدمجة لمعادلة قوى القصور الذاتي وضمان دوران متزن ودون إهتزازات. ويعتمد شكل عمود الكرنك وزوايا ركبه على عدد الأسطوانات بالمحرك وترتيب الاشتعال.



شكل رقم (١٤): يوضح عمود الكرنك.

- ويمكن تلخيص مهام عمود الكرنك في الآتي:
- تحويل الحركة الترددية للمكبس إلى حركة دورانية.
- نقل العزم والقدرة الميكانيكية حيث يستقبل قوي الضغط العالية الناتجة في شوط القدرة ويحولها إلى عزم دوران إلى صندوق التروس عبر الحدافة.
- الحفاظ على إتزان المحرك وإستمراية دورانها حيث يحتوي على كتل الاتزان والحدافة.
- كما يعمل عمود الكرنك على تشغيل الأنظمة المساعدة بالمحرك حيث يعمل مع عمود الكامات لضبط فتح وقفل الصمامات، تعمل على تشغيل مضخة الزيت وتشغيل الملحقات الأخرى مثل الدينامو وكمبرسر المكيف ومضخة الماء ومضخة التوجيه.

### أ. الحدافة:

- وهو عبارة عن قرص دائري كما موضح بالشكل أدناه، ثقيل الوزن يتم تركيبه في عمود الكرنك وهي من الأجزاء الرئيسية للقبض (الكلتش). وظيفته الأساسية هي:
- تخزين الطاقة وضمان استمرارية دوران المحرك.
  - تنعيم حركة المحرك وتقليل الاهتزازات.
  - نقل القدرة من المحرك إلى صندوق التروس فهي جزء أساسي للكلتش.
  - بدء تشغيل المحرك حيث يحتوي الجزء الخارجي منه على أسنان يتم تدويره بواسطة الاستارتر لبدء تشغيل المحرك.
  - وتصنع الحدافة من الحديد الزهر، يثبت في الطرف الخلفي لعمود المرفق.

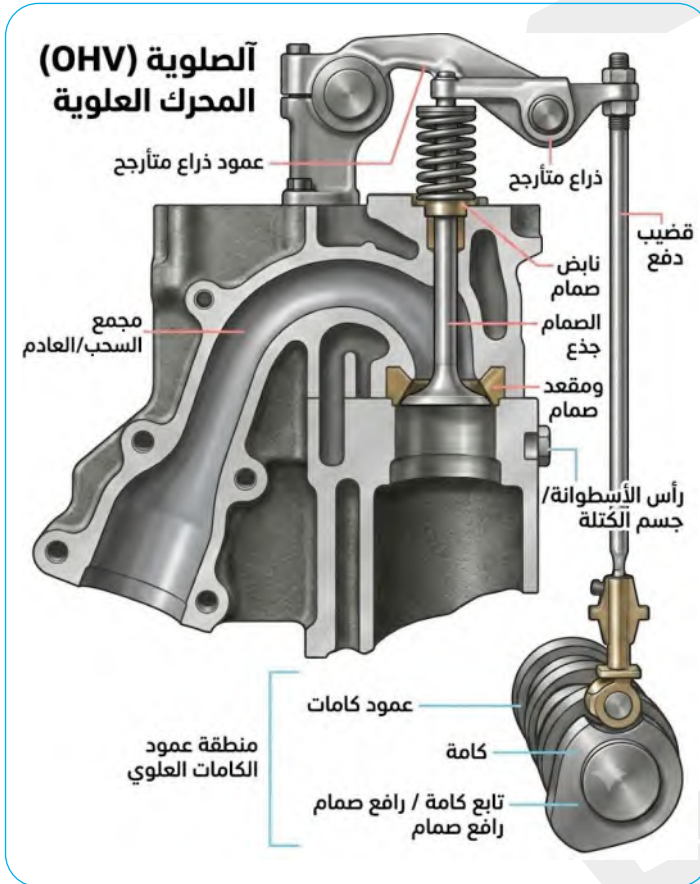


شكل (١٥): الحدافة

تخزن الطاقة الميكانيكية خلال شوط القدرة (الوعاء الوحيد الفعال) ثم تعيد إعطاءها للمحرك خلال الأشواط الثلاثة العاطلة (السحب، الضغط، العادم) لتأمين استمرار دوران العمود بنعومة وتجانس، ويوجد على محيطها الخارجي مسنن (تاج) يتعشق مع بادئ الحركة (المرش) عند بدء التشغيل.

### ب. آلية الصمامات:

آلية الصمامات هي المسؤولة عن تشغيل الصمامات (السحب و العادم)، حيث تعمل في تناسق مع عمود الكرنك لضبط توقيت الصمامات. وهي المنظومة التي تتحكم في دخول الهواء إلى المحرك و طرد غازات العادم في التوقيت المناسب. كما في الشكل أدناه تتكون الآلية من صمامي السحب و العادم، الروافع (التيهات)، الأذرع المتارجحة (الروكر)، نوابض الصمامات و عمود الكامات.



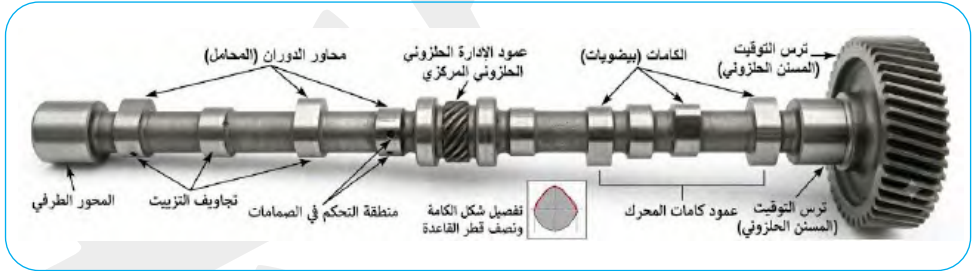
شكل رقم (١٦): يوضح آلية الصمامات.

## الصمامات (البلوقة):

هنالك نوعين من الصمامات بالمحرك وهي صمام السحب وصمام العادم. فصمام السحب هي المسئولة من إدخال خليط الهواء والوقود إلى داخل الأسطوانة حيث يكون مفتوحاً خلال شوط السحب. أما صمام العادم دوره هو طرد غازات العادم الناتجة من احتراق الوقود، وتصنع صمامات العادم من صلب سبائك خاصة مقاومة للحرارة العالية والأكسدة (مثل صلب الكروم والنيكل). ويتكون الصمام من رأس مستدير ذي حد مائل لضمان الإحكام التام مع قاعدته برأس الأسطوانة، وجذع مستقيم يتحرك داخل دليل الصمام (الجلبة).

## عمود الكامات:

وظيفته الأساسية هي التحكم في توقيت فتح وقفل صمامات السحب والعادم بالارتفاع المناسب و التوقيت الصحيح، وأيضاً التحكم في مدة فتحها وإغلاقها بفعل زنبركات (يايات) الصمامات. ويحمل عمود الكامات أيضاً مسننات إضافية لإدارة موزع الشرر في الموديلات القديمة لمحركات السيارات التي تعمل بالنظام التقليدي للاشعال، وايضاً به ترس لتشغيل مضخة الزيت الميكانيكية. ويصنع عمود الكامات عادة من الحديد الزهر الرمادي المعالج حرارياً لتصليد حداثته (كاماته).



شكل رقم (١٧): عمود الكامات.

## ثالثاً: أنظمة الخدمة:

هنالك أربعة منظومات رئيسية تعمل في تكامل مع أجزائه الرئيسية وذلك لضمان استمرارية تشغيله بكفاءة، وهذه الأنظمة هي:

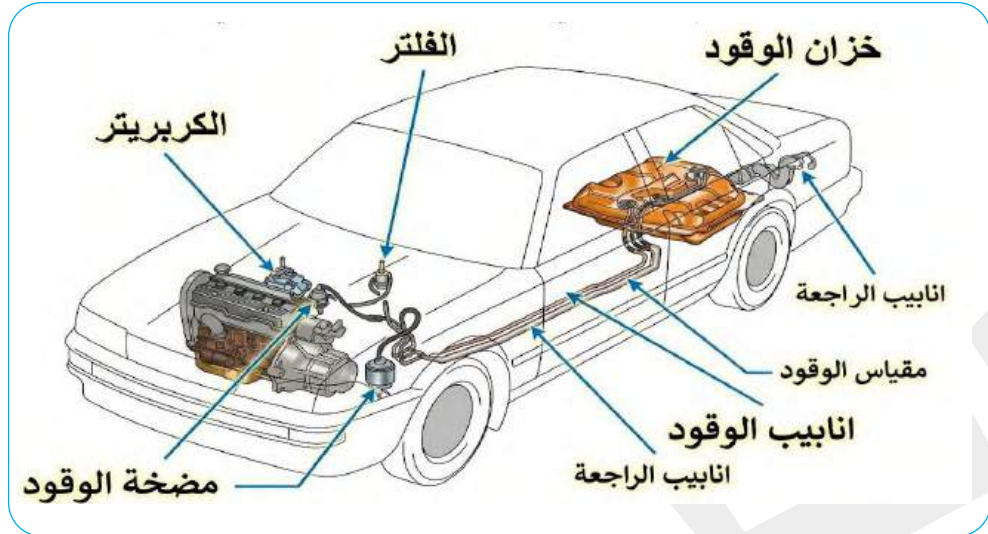
١. نظام الوقود.
٢. نظام الاشعال.
٣. نظام التبريد.
٤. نظام التزييت.

حيث أن نظامي الوقود والاشعال هي الأنظمة المنوطة بها تشغيل الماكينة بتوفير الوقود والشرارة في التوقيت المناسب، بينما نظامي التبريد والتزيت منوطة بها المحافظة علي المحرك بعد تشغيلها.

### نظام الوقود (Fuel System):

وظيفة نظام الوقود هو نقل الوقود من خزان الوقود (التنك) إلى غرفة الإحتراق بالمحرك بنسب دقيقة جداً ليتم خلطه وإحتراقه بكفاءة عالية. ويمكن تصنيف نظام الوقود إلى نوعين التقليدي والحديث، حيث يعتمد مكوناته حسب النوع. فالنظام التقليدي يتكون من مضخة ميكانيكية، ومغذي (كربريتر) لخلط الوقود والهواء بالنسبة القياسية ويتم التحكم في كمية الخليط الداخل إلى الأسطوانات ميكانيكية عبر الخانق والفتحات الموجودة بالكربريتر. أما نظام الحديث به مضخة كهربائية داخل خزان الوقود يضخ الوقود عبر الأنابيب إلى المسطرة حيث به البخاخات التي توزع الوقود إلى الأسطوانات حيث يتم التحكم في توقيتها وكميتها عبر وحدة التحكم الإلكترونية (كمبيوتر السيارة). وهذا بالإضافة إلى خزان الوقود وفلتر الوقود الموجودة في نوعي نظام الوقود.

ويتكون نظام الوقود من خزان للوقود ومضخة ومغذي لخلط الوقود بالهواء وأنابيب لتوصيل الوقود من الخزان إلى المحرك، وفي أغلب المحركات الحديثة يتم استخدام البخاخات بدلاً من المغذي لجودة تدرجها للوقود وتقليل استهلاكه.



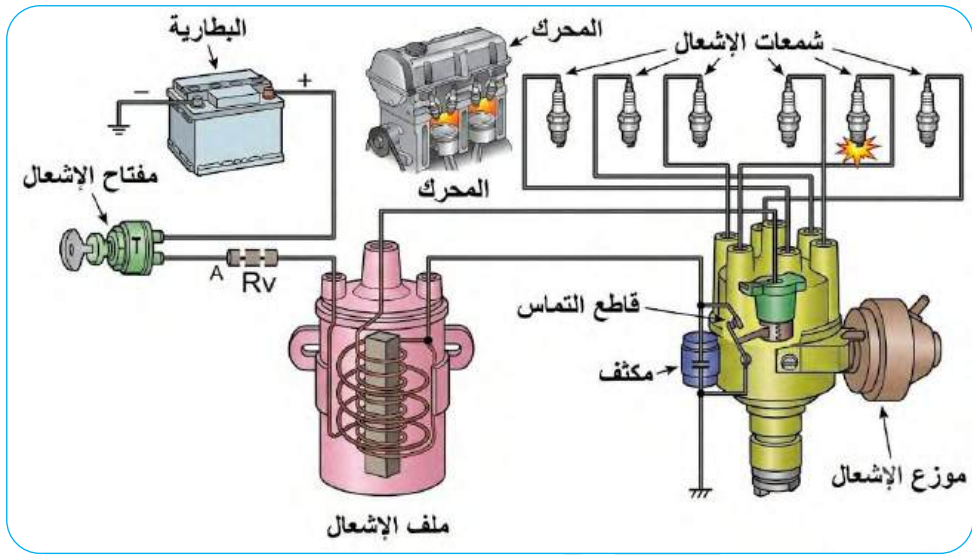
شكل رقم (١٨): يوضح مكونات نظام الوقود.

## نظام الاشعال Ignition System:

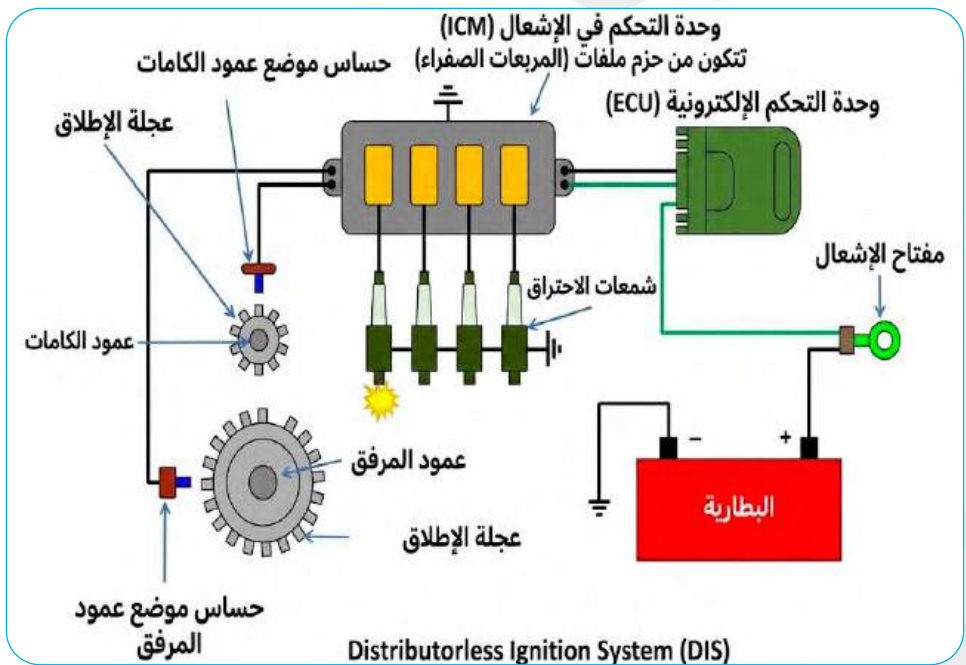
يعتبر نظام الاشعال في محرك السيارة أحد أهم الأنظمة الموجودة بالسيارة حيث تعمل مع نظام الوقود بتناسق تام لتشغيل المحرك. ويمكن تلخيص وظائف نظام الاشعال كالآتي:

- توليد جهد عالي حيث تعمل علي تحويل جهد البطارية ١٢ فولت إلي جهد مرتفع جداً تصل بين ٢٠,٠٠٠ إلي ٥٠,٠٠٠ فولت وهو الجهد اللازم لتمكين الشرارة من القفز عبر شمعة الاشعال (البلكات) وتوليد شرارة اللازمة لبدء احتراق خليط الوقود والهواء.
- المسؤولية من توقيت شرارة الاشعال حيث ترسلها إلى غرفة الاحتراق في جزء من الثانية قبل وصول المكبس إلى النقطة الميتة العليا في نهاية شوط الضغط وذلك لضمان حدوث احتراق كامل للخليط.
- توزيع الشرارة حسب ترتيب الاشعال المتوافق مع تصميم المحرك لضمان سلاسة الدوران وتقليل الاهتزازات.
- ويصنف نظام الاشعال إلي نظام تقليدي وإلي نظام حديث حيث يختلف مكوناته حسب النوعين.

فنظام الاشعال الموضح الشكل رقم (١٩)، تعمل بفتح مفتاح الأشعال حيث تتحول جهد البطارية ١٢ فولت إلى ملف الاشعال الذي يحتوي علي ملفين ابتدائي وثنائي يمكنه من تخزين الطاقة في الملف الابتدائي ومع قطع الاتصال بواسطة قاطع التماس يرتفع الجهد إلي جهد عال جداً في الملف الثانوي ويتم توزيع هذا الجهد عبر فرشاة نحاسية موجودة بموزع الشرر إلى شمعات الاشعال (البلكات) عبر كيبيل مخصص للجهد العالي. فعملية الشحن والتفريغ للطاقة في ملف الاشعال يعطي شرارة بصورة مستمرة وبتوقيت معين يتم التحكم فيه ميكانيكياً عبر موزع الشرر. والمكثف يعمل في تنعيم الكهرباء بينما يعمل الـ Diaphragm المركب بموزع الشرر علي تقديم وتأخير الشرارة عند زيادة ونقصان سرعة المحرك.



شكل رقم (١٩): نظام الاشعال التقليدي.



شكل رقم (٢٠): نظام الاشعال الإلكتروني.

## مكونات المجموعة وآلية عملها الزامنة:

١. **المركم (البطارية):** يزود تيار بدء التشغيل، ويغطي احتياجات الكهرباء عند توقف المحرك، ويُشحن بواسطة المولد (الدينامو) أثناء الدوران. تقاس سعتها بأمبير-ساعة.

٢. **مفتاح الاشعال:** يفتح ويغلق الدائرة (ميكانيكياً أو مغناطيسياً).

٣. **ملف الاشعال (الكويل):** محول رافع للجهد يتكون من ملف أولي سميك قليل

اللفات يسري فيه جهد البطارية، يلف حوله ملف ثانوي رفيع يصل لعشرين ألف لفة لإنتاج الجهد العالي بالحث المغناطيسي عند فتح نقاط التماس الفجائي.

٤. **موزع الشرر:** غلافه من الزهر، يدور عبر مسنن حلزوني يأخذ حركته من

عمود الحدبات بسرعة تساوي نصف سرعة عمود المرفق. تففز شرارة الضغط

العالي من الكويل لمتنصف الغطاء عبر فحمة كربونية تلامس الفرشة الدوارة،

وتوزعها الفرشة على قطع نحاسية متصلة بأسلاك الشمعات حسب ترتيب

الاشتعال.

٥. **المكثف (Condenser):** يوصل على التوازي مع نقاط التماس (سعة ٢٠, ٠-

٣٠, ٠ ميكروفاراد)، وظيفته حماية نقاط التماس من التلف عبر امتصاص

الشرارة وتخزينها، ومساعدة المجال المغناطيسي على الانهيار الفجائي لزيادة

تيار الحث.

شمعات الاحتراق (البواجي): تتكون من قضيب فولاذي مركزي (قطب

موجب) محاط بعازل بورسلين أو خزف، وأقطاب سالبة وموجبة مصنعة من

النيكل والمنجنيز. يترك فراغ (ثغرة الشمعة) بمقدار ٧, ٠ إلى ٩, ٠ ملم تشتعل

الشحنة من خلاله.

## نظام التبريد Cooling System:

ووظيفته الأساسية هو تنظيم درجة حرارة المحرك في كل ظروف التشغيل

المختلفة ليكون في درجة التشغيل المثالية والتي تتراوح بين ٨٠ إلى ١٠٥ درجة

مئوية.

ويتكون نظام التبريد كما في الشكل أدناه من تجاويف حول الأسطوانات

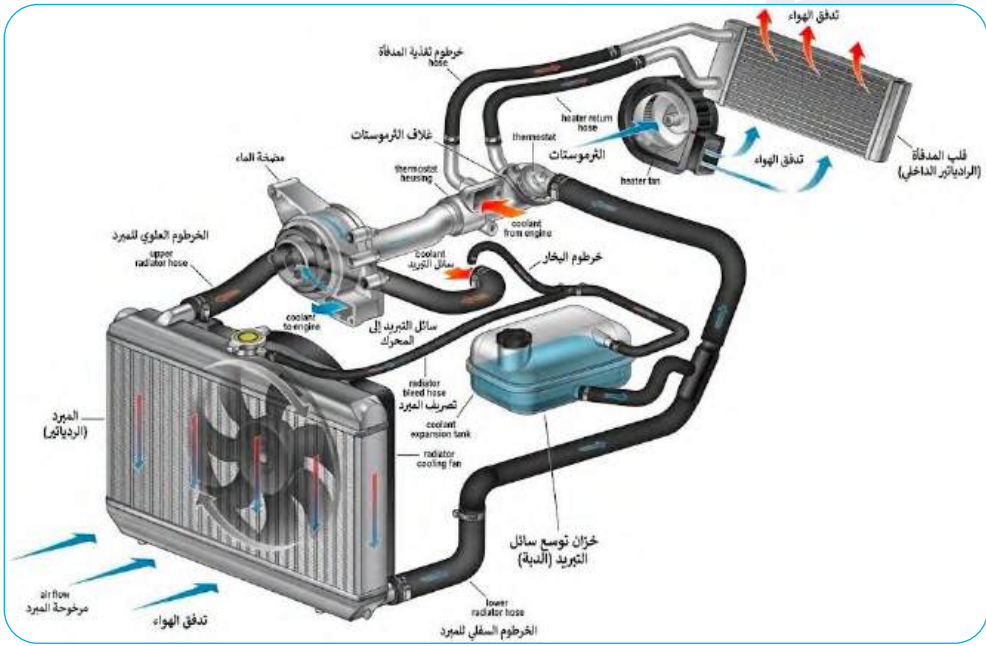
وغرف الاحتراق تسمى بـ (قمصان مياه التبريد) وتكون ممتلئة بالماء، وعند دوران

المحرك ترتفع درجة حرارة مياه التبريد نتيجة لإمتصاصها الحرارة، ثم المياه الحارة

من داخل هذه التجاويف بواسطة مضخة الماء إلى المشع (الدليتر) حيث تعمل على

تبريد الماء بمساعدة المروحة الهوائية، وتنتقل الحرارة من مياه التبريد الساخنة إلى

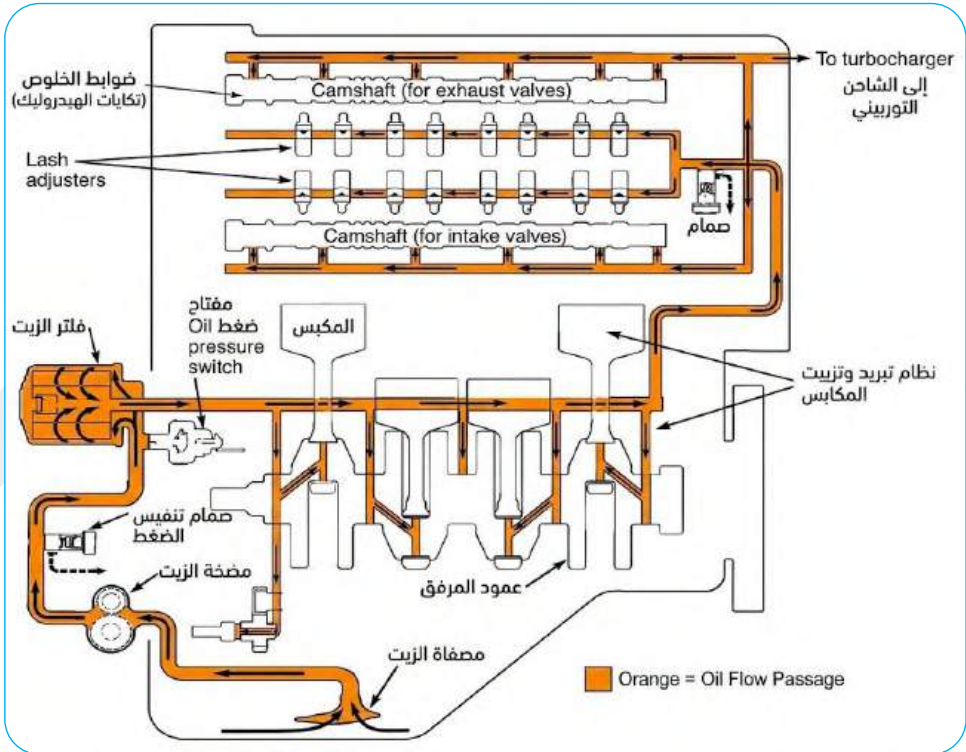
الهواء المندفع بواسطة حركة السيارة ومروحة التبريد بالمحرك. و من تدخل المياه المبردة إلى جسم المحرك ثانياً حيث تمتص كمية أخرى من الحرارة، وتستمر عملية انتقال الماء من المحرك إلى اللدتر وبذلك يعمل النظام علي التحكم في درجة حرارة المحرك. وفي نظام التبريد يركب منظم الحرارة (الثرموستات) الذي يوضع بين رأس الأسطوانات وأعلى اللدتر ليقفل مجرى الماء في بداية التشغيل حتى يسخن المحرك بسرعة ويصل لدرجة الحرارة المثلى و عندها يفتح الصمام تلقائياً. وهذا المنظم مهم في البلدان الباردة أما البلدان الساخنة كالسودان يتم نزع هذا المنظم من النظام نسبة لارتفاع درجات الحرارة ولا حاجة للانتظار حتي يسخن المحرك.



## نظام التزيت Lubricating System:

الغرض من نظام التزيت في المحرك هو تزيت الأجزاء المتحركة بداخل المحرك لتسهيل حركتها تقليل الإحتكاك الحماية من التآكل، كما تساهم نظام التزيت علي تبريد المحرك وتخفيض درجة حرارة الأجزاء المختلفة بالمحرك. ويعمل النظام علي منع تسرب الغازات بين حلقات المكبس وجدار الأسطوانة، امتصاص الصدمات وتقليل صوت المحرك، وتنظيف المحرك بحمل برادة الحديد وترسيبها في الوعاء. حيث يستخدم زيت التزيت لحماية الأجزاء المعدنية المتحركة في المحرك

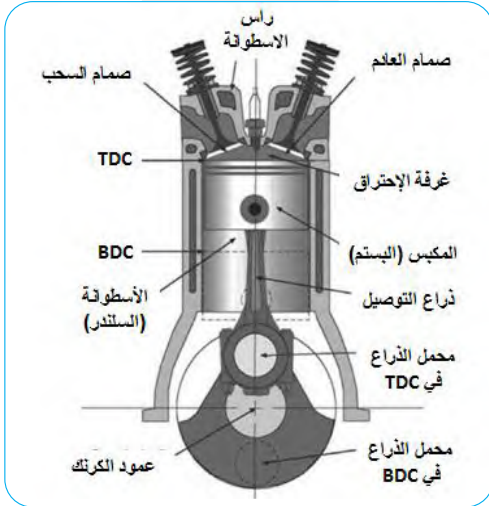
من التلف نتيجة احتكاكهما وذلك بمنع التلامس المباشر بين أي سطحين معدنيين يتحركان بالنسبة لبعضهما، فإن عدم وجود طبقة رقيقة من الزيت بين سطحين معدنيين متحركين ينتج عنه تآكل أجزاء المحرك ومن ثم انهيار المحرك وتلفه. يتكون نظام التزييت كما موضح بالشكل أدناه مضخة زيت تقوم بضخ الزيت من وعاء تجميع الزيت (الكارتيل) وتدفعه خلال ثقبوب بجسم المحرك وعمود المرفق (محاري التزييت)، وبذلك يصل الزيت الى الكراسي التي ترتكز عليها الأعمدة الدائرة والأجزاء المتحركة من المحرك، حيث تعمل علي تزييت الأجزاء العلوية برأس المحرك كالصمامات، عمود الكامات والشواكيش وأيضاً كراسي عمود الكرنك. أما الأجزاء الوسطي كالمكبس وذراع التوصيل يتم تزييتها عبر عملية رش الزيت من الكرتيل بواسطة كتل الموازنة الخاصة بعمود الكرنك. وبنظام التزييت مصفي زيت يتم تركيبه بعد المضخة مباشرة يعمل علي تنقية الزيت من الشوائب. ويحتوي نظام التزييت علي صمام أمان مرور الزيت، للحفاظ على ضغط ثابت وتمرير الزيت في حال تعثر المرشح ويراقب النظام عبر ممين ضغط الزيت على التابلون بقمرة القيادة.



شكل رقم (٢٢): مكونات نظام التزييت.

- (١) اذكر أهمية مجموعة الوقود مع الاستعانة بالرسم .
- (٢) أ) اذكر أهمية نظام التبريد مع رسم رسم تخطيطي .  
ب) ما ضرورة استعمال المنظم الحراري في دائرة مياه التبريد .
- (٣) اذكر مكونات مجموعة التزيت مع شرح موجز لكل منها .
- (٤) ما طرق التزيت لأجزاء المحرك؟
- (٥) أ) اشرح مع الاستعانة بالرسم طريقة عمل مجموعة الإشعال لمحرك ذو ٤ أسطوانات .  
ب) اذكر وظيفة المكثف وقاطع التلامس بنظام الإشعال التقليدي .
- (٦) وضح كيف تتحول الطاقة الكيميائية المخزنة في الوقود إلى طاقة حركية دورانية في المحرك (اذكر تتابع المراحل) .
- (٧) ما فائدة "حاشية رأس الأسطوانات (وش الرأس)"؟ وما الظواهر التي تحدث للمحرك في حال تلفها أو احتراقها؟
- (٨) قارن ميكانيكياً: بين "شبابر الضغط" و"شبابر الزيت" من حيث الوظيفة والموقع على جسم المكبس .
- (٩) الحدافة (الفولام) أدوار متعددة في الأشواط العاطلة وفي نظام بدء الحركة. اشرح ذلك بالتفصيل .
- (١٠) ما الدور الذي يقوم به "المكثف (Condenser)" في نظام الإشعال التقليدي؟ وكيف يحمي نقاط التماس (البلاتين)؟
- (١١) اذكر ثلاثة فروق جوهرية بين محركات البنزين ومحركات الديزل من حيث: (طريقة حقن الوقود، ضغط الانضغاط، ومعدات الاشتعال) .

## طريقة عمل محرك السيارة

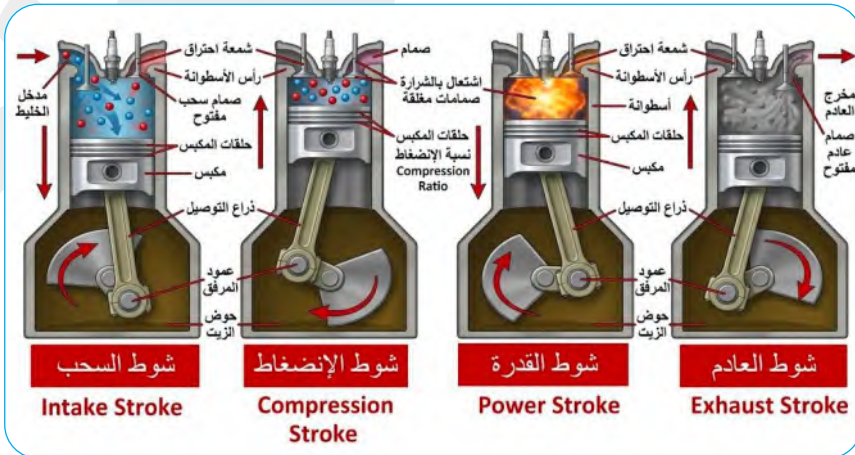


شكل رقم (٢٣): يوضح تفاصيل مكونات أسطوانة واحدة بمحرك السيارة.

محرك السيارة من محركات الاحتراق الداخلي رباعية الأشواط وسوف نشرح طريقة عملها حيث أن الدورة الكاملة تحتوي على أربعة أشواط، ونقصد بالشوط حركة المكبس من أعلى نقطة يصل إليها "النقطة الميتة العليا TDC" إلى أدنى نقطة "النقطة الميتة السفلى TDC"، أو العكس، والأشواط هي:

- شوط سحب الهواء / الخليط إلى داخل غرفة الاحتراق.
- شوط الضغط وفي هذه المرحلة يتم ضغط خليط الوقود والهواء في المساحة الضيقة لغرفة الاحتراق لتكون جاهزة لعملية الاحتراق.

- شوط القدرة ويتم فيه عملية اشعال الخليط وإنتاج القدرة.
- شوط العادم ويتم فيه طرد غازات العادم الناتجة من عملية احتراق الوقود لتبدأ الدورة من جديد بسحب هواء / خليط جديد للدورة الجديدة.



شكل رقم (٢٤): الأشواط الأربعة لمحرك رباعي الأشواط.

### شوط السحب (Intake Stroke):

يبدأ شوط السحب عندما يكون المكبس في نهاية الشوط الأعلى (النقطة الميتة العليا) ويكون صمام السحب مفتوحاً وصمام الطرد مغلقاً. يتحرك المكبس من النقطة الميتة العليا إلى النقطة الميتة السفلى ساحباً الخليط إلى داخل الأسطوانة ويحدث السحب نتيجة لخلخلة جزئية بداخل الأسطوانة ويدفع الضغط الجوي (ضغط الهواء) الخليط داخل الأسطوانة من خلال صمام الدخول.

### شوط الضغط (Compression Stroke):

عندما يقترب المكبس من النقطة الميتة السفلى في شوط السحب فإن صمام الدخول يغلق مع ملاحظة أن صمام الخروج أصلاً كان مغلقاً. بعد ذلك يتحرك المكبس إلى أعلى في شوط الضغط ضاغطاً الخليط داخل غرفة الاحتراق.

### شوط القدرة (Power Stroke):

يتحرك المكبس في هذه الشوط من أعلى إلى أسفل بتأثير الضغط الناتج من عملية احتراق خليط الوقود والهواء، ويكون في هذا الشوط الصمامان مغلقان، وتنطلق شرارة كهربية بين طرفي شمعة الاشتعال في الأسطوانة مشعلة الخليط المضغوط داخل غرفة الاحتراق ويتنشر اللهب بسرعة كبيرة مسبباً ارتفاعاً كبيراً في درجة الحرارة والضغط داخل الأسطوانة..

### شوط العادم (Exhaust Stroke):

عندما يقترب المكبس من (ن. م. س) يفتح صمام الطرد ويتحرك المكبس إلى أعلى أثناء شوط الطرد، طارداً الغازات العادمة إلى خارج الأسطوانة. وعندما يصل المكبس (ن. م. ع) يقفل صمام الطرد ويفتح صمام السحب وعندئذ تسحب شحنة جديدة من الخليط إلى داخل الأسطوانة ويحدث ذلك أثناء تحرك المكبس إلى أسفل مرة أخرى متجهاً نحو (ن. م. س) وتكرر الأشواط الأربعة المذكورة آنفاً طوال مدة دوران المحرك.

#### ملاحظة:

- بعد انتهاء شوط العادم، يغلق صمام العادم ويفتح صمام السحب مجدداً، وتبدأ الدورة من جديد لآلاف المرات في الدقيقة.
- شوط القدرة هو الشوط الوحيد الذي يعطي طاقة للمحرك، أما الأشواط الثلاثة الأخرى فتسمى "الأشواط العاطلة" وتعتمد في حركتها على طاقة الزخم المخزنة في حاشية المحرك الحداقة.

## الفروق الأساسية بين محركات (البنزين) و (الديزل):

إنه من الضروري اكتساب القدرة على التمييز بين المحركات سواء أكانت محركات (بنزين) أم محركات (ديزل) فكثير من محركات (الديزل) يكون مظهرها مطابقاً لمحركات البنزين ولكن من السهل معرفتها إذا عُرِفَت الاختلافات الرئيسة في طريقة التشغيل :

١. يشتعل الوقود في محرك (الديزل) اشتعالاً ذاتياً بوساطة حرارة الإنضغاط ولذلك لا يوجد بمحرك (الديزل) معدات خارجية للإشعال.

٢. يمتص محرك (الديزل) هواء فقط في مشوار السحب فلا يستعمل جهاز المغذي.

٣. يحقن الوقود في محرك (الديزل) داخل الأسطوانة على شكل رذاذ بضغط مرتفع وتستعمل مضخة لحقن الوقود، بالإضافة إلى ذلك فأَن محرك (الديزل) أثقل وزناً من محرك (البنزين) نظراً للضغوط العالية المستعملة ولكن من الصعب التمييز بينهما بمجرد النظر من الخارج.

جدول : مقارنة بين محرك الديزل ومحرك البنزين

| وجه المقارنة                              | محرك (الديزل)                                     | محرك (البنزين)                   |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------|
| معدات الاشتعال                            | له شمعات احتراق وملف إشعال وموزع الشرر.           | ليس له معدات إشعال منظورة        |
| البخر                                     | له مغذي خلط البنزين.                              | لا يوجد مغذي.                    |
| حقن الوقود                                | لا توجد به مضخة حقن أو صمامات حقن داخل الأسطوانة. | له مضخة حقن وقود ورشاشات.        |
| نوع الحقن                                 | زيوت خفيفة - بنزين أو كيروسين                     | زيوت ثقيلة                       |
| ضغط الإنضغاط                              | من ٦ إلى ٨ كجم/مم <sup>٢</sup>                    | من ٣٠ إلى ٤٠ كجم/مم <sup>٢</sup> |
| نسبة الإنضغاط                             | ١ : ٥ إلى ١ : ٧                                   | ١ : ١٤ إلى ١ : ١٦                |
| الكفاءة الحرارية                          | ٢٠٪                                               | ٣٥٪                              |
| مقدار الوقود المستهلك للحصان الكابح/ ساعة | ٢٧٠ جرام                                          | ١٩٠ جرام                         |

### تمرين:

مستعيناً بالرسم اشرح كيف تتم الدورة الرباعية لمحرك (البنزين)  
(دورة أوتو الرباعية).

١. لماذا تركب محركات بعدة أسطوانات في سيارات ركوب الأشخاص؟
٢. توجد بعض المركبات التي تستعمل أكثر من ست أسطوانات، اذكر الأسباب التي تجعل معظم السيارات تستعمل من أربع إلى ست أسطوانات. اذكر توقيت الاشعال لمحرك ذو ٤ أسطوانات وآخر ذو ٦ أسطوانات.
٣. ما مزايا المحركات ذات ٦ أسطوانات مقارنة مع محركات ذات ٤ أسطوانات.
٤. ما الفروقات الأساسية بين محركات (البنزين) ومحركات (الديزل)؟

# أساسيات الهندسة الكهربائية والإلكترونية

## الفصل الأول : أساسيات الهندسة الكهربائية

### أهداف الفصل:

- بعد دراسة هذا الفصل يُتوقع من الطالب أن يكون قادراً على أن:
  - يميّز بين أشكال الطاقة المختلفة في الطبيعة (حركية، كامنة، حرارية، كيميائية، إشعاعية).
  - يوضح أهمية الكهرباء كوسيط ناقل للطاقة في القطاعات الحيوية.
  - يصنف مصادر الطاقة في الطبيعة إلى مصادر متجددة ومصادر غير متجددة بناءً على ديمومتها.
  - يشرح آلية عمل محطات التوليد المتجددة.
  - يفسّر آلية عمل الوقود الأحفوري وعملية "الانشطار النووي" لليورانيوم في محطات التوليد غير المتجددة.
  - يقارن بين مميزات وعيوب كل مصدر من مصادر الطاقة من الناحيتين البيئية والاقتصادية.
  - يوضح مفهوم كفاءة الطاقة والسبب العلمي وراء حدوث المفاقد في المحطات الحرارية. يطبّق القانون الرياضي للكفاءة
  - يحلل أسباب استجابة المحطات المائية السريعة للأحمال مقارنة بالبطء والقصور الذاتي الحراري للمفاعلات النووية.
  - يعرّف الشبكة القومية للكهرباء (National Grid) ويوضح أهم مميزاتا في موازنة الأحمال واستمرارية الخدمة.
  - يقارن بين الخطوط الهوائية المعلقة والكابلات الأرضية المدفونة من حيث التكلفة، الأمان، والصيانة.
  - التعرف على مكونات التمديدات الكهربائية المنزلية.
  - يعرّف المكثف الكهربائي، بنيته الداخلية، فكرة عمله، والعوامل المؤثرة على سعته وقوانين طاقته المخزونة وممانعته السعوية.
  - يعرّف الملف الكهربائي، خاصية الحث الذاتي، العوامل المؤثرة عليه، وقوانين طاقته المخزونة وممانعته الحثية. يميز بين سلوك المكثفات والملفات عند توصيلها مع التيار المستمر (DC) والتيار المتردد (AC).
  - يطبّق القوانين الرياضية لحساب السعة الكلية والمحاثة الكلية في حالتي التوصيل على (التوالي والتوازي).

## مصادر الطاقة وتوليد الكهرباء (Energy for Electricity)

### مفهوم الطاقة:

الطاقة هي القدرة على بذل شغل أو إحداث تغيير. الطاقة لا يمكن رؤيتها بشكل مباشر في حد ذاتها، ولكننا نرى ونشعر بآثارها وتحولاتها من حولنا كل ثانية.

تخضع الطاقة لقانون كوني يُعرف بقانون حفظ الطاقة، والذي ينص على أن:

الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم، ولكنها تتحول من شكل إلى آخر.

### أشكال الطاقة الرئيسية في الطبيعة:

**الطاقة الحركية:** طاقة الأجسام المتحركة، مثل الرياح أو سيارة مسرعة.  
**الطاقة الكامنة (الوضع):** الطاقة المخزنة في الجسم بسبب وضعه، مثل الماء المخزن خلف السدود.

**الطاقة الحرارية:** ناتجة عن حركة الجزيئات داخل المادة (الحرارة).  
**الطاقة الكيميائية:** المخزنة في الروابط الكيميائية، مثل الطاقة الموجودة في الطعام، الفحم، أو بطاريات الهواتف.  
**الطاقة الإشعاعية (الضوئية):** مثل أشعة الشمس التي تسافر عبر الفضاء.

### أهمية الكهرباء:

الكهرباء ليست مصدراً أولياً للطاقة في الطبيعة، بل هي ناقل طاقة ثنائي؛ أي أننا نقوم بتحويل مصادر الطاقة الأخرى (كيميائية، حركية، نووية) إلى كهرباء لأنها أسهل شكلاً للاستخدام والنقل.

تعد الكهرباء عصب الحياة الحديثة وتظهر أهميتها الحيوية في:

• **القطاع الصحي:** تشغيل غرف العمليات، أجهزة إنعاش القلب، وأدوات الحفاظ على الأدوية واللقاحات.

• **الاتصالات والمعلومات:** بدون كهرباء لا توجد شبكة إنترنت، ولا هواتف ذكية، ولا مراكز بيانات ضخمة تدير العالم.

• **الإنتاج الصناعي:** تحريك خطوط الإنتاج في المصانع، وتشغيل الآلات الثقيلة التي تنتج كل ما نستهلكه.

• **جودة الحياة اليومية:** من الإنارة البسيطة إلى التكييف، التدفئة، الطهي، وحالياً قطاع النقل الكهربائي.

### دور الطاقة في الحضارة:

العلاقة بين الطاقة والحضارة الإنسانية علاقة طردية تماماً؛ فكلما تمكن الإنسان من ترويض مصادر طاقة أقوى وأكثر كفاءة، قفزت حضارته قفزة هائلة إلى الأمام. تاريخ البشرية يُقاس في الأساس بـ "تحولات الطاقة".

### المحطات التاريخية الكبرى للحضارة والطاقة:

| العصر الحضاري   | مصدر الطاقة الأساسي                         | الأثر على البشرية                                                        |
|-----------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| العصور البدائية | العضلات (الإنسان والحيوان) والحرائق البسيطة | إنتاج محدود جداً، تنقل بطيء، والتركيز فقط على البقاء.                    |
| العصر الزراعي   | الرياح والمياه والكتلة الحيوية              | استخدام طواحين الهواء والسفن الشراعية، وبداية استقرار المجتمعات.         |
| الثورة الصناعية | الفحم الحجري (الطاقة الأحفورية)             | اختراع المحرك البخاري، ظهور المصانع الضخمة، والقطارات التي ربطت القارات. |
| العصر الحديث    | النفط، الغاز، والكهرباء                     | الطائرات، السيارات، المدن العملاقة، والانفجار التكنولوجي والمعرفي.       |

## تحويل الطاقة إلى كهرباء

تستهلك المجتمعات الصناعية الحديثة كميات هائلة من الطاقة، ويتم تزويد معظم هذا الاستهلاك عن طريق الكهرباء التي يتم إنتاجها عبر مولدات ضخمة في محطات الطاقة. تُعد الشمس المصدر الأساسي لمعظم أشكال الطاقة المستخدمة على سطح الأرض.

تنقسم مصادر الطاقة في الطبيعة إلى قسمين رئيسين:

- مصادر طاقة متجددة: هي مصادر طبيعية دائمة لا تنفذ وتتجدد باستمرار (مثل: الطاقة الشمسية والرياح والكتلة الحيوية المدارة بصورة مستدامة).
- مصادر طاقة غير متجددة: هي مصادر مخزونة في باطن الأرض بكميات محدودة، وتنفذ بالاستهلاك ولا يمكن تعويضها (مثل: النفط والغاز الطبيعي).

### أولاً: مصادر الطاقة المتجددة:

#### ١. الطاقة الهيدروكهربائية (Hydroelectric Energy):

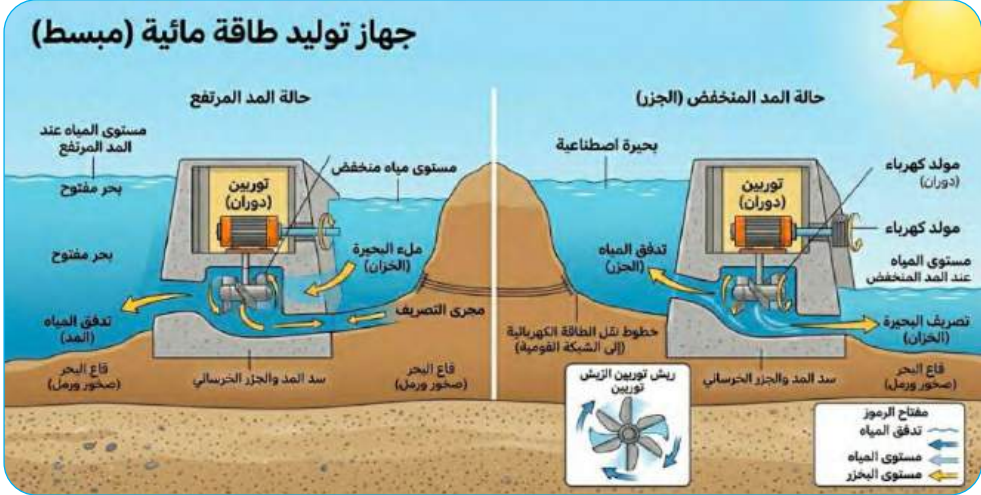
تعتمد على استغلال طاقة حركة المياه الساقطة من المرتفعات أو السدود لتدوير التوربينات، والتي تقوم بدورها بإدارة المولدات الكهربائية. وتُعد المساقط المائية المصدر الأساسي لتوليد معظم الطاقة الكهربائية في السودان. تتميز بأنها طاقة نظيفة لا تنتج غازات ملوثة، كما أن تكلفة تشغيلها شبه منعدمة؛ لأنها لا تحتاج إلى شراء الوقود. ومن عيوبها أن تكلفة البناء والتشييد الأولية مرتفعة جداً، كما أنها تتطلب مساحات شاسعة قد تؤدي إلى غمر قرى وأراضٍ زراعية كاملة.



الشكل (١) يوضح مخطط آلية عمل محطة توليد الطاقة الهيدروكهربائية

## ٢. طاقة المد والجزر (Tidal Energy):

تتشابه مع الطاقة الهيدروكهربائية، لكنها تعتمد على حركة مياه البحار والمحيطات. تحدث ظاهرتا المد والجزر نتيجة قوة الجذب الثقالي للقمر على الأرض. تُبنى بحيرات اصطناعية تُمَلَأ بالماء أثناء المد (ارتفاع منسوب البحر)، وتُفَرَّغ أثناء الجزر (انخفاض المنسوب)، وتُستغل حركة دخول وخروج الماء المحجوز لتدوير التوربينات وتوليد الكهرباء.



الشكل (٢) يوضح توليد الكهرباء من حركتي المد والجزر

## ٣. طاقة الرياح (Wind Energy):



تُستغل طاقة الحركة للرياح لتدوير مروحيات ضخمة متصلة بتوربينات هوائية تقوم بتشغيل المولدات. تتميز بأنها طاقة متجددة، مجانية، ونظيفة تماماً. من عيوبها أنها تحتاج إلى مساحات مكشوفة واسعة جداً، وغير ثابتة (تعتمد على سرعة الرياح المتغيرة)، و تسبب تلوثاً بصرياً وضوئياً يؤثر على المناظر الطبيعية والحياة البرية (كالطيور).

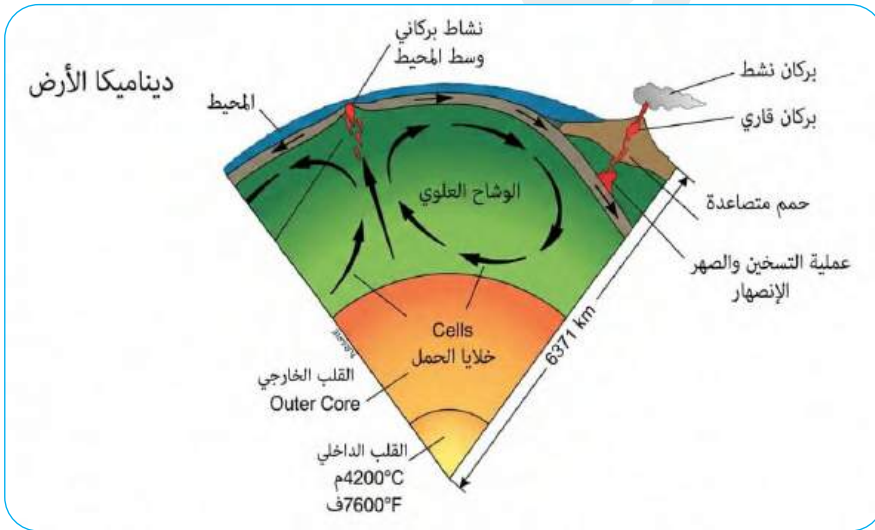
الشكل (٣) يوضح الطواحين الهوائية (طاقة الرياح)

#### ٤. طاقة الموجات (Wave Energy):

تنشأ معظم أمواج البحار نتيجة تأثير الرياح على سطح الماء. تُحدث هذه الأمواج حركات رأسية سريعة ومستمرة فوق وتحت سطح البحر، وتُستغل هذه الحركة الميكانيكية لإدارة مولدات خاصة. من عيوبها صعوبة البقاء في بناء وتثبيت هذه المنشآت وسط البحار الهائجة، ولذلك فإن المشاريع الناجحة تجارياً في هذا المجال لا تزال قليلة.

#### ٥. طاقة حرارة باطن الأرض (الطاقة الجوفية) : (Geothermal Energy)

تعمل وفقاً للآلية التالية: ترتفع درجات الحرارة في أعماق الأرض نتيجة تحلل المواد الطبيعية النشطة إشعاعياً في الصخور. يتم حفر آبار عميقة ليتدفق منها البخار الطبيعي الساخن مباشرة، أو يتم ضخ مياه باردة للأعماق لتعود على شكل بخار ذي ضغط عال يُستخدم لإدارة توربينات المحطات. من عيوبها أنها تتطلب تقنيات حفر معقدة في أعماق سحيقة، وتكلفتها التأسيسية مرتفعة.



الشكل (٤) يوضح مختلف أشكال الطاقة الكامنة في باطن الأرض

#### ٦. الطاقة الشمسية : (Solar Energy)

تُمتص الطاقة الإشعاعية عبر الألواح الحرارية لتسخين الماء وإنتاج بخار يدير التوربينات، أو تستخدم الخلايا الشمسية (الكهروضوئية) لتحويل ضوء الشمس مباشرة إلى طاقة كهربائية تُخزن في بطاريات خاصة.

### نشاط (١) فِكر:

تقع دولة السودان في الحزام الشمسي وتتمتع بمعدلات إشعاع عالية جداً طوال العام، ورغم ذلك تعتمد الشبكة القومية بالأساس على الطاقة الهيدروكهربائية (التوليد المائي). ناقش الأسباب الاقتصادية والتقنية التي تجعل الاعتماد المطلق على الطاقة الشمسية في الشبكات القومية أمراً صعباً، مقترحاً حلاً هندسياً لتأمين استقرار الشبكة في فترات الليل.

### ٧. الوقود الحيوي (Biofuels):

يُقصد به الطاقة المستمدة من الكائنات الحية؛ مثل حرق الأخشاب، أو تخمير قصب السكر لإنتاج الكحول (الميثانول) واستخدامه كبديل للبنزين. كما تشمل استخراج غاز الميثان (الغاز الحيوي) الناتج من تحلل نفايات الحيوانات والنباتات ومياه المجاري.

### نشاط (٢) نقاش بيئي:

يُروج البعض للوقود الحيوي (مثل الإيثانول المستخلص من المحاصيل) على أنه طاقة متجددة ونظيفة بنسبة ١٠٠٪. ما هي الآثار السلبية غير المباشرة التي يمكن أن تترتب على التوسع في زراعة محاصيل الوقود الحيوي على حساب الأمن الغذائي العالمي والبيئة؟

### معلومة إثرائية (ربط فيزيائي): تحولات الطاقة

إن إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة (عدا الخلايا الشمسية) يعتمد بالأساس على قانون حفظ الطاقة، حيث تتحول الطاقة الكامنة (الوضع) في الماء خلف السدود أو الطاقة الحركية في الرياح والموجات إلى طاقة حركية دورانية في التوربين، ثم يقوم المولد بتحويل هذه الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية عبر ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي.

## ثانياً: مصادر الطاقة غير المتجددة

### ١. الوقود المتحجر / الأحفوري (Fossil Fuels):

ويشمل الفحم، النفط، والغاز الطبيعي تكوّن من بقايا النباتات والمخلوقات البحرية الدقيقة التي دفنت تحت طبقات الأرض منذ ملايين السنين. ويمتاز النفط بإمكانية تكريره لإنتاج الديزل، البنزين، الكيروسين، والغاز، بجانب دخوله في صناعة البلاستيك.

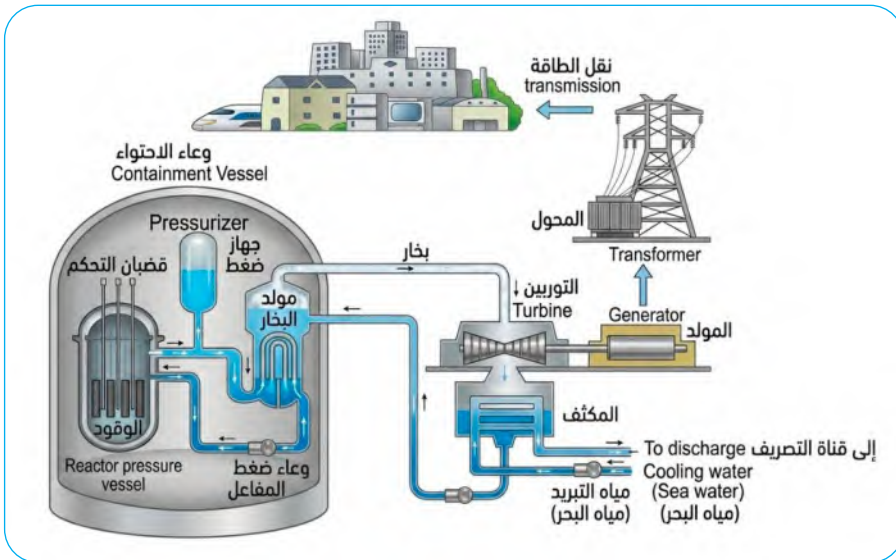
من عيوبه كميّاته محدودة وقابلة للنفاذ، وعملية حرقه تطلق غاز ثاني أكسيد الكربون  $CO_2$  المسبب للاحتباس الحراري، وثاني أكسيد الكبريت  $SO_2$  المسبب للأمطار الحمضية.

### ٢. الوقود النووي (Nuclear Fuel):

يعتمد على استخدام مادة اليورانيوم المشعة داخل المفاعلات النووية. لا يتم حرق الوقود هنا، بل تطلق الطاقة نتيجة تفاعلات "الانشطار النووي" لنواة ذرات اليورانيوم لتسخين الماء وعمل البخار.

يمتاز بكثافة طاقة هائلة جداً؛ حيث إن ١ كجم فقط من الوقود النووي ينتج طاقة تعادل ما ينتجه ٢٥ طن من الفحم الحجري.

من عيوبه خطورة النفايات المشعة التي تظل نشطة لآلاف السنين، وتكلفة بناء المنشآت باهظة.



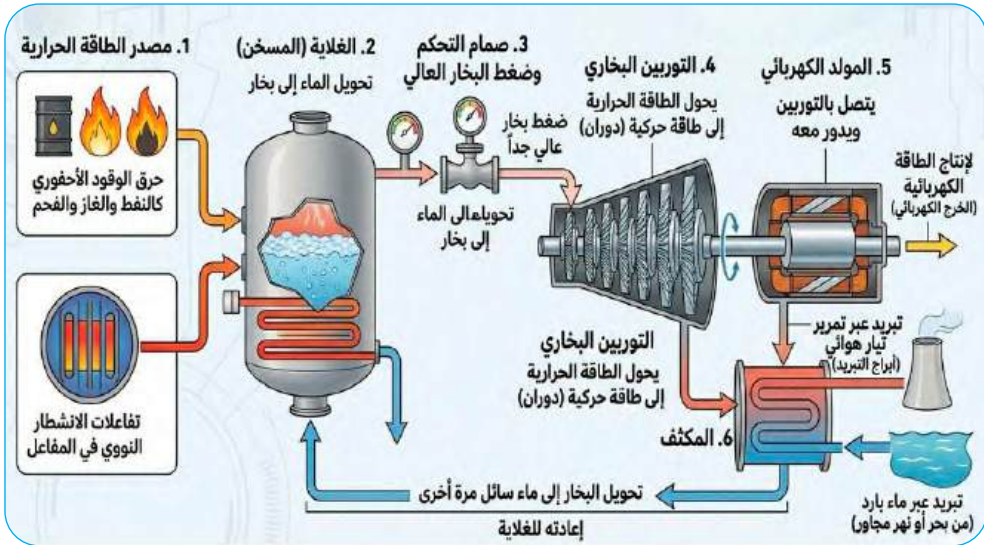
الشكل (٥) يوضح الطاقة النووية

## فكر هندسياً:

لماذا تعد المحطات النووية هي الأبطأ على الإطلاق في تلبية الزيادات الفجائية للأحمال الكهربائية مقارنة بالمحطات المائية؟ (اربط إجابتك بالقصور الذاتي الحراري للمفاعلات والاعتبارات الأمنية).

### ثالثاً: محطات القدرة الحرارية وكفاءتها (Thermal Power Stations):

تدار المولدات الكهربائية في معظم دول العالم عبر محطات حرارية تعمل بضغط البخار العالي وفق المخطط التالي:



الشكل (٦) مخطط آلية عمل محطات القدرة الحرارية

### مفهوم كفاءة الطاقة:

تعرض محطات القدرة الحرارية لفقد كبير في الطاقة، حيث يضيع حوالي ٦٥٪ من طاقة الوقود كحرارة في مياه التبريد والغازات العادمة، وتتحول ٣٥٪ فقط إلى طاقة كهربائية. قانون كفاءة الطاقة:

$$\eta = \frac{\text{الطاقة المستفادّة الخارجة}}{\text{الطاقة الكلية الداخلة}}$$

أو:

الكفاءة = القدرة المفيدة الخارجة ÷ القدرة الكلية الداخلة.

السبب العلمي للمفايد: تُعدّ الحرارة شكلاً من أشكال الطاقة الناتجة عن الحركة العشوائية لجزيئات المادة، وعند انتقالها وانتشارها في الوسط المحيط تقل قابليتها للاستفادة العملية وتصبح السيطرة عليها أكثر صعوبة. فمثلاً، يمكن للحرارة المركزة الناتجة من لهب شمعة أن تُستخدم في تدوير توربين صغير، ولكن إذا انتشرت الكمية نفسها من الحرارة في وعاء كبير من الماء فإنها ترفع درجة حرارته بمقدار بسيط فقط، مما يجعل الاستفادة منها في تدوير توربين أمراً غير عملي.

### التفاعلات الكيميائية لإنتاج الطاقة (الحرق):

وقود + أكسجين  $\xrightarrow{\text{حرق}}$  طاقة حرارية + ماء + ثاني أكسيد الكربون  
الجدول أدناه يوضح بيانات محطتين لتوليد الكهرباء:

| بيان القدرة والمفايد (بالميجاوات)           | المحطة (أ) تعمل بالفحم | المحطة (ب) نووية |
|---------------------------------------------|------------------------|------------------|
| قدرة الدخل الكلية من الوقود                 | ٥٦٠٠                   | ٥٦٠٠             |
| المفايد في الغلايات / المفاعل               | ٢٠٠                    | ٦٠٠              |
| المفايد في التوربينات                       | ٣٨٠٠                   | ٢٩٠٠             |
| المفايد في المولدات الكهربائية              | ٤٠                     | ٤٠               |
| القدرة اللازمة لإدارة وتشغيل المحطة داخلياً | ٦٠                     | ٦٠               |

#### المطلوب:

- احسب قدرة الخرج الكهربائية الصافية المستفادة لكل من المحطتين (أ) و (ب).
- احسب كفاءة كل محطة، وحدد أي المحطتين تبذل وتفقد طاقة أعلى وبأي صورة تفقد؟

#### رابعاً: تشغيل الشبكة ونقل القدرة الكهربائية:

بدء القدرة: تختلف المحطات في سرعة تلبية الطلب المفاجئ على الكهرباء؛ فمحطات المساقط المائية والغاز المحروق الصغيرة تدخل الخدمة خلال دقائق، بينما تحتاج المحطات النووية الباردة إلى يومين كاملين للوصول إلى قدرتها الكاملة. نقل القدرة الكهربائية: تُنقل الكهرباء لمسافات بعيدة عبر خطوط الضغط العالي. وحيث إن القدرة تحسب من القانون:

$$\text{القدرة} = \text{الجهد} \times \text{التيار}$$

فإننا نستخدم المحولات لرفع الجهد إلى قيم عالية جداً (تصل إلى ٥٠٠ كيلو فولت، مما يخفف شدة التيار إلى حد صغير جداً، وبالتالي نقل الطاقة المفقودة على شكل حرارة في الأسلاك الناقلة).

ملاحظة: المحولات تعمل فقط مع التيار المتردد AC ولا تعمل مع التيار المستمر DC.

## الشبكة القومية للكهرباء (National Grid)

هي شبكة خطوط وكابلات متكاملة تربط جميع محطات التوليد في القطر بجميع مستهلكي الطاقة.

### أهم مميزات:

- موازنة الأحمال: تتيح تزويد المناطق ذات الاستهلاك العالي بالطاقة من محطات في مناطق ذات استهلاك منخفض.
- الاستمرارية والأمان: إذا تعطلت إحدى محطات التوليد، يتم تعويض النقص مباشرة من بقية المحطات دون انقطاع الخدمة عن المستهلك.
- إمكانية بناء محطات التوليد في مواقع بعيدة وأمنة عن المدن السكنية المكتظة.

### الخطوط الهوائية والكابلات الأرضية:

الخطوط الهوائية: تُصنع موصلاتها من الألومنيوم لحفته ورخص ثمنه مقارنة بالنحاس، ويُدعم بأصابع داخلية من الصلب لزيادة قوة شده. ويتم العزل فيها عن طريق ترك فراغات هوائية كبيرة بين الأسلاك والأرض.

الكابلات الأرضية المدفونة: تستخدم في المناطق السياحية الخلابة لحماية المناظر الطبيعية، لكن يعيها صعوبة عزل الجهود الفائقة تحت الأرض، مما يجبرها على العمل عند جهود منخفضة والتيارات عالية، فتصبح الكابلات سميكة وثقيلة وباهظة التكلفة.

### معلومة إثرائية (ربط هندسي): تأثير جول الحراري (ت°م)

تضيع الطاقة في خطوط النقل بسبب مقاومة الأسلاك (م) المادية. وحيث إن القدرة المفقودة حرارياً تتناسب طردياً مع مربع التيار:

$$\text{الفقد (ق)} = I^2 \times R$$

فإن مضاعفة الجهد ١٠ مرات يؤدي إلى خفض التيار ١٠ مرات، مما يقلل الفاقد الحراري بمقدار ١٠٠ مرة! وهذا يوضح العائد الهندسي الضخم لرفع الجهد أثناء النقل لمسافات بعيدة. مشروع تصميم هندسي:

إذا عُرِض عليك مشروع لتزويد مدينة صناعية ضخمة ومكتظة بالطاقة، وطلب منك الاختيار بين خطوط النقل الهوائية المعلقة والكابلات الأرضية؛ أيهما تختار مبرراً إجابتك من خلال موازنة ثلاثة عوامل: التكلفة الإنشائية، سهولة الصيانة والأعطال، والأمان العام للمواطنين.

## التمديدات الكهربائية المنزلية:

تعتبر التمديدات الكهربائية المنزلية من أهم الأنظمة داخل المنزل، حيث تنقل الطاقة الكهربائية من مصدر التغذية إلى المصابيح والأجهزة الكهربائية المختلفة بطريقة آمنة ومنظمة.

## مكونات التمديدات الكهربائية المنزلية:

١. العداد الكهربائي
  - يقيس كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة في المنزل.
  - تستخدم قراءته لحساب فاتورة الكهرباء.
٢. لوحة التوزيع
  - تستقبل الكهرباء من العداد.
  - توزع الكهرباء على مختلف أجزاء المنزل.
  - تحتوي على القواطع الكهربائية.
٣. القواطع الكهربائية
  - تحمي الأسلاك والأجهزة من زيادة التيار أو حدوث التماس الكهربائي.
  - تفصل التيار تلقائياً عند حدوث عطل.
٤. الأسلاك الكهربائية
  - تنقل الكهرباء من لوحة التوزيع إلى الأجهزة.
  - تصنع غالباً من النحاس المعزول.
٥. المفاتيح الكهربائية
  - تستخدم لتشغيل وإيقاف الأجهزة.
٦. المآخذ الكهربائية (البرايز)
  - تستخدم لتوصيل الأجهزة الكهربائية بمصدر التغذية.

## مسار الكهرباء داخل المنزل:

مصدر التغذية ← العداد الكهربائي ← لوحة التوزيع ← القواطع الكهربائية ← الأسلاك ← المصابيح والأجهزة الكهربائية.

أ. ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة و (X) أمام العبارة الخاطئة:

١. الكهرباء مصدر أولي للطاقة في الطبيعة. ( )
٢. الطاقة النووية تعتمد على تفاعلات الانشطار النووي. ( )
٣. المحولات الكهربائية تعمل مع التيار المستمر. ( )
٤. رفع الجهد الكهربائي يقلل الفاقد الحراري في الأسلاك. ( )
٥. الوقود الأحفوري مصدر متجدد للطاقة. ( )
٦. طاقة الرياح من مصادر الطاقة النظيفة. ( )
٧. جميع الطاقة الداخلة للمحطات الحرارية تتحول إلى كهرباء مفيدة. ( )

ب. أكمل الفراغات بوضع الكلمة أو العبارة المناسبة:

١. تعتمد محطات التوليد المائي على طاقة ..... للمياه.
٢. تستخدم المحولات لرفع قيمة ..... أثناء نقل القدرة.
٣. القدرة الكهربائية تساوي حاصل ضرب الجهد في .....
٤. الفقد الحراري في الأسلاك يتناسب مع مربع .....
٥. من أمثلة مصادر الطاقة غير المتجددة ..... و .....

ج. أجب عن الأسئلة التالية:

١. قارن بين الخطوط الهوائية والكابلات الأرضية.
٢. لماذا تُعد الطاقة الشمسية من أهم مصادر الطاقة المستقبلية في السودان؟
٣. علّل: المحطات المائية أسرع استجابة لتغير الأحمال الكهربائية من المحطات النووية.
٤. فسّر علمياً سبب ضياع معظم الطاقة في المحطات الحرارية على هيئة حرارة.
٥. ما أثر زيادة التيار الكهربائي على الفاقد الحراري في خطوط النقل؟

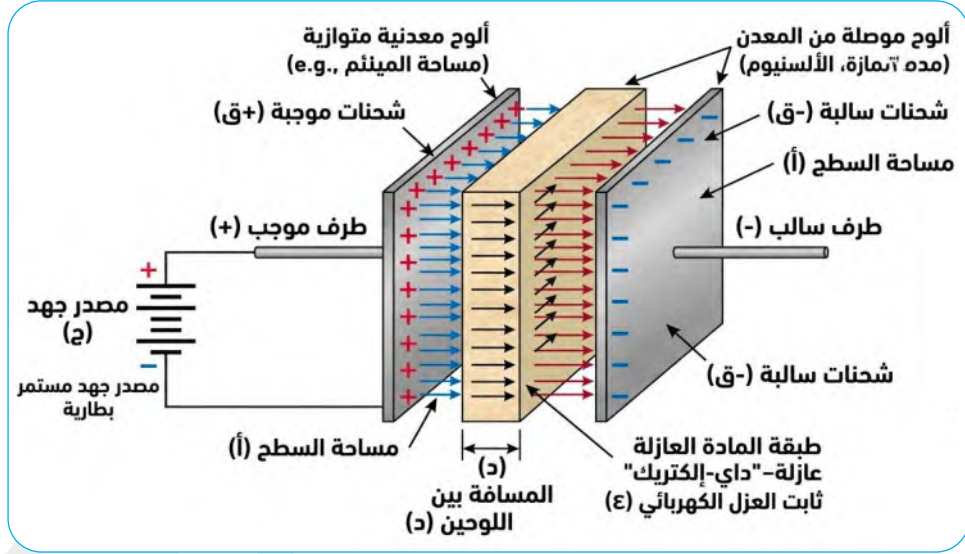
د. أحسب:

١. كفاءة محطة حرارية إذا كانت القدرة الداخلة لمحطة حرارية تساوي ٥٠٠٠ ميغاواط، وكانت القدرة الكهربائية المفيدة الخارجة ١٧٥٠ ميغاواط، احسب كفاءة المحطة.
٢. إذا تم رفع الجهد الكهربائي ٥ مرات مع ثبات القدرة المنقولة، فكم مرة يقل التيار الكهربائي؟

## مكونات الدوائر الكهربائية الأساسية (المكثفات والملفات والمقاومات)

### أولاً: المكثفات الكهربائية (Capacitors):

المكثف هو عنصر كهربائي له القدرة على تخزين الطاقة الكهربائية في شكل مجال كهربائي، ويقاوم أي تغير مفاجئ في الجهد عبر الدائرة (إذا ارتفع الجهد يمتص المكثف الزيادة، وإذا انخفض يحاول تفريغ شحنته للحفاظ على القيمة الأصلية). يتكون في أبسط أشكاله من موصلين معدنيين (لوحين متوازيين) يفصل بينهما وسط عازل تماماً للكهرباء يسمى (العازل الكهربائي أو الـ Dielectric). تتراكم الشحنات الموجبة والسالبة على الألواح، بينما يتركز المجال الكهربائي المخزن داخل المادة العازلة.



الشكل (٦) مكثف الألواح المتوازية الأساسي (بنيتة الداخلية)

سلك التوصيل (الطرف الأول): يتصل باللوح المعدني العلوي.  
 اللوح المعدني الأول: لوح موصل تتراكم عليه الشحنات الموجبة (+ ش)  
 العازل الكهربائي: الوسط الفاصل بين اللوحين (هواء، ورق، سيراميك، مايكا) وهو مكان تخزين المجال الكهربائي.  
 اللوح المعدني الثاني: لوح موصل مواز تتراكم عليه الشحنات السالبة (- ش)  
 سلك التوصيل (الطرف الثاني): يتصل باللوح المعدني السفلي.

## فكرة عمل المكثف:

عند توصيل المكثف بمصدر كهربائي: تتجمع الشحنات السالبة على أحد اللوحين. وتتجمع الشحنات الموجبة على اللوح الآخر.

ينشأ بين اللوحين مجال كهربائي يؤدي إلى تخزين الطاقة الكهربائية. وعند فصل المصدر أو توصيل دائرة مناسبة، يفرغ المكثف الشحنة المخزنة.

## سعة المكثف:

تُسمى قدرة المكثف على تخزين الشحنة السعة الكهربائية، ويرمز لها بالرمز س (C) ووحدة قياسها هي الفراءد (كولوم/ فولت) تُقدر سعة المكثف بالعلاقة:

$$\text{السعة بالفراءد} = \frac{\text{الشحن الموجودة بالكولوم}}{\text{فرق الجهد بين الألواح بالفولت}} \quad \text{أو} \quad \text{س} = \frac{\text{ش}}{\text{ج}}$$

س = السعة بالفراءد (F)، ش = الشحنة بالكولوم، ج = فرق الجهد بالفولت. وتُستخدم أجزاء الفراءد في التطبيقات العملية:

$$\mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F} \quad \text{الميكروفاراد:}$$

$$\text{nF} = 10^{-9} \text{ F} \quad \text{النانوفاراد:}$$

$$\text{pF} = 10^{-12} \text{ F} \quad \text{البيكوفاراد:}$$

## العوامل المؤثرة على السعة (القانون الهندسي):

تناسب السعة طردياً مع مساحة الألواح وعكسياً مع المسافة بين اللوحين

$$\text{س} = \frac{\text{مساحة العازل} \times \text{مساحة اللوح الواحد}}{\text{المسافة بين اللوحين}}$$

## الطاقة المخزنة في المكثف:

تناسب الطاقة المخزنة في المكثف طردياً مع ناتج ضرب قيمة السعة ومربع قيمة فرق الجهد الكهربائي بمعنى أننا سنحصل في النهاية على المعادلة التالية:

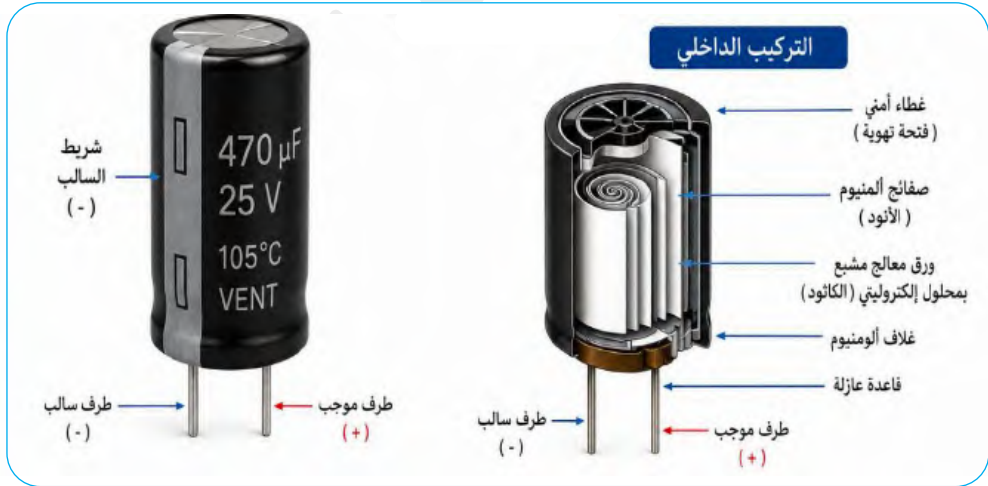
$$\text{الطاقة} = \text{س} \times \text{ج}^2 \text{ جول}$$

## أنواع المكثفات:

1. مكثفات غير إلكتروليتيّة (جافة): تسمى حسب مادتها العازلة (هوائية، ورقية، بلاستيكية، مايكا، سيراميك). تمتاز بأنها غير مستقطبة (ليس لها أطراف موجبة وسالبة محددة).



الشكل (٧) مكثف غير إلكتروني جاف (بلاستيكي)  
 ٢. مكثفات إلكترونية (كيميائية): يُصنع عازلها من طبقة أكسيد رقيقة جداً ومترسبة كيميائياً على لوح ألومنيوم. وبسبب رقة هذا العازل الشديدة، تمنحنا هذه المكثفات سعات ضخمة جداً مقارنة بحجمها الصغير. تمتاز بأنها مستقطبة (يجب توصيل الطرف الموجب بالموجب والسالب بالسالب بدقة، وإلا تلف المكثف).



الشكل (٨): المكثفات الإلكترونية الكيميائية المستقطبة

**سلوك المكثف مع التيار المتردد والمستمر):**

(أ) مع التيار المستمر (DC): يشحن المكثف تماماً ثم يتوقف مرور التيار، أي يعمل ك مفتاح مفتوح (ممانعته ما لا نهاية ∞).

(ب) مع التيار المتردد (AC): يسمح بمرور التيار المتردد، وتسمى مقاومته هنا بـ  
الممانعة السعوية (XC) وتقاس بالأوم (Ω).

$$\frac{1}{2 \pi f C} = X_C$$

(حيث f هو التردد بالهرتز، و C السعة بالفرايد).

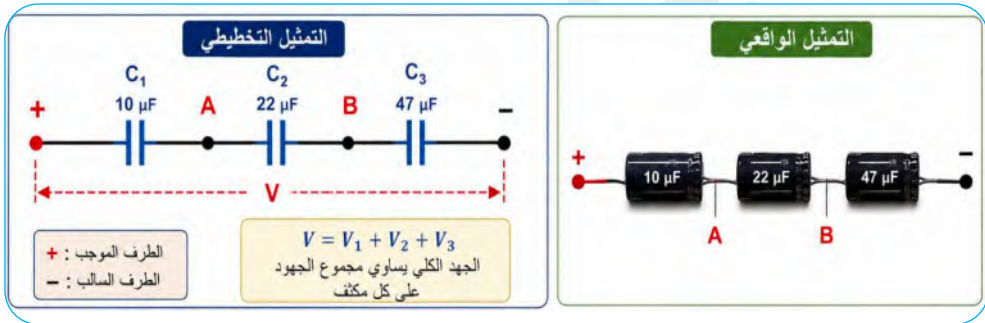
نلاحظ أن الممانعة تتناسب عكسياً مع التردد؛ فكلما زاد التردد سمح المكثف بمرور تيار أكبر.

كما أن التيار في المكثف يتقدم (يسبق) الجهد بزاوية 90°.

### طرق توصيل المكثفات:

- على التوالي: (لحساب السعة الكلية نجمع السعات مباشرة - مثل قانون توالي المقاومات):

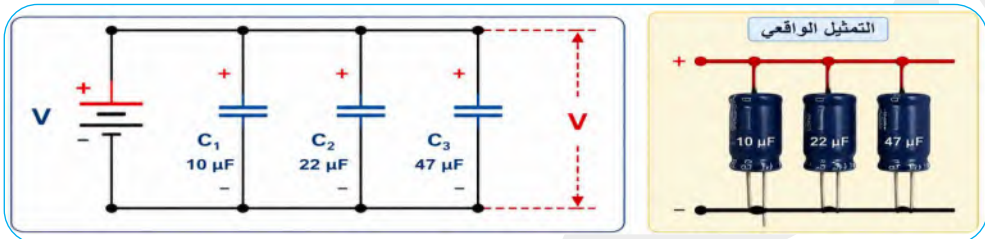
$$C_{total} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$



الشكل (٩): يوضح توصيل المكثفات على التوالي

- على التوازي: (مقلوب السعة الكلية يساوي مجموع مقلوب السعات - مثل قانون توازي المقاومات): (مقلوب السعة الكلية يساوي مجموع مقلوب السعات):

$$C_{total} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$



الشكل (١٠): يوضح توصيل المكثفات على التوازي

### مثال تطبيقي:

ثلاثة مكثفات سعاتها:  $C_2 = 10\mu F$  ،  $C_2 = 10\mu F$  ،  $C_1 = 5\mu F$

احسب السعة الكلية للمجموعة  $C_{total}$  في الحالتين الآتيتين:

- (أ) إذا وُصلت المكثفات الثلاثة معاً على التوازي.  
(ب) إذا وُصل المكثفان  $C_2$  و  $C_3$  على التوازي، ثم وُصلت مجموعتهما على التوالي مع المكثف .

### استخدامات المكثفات:

في الكهرباء العامة: دوائر التنعيم (Smoothing) لتحويل التيار المتردد AC إلى مستمر DC. تصحيح معامل القدرة في الشبكات والمصانع لتقليل التيار الضائع. تيار بدء الحركة للمحركات أحادية الطور (كالغسالات والمكيفات والمراوح). في الإلكترونيات والاتصالات: دوائر التوليف والرنين واختيار المحطات (الراديو والتلفزيون)، دوائر التوقيت، الفلتر (Filtering)، والاقتران وفصل الاقتران (Coupling & De-coupling) في المكبرات.

### ثانياً: الملفات الكهربائية (Inductors / Coils):

الملف الكهربائي هو عنصر كهربائي سلبي (لا يستطيع توليد أو تضخيم الطاقة الكهربائية من تلقاء نفسه، وإنما يستهلك الطاقة أو يخزنها أو يبديها داخل الدائرة الكهربائية)، يتكوّن من سلك موصل ملفوف على شكل لفات حول قلب هوائي أو مادة مغناطيسية. يتميز الملف بخاصية الحث الذاتي؛ أي أنه يعارض التغير في شدة التيار المار فيه عن طريق توليد قوة دافعة كهربائية مستحثة.

### تركيب الملف:

يتكون من سلك نحاسي معزول ملفوف حول قلب (هوائي، حديدي شرائحي، أو قلب فريت خزفي خفيف الوزن للموجات العالية).

### الحث الذاتي:

تتميز الملفات بخاصية فيزيائية تسمى المحاثية أو الحث الذاتي (Inductance)، وتتلخص وظيفة الملف في نقطتين رئيسيتين:

تخزين الطاقة: يقوم الملف بتخزين الطاقة الكهربائية على شكل مجال مغناطيسي (بعكس المكثف الذي يخزن الطاقة على شكل مجال كهربائي).

مقاومة التغير في التيار: إذا حاول التيار المار فيه أن يرتفع فجأة، يقوم الملف بتوليد جهد مضاد ليمنع هذا الارتفاع. وإذا حاول التيار أن ينخفض فجأة،

يقوم الملف بتفريغ مغناطيسيته ليعوض النقص ويثبت التيار. (أي أنه يقاوم التغير المفاجئ في شدة التيار).

### أنواع قلب الملف :

تختلف كفاءة وقيمة الملف بناءً على المادة الموجودة في قلبه (المساحة التي تلف حولها الأسلاك):

**الملف ذو القلب الهوائي (Air Core):** لفات سلكية فارغة من الداخل (أو ملفوفة على أنبوب بلاستيكي)، ومحاثته تكون صغيرة وتستخدم في الترددات العالية جداً مثل أجهزة الراديو.

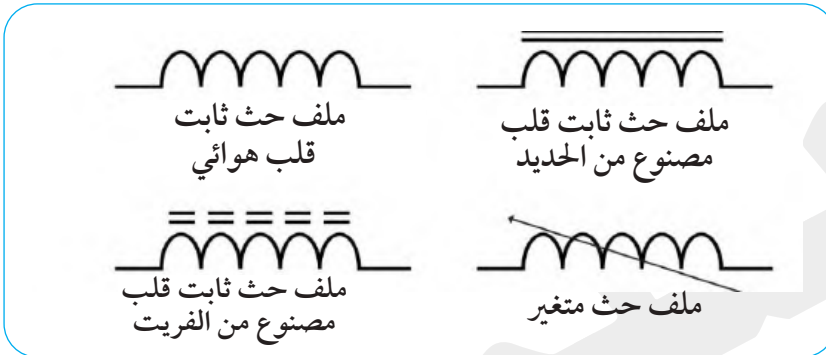
**الملف ذو القلب الحديدي (Iron Core):** تُلف الأسلاك حول قلب من الحديد أو شرائح الصلب السيليكوني، مما يضاعف القوة المغناطيسية والمحاثته آلاف المرات، ويستخدم في المحولات والترددات المنخفضة.

**الملف ذو قلب الفريت (Ferrite Core):** قلب مصنوع من مسحوق الحديد المخلوط بمواد عازلة، وهو ممتاز في الترددات المتوسطة والعالية لحمايتها من المفاقد الحرارية.



الشكل (١١): يوضح أنواع الملفات

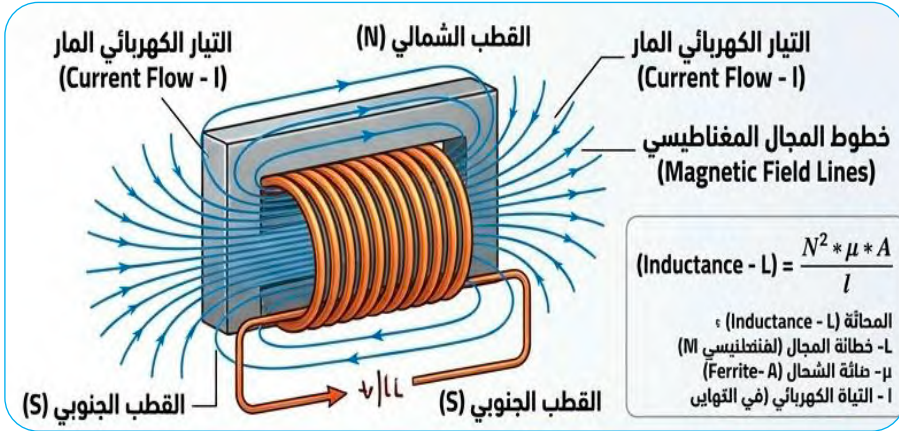
### رموز الملفات:



الشكل (١٢): يوضح رموز الملفات

## مبدأ عمل الملف:

عندما يمر تيار كهربائي في سلك مستقيم، ينشأ حول هذا السلك مجال مغناطيسي ضئيل جداً. ولكن، عندما نقوم بلف هذا السلك على شكل حلقات (ملف)، تتداخل المجالات المغناطيسية الصغيرة لكل حلقة مع بعضها البعض، مما ينتج عنه مجال مغناطيسي قوي ومركّز داخل وخارج قلب الملف.



الشكل (١٣): يوضح عمل الملف

## استكشاف علمي:

إذا قمنا بفتح مفتاح دائرة تحتوي على ملف ضخيم يمر به تيار مستمر فجأة، نلاحظ حدوث شرارة كهربائية عنيفة عند طرفي المفتاح. فسر علمياً وراء ظهور هذه الشرارة مستنداً إلى خاصية الحث الذاتي وقانون الطاقة المخزونة.

## حساب المحاثة (L) والطاقة المخزونة (E):

وحدة القياس: تقاس المحاثة بوحدة الهنري (Henry - H)، وأجزاؤها هي الملي هنري (mH)، الميكرو هنري (μH)، والنانو هنري (nH).

$$L = \mu \cdot N^2 \cdot A / l$$

العوامل المؤثرة هندسياً:

(حيث  $\mu$  نفاذية القلب،  $N$  عدد اللفات،  $A$  مساحة المقطع، و  $l$  طول الملف).  
 الطاقة المخزونة في المجال المغناطيسي للملف:  $E = 1/2 L I^2$  (حيث  $L$  المحاثة بالهنري، و  $I$  شدة التيار بالأمبير).

## سلوك الملف مع التيار:

مع التيار المستمر (DC): لا يبدي الملف النقي أي مقاومة للتيار المستمر بعد استقراره (مقاومته تساوي  $\Omega 0$ )، ويعمل كسلك توصيل مباشر (Short Circuit).  
مع التيار المتردد (AC): يقاوم مرور التيار المتردد عبر الممانعة الحثية (XL).

$$X_L = 2\pi fL$$

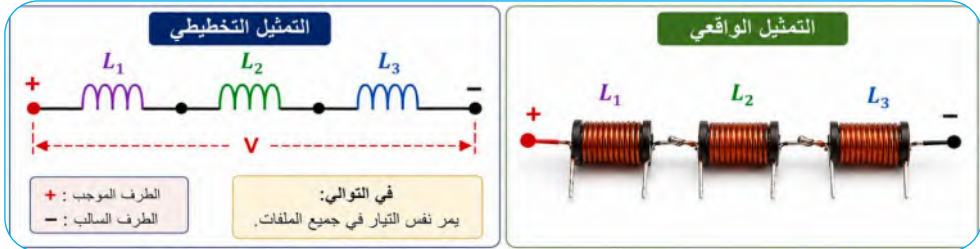
الممانعة تتناسب طردياً مع التردد؛ فكلما زاد التردد زادت مقاومة الملف للتيار. وفي الملف، يتخلف التيار (يتأخر) عن الجهد بزاوية  $90^\circ$ .

## معلومة إثرائية: الجهد والوجوه المتعاكسة

المكثف والملف يتصرفان بشكل متعاكس تماماً في الدوائر الكهربائية؛ المكثف يخزن الطاقة في مجال كهربائي ويقاوم التغير المفاجئ في الجهد، بينما الملف يخزن الطاقة في مجال مغناطيسي ويقاوم التغير المفاجئ في التيار. هذا التعاكس يجعل دمجهما معاً ينتج دوائر الرنين التي تختار محطات الإرسال بدقة في الراديو والهاتف المحمول.

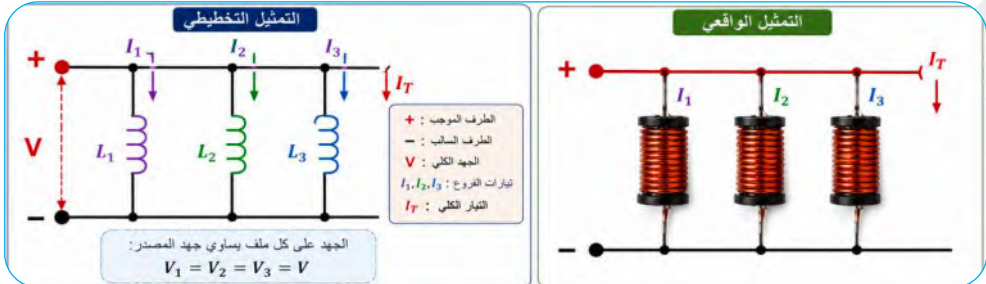
## طرق توصيل الملفات (تطابق تماماً قوانين المقاومة الكهربائية):

على التوالي:  $L_{total} = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n$



الشكل (١٤): يوضح توصيل الملفات على التوالي

على التوازي:  $L_{total} = 1/L_1 + 1/L_2 + 1/L_3 + \dots + 1/L_n$



الشكل (١٥): يوضح توصيل الملفات على التوازي



بناءً على قانون الممانعة السعوية والممانعة الحثية؛ ماذا يحدث لقيمة ممانعة كل من المكثف والملف عندما يؤول التردد إلى ما لا نهاية ( $\infty$ )؟  
وما هو التطبيق العملي المستفاد من هذه الظاهرة في تصميم مرشحات الصوت (الفلاتر) لفصل الترددات الحادة (العالية) عن الترددات الغليظة (المنخفضة)؟

### ثالثاً: المقاومات الكهربائية (Resistances):

المقاومة الكهربائية (Electrical Resistance): هي خاصية فيزيائية للموصلات تعبر عن مدى ممانعتها لمرور التيار الكهربائي من خلالها.  
المقاومة (Resistance) (R): هي العنصر الإلكتروني أو المكون الكهربائي في الدائرة الكهربائية.  
تقاس المقاومة بوحدة تسمى الأوم (ohm)، ويرمز لها بالرمز ( $\Omega$ ).

مثال:

$$1\Omega \cdot$$

$$10\Omega \cdot$$

$$1k\Omega = 1000\Omega \cdot$$



الشكل (١٦): يوضح المقاومة

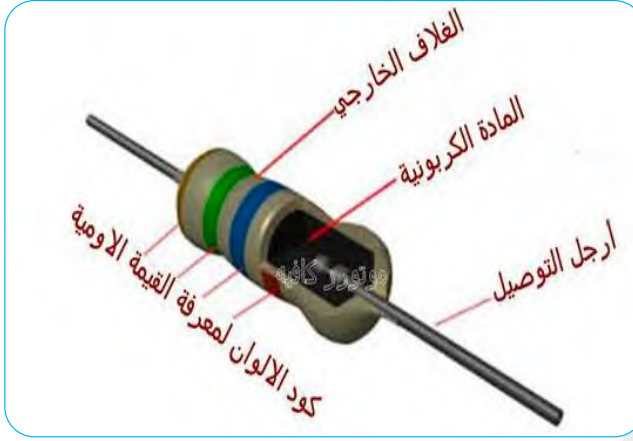
تقاس المقاومة بجهاز الأوميتر (Ohmmeter)



الشكل (١٧): جهاز الأوميتر

يمكن تصنيف المقاومات إلى قسمين حسب قيمتها وهما:

#### ١. مقاومة ثابتة:



وهي المقاومات التي لها قيمة ثابتة لا يمكن تغييرها لأي سبب كان، ومن أمثلتها المقاومة الكربونية: وسميت بذلك لأن المادة الناقلة للتيار مصنوعة من الكربون.

الشكل (١٨): المقاومة الكربونية

#### ٢. مقاومة متغيرة:



وهي مقاومات قابلة للتغيير على حسب نوعها ولكل نوع طريقته في تغيير مقاومته وبناء على طريقته في تغيير المقاومة يتم تسميتها.

الشكل (١٩): المقاومة المتغيرة

#### من أمثلة المقاومة المتغيرة:



المقاومة الضوئية: وهي مقاومة تتغير مع تغير كمية الضوء الساقط عليها وكلما زادت كمية الضوء الساقط عليها قلّت المقاومة.

الشكل (٢٠): المقاومة الضوئية



المقاومة الحرارية: وهي مقاومة تتغير مع تغير درجة الحرارة حولها.

الشكل (٢١): المقاومة الحرارية

#### التقويم:

١. ما العوامل التي تتوقف عليها محاثّة (حمل) الملف؟
٢. ارسم الرموز الفنية للملفات الآتية:
  - أ) ملف حث ثابت ذو قلب هوائي.
  - ب) ملف حث متغير ذو قلب هوائي.
  - ج) ملف حث ثابت ذو قلب حديدي.
  - د) ملف حث ثابت ذو قلب فيريت (Ferrite core).
٣. ارسم الدائرة المكافئة للملف عملي غير نقي (يحتوي على مقاومة داخلية وسعة طفيلية).
 

إذا وصلت محاثتان قيمتهما  $L_1 = 3 \text{ mH}$  و  $L_2 = 2 \text{ mH}$  احسب المحاثّة الكلية (LT) في الحالتين الآتيتين:

  - أ) عند توصيلهما على التوالي.
  - ب) عند توصيلهما على التوازي.

# أساسيات الهندسة الإلكترونية

## أهداف الفصل:

- بعد دراسة هذا الفصل يُتوقع من الطالب أن يكون قادراً على أن:
  - يُعرّف علم الإلكترونيات ويميّز بدقة بينه وبين الهندسة الكهربائية التقليدية بناءً على وسط حركة الإلكترونات.
  - يوضح الوظيفة الأساسية للإلكترونيات في استقبال المعطيات، الإشارات الفيزيائية، ومعالجتها.
  - يعدد أسباب تفوق التقنية الإلكترونية.
  - يقارن بين الإشارات التناظرية والإشارات الرقمية من حيث طبيعة القيم والتغير مع الزمن.
  - يحدد المجالات الرئيسية الأربعة لتطبيقات الإلكترونيات.
  - يميّز بين المواد العشوائية والمواد البلورية والبلورة المفردة من حيث الترتيب الهندسي للذرات.
  - يعلّل سبب الاعتماد الواسع على عنصر السيليكون في صناعة المكونات الإلكترونية.
  - يشرح مفهوم الرابطة التساهمية في ذرة السيليكون وسلوكها الكهربائي عند درجة الصفر المطلق وعند درجة حرارة الغرفة.
  - يوضح مفهوم حوامل الشحنة في أشباه الموصلات النظيفة، مفرقاً بين الإلكترونات الحرة والفجوات.
  - يفسّر آليتي التوليد الحراري لأزواج (إلكترون - فجوة) وعملية إعادة الاتحاد داخل البلورة.
  - يعرّف عملية التطعيم والهدف الهندسي منها في تعديل الموصلية الكهربائية لأشباه الموصلات.
  - يصنف الشوائب المستخدمة في التطعيم إلى شوائب خماسية التكافؤ وثلاثية التكافؤ مع ذكر أمثلة لكل نوع.
  - يشرح كيفية تشكّل شبه الموصل من النوع السالب (n-type) وتحديد حوامل الشحنة الرئيسية فيه بناءً على النص المتاح.

## مقدمة في الهندسة الإلكترونية (Introduction to Electronics)

### الإلكترونيات في حياتنا المعاصرة:

الإلكترونيات هي العلم الذي يهتم بدراسة حركة الجسيمات المشحونة كهربائياً، وخاصة الإلكترونات، داخل المواد شبه الموصلة أو في الغازات أو في الفراغ، والاستفادة من هذه الحركة في معالجة المعلومات والتحكم في الأنظمة المختلفة.

أما دراسة حركة الإلكترونات داخل الموصلات المعدنية الجيدة التوصيل كالمعادن والفلزات كالنحاس والألمنيوم لا تنتمي للإلكترونيات، فهي تندرج غالباً ضمن مجال الهندسة الكهربائية التقليدية.

بالتالي يمكننا التفريق بين الهندسة الإلكترونية والهندسة الكهربائية التقليدية؛ فالهندسة الإلكترونية تدرس حركة الشحنات وتدفقها عبر (الفراغ، الغازات، وأشباه الموصلات). أما الهندسة الكهربائية التقليدية تدرس حركة الشحنات المحصورة داخل المواد جيدة التوصيل (مثل المعادن والفلزات).

### أهمية الإلكترونيات:

تُعد الإلكترونيات من أهم التقنيات الحديثة، إذ تدخل في معظم الأجهزة التي نستخدمها يومياً مثل الهواتف الذكية والحواسيب وأجهزة الاتصالات والأنظمة الصناعية والطبية.

### وتمثل الوظيفة الأساسية للإلكترونيات في:

- استقبال الإشارات ومعالجتها ونقلها وتحويلها إلى معلومات مفيدة.
- الإشارة هي كمية فيزيائية تحمل معلومات معينة، وقد تكون ثابتة أو متغيرة مع الزمن. ومن أمثلة الإشارات؛ درجة الحرارة، شدة الضوء، الصوت و الضغط.

ولكي تتمكن الدوائر الإلكترونية من معالجة هذه الإشارات، يجب تحويلها إلى إشارات كهربائية على هيئة جهد كهربائي أو تيار كهربائي.

### مثال تطبيقي: الهاتف

يحتوي الهاتف على ميكروفون يحول موجات ضغط الهواء (الصوت) إلى جهد كهربائي عند الإرسال، وسماعة تعيد تحويل الجهد الكهربائي إلى موجات صوتية عند الاستقبال.

## أسباب تفوق التقنية الإلكترونية في معالجة الإشارات و المعلومات:

تتميز النبائط (عناصر أو مكونات) الإلكترونية بالعديد من المزايا التي جعلتها الخيار الأفضل:

١. سهولة المعالجة: يمكن تكبير الإشارات الكهربائية أو تخزينها أو تعديلها بسهولة باستخدام الدوائر الإلكترونية.

٢. السرعة العالية: تتميز الأجهزة الإلكترونية بسرعة استجابة كبيرة، مما يسمح بمعالجة الإشارات في أجزاء صغيرة جداً من الثانية.

٣. إمكانية التمثيل التناظري والرقمي:

أ- الإشارات التناظرية (Analog Signals): هي إشارات تتغير بصورة مستمرة مع الزمن وتأخذ عدداً لا نهائياً من القيم ضمن مدى معين. مثال: درجة الحرارة وشدة الصوت.

ب- الإشارات الرقمية (Digital Signals): هي إشارات تتكون من قيم محددة ومنفصلة، وغالباً ما تمثل بالأرقام الثنائية (٠ و ١). مثال: بيانات الحاسوب والهواتف الذكية.

٤. سهولة النقل: يمكن نقل الإشارات الكهربائية لمسافات طويلة عبر الأسلاك أو الموجات الكهرومغناطيسية. لذلك تُستخدم الإلكترونيات في: الاتصالات، الأقمار الصناعية، أنظمة الملاحة والاستشعار عن بعد.

٥. صغر الحجم وانخفاض التكلفة: تتميز المكونات الإلكترونية الحديثة بأنها صغيرة الحجم، خفيفة الوزن، قليلة استهلاك الطاقة (منخفضة التكلفة نسبياً).



فكر:

تعتمد الثورة الرقمية الحديثة بالكامل على تحويل الإشارات التناظرية (كأصواتنا وصورنا) إلى إشارات رقمية (٠ و ١)؛ ما هي الميزة الاستراتيجية التي تجعل الإشارات الرقمية تتفوق في النقل والتشويش والحفظ على الإشارات التناظرية التقليدية؟

## مجالات تطبيق الإلكترونيات:

١. تُستخدم الإلكترونيات في أربعة مجالات رئيسية:  
الاتصالات: مثل: الهاتف، الإذاعة، التلفاز، والإنترنت.
  ٢. الحاسبات وشبكات الحاسوب: مثل: الحواسيب، الخوادم، شبكات الاتصال.
  ٣. القياسات الإلكترونية مثل: أجهزة قياس الجهد، أجهزة قياس الحرارة وأجهزة الاستشعار.
  ٤. أنظمة التحكم: مثل: الروبوتات، أنظمة التحكم الصناعية و أنظمة التحكم في السيارات.
- كما امتد دور الإلكترونيات حديثاً إلى مجالات الطاقة المتجددة مثل أنظمة الطاقة الشمسية.

## التركيب البلوري لأشباه الموصلات:

المواد البلورية: تتكون المواد الصلبة من ذرات مترابطة مع بعضها البعض. وتختلف طريقة ترتيب الذرات من مادة إلى أخرى؛ بعض المواد تكون ذراتها مرتبة بصورة عشوائية مثل الزجاج، وبعضها يكون ترتيب ذراتها منتظماً جداً مثل الماس.

البلورة المفردة: هي مادة صلبة تتكرر فيها الذرات وفق نمط هندسي منتظم في جميع الاتجاهات.

المواد متعددة البلورات: هي مواد تتكون من عدد كبير من البلورات الصغيرة المتجاورة.

## أشباه الموصلات

أهم المواد شبه الموصلة هي السيليكون (Silicon) والجرمانيوم (Germanium). ويُعد السيليكون أكثر استخداماً في صناعة المكونات الإلكترونية بسبب:

- وفرة الكبيرة في القشرة الأرضية.
- انخفاض تكلفته.
- خواصه الكهربائية المناسبة.

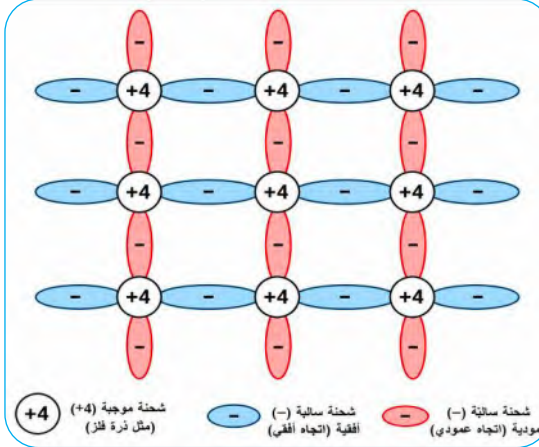
ويُستخرج السيليكون أساساً من ثاني أكسيد السيليكون الموجود في الرمال والكوارتز.

## الرابطة التساهمية في السيليكون

يمتلك كل من السيليكون والجرمانيوم أربعة إلكترونات تكافؤ. ولكي تحقق

الذرة الاستقرار فإنها تشارك إلكترونات التكافؤ مع أربع ذرات مجاورة، مكونة ما يعرف بالرابطة التساهمية (Covalent Bond)

عند درجة الصفر المطلق تكون جميع إلكترونات التكافؤ مرتبطة داخل هذه الروابط، ولذلك لا توجد إلكترونات حرة للحركة ويصبح شبه الموصل عازلاً كهربائياً.



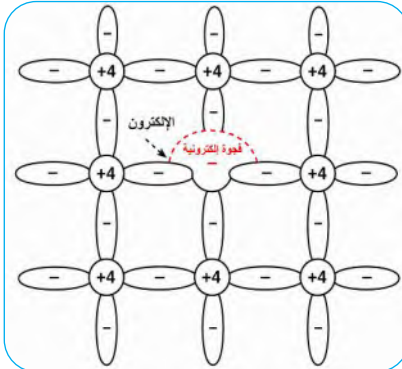
أما عند درجة حرارة الغرفة فتكتسب بعض الإلكترونات طاقة حرارية كافية للتحرر من الروابط التساهمية وتصبح إلكترونات حرة قادرة على الحركة، فتزداد موصلية المادة.

الشكل (٢٢): يوضح الترابط التساهمي ممثل على سطح ثنائي

### حوامل الشحنة في أشباه الموصلات:

يمر التيار الكهربائي في أشباه الموصلات بواسطة نوعين من حوامل الشحنة:

١. الإلكترونات الحرة: وهي إلكترونات سالبة الشحنة تتحرك في نطاق التوصيل.
٢. الفجوات (Holes): عندما يغادر إلكترون إحدى الروابط التساهمية يترك مكانه فراغاً يسمى الفجوة، وتتصرف الفجوة كما لو كانت شحنة موجبة متحركة داخل البلورة.



توليد أزواج الإلكترون-الفجوة: عندما يكتسب إلكترون طاقة كافية وينفصل عن الرابطة التساهمية ينتج إلكترون حر فجوة موجبة. ويسمى ذلك زوج إلكترون-فجوة وقد تتولد هذه الأزواج بسبب الطاقة الحرارية، الضوء و بعض أنواع الإشعاع الكهرومغناطيسي.

الشكل (٢٣): يوضح مرور التيار نتيجة للفجوة (رابطة تساهمية مفقودة)

## معلومة إثرائية: إثارة الإلكترونات:

عند رفع درجة حرارة بلورة شبه الموصل النقي فوق الصفر المطلق، تكتسب بعض الإلكترونات طاقة حرارية كافية لكسر الروابط التساهمية والتحرر تاركة خلفها مكاناً شاغراً يسمى الفجوة (Hole) وتتصرف كشحنة موجبة. هذه الإلكترونات الحرة والفجوات هي المسؤولة عن جعل شبه الموصل يبدأ في التوصيل الكهربائي الضعيف مع ارتفاع الحرارة، وهو عكس سلوك المعادن (المقاومة تزيد في النحاس بالحرارة بينما تقل في السيليكون).

**إعادة الاتحاد:** عندما يفقد الإلكترون الحر جزءاً من طاقته قد يعود للملء إحدى الفجوات.

وتسمى هذه العملية إعادة الاتحاد (Recombination) وتحدث عمليتا التوليد وإعادة الاتحاد بصورة مستمرة داخل شبه الموصل.

### تطعيم أشباه الموصلات (Doping):

التطعيم هو إضافة كميات صغيرة جداً من ذرات عناصر معينة إلى شبه الموصل النقي بهدف زيادة موصليته الكهربائية. وتسمى الذرات المضافة الشوائب (Impurities).

### أنواع الشوائب:

1. شوائب خماسية التكافؤ؛ مثل الفوسفور، الزرنيخ والانتيمون.
  2. شوائب ثلاثية التكافؤ؛ مثل البورون، الألومنيوم، الجاليوم والإنديوم.
- شبه الموصل من النوع السالب (n-type):
- ينتج عند تطعيم السيليكون بذرات خماسية التكافؤ مثل الفوسفور أو الزرنيخ. تستخدم أربعة إلكترونات في تكوين الروابط التساهمية، بينما يبقى إلكترون خامس حراً للحركة.

لذلك تزداد موصلية المادة و تصبح الإلكترونات الحرة هي حوامل الشحنة الرئيسية؛ ولهذا يسمى شبه موصل من النوع السالب (n-type). وتسمى الإلكترونات الحرة فيه: حوامل الشحنة الأغلبية.

### شبه الموصل من النوع الموجب (p-type):

ينتج عند تطعيم السيليكون بذرات ثلاثية التكافؤ مثل البورون أو الإنديوم. تكون إحدى الروابط التساهمية غير مكتملة بسبب نقص إلكترون واحد، مما يؤدي

إلى تكوين فجوة؛ لذلك يزداد عدد الفجوات و تصبح الفجوات هي حوامل الشحنة الرئيسية؛ ولهذا يسمى شبه موصل من النوع الموجب (p-type). وتسمى الفجوات فيه حوامل الشحنة الأغلبية.

| وجه المقارنة     | النوع السالب (n-type)      | النوع الموجب (p-type)       |
|------------------|----------------------------|-----------------------------|
| نوع مادة التشويب | خماسية التكافؤ مثل الزرنيخ | ثلاثية التكافؤ مثل الإنديوم |
| اسم ذرة الشائبة  | ذرة مانحة (Donor)          | ذرة مستقبلية (Acceptor)     |
| حاملات الأكثرية  | الإلكترونات الحرة (سالبة)  | الفجوات / الثقوب (موجبة)    |
| حاملات الأقلية   | الفجوات                    | الإلكترونات الحرة           |

### فكر:

إذا كان لدينا سلك من النحاس النقي وبلورة من السيليكون النقي، وقمنا بتبريدهما معاً إلى درجة قريبة من الصفر المطلق ( $-273.15^{\circ}\text{C}$ )؛ كيف ستأثر قدرة كل منهما على التوصيل الكهربائي؟ علل ذلك بناءً على بنية الروابط الإلكترونية في كل مادة.

### الفرق بين الكهرباء والإلكترونيات:

| الكهرباء                           | الإلكترونيات                                  |
|------------------------------------|-----------------------------------------------|
| تهتم بنقل وتوزيع الطاقة الكهربائية | تهتم بمعالجة الإشارات والتحكم فيها            |
| تستخدم في الإنارة والمحركات        | تستخدم في الحواسيب والاتصالات والأجهزة الذكية |
| تتعامل مع قدرات كهربائية كبيرة     | تتعامل غالباً مع تيارات وجهود صغيرة           |

١. ما الفرق بين الإلكترونيات والإلكترونات؟
٢. قارن بين الخصائص المختلفة للموصلات، وأشباه الموصلات، والعوازل.
٣. ما أنواع الروابط الكيميائية؟
٤. اشرح كيف يمكن للإلكترون أن يغير مستوى الطاقة الذي ينتمي إليه.
٥. لماذا يتصرف شبه الموصل كعازل تماماً عند درجة الصفر المطلق؟
٦. اشرح كيف تتكون أزواج (الإلكترونات - الفجوات) الحرة في شبه الموصل؟
٧. كيف تساهم الفجوات الحرة في التوصيل الكهربائي؟
٨. هل تؤدي الحركة العشوائية المستمرة للإلكترونات والفجوات داخل شبه الموصل النقي إلى سريان تيار كهربائي؟ ولماذا؟
٩. لماذا تُضاف الشوائب عمداً إلى أشباه الموصلات بعد تمام تنقيتها؟ وما نوعا هذه الشوائب؟
١٠. ما الوظيفة الأساسية للإلكترونات في الحياة المعاصرة؟ وما سبب تفوقها على التقنيات الأخرى؟
١١. ما الفرق بين الإشارات السكونية والإشارات الحركية؟
١٢. اذكر أمثلة لمحاولات طاقة تقوم بتحويل إشارات غير كهربائية إلى كهربائية، وأخرى تؤدي المهمة العكسية.
١٣. ما القطاعات الرئيسية الأربعة لعمل النباط الإلكترونية؟
١٤. عرّف المصطلحات العلمية التالية بدقة: حزمة التكافؤ - حزمة التوصيل - الرابطة التساهمية - إعادة الاتحاد - الفجوة الحرة - التشويب.

## الهندسة المدنية (هندسة الإنشاءات)

### الأهداف:

- بعد دراسة هذه الوحدة، يُتوقع من الطالب أن يكون قادراً على أن:
١. يعدد معايير المنشأة الناجحة الخمسة.
  ٢. يعرف كلاً من: هندسة الإنشاءات، المنشأة هندسياً، الأحمال الإنشائية، وظاهرة هبوط المباني.
  ٣. يحدد الأجزاء الرئيسية المكونة للقوس الهندسي.
  ٤. يصنف الأحمال الإنشائية المختلفة حسب طبيعة التوزيع المساحي.
  ٥. يقارن بين الأنواع الأربعة للقشريات الإنشائية.
  ٦. يختار نوع الأساس المناسب (سطحي/ ضحل أم عميق) بناءً على تقييم قوة التربة السطحية وعمق الطبقة الصخرية الصلبة.

## مدخل إلى هندسة الإنشاءات

### مقدمة:

تُعنى الفنون والعلوم الهندسية بمجالات متعددة تهدف إلى الإبداع والتصميم الواقعي للمنشآت التي تخدم الإنسان وتضمن رفاهيته واستقراره. ويتحقق ذلك من خلال دراسة وتحليل النماذج الهندسية بعناية قبل تحويلها إلى واقع ملموس. وتعد الهندسة المدنية أحد أعرق الفروع الهندسية، وتتميز بشموليتها الكبيرة وتعدد تخصصاتها.

### هندسة الإنشاءات (Structural Engineering):

هي أحد الفروع الرئيسية للهندسة المدنية. وتهتم بـ: تحليل، وتصميم، وتنفيذ الهياكل والمنشآت المختلفة لضمان أن تكون آمنة، وقوية، وقادرة على تحمل الأحمال والقوى المؤثرة عليها دون انهيار (مثل: المباني، الجسور، السدود، والأبراج).

### مجالات الدراسة في هندسة الإنشاءات:

- خواص مواد البناء الأساسية (مثل: الخرسانة، الحديد، الخشب، والألمنيوم).
- تحليل القوى والإجهادات الداخلية المؤثرة على المنشأة.
- تصميم العناصر الإنشائية التي يتكون منها المبنى (كالأسقف، الأعمدة، الكمرات، والأساسات).
- ضمان سلامة المنشآت ومقاومتها للظواهر الطبيعية كالزلازل والرياح.

### مفهوم المنشأة ووظيفتها:

المنشأة: هي أي جسم هندسي يتكون من عناصر متصلة، ويكون قادراً على مقاومة الأحمال المؤثرة عليه دون أن يتعرض لتشوهات كبيرة أو أضرار في أجزائه. الوظيفة الأساسية: تقوم المنشأة بتحديد الحيز (الفراغ المستغل) ونقل الأحمال بأمان من نقاط تأثيرها إلى نقاط الدعم (المساند)، ومنها عبر الأساسات إلى التربة.

### المعايير الخمسة للمنشأة الناجحة:

لكي يحكم المهندس على منشأة بأنها ناجحة وتؤدي الغرض منها بكفاءة، يجب أن توازن بدقة بين خمسة معايير:

| المعيار         | المعني                                                                          |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| المتانة         | قدرة المنشأة وعناصرها على تحمل الأحمال المفروضة عليها دون انهيار.               |
| الصلابة         | منع حدوث تشوهات بصرية أو إنشائية كبيرة (مثل الترخيم الزائد للأسقف).             |
| الاقتصادية      | تحقيق أقل تكلفة مالية ممكنة في البناء والمواد مع الحفاظ التام على أمان الأرواح. |
| الجمال المعماري | مراعاة المنظر العام والاستساغة البصرية والتوافق مع البيئة المحيطة.              |

### الاستدامة والبيئة

- ملاءمة المنشأة للعوامل البيئية والثقافية، وتقليل استهلاك الطاقة والموارد. مراحل التصميم الإنشائي المتكامل:
- يسير المهندس الإنشائي وفق تسلسل منطقي متتابع عند تصميم أي منشأة:
١. تحديد المخطط العام والهدف: فهم متطلبات المالك والمعماري.
  ٢. طرح حلول عملية مختلفة: وضع أكثر من نظام إنشائي مقترح.
  ٣. عمل تصميم أولي: حسابات مبدئية للأبعاد لكل حل.
  ٤. المفاضلة واختيار الحل الأمثل: اختيار النظام الذي يحقق أفضل توازن بين الأمان والتكلفة.

#### نشاط:

تخيل لو أن مهندساً صمم منشأة متينة جداً لكنها كلفت أضعاف الميزانية المحددة وتفتقر للمظهر الجمالي. ما المعايير التي أخلّ بها؟

#### تمرين:

عرف المنشأة هندسياً واذكر وظيفتها الأساسية في نقل الأحمال.

## الأحمال الإنشائية وتصنيفاتها (Structural Loads) الأحمال:

هي القوى الخارجية المؤثرة على المنشأة، والتي تتولد نتيجة لها إجهادات داخلية في عناصر المبنى لمقاومتها. وتُصنف هندسياً إلى نوعين رئيسيين:

### أولاً: التصنيف حسب طبيعة التوزيع المساحي

١. أحمال مركزة (Concentrated Loads): هي الأحمال التي تؤثر ميكانيكياً في نقطة واحدة أو مساحة تلامس صغيرة جداً (مثال: حمل عجلات السيارة على سطح الطريق).

٢. أحمال موزعة (Distributed Loads): هي الأحمال التي تؤثر على مساحات أو أبعاد واضحة من المنشأة، وتنقسم إلى:

- توزيع خطي: قوة موزعة على طول خط (مثال: الحمل الواقع على كابل معلق).
- توزيع مساحي: قوة موزعة على مساحة مسطحة (مثال: وزن البلاط على السقف، أو الضغط الهيدروليكي للماء على السدود).
- توزيع حجمي (حمل جسمي): يتوزع عبر حجم الجسم بالكامل وتعرف شدته بالكثافة (مثال: الوزن الذاتي للمنشأ بفعل الجاذبية).

### ثانياً: التصنيف حسب التغير مع الزمن (الأثر الحركي)

الأحمال الساكنة / الميتة (Dead Loads): هي قوى ثابتة في مكانها ومقدارها، وتبقى دائماً ملازمة للمنشأة طوال عمرها الافتراضي (أمثلة: الوزن الذاتي للخرسانة، الحوائط، والأرضيات).

١. الأحمال الحية (Live Loads): هي قوى غير ثابتة ومتغيرة المقدار أو الموضع، ويمكن إزالتها أو تحريكها (أمثلة: الأثاث، والأشخاص داخل المبنى).
٢. الأحمال الديناميكية والبيئية: وتشمل القوى المتحركة أو المفاجئة مثل:
  - قوى متكررة: اهتزازات الآلات والمصانع.
  - قوى متحركة: عبور السيارات والقطارات فوق الجسور.

- أحمال الصدمة: الأوزان التي تسقط فجأة على الأرضيات.
- أحمال بيئية وطبيعية: أحمال الرياح، الثلوج، والأحمال الزلزالية (التي تولد أعلى الإجهادات لأنها تحرك ركائز المبنى بشكل سريع ومفاجئ).

#### تمرين:

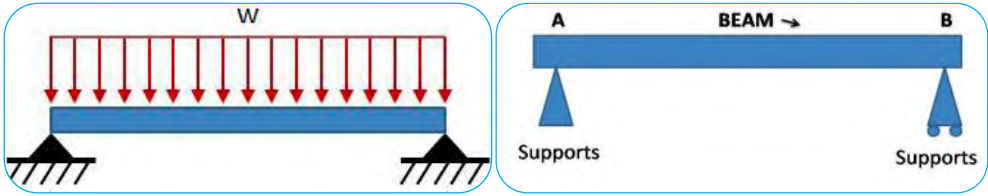
١. صنف الأحمال التالية إلى (ميتة - حية - بيئية ديناميكية):
  - أجهزة الحاسوب في مختبر المدرسة.
  - الجدران الطوبية للمصنع.
  - الرياح الإعصارية التي تضرب برجاً سكنياً.
٢. اشرح الفرق بين الحمل المركز والحمل الموزع مساحياً مع ضرب مثال لكل منهما.

## الأنواع الرئيسية للمنشآت والعناصر الهندسية

يعتمد المهندسون على عناصر إنشائية أساسية لتشكيل المباني والجسور بناءً على الهدف والتكلفة والمواد المتاحة. وأبرز هذه الأنواع هي:

### ١. العوارض / الكمرات (Beams):

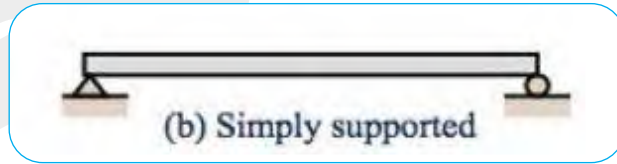
العارضة: عضو إنشائي أفقي صُمم ليقاوم الانحناء والثني الناتج عن القوى الرأسية المؤثرة عليه. وتسمى محلياً بـ (العتب أو البيم) وتستخدم لتغطية فتحات الأبواب والشبابيك والبحور بين الأعمدة.



**سلوكها الميكانيكي:** عندما يؤثر الحمل على العارضة البسيطة (المرتكزة على دعامين)، تتولد داخلها قوى قص وعزوم انحناء؛ مما يؤدي إلى حدوث ضغط في أليافها العلوية وشد في أليافها السفلية. لذا تصنع من مواد ممتازة تتحمل هذه القوى كالخرسانة المسلحة والحديد.

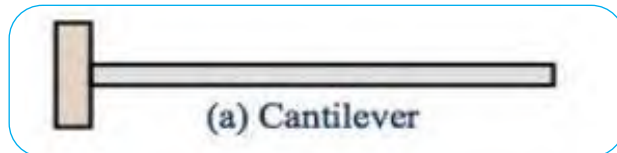
### أنواع العوارض حسب الارتكاز:

**عارضة بسيطة الارتكاز:** ترتكز على دعامين فقط عند الأطراف.



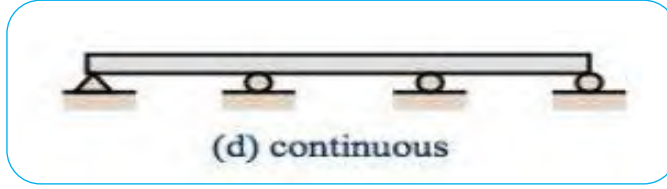
الشكل (١): عارضة بسيط الارتكاز

**عارضة كابولية (Cantilever):** مثبتة من طرف واحد فقط والطرف الآخر حر (مثل بلكونات المنازل).



الشكل (٢): عارضة كابولية

عارضة مستمرة: تركز على أكثر من دعامتين.



الشكل (٣): عارضة مستمرة

**مميزات العوارض:** سهولة التصميم والتحليل، قليلة التكلفة، سهولة التنفيذ والصيانة، ومناسبة للمنشآت الصغيرة.

**عيوب العوارض:** محدودية المسافات (البحور) التي تغطيها، وتزداد نسبة الانحناء فيها بشكل خطر مع زيادة الأحمال، مما يتطلب مقاطع ضخمة جداً للأحمال العالية.

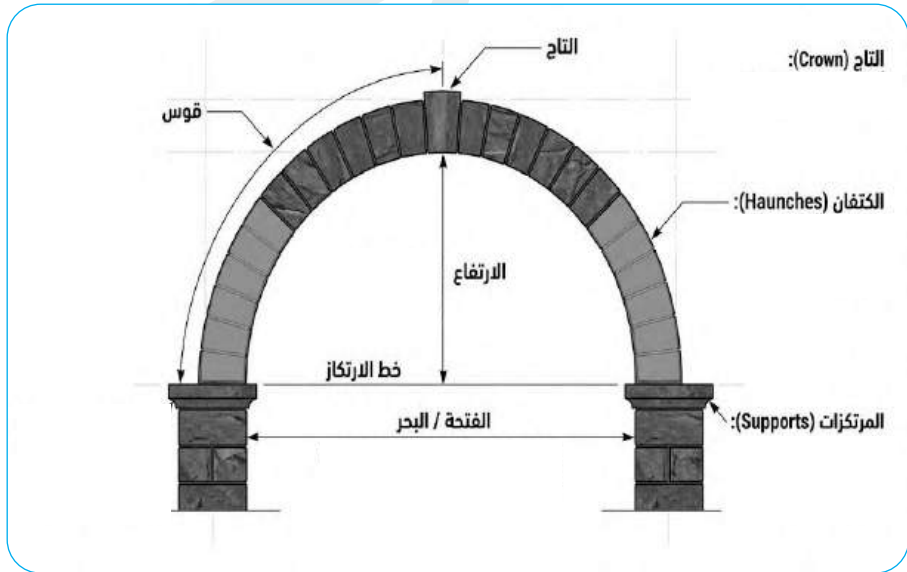
## ٢. الأقواس (Arches):

**القوس:** هو عارض ولكنه منحنٍ، حيث يكون نصف قطر انحنائه كبيراً جداً مقارنة بعمق مقطعه.

**ميزته الميكانيكية الفريدة:** على عكس العارض المستقيم، فإن الأحمال الرأسية على القوس تتحول إلى إجهادات ضغط مباشر، كما أن ردود أفعاله لها مركبات أفقية عند المساند، مما يقلل بشكل كبير من عزم الانحناء ويسمح باستخدام مواد تقاوم الضغط بشكل أساسي كالحجر والطوب.

### أجزاء القوس الرئيسية:

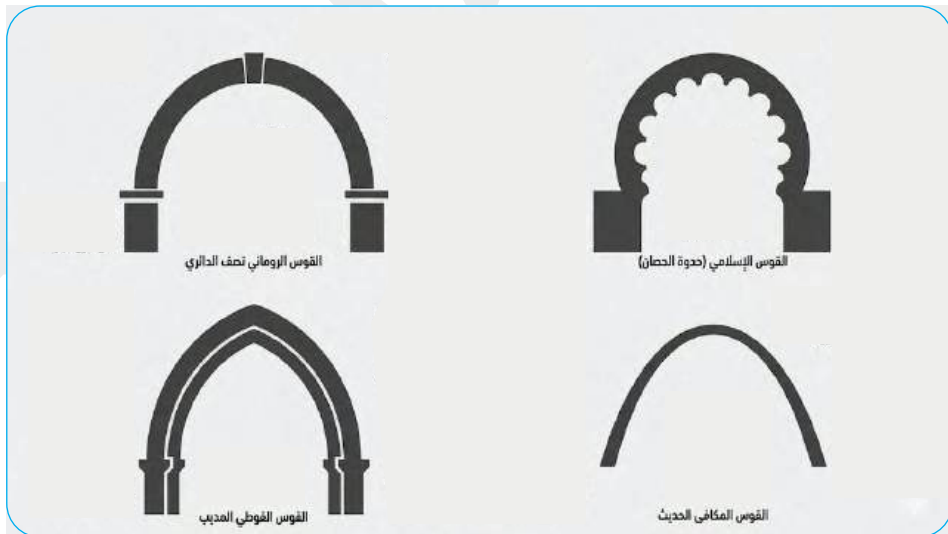
- **التاج (Crown):** أعلى نقطة في منحنى القوس.
- **الكتفان (Haunches):** الأجزاء الجانبية الواقعة بين التاج ونقاط الارتكاز.
- **المرتكزات (Supports):** النقاط التي تستند عليها نهاية القوس وتنقل القوى للأرض.
- **الفتحة / البحر (Span):** المسافة الأفقية بين المرتكزين.
- **الارتفاع (Rise):** المسافة الرأسية من خط الارتكاز وحتى التاج.



الشكل (٤): القوس

### أنواع الأقواس التاريخية والحديثة:

القوس نصف الدائري (روماني) ، القوس المدب (إسلامي وقوطي) ، القوس البيضاوي (جمالي) ، والقوس المكافئ (يستخدم في الجسور الحديثة لكفاءته العالية في توزيع الأحمال).



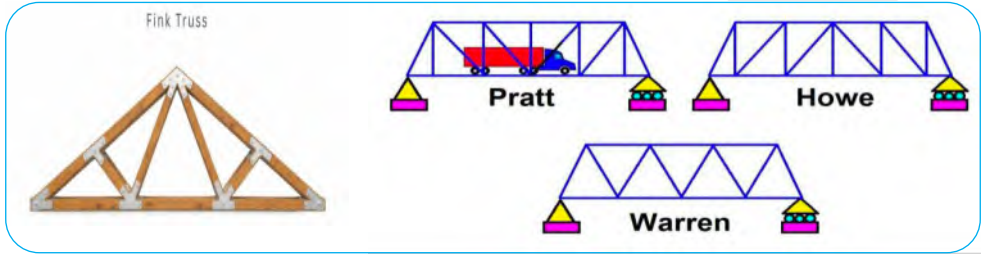
شكل (٥) الأنواع المختلفة للأقواس

### ٣. الجملونات (Trusses)

**الجملون:** هيكل إنشائي يتكون من شبكة من القضبان المستقيمة المتصلة عند نقاط تسمى العقد (Joints). تُرتب هذه القضبان عادة على شكل مثلثات لأن المثلث هو الشكل الهندسي الأكثر ثباتاً وصلابة.

**مكوناته:** يتكون من وتر علوي (يقاوم الضغط غالباً)، ووتر سفلي (يقاوم الشد غالباً)، وأعضاء داخلية مائلة ورأسية تربط بينهما لتوزيع القوى.

**أشكاله الشهيرة:** جملون برات (Pratt)، جملون هاو (Howe)، جملون وارن المتساوي المثلثات (Warren)، وجملون فنك (Fink) المستخدم في الأسقف.



شكل (٦) الأنواع المختلفة للجملونات

**مميزات الجملون:** يعطي قوة إنشائية هائلة مع وزن خفيف جداً، ويوفر في المواد، وقادر على تغطية مسافات واسعة جداً (بحور واسعة) كالمطارات والمستودعات والصالات الرياضية.

### القشريات الإنشائية (Shells):

هل تساءلت يوماً كيف يمكن لقشرة بيضة رقيقة جداً أن تتحمل ضغطاً كبيراً دون أن تنكسر بسهولة إذا وزعت القوة عليها؟ هذا السر الطبيعي هو عينه المبدأ الهندسي الذي ألهم العلماء لابتكار الهياكل القشرية؛ وهي أنظمة إنشائية تتيح لنا بناء أسقف عملاقة للمطارات والملاعب بسُمك رقيق للغاية وبدون عمود واحد في المنتصف.

**القشريات:** هي هياكل إنشائية فراغية (ثلاثية الأبعاد)، تتميز بأسطحها المنحنية والرقيقة جداً مقارنة بأبعادها الأخرى (طولها وعرضها).

**الفكرة الميكانيكية:** تمتاز القشريات بأنها تنقل الأحمال المؤثرة عليها وتوزعها عبر سطحها بالكامل كقطعة واحدة، بدلاً من تركيز الأحمال على كمرات أو أعمدة تقليدية.

## الخصائص الإنشائية للقشريات:

النحافة الفائقة: السُمك صغير جداً، ومع ذلك يمتلك كفاءة عالية.  
المقاومة بالتشكيل: لا تستمد القشريات قوتها من ضخامة حجمها أو كثرة موادها، بل من شكل انحنائها الهندسي الذي يوزع الإجهادات بكفاءة.  
سيادة إجهادات الغشاء: تتحول القوى داخل السطح القشري بشكل أساسي إلى إجهادات ضغط مباشر (و قليل من الشد)، وهي تتجنب تماماً إجهادات الانحناء الخطرة التي تعاني منها العوارض العادية.  
تغطية الفضاءات الواسعة: القدرة على إلغاء الأعمدة الداخلية تماماً، مما يوفر مساحات مفتوحة ضخمة.

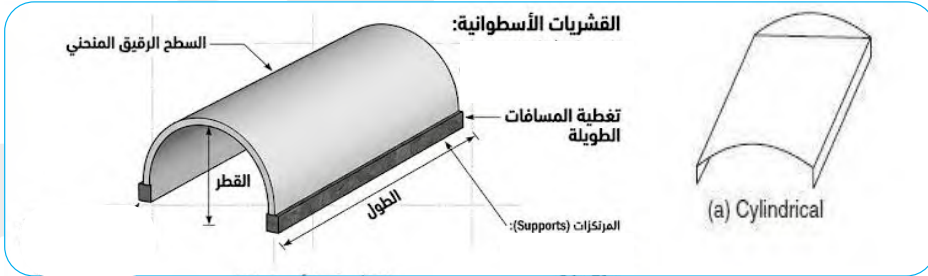
## تصنيف وأنواع القشريات الإنشائية:

تُصنف الأسطح القشرية هندسياً بناءً على طريقة انحنائها إلى أربعة أنواع رئيسية:

١. القشريات الأسطوانية
٢. القشريات الكروية
٣. القشريات المخروطية
٤. القشريات ذات الانحناء المزدوج

### ١. القشريات الأسطوانية (Cylindrical Shells)

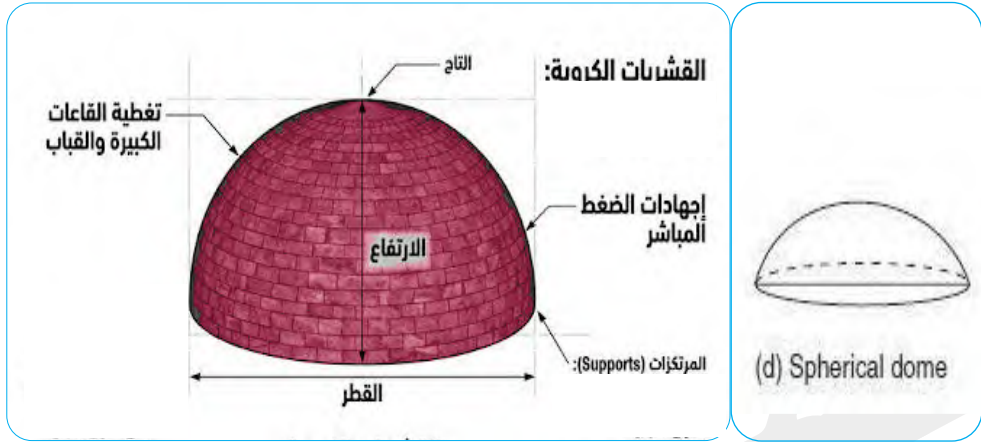
الشكل: تأخذ شكل جزء من أسطوانة ممتدة (تشبه البرميل المقصوص طولياً).  
الاستخدام المستهدف: تُستخدم غالباً في تغطية الأسقف المستطيلة والطويلة والمخازن الصناعية



شكل (٧): القشريات الأسطوانية

### ٢. القشريات الكروية (Spherical Shells)

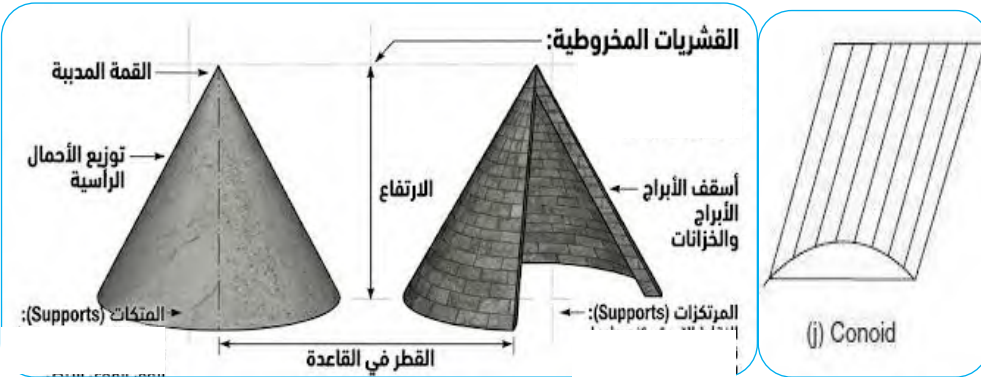
الشكل: تأخذ شكلاً كروياً أو نصف كروي كامل.  
الاستخدام المستهدف: القباب الضخمة، وتظهر بكثرة في سياق العمارة الدينية (المساجد والكنائس) وقاعات المؤتمرات.



شكل (٨): القشريات الكروية

### ٣. القشريات المخروطية (Conical Shells)

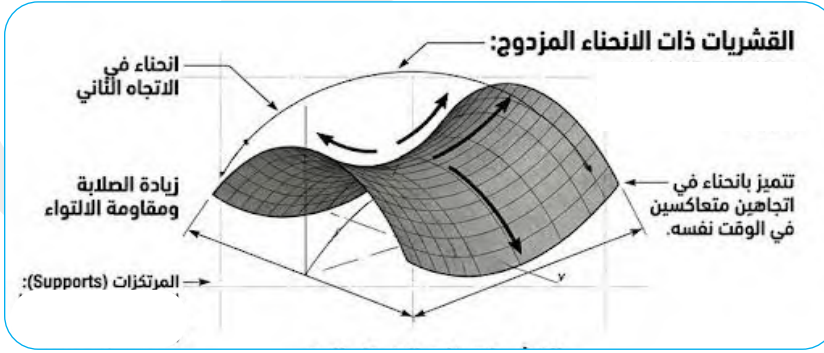
الشكل: تأخذ شكل المخروط الهندسي (مدببة من الأعلى ومتسعة من الأسفل).  
الاستخدام المستهدف: أسقف الأبراج الدائرية، وخزانات المياه العلوية، والصوامع.



شكل (٩): القشريات المخروطية

### ٤. القشريات ذات الانحناء المزدوج (Double Curvature Shells)

الشكل: تتميز بأنها تنحني في اتجاهين متعاكسين في الوقت نفسه (مثل شكل سرج الحصان أو القطع المكافئ الزائدي).  
الاستخدام المستهدف: هذا التعقيد يمنحها صلابة فائقة جداً ضد الالتواء، وتستخدم في المباني التذكارية والملاعب الرياضية الحديثة.



شكل (١٠): القشريات ذات الانحناء المزدوج

### المواد الهندسية المستخدمة في البناء:

تتطلب القشريات مواد ذات كفاءة عالية وقابلة للتشكيل والتشكيل المنحني:  
**الخرسانة المسلحة:** المادة الأكثر شعبية؛ لقدرتها العالية على تحمل الضغط ومرونتها في الصب داخل قوالب منحنية.

**الفولاذ والألمنيوم:** لتشكيل شبكات قشرية معدنية خفيفة الوزن مغطاة بصفائح حامية.

**المواد المركبة والزجاج المقوى:** تُستخدم في التصميم الحديثة جداً للسماح بنفاذ الضوء الطبيعي (الأسقف البانورامية).

**مميزات القشريات:** قوية، خفيفة الوزن، اقتصادية في المواد وتمنح المبنى مظهراً جذاباً وجميلاً.

**عيوب القشريات:** تعقيد التصميم وصعوبة التنفيذ.

### تطبيقات عالمية وأمثلة مشهورة:

تنتشر الهياكل القشرية في أبرز المعالم الإنشائية حول العالم، ومنها:  
**أسقف الملاعب الحديثة وقباب المساجد الضخمة:** حيث تلبي الحاجة للمساحات الفسيحة المفتوحة.

### ٥. الهياكل الإنشائية (Frames)

**تعريف الهيكل:** مجموعة من الأعمدة الرأسية والعوارض الأفقية المرتبطة معاً بصلاية بطريقة منظمة لتحمل الأحمال ونقلها للأساسات.

### مكونات الهيكل الإنشائي للمباني الحديثة:

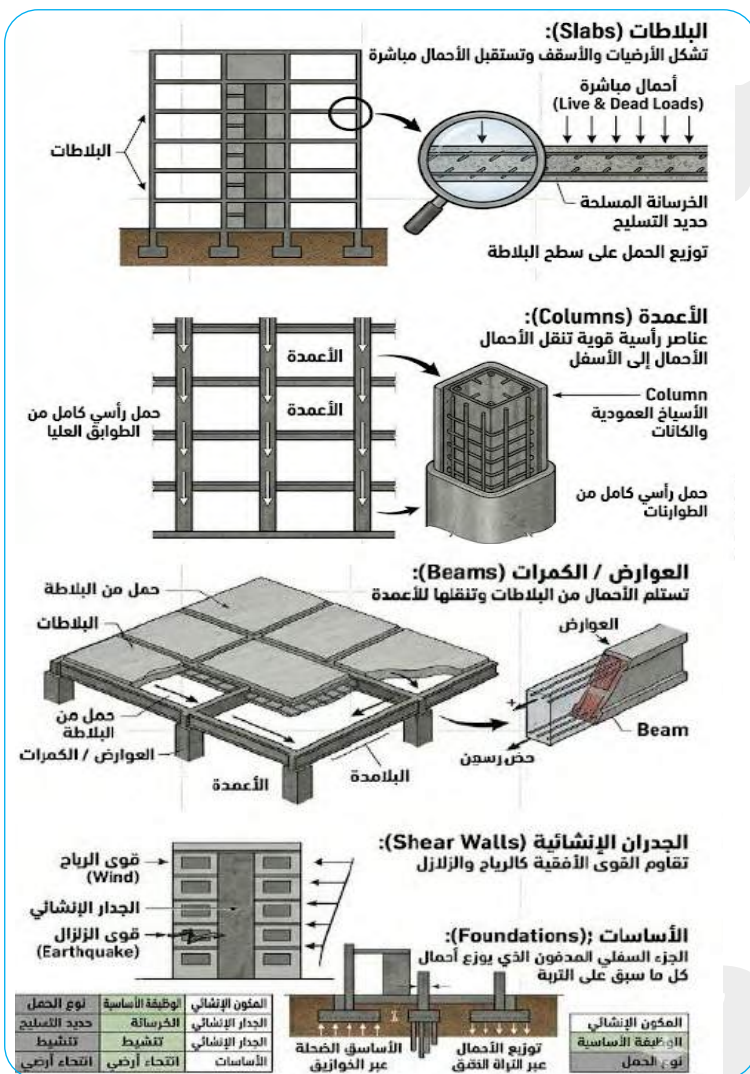
١. **البلاطات (Slabs):** تشكل الأرضيات والأسقف وتستقبل الأحمال مباشرة.

٢. العوارض / الكمرات (Beams): تستلم الأحمال من البلاطات وتنقلها للأعمدة.

٣. الأعمدة (Columns): عناصر رأسية قوية تنقل الأحمال إلى الأسفل.

٤. الجدران الإنشائية (Shear Walls): تقاوم القوى الأفقية كالرياح والزلازل.

٥. الأساسات (Foundations): الجزء السفلي المدفون الذي يوزع أحمال كل ما سبق على التربة.



شكل (١١): مكونات الهيكل الإنشائي

### نشاط:

ابحث وفكر: لماذا يعتبر شكل "قشرة البيضة" دليلاً طبيعياً على كفاءة الهياكل القشرية؟ اشرح ذلك بأسلوبك مستعيناً بما درسته عن توزيع الأحمال.

### فكر:

إذا كانت القشريات توفر الكثير من مواد البناء (كالحديد والخرسانة)، فلمماذا لا تُبنى كل البيوت السكنية العادية بهذا النظام؟ (تلميح: فكر في العيوب التنفيذية)

### تمرين:

#### ١. أكمل الفراغ:

- النظام القشري الذي يكثر استخدامه في بناء قباب المساجد هو القشريات .....
- المادة الأساسية والأكثر استخداماً في صب السقوف القشرية المنحنية هي .....

#### ٢. علل هندسياً:

- لماذا يفضل المهندسون استخدام "الجملونات" لتغطية صالات المطارات والملاعب بدلاً من العوارض الخرسانية العادية؟
- ٣. ارسم مخططاً مبسطاً لقوس وحدد عليه: التاج، الكتفين، والبحر.
- ما الذي يحدث لألياف العارضة البسيطة من الأعلى ومن الأسفل عند تعرضها للحمل؟

## هندسة التربة والأساسات (Geotechnical Engineering)

لا يمكن إقامة أي منشأة آمنة وثابتة دون فهم علم هندسة التربة. فالتربة هي الحاضن الأخير لكل أوزان المباني، وأي خطأ في تحليلها يؤدي لتصدع المبنى أو انهياره.

### ١. تصنيف التربة من المنظور الهندسي:

تتكون التربة هندسياً من خليط من: حبيبات صلبة، وفراغات تحتوي على غازات وماء. وتقسم إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

١. تربة غير متماسكة (مفككة): لا تلتصق حبيباتها ببعضها، وحبيباتها واضحة الحجم (مثل: الحصى، الرمل، والقرنين).

٢. تربة متماسكة: حبيباتها متناهية الصغر (أقل من ٠,٠٠٥ ملم)، تسودها المؤثرات الكيميائية وتتميز باللدونة والالتصاق عند ترطيبها بالماء (مثل: الطين).

٣. تربة عضوية: تربة إسفنجية هشة عالية الانضغاط (مثل تربة المستنقعات)، وهي غير قادرة تماماً على تحمل أحمال المباني.

| نوع التربة       | الخصائص الهندسية                                                               | أبعاد التربة                                                                          | الأمثلة                |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| تربة غير متماسكة | لا تلتصق حبيباتها ببعضها.                                                      | $( < ٥ \text{ ملم} ) - ( ١ , ٠ - ٥ \text{ ملم} ) - ( ٠ , ٠٠٥ - ١ , ٠ \text{ ملم} )$ . | الحصى - الرمل - القرين |
| تربة متماسكة     | حبيباتها متناهية الصغر، تسودها المؤثرات الكيميائية، وتتميز باللدونة والالتصاق. | $( > ٠ , ٠٠٥ \text{ ملم} )$ .                                                         | الطين                  |
| تربة عضوية       | تربة إسفنجية، هشة، وعالية الانضغاط، وهي غير قادرة على تحمل أحمال المباني.      |                                                                                       | المستنقعات             |

## ظاهرة هبوط المباني (Settlement)

يحدث الهبوط نتيجة انضغاط التربة وتقليل الحجم الفراغي (الفراغات) بين الحبيبات تحت تأثير أوزان المبنى الثقيلة. وتختلف سرعة الهبوط حسب نوع التربة والماء فيها:

**في التربة الجافة:** تحوي الفراغات هواءً فقط، والهواء ينضغط بسرعة، لذا يحدث الهبوط سريعاً أثناء فترة البناء والتشييد وتستقر التربة.

**في التربة الرملية (خشنة النفاذية) المشبعة بالماء:** يخرج الماء من بين الحبيبات بسرعة كبيرة عند الضغط عليه، فيحدث الهبوط فوراً.

**في التربة الطينية (ضعيفة النفاذية) المشبعة بالماء:** الماء يحتبس داخل الفراغات الصغيرة جداً، ولا يخرج إلا ببطء شديد، مما يجعل هبوط المبنى مستمراً وتدرجياً لسنوات طويلة بعد البناء، وهو ما يتطلب حذراً هندسياً شديداً.

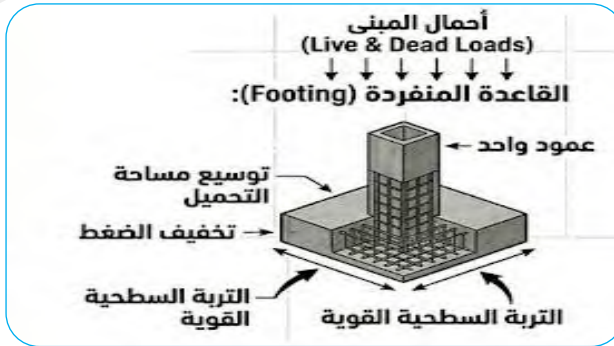
## أنواع الأساسات الهندسة (Foundations):

الأساس هو العنصر الإنشائي المسؤول عن أخذ أحمال المبنى وتوزيعها على التربة بمساحة تضمن عدم تجاوز قدرة تحمل التربة. وتقسم الأساسات إلى قسمين رئيسيين:

### أ. الأساسات الضحلة (Shallow Foundations):

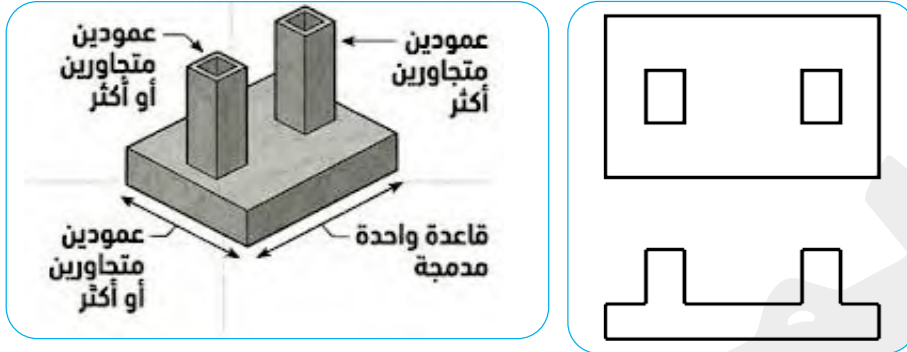
هي الأساسات التي تنقل الأحمال إلى التربة التحتية عند نقطة قريبة من سطح التربة. تُبنى مباشرة تحت أدنى جزء من المبنى وتعتمد على طبقات التربة السطحية القريبة من سطح الأرض (إذا كانت التربة السطحية قوية). ومن أنواعها:

**القاعدة المنفردة (Footing):** قاعدة مربعة أو مستطيلة مخصصة لعمود واحد أو جدار لتوسيع مساحة التحميل وتخفيف الضغط.



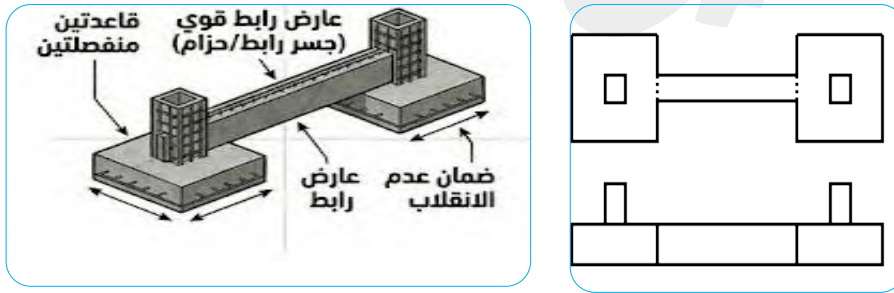
شكل (١٢): القاعدة المنفردة

**الأساس المشترك (Combined Footing):** قاعدة واحدة مدمجة تحمل عمودين متجاورين أو أكثر.



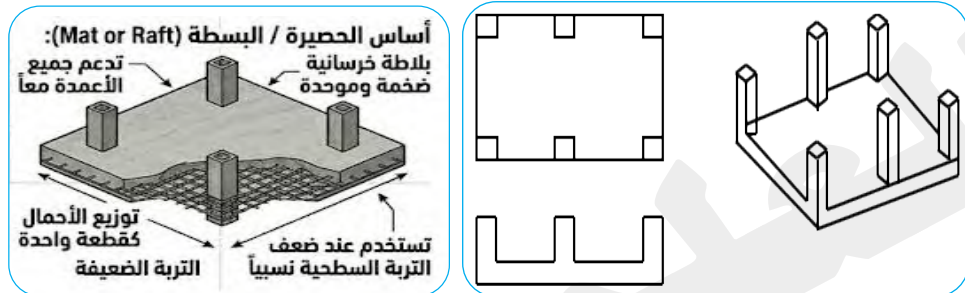
شكل (١٢): الأساس المشترك

**أساس الشريط / الحزام (Strap Footing):** ربط قاعدتين منفصلتين بواسطة عارض رابط قوي (جسر رابط / حزام) لضمان عدم الانقلاب.



شكل (١٣): الأساس الشريط (الحزام)

**أساس الحصيرة / البسطة (Mat or Raft):** بلاطة خرسانية ضخمة وموحدة تغطي كامل مساحة المبنى تدعم جميع الأعمدة معاً، وتستخدم عند ضعف التربة السطحية نسبياً لتوزيع الأحمال كقطعة واحدة.



شكل (١٤): الأساس الحصيرة (البسطة)

## ب. الأساسات العميقة (Deep Foundations):

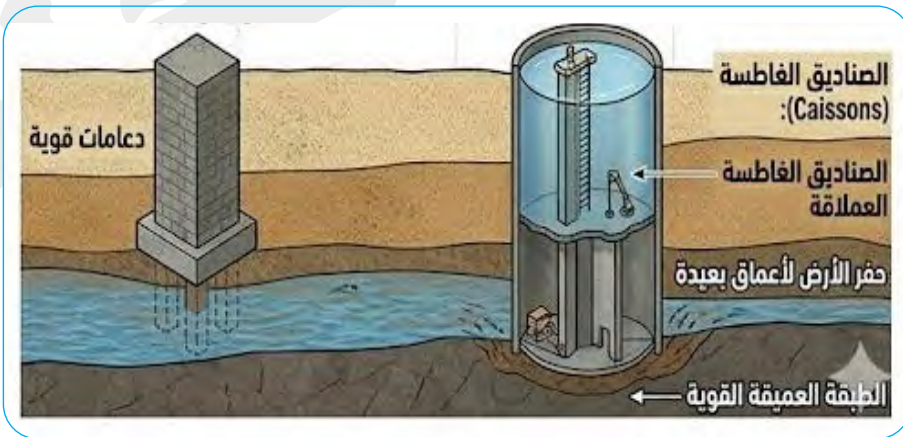
هي الأساسات التي تنقل الأحمال إلى التربة التحتية إلى مسافات معينة أسفل سطح التربة. نلجأ إليها مجبرين عندما تكون التربة السطحية ضعيفة جداً ولا تتحمل المبنى. حيث يتم حفر الأرض لأعماق بعيدة للوصول إلى الصخور أو الطبقات العميقة القوية. وتشمل:

**مجموعات الركائز / الخوازيق (Piles):** أعمدة أسطوانية طويلة (من الخرسانة أو الحديد) تُدق أو تُحفر داخل الأرض حتى تصل للطبقة الصلبة.  
- **دعامات الطوب أو الخرسانة (Piers).**



شكل (١٥): مجموعات الركائز (الخوازيق)

- **الصناديق الغاطسة (Caissons).**



شكل (١٥): الصناديق الغاطسة

### تمرين:

١. علل هندسياً: لماذا تستغرق المباني المقامة على تربة طينية مشبعة بالماء سنوات طويلة وهي تهبط تدريجياً؟
٢. إذا كانت التربة السطحية للأرض هشة وضعيفة جداً حتى عمق ١٥ متراً، فإن الأساس المناسب للمبنى هو:  
أ) قاعدة منفردة      ب) أساس الحصيرة      ج) الخوازيق / الركائز العميقة
٣. ما التربة العضوية، وهل تصلح لتأسيس المشاريع الهندسية؟ ولماذا؟