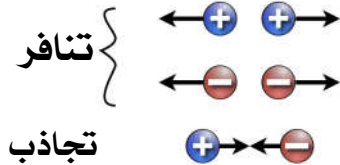


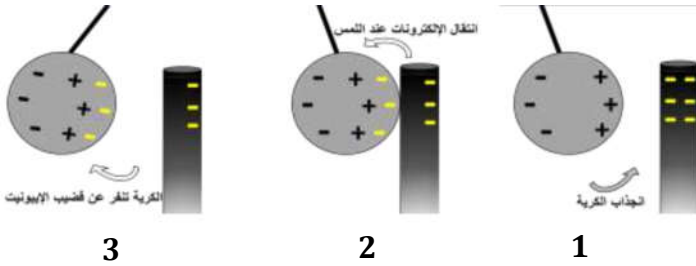
## ملخص دروس مادة الفيزياء للسنة الرابعة متوسط

## الميدان الأول: الظواهر الكهربائية

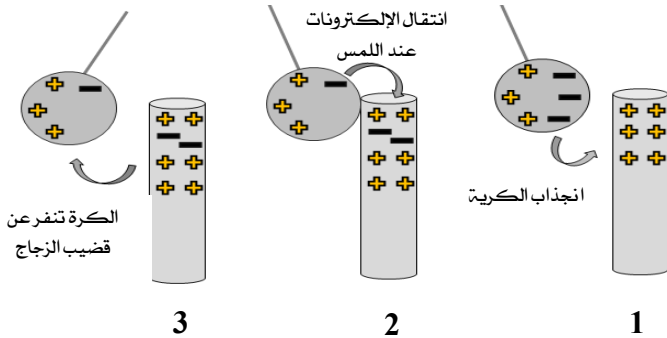
- جسمان يحملان شحنتين كهربائيتين من نفس النوع يتنافران.
- جسمان يحملان شحنتين كهربائيتين مختلفتين يتجاذبان .



## أمثلة:



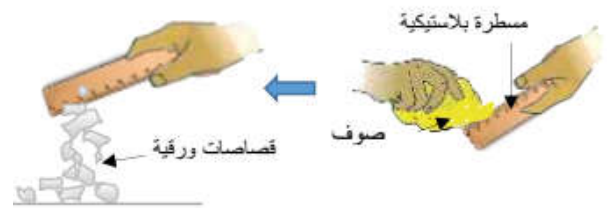
- 1- تظهر شحن موجبة على وجه الكرة المقابل للقضيب وتنفر الشحن السالبة للوجه الآخر للكرة.
- 2- تنجذب الكرة إلى القضيب ثم تنفر لأنها انتقلت إليها شحن (e-) سالبة من القضيب إلى الكرة فأصبحت مشحونة سلبا (تكهريت باللمس) (تحمل نفس شحنة القضيب لهذا تنفر).



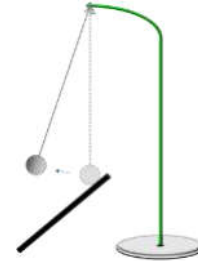
- 1- تظهر شحن سالبة على وجه الكرة المقابل للقضيب الزجاجي (تنجذب الشحن السالبة (e-) باتجاه الشحن (+) للقضيب) ، فتظهر الشحن (+) على الوجه الآخر للكرة.
- 2- تنجذب الكرة إلى الكرة فتنتقل إليه بعض الشحن السالبة (الالكترونات) من الكرة إلى القضيب فتصبح الكرة تحمل شحنة موجبة فتتنفر عن القضيب .

## طرق التكهرب :

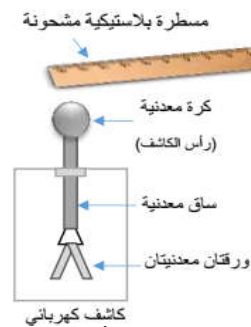
1. **التكهرب بالدلك :** ندلك قضيب بلاستيكي بقطعة صوف فنلاحظ أنه يجذب القصاصات الورقية الصغيرة ، فنقول أنه تكهرب بالدلك (أصبح يحمل شحنة كهربائية) .



2. **التكهرب باللمس :** ملامسة جسم مكهرب ( مشحون ) بجسم متعادل كهربائيا يصبح هذا الأخير مكهرب أيضا ويحمل نفس نوع الشحنة مع الجسم المكهرب الملامس له.



3. **التكهرب بالتأثير :** يمكن لجسم أن يتكهرب بالتأثير (عن بعد) من جسم آخر مشحون . مثال :



- الورقتان تكهربتا عن طريق التأثير فتصبحتا تحملان شحنة كهربائية سالبة وبالتالي تنافران .

## أنواع الشحن الكهربائية :

- 1- **شحنة كهربائية موجبة (+) :** تظهر على الزجاج عند دلكه بقطعة صوف .
- 2- **شحنة كهربائية سالبة (-) :** تظهر على الإيونيوت أو البلاستيك عند دلكه بالصوف .

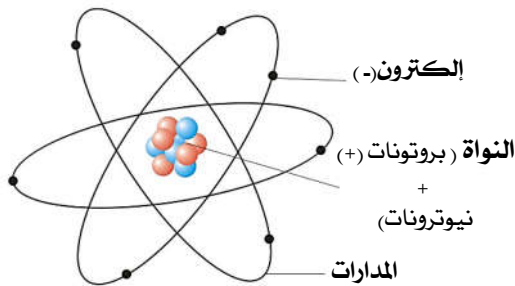
- تنتقل الشحنات السالبة من الكرية (الإلكترونات) من الكرية إلى AB ثم تنتقل الإلكترونات من AB إلى القضيب المشحون إيجابا فيصبح AB مشحون إيجابا فتنفر الكرية لأنها كذلك مشحونة إيجابا .

### النموذج المبسط للذرة:

- تتكون الذرة من نواة مركزية شحنتها **موجبة** تدور حولها إلكترونات شحنتها **سالبة** .

**1. النواة:**  
- البروتونات : تحمل شحنات موجبة ، تقدر شحنة كل بروتون بـ :  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$   
- النيوترونات : متعادلة كهربائيا (معدومة الشحنة)

**2. الإلكترونات:** هي دقائق صغيرة جدا تدور حول النواة في مدارات كروية وشحنتها سالبة ، تقدر شحنة كل إلكترون :  $e^- = - 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$   
النموذج الأقرب للصحة من أجل تمثيل الذرة هو نموذج رذفورد (النموذج الكوكبي)



- وحدة قياس الشحنة الكهربائية هي الكولوم تعتبر أبسط وأصغر شحنة كهربائية يمكن أن تحملها دقيقة .

- الذرة متعادلة كهربائيا أي عدد الشحن السالبة (الإلكترونات) = عدد الشحن الموجبة (البروتونات) .

- الشحنة الإجمالية السالبة للذرة :  $q_- = n \times e^-$

$n$  : عدد الإلكترونات .

$e^-$  : الشحنة العنصرية للإلكترون :  $e^- = - 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

- الشحنة الإجمالية الموجبة للذرة :  $q_+ = n \times e^+$

$n$  : عدد الإلكترونات .

$e^+$  : الشحنة العنصرية للبروتون :  $e^+ = + 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

- الشحنة الإجمالية للذرة :  $Q = q_- + q_+ = 0 \text{ C}$

### تفسير ظاهرة التكهرب :

- انتقال الإلكترونات أثناء التكهرب :

أثناء التكهرب تنتقل الإلكترونات (-) من جسم لآخر بعد لمسه ، فالجسم الذي **يكتسب** إلكترونات يشحن بشحنة **سالبة** والجسم الذي **يفقد** إلكترونات يشحن بشحنة **موجبة** .

انتقال الإلكترونات من الصوف إلى البلاستيك (الإيبونيت)

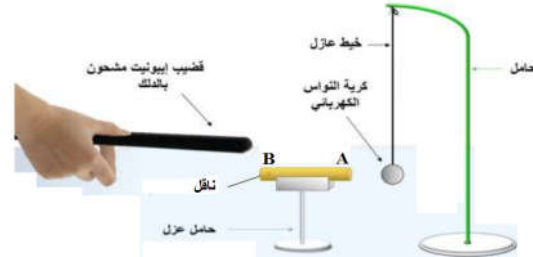


### العوازل والنواقل :

**1. النواقل الكهربائية :** هي المواد التي تسمح بانتقال الشحنات الكهربائية (الإلكترونات) عبرها مثل : المعادن ، الماء ...

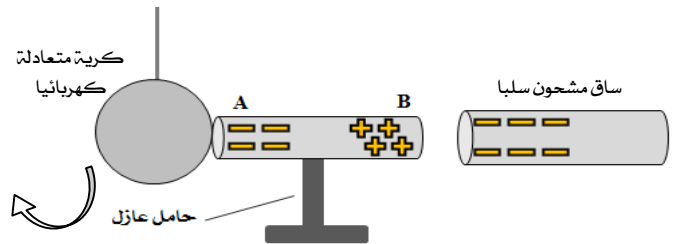
**2. العوازل الكهربائية :** هي المواد التي لا تسمح بانتقال الشحنات الكهربائية (الإلكترونات) عبرها مثل : الخشب البلاستيك ، الزجاج ، الإيبونيت ، الماء المقطر .....

- يعود مرور التيار الكهربائي في النواقل المعدنية إلى الحركة الإجمالية للإلكترونات الحرة .



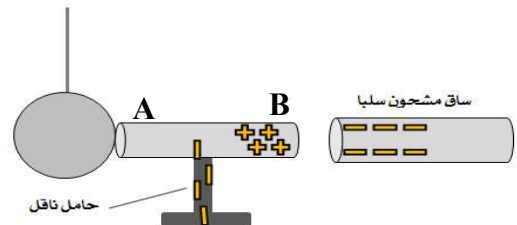
- نلمس القضيب الناقل من النهاية (B) ، فتنتقل إليه إلكترونات زائدة من القضيب إلى الناقل AB فيشحن سلبيًا ثم تنتقل الشحنات السالبة (الإلكترونات) من AB إلى الكرية فتشحن سلبيًا وبالتالي تنفر من AB (لها نفس شحنة شحنة AB).

- إذا كان AB عازل : يشحن AB عند B سلبيًا (أي تنتقل إلكترونات زائدة من القضيب إلى AB لكن هذه الإلكترونات لا تنتقل عبر AB لأنه عازل) وبالتالي لا تنفر هذه الكرية من AB

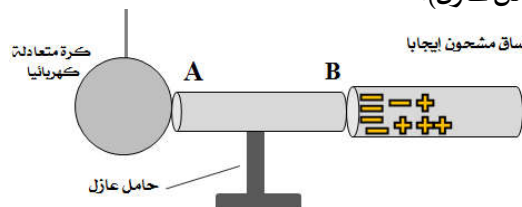


- نقرب الساق المشحون للنهاية B (AB ناقل) تنفر الشحن السالبة ( $e^-$ ) للناقل AB إلى الجهة A وتظهر على B شحن موجبة ، لاحظ الشكل . ثم تنتقل الشحنات السالبة (الإلكترونات) من الطرف A إلى الكرية فتشحن سلبيًا فتتنفر .

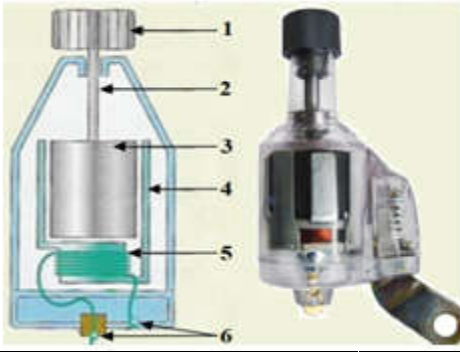
**ملاحظة هامة :** إذا كان الحامل ناقل تتفرغ الشحنات السالبة (الإلكترونات) في الأرض وبالتالي لا تنفر الكرية .



- نلمس قضيب زجاجي مشحون إيجابا للنهاية B (في حالة AB ناقل والحامل عازل) .



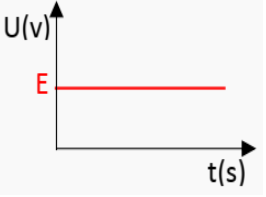
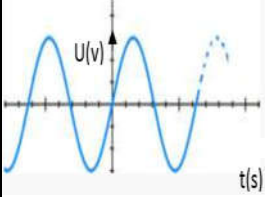
## ❖ مكونات الدينامو (المنوبة):



| الرقم | اسم العنصر  | وظيفته                                   |
|-------|-------------|------------------------------------------|
| 1     | عجلة مسننة  | تدوير المحور                             |
| 2     | محور        | تدوير المغناطيس                          |
| 3     | مغناطيس     | عنصر محرض (يولد حقل مغناطيسي)            |
| 4     | نواة حديدية | تتمغنط ويؤدي ذلك لزيادة الحقل المغناطيسي |
| 5     | وشیعة       | عنصر متعرض (ينتج تيار كهربائي متناوب)    |
| 6     | مربطان      | ناقلان للتيار الكهربائي للمصباح          |

## ❖ للكشف عن طبيعة التيار الكهربائي نستعمل جهاز راسم الاهتزاز المهبطي:

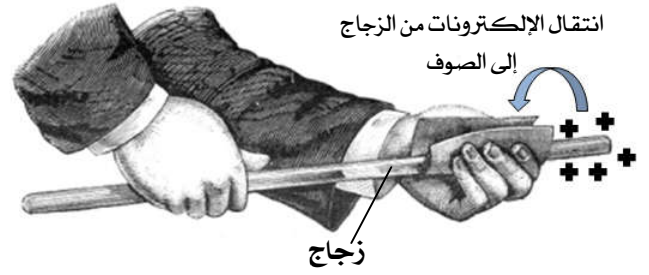
✓ خصائص التوتر الكهربائي (معاينة التوتر المستمر والمتناوب):

| الرمز                                            | التوتر الكهربائي المستمر                                                            | التوتر الكهربائي المتناوب                                                          |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| الجهة                                            | وحدة (من + إلى -)                                                                   | جهتان متعاكستان                                                                    |
| الشدة                                            | قيمة ثابتة                                                                          | قيمة متغيرة بين 0 وقيمتين حديتين متعاكستين                                         |
| الرسم الذي نلاحظه على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي |  |  |

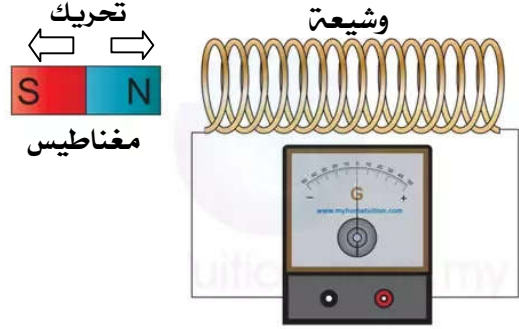
**ملاحظة:** التيار الكهربائي الناتج عن البطارية **مستمر**، أما التيار المستعمل في المنزل فهو تيار كهربائي **متناوب**.

### • التمييز بين التيار الكهربائي المستمر والمتناوب:

- **التيار الكهربائي المستمر (DC):** يمر في الدارة الكهربائية في **جهة واحدة** (من + إلى -) وتكون **شدته ثابتة**.
- **التيار الكهربائي المتناوب (AC):** يمر في الدارة الكهربائية في **جهتين** متعاكستين وشدته **متغيرة**.



## التحريض الكهرومغناطيسي:



غلفانو متر G

- نوصل وشیعة بجهاز غلفانو متر (G) أو ميلي أمبير (mA) (دائرة مغلقة)، ثم نحرك المغناطيس ذهابا وإيابا أمام أحد وجهي الوشیعة.
- نلاحظ انحراف مؤشر الغلفانو متر يميننا ويسارا دلالة على مرور تيار كهربائي في الوشیعة.
- الظاهرة التي أدت إلى توليد التيار الكهربائي هي: **ظاهرة التحريض الكهرومغناطيسي**، والتيار الناتج يدعى: **تيار متعرض أو متناوب**.
- يدعى المغناطيس: **عنصر محرض**.
- تدعى الوشیعة: **عنصر متعرض**.
- **العناصر المسؤولة عن توليد هذا التيار:** الوشیعة + المغناطيس + التحريك.
- شدة هذا التيار تزداد بزيادة: شدة الحقل المغناطيسي أو سرعة الحركة أو عدد لفات الوشیعة وكذلك إذا زودت الوشیعة بنواة حديدية.

## دينامو الدراجة (منوبة الدراجة):

- ينتج تيار كهربائي متناوب اعتمادا على ظاهرة التحريض الكهرومغناطيسي.
- **وظيفته:** إنتاج تيار كهربائي متناوب.
- **مبدأ عمله:** تحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية.
- **طريقة عمله:** عندما تتحرك الدراجة، يحتك دولاب الدينامو مع العجلة ويدور المغناطيس أمام الوشیعة فينتج التيار الكهربائي وبالتالي يتوهج المصباح، كلما زادت سرعة الدراجة زادت إضاءة المصباح يعني أنه زاد التوتر الكهربائي المار بين طرفي المنوبة والمصباح.
- المحرك الكهربائي له نفس مكونات الدينامو لكنه يعمل

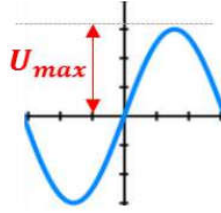
## خصائص التيار الكهربائي المتناوب :

1- **التوتر الأعظمي**  $U_{max}$ : يمثل أقصى قيمة يبلغها المنحنى

وحده الفولط (V) ، يمكن استنتاجه بالعلاقة :

**التوتر الأعظمي** = عدد التدريجات العمودية  $(n)$  × الحساسية العمودية  $(S_v)$

$$U_{max} = n \times S_v$$



2- **التوتر المنتج (الفعال)**  $U_{eff}$ : هي قيمة التوتر الذي يشترى إليها

الفولط متر عند قياس توتر متناوب، وحده الفولط (V) ويستنتج بالعلاقة :

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

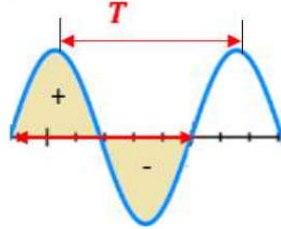
$$U_{max} = U_{eff} \times \sqrt{2}$$

3- **الدور T**: هو زمن دورة واحدة (نوبتين متتاليتين موجبة وسالبة) ،

وحده الثانية (s) ويستنتج بالعلاقة التالية :

**الدور T** = عدد التدريجات الأفقية  $(n)$  × الحساسية الأفقية  $(S_h)$

$$T = n \times S_h$$



**ملاحظة هامة**: إذا وجدت قيمة الدور بوحدة ms (ميلي ثانية)

فحولها إلى s (الثانية) . 1000 ms → 1s

4- **التردد (التواتر) f**: هو عدد الأدوار خلال ثانية واحدة ، وحده

الهرتز (Hz) ويستنتج بالعلاقة :

$$f = \frac{1}{T}$$

## • الشدة المنتجة للتيار المتناوب $I_{eff}$ :

قيمة **الشدة المنتجة للتيار المتناوب** ( $I_{eff}$ ) التي تمر في مصباح

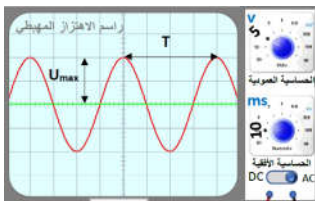
تساوي قيمة شدة التيار المستمر الذي يعطي للمصباح نفس شدة

التوهج ، تقاس بجهاز الأمبير متر وحدتها الأمبير (A) ، يمكن

حسابها بالعلاقة التالية :

$$I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

**مثال :**



4- **حساب التردد (التواتر) f**:

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = 1/0.04 = 25 \text{ Hz}$$

1- **حساب التوتر الأعظمي**  $U_{max}$ :

$$U_{max} = n \times S_v$$

$$U_{max} = 2 \times 5v = 10v$$

2- **حساب التوتر المنتج (الفعال)  $U_{eff}$** :

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

$$U_{eff} = \frac{10v}{\sqrt{2}} = 7.07v$$

3- **حساب الدور T**:

$$T = n \times S_h$$

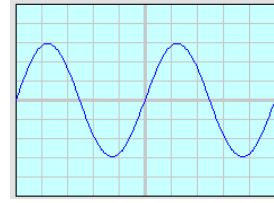
$$T = 4 \times 0.01 s = 0.04 s$$

## • معاينة التوتر الكهربائي المتناوب براسم الاهتزاز

**المهبطي (Oscilloscope) :**

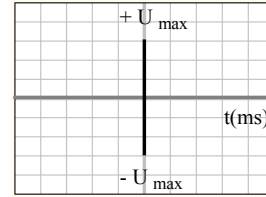
أ- **في حالة استخدام المسح الزمني :**

يظهر على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي منحنى متموج .



ب- **في حالة عدم استخدام المسح الزمني :**

تظهر بقعة ضوئية تصعد وتنزل بنفس عدد التدريجات ونظرا لسرعتها تظهر على الشاشة وكأنها خط عمودي .



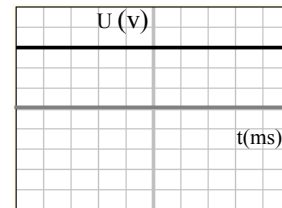
## • معاينة التوتر الكهربائي المستمر براسم الاهتزاز

**المهبطي (Oscilloscope) :**

له جهة ثابتة من + إلى - وقيمة ثابتة .

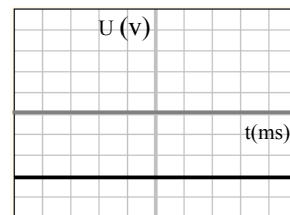
أ- **في حالة استخدام المسح الزمني :**

يظهر خط مستقيم أفقي يوازي محور الفواصل .



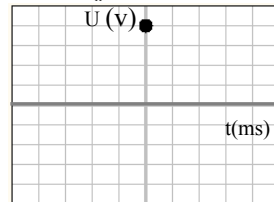
إذا قمنا بعكس البطارية أو مولد التيار المستمر يظهر خط

في الأسفل ( ينزل بنفس عدد التدريجات) فنقول أنه لدينا حالة استقطاب .



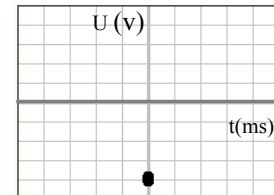
ب- **في حالة عدم استخدام المسح الزمني :**

تظهر على الشاشة بقعة ضوئية في الأعلى .



وإذا كانت حالة استقطاب ( عكس قطبي المولد) تظهر النقطة

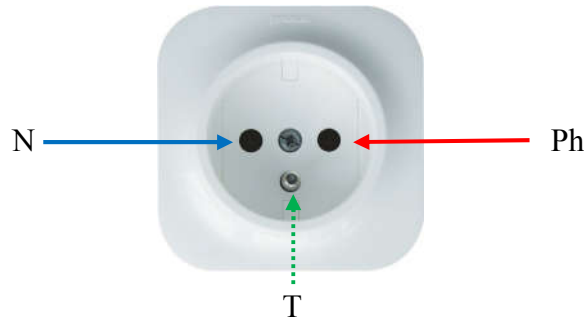
في الأسفل بنفس عدد التدريجات .



## الأمين الكهربائي :

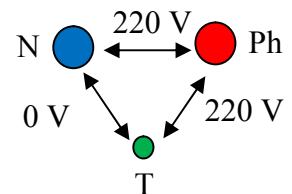
### 1- مأخذ التوتر الكهربائي في القطاع :

يتكون المأخذ من ثلاثة مرابط مختلفة الأول موصول بسلك الطور (ph) والثاني موصول بسلك الحيادي (N) أما الثالث فهو موصول بسلك الأرضي (T). (Terre).



### • التمييز بين المرباط الثلاثة :

#### 2. باستعمال متعدد القياسات (الفولط متر) :



#### 3. باستعمال ألوان العوازل : التي تغلف بها الأسلاك الكهربائية في المأخذ :

- اللون الأحمر يمثل سلك الطور
- اللون الأزرق يمثل سلك الحيادي
- اللون الأخضر والأصفر يمثل سلك الأرضي

1. باستعمال مفك البراغي الكاشف : ندخل الجهة المعدنية للمفك داخل طرفي المأخذ مع لمس الزر المعدني بالإبهام ، الطرف الذي يتوهج فيه المصباح يمثل الطور والطرف الذي لا يتوهج فيه المصباح يمثل الحيادي والأرضي .



## أهم عناصر الحماية من أخطار التيار الكهربائي في الشبكات الكهربائية المنزلية ودورها

| العنصر       | القاطع                                                          | المأخذ الأرضي                                                                                                   | المنصهرة (الفاصمة)                                                                                                                                                                                                                                    | القاطع التفاضلي                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| رمزه النظامي |                                                                 |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| مكان تركيبه  | سلك الطور                                                       | يوصل بالأرض لربط الهيكل المعدني به                                                                              | مع سلك الطور على التسلسل مع الاجهزة                                                                                                                                                                                                                   | بعد العداد مباشرة مباشرة حيث يوصل بالحيادي والطور                                                                                                                                                                                                                                                              |
| دوره         | حماية الأشخاص من خطر الإصابة بصعقة كهربائية عند استبدال مصباح . | حماية الأشخاص من خطر الإصابة بصعقة كهربائية في حالة تسرب تيار كهربائي من سلك الطور إلى الهيكل المعدني للأجهزة . | حماية الأجهزة الكهربائية من التلف بسبب شدة التيار الكهربائي الزائدة<br>نتيجة :<br>• الدارة المستقصرة .<br>• الارتفاع المفاجئ لشدة التيار الكهربائي .<br>• الحمل الزائدة على المأخذ إذا شغلنا فيه عدة أجهزة حيث تزداد شدة التيار التي يتحملها المأخذ . | حماية الأشخاص من خطر الإصابة بصعقة كهربائية في حالة تسرب تيار كهربائي من سلك الطور إلى الهيكل المعدني .<br>• حماية للأجهزة الكهربائية وكامل الشبكة من التلف بسبب شدة التيار الكهربائي ، نتيجة :<br>• الدارة المستقصرة .<br>• الارتفاع المفاجئ لشدة التيار الكهربائي .<br>• الحمل الزائدة على القاطع التفاضلي . |

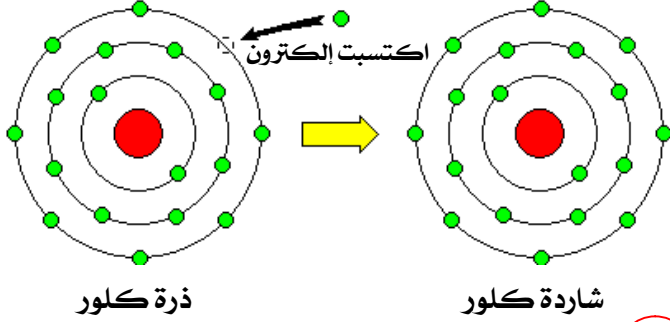
## أشهر مشاكل الأمن الكهربائي وحلولها المقترحة :

| المشكلة                                                                                              | سببها                                                                                                                                                                                         | حلها                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 01 الشعور بصدمة كهربائية عند استبدال مصباح والقاطعة مفتوحة                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>القاطعة مركبة على سلك الحيادي مما يجعل المصباح والقاطعة مفتوحة</li> </ul>                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>تركيب القاطعة في سلك الطور بدل الحيادي بعد قطع التيار الكهربائي عن كامل الشبكة عن طريق القاطع التفاضلي .</li> </ul>                                                |
| 02 الشعور بصدمة كهربائية عند ملامسة الهيكل المعدني للأجهزة                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>سلك الطور يلامس الهيكل المعدني للأجهزة .</li> <li>عدم ربط الآلة ذات الهيكل المعدني بالمأخذ الأرضي ( عدم ربط الهيكل المعدني بالمأخذ الأرضي .</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>تفقد سلك الطور وعزله عن الهيكل المعدني .</li> <li>تغليفه إذا كان السبب متعلق بالمادة العازلة .</li> <li>توصيل الآلة ذات الهيكل المعدني بالمأخذ الأرضي .</li> </ul> |
| 03 انقطاع التيار الكهربائي عن كامل الشبكة الكهربائية المنزلية عند تشغيل عدة أجهزة                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>الحمولة الزائدة أي تجاوز شدة التيار الكلي الذي يمر في الأجهزة للقيمة التي يسمح بمرورها القاطع التفاضلي .</li> </ul>                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>استبدال القاطع بأخر يسمح بمرور شدة تيار أكبر .</li> <li>ضبط زر القاطع على قيمة شدة تيار أكبر .</li> <li>التقليل من استخدام الأجهزة الكهربائية .</li> </ul>         |
| 04 انقطاع التيار الكهربائي عند توصيل عدة أجهزة كهربائية وبعد إصلاح هذا الخلل لوحظ أن الجهاز قد تعطل. | <ul style="list-style-type: none"> <li>عدم استعمال المنصهرة .</li> <li>المنصهرة موجودة لكن سلكها قد انصهر ( تلفت ) .</li> </ul>                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>ضرورة استعمال المنصهرة .</li> <li>تفقد المنصهرة واستبدالها .</li> </ul>                                                                                            |
| 05 انقطاع التيار الكهربائي فجأة عن كامل الشبكة الكهربائية المنزلية                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>حدوث دار مستقصرة .</li> </ul>                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>عزل سلك الطور عن الحيادي .</li> </ul>                                                                                                                              |
| 06 عند توصيل جهاز يستهلك شدة تيار 5A بمأخذ محمي بمنصهرة دالاتها 2A ، لا يشتغل الجهاز رغم أنه سليم    | <ul style="list-style-type: none"> <li>شدة التيار التي يشتغل بها الجهاز أكبر من شدة التيار التي تتحملها المنصهرة مما أدى إلى تلفها .</li> </ul>                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>استبدال المنصهرة بأخرى تتحمل شدة تيار أكبر أو تساوي 5A .</li> </ul>                                                                                                |

## الميدان الثاني: المادة وتحولاتها

**2- الشاردة السالبة:** هي ذرة اكتسبت إلكترون أو أكثر.

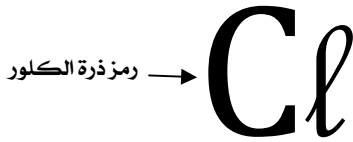
**مثل:** شاردة الكلور ( $Cl^-$ ) (شاردة سالبة أي ذرة اكتسبت إلكترون واحد ( $1e^-$ ) وفق المعادلة التالية:  $Cl + 1e^- \longrightarrow Cl^-$ )



$$(+17) + (-17) = 0$$

$$(+17) + (-18) = -1$$

عدد الإلكترونات المكتسبة



**الشاردة المركبة:** هي شاردة مكونة من مجموعة من الذرات.

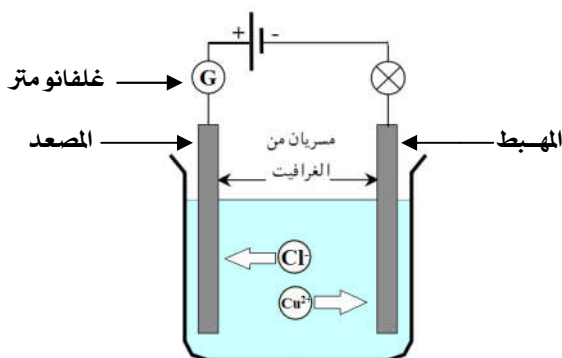
**مثال:** شاردة الكبريتات.



**1. التحليل الكهربائي البسيط:**

- لا يتآكل المسريان.
- لا يتفاعل المذيب.
- تتجه الشوارد (+) نحو المهبط (-) والشوارد (-) نحو المصعد (+).

**مثال:** مسحوق كلور النحاس  $CuCl_2(s)$  نضيف له ماء مقطر ليصبح محلول  $Cu^{2+} + 2Cl^-$  ثم نضعه في وعاء التحليل الكهربائي:



**المحلول الشاردي والمحلول الجزيئي:**

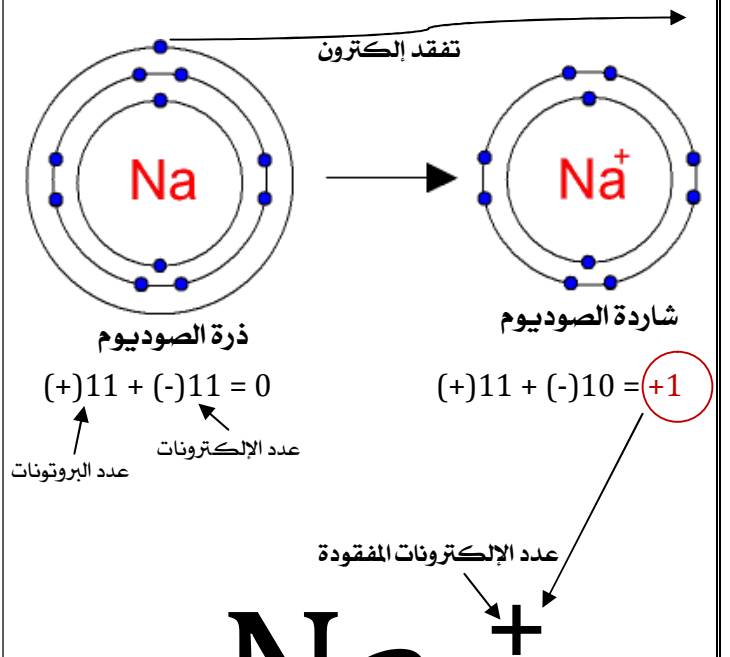
- المحلول الجزيئي:** متعادل كهربائياً أي شحنته الإجمالية تساوي صفر (0).
- المحلول الشاردي:** متعادل كهربائياً لأن مجموع الشحن الموجبة في يساوي مجموع الشحن السالبة وبالتالي شحنته الإجمالية تساوي صفر (0).
- المحلول الجزيئي (محلول سكري) والأجسام الصلبة الجزيئية (سكر):** لا تنقل التيار الكهربائي، وهو يحتوي على جزيئات.
- المحلول الشاردي:** ينقل التيار الكهربائي لأنه يحتوي على حاملات الشحن (الشوارد) وتكون حرة الحركة فهي المسؤولة عن نقل التيار الكهربائي. **مثل:** محلول كلور الصوديوم.
- بينما **الأجسام الصلبة الشارديّة** لا تنقل التيار الكهربائي (لأن الشوارد ليست حرة الحركة).

**الذرة والشاردة:**

- الذرة:** متعادلة كهربائياً (عدد الإلكترونات = عدد البروتونات)
- الشاردة:** غير متعادلة كهربائياً (مشحونة) وهي ذرة فقدت أو اكتسبت إلكترونات أو أكثر، وهي نوعان شاردة بسيطة وشاردة مركبة.

**1- الشاردة الموجبة:** هي ذرة فقدت إلكترون أو أكثر. **مثل:**

شاردة الصوديوم ( $Na^+$ ) (شاردة موجبة أي ذرة فقدت إلكترون واحد ( $1e^-$ ) وفق المعادلة التالية:  $Na \longrightarrow Na^+ + 1e^-$ )



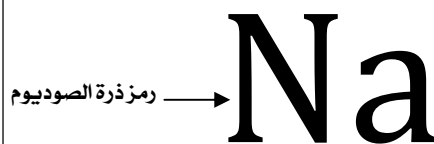
$$(+11) + (-11) = 0$$

$$(+11) + (-10) = +1$$

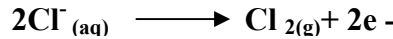
عدد البروتونات

عدد الإلكترونات

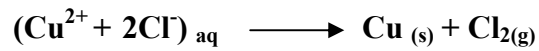
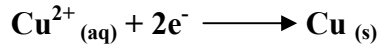
عدد الإلكترونات المفقودة



- **عند المصعد (+):** تتجه شوارد  $Cl^-$  إلى المصعد لتفقد إلكترون ( $1e^-$ ) لتتحول إلى ذرات فتنحدر كل ذرتين مشكلة غاز الكلور  $Cl_2$  ،  
وفق المعادلة التالية :



- **عند المهبط (-):** تتجه شوارد  $Cu^{2+}$  إلى المهبط (-) لتكتسب ( $2e^-$ ) لتتحول إلى ذرات Cu التي تترسب على المهبط ، وفق المعادلة التالية :



- **المعادلة الإجمالية:**

## 2. التحليل الكهربائي غير البسيط :

- تأكل أحد المسريين .

- تفاعل المذيب .

مثال : التحليل الكهربائي للماء ( تفاعل المذيب ) .

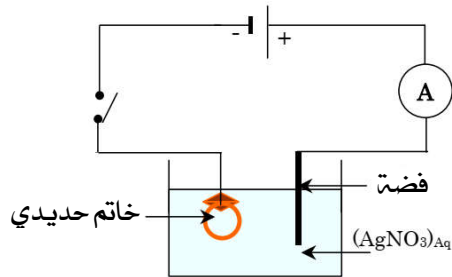
ماء مقطر + هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) .

- **عند المصعد (+):** انطلاق غاز الأكسجين .

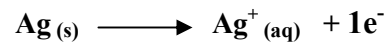
- **عند المهبط (-):** انطلاق غاز الهيدروجين .

( الذي تحلل هو الماء  $H_2O$  وليس NaOH )

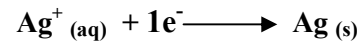
- لطلاء خاتم من حديد بالفضة نستعمل التحليل الكهربائي غير البسيط بحيث يكون الخاتم الحديدي هو المهبط والفضة تكون في المصعد والمحلل الشاردي يحتوي على شوارد  $Ag^+$  ( نستعمل محلول نترات الفضة  $Ag^+ + NO_3^-$  )



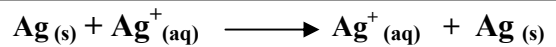
- **عند المصعد (+):** تأكل المصعد .



- **عند المهبط (-):** ترسب معدن الفضة Ag على الخاتم .



**المعادلة الإجمالية:**



## التحليل الكهربائي البسيط

| المحلل الشاردي                            | عند المصعد (+)                        | عند المهبط (-)                    | المعادلة الإجمالية                                             |
|-------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| كلور معدن                                 | غاز الكلور                            | ترسب المعدن                       | غاز الكلور + ترسب المعدن → كلور معدن                           |
| حمض كلور الماء ( $H^+ + Cl^-$ )           | غاز الكلور                            | غاز الهيدروجين                    | غاز الكلور + غاز الهيدروجين → حمض كلور الماء                   |
| مصور كلور الصوديوم ( $Na^+ + Cl^-$ )      | $2Cl^- \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$  | $2Na^+ + 2e^- \rightarrow 2Na$    | $2(Na^+ + Cl^-)_{(aq)} \rightarrow 2Na_{(s)} + Cl_{2(g)}$      |
| حمض كلور الماء ( $H^+ + Cl^-$ )           | $2Cl^- \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$  | $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$     | $2(H^+ + Cl^-)_{(aq)} \rightarrow H_{2(g)} + Cl_{2(g)}$        |
| كلور الزنك ( $Zn^{2+} + 2Cl^-$ )          | $2Cl^- \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$  | $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$   | $(Zn^{2+} + 2Cl^-)_{(aq)} \rightarrow Zn_{(s)} + Cl_{2(g)}$    |
| كلور القصدير ( $Sn^{2+} + 2Cl^-$ )        | $2Cl^- \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$  | $Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn$   | $(Sn^{2+} + 2Cl^-)_{(aq)} \rightarrow Sn_{(s)} + Cl_{2(g)}$    |
| كلور النحاس الثنائي ( $Cu^{2+} + 2Cl^-$ ) | $2Cl^- \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$  | $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$   | $(Cu^{2+} + 2Cl^-)_{(aq)} \rightarrow Cu_{(s)} + Cl_{2(g)}$    |
| كلور المغنيزيوم ( $Mg^{2+} + 2Cl^-$ )     | $2Cl^- \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$  | $Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$   | $(Mg^{2+} + 2Cl^-)_{(aq)} \rightarrow Mg_{(s)} + Cl_{2(g)}$    |
| كلور الحديد الثنائي ( $Fe^{2+} + 2Cl^-$ ) | $2Cl^- \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$  | $Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$   | $(Fe^{2+} + 2Cl^-)_{(aq)} \rightarrow Fe_{(s)} + Cl_{2(g)}$    |
| كلور الحديد الثلاثي ( $Fe^{3+} + 3Cl^-$ ) | $6Cl^- \rightarrow 3Cl_{2(g)} + 6e^-$ | $2Fe^{3+} + 6e^- \rightarrow 2Fe$ | $2(Fe^{3+} + 3Cl^-)_{(aq)} \rightarrow 2Fe_{(s)} + 3Cl_{2(g)}$ |

## الكشف عن بعض الغازات :

| الغاز                            | الكاشف            | النتيجة                       |
|----------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| 01 غاز الهيدروجين $H_2$          | تقريب لهب (النار) | سماع فرقعة                    |
| 02 غاز ثاني أكسيد الكربون $CO_2$ | رائق الكلس        | يعكر رائق الكلس               |
| 03 غاز الكلور $Cl_2$             | أزرق النيلة       | اختفاء اللون الأزرق           |
| 04 غاز الأكسجين $O_2$            | تقريب لهب (النار) | يزداد اللهب (انتعاش الاشتعال) |

## التفاعلات الكيميائية في المحاليل الشاردية :

### 1) تفاعل حمض كلور الماء (HCl) مع معدن :

كلور المعدن + غاز الهيدروجين  $\longrightarrow$  حمض كلور الماء + معدن

| تفاعل حمض كلور الماء (HCl) مع معدن :             | المعادلة الكيميائية بالصيغة الشاردية                                                  | المعادلة الكيميائية بالصيغة الإحصائية (الجزيئية)                 |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| الحديد Fe                                        | $Fe(s) + 2(H^+ + Cl^-)_{(aq)} \longrightarrow H_{2(g)} + (Fe^{2+} + 2Cl^-)_{(aq)}$    | $Fe(s) + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow H_{2(g)} + FeCl_{2(aq)}$    |
| الزنك Zn                                         | $Zn(s) + 2(H^+ + Cl^-)_{(aq)} \longrightarrow H_{2(g)} + (Zn^{2+} + 2Cl^-)_{(aq)}$    | $Zn(s) + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow H_{2(g)} + ZnCl_{2(aq)}$    |
| القصدير Sn                                       | $Sn(s) + 2(H^+ + Cl^-)_{(aq)} \longrightarrow H_{2(g)} + (Sn^{2+} + 2Cl^-)_{(aq)}$    | $Sn(s) + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow H_{2(g)} + SnCl_{2(aq)}$    |
| المغنسيوم Mg                                     | $Mg(s) + 2(H^+ + Cl^-)_{(aq)} \longrightarrow H_{2(g)} + (Mg^{2+} + 2Cl^-)_{(aq)}$    | $Mg(s) + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow H_{2(g)} + MgCl_{2(aq)}$    |
| الألمنيوم Al                                     | $2Al(s) + 6(H^+ + Cl^-)_{(aq)} \longrightarrow 3H_{2(g)} + 2(Al^{3+} + 3Cl^-)_{(aq)}$ | $2Al(s) + 6HCl_{(aq)} \longrightarrow 3H_{2(g)} + 2AlCl_{3(aq)}$ |
| الذهب ، الفضة ،<br>النحاس ، البلاتين ،<br>الزئبق | <b>"لاتفاعل مع حمض كلور الماء HCl"</b>                                                |                                                                  |

### تفاعل حمض الكبريت (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) مع معدن :

كبريتات المعدن + غاز الهيدروجين  $\longrightarrow$  معدن + حمض الكبريت

| تفاعل حمض كلور الماء (HCl) مع معدن : | المعادلة الكيميائية بالصيغة الشاردية                                                             | المعادلة الكيميائية بالصيغة الإحصائية (الجزيئية)                         |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| الحديد Fe                            | $Fe(s) + (2H^+ + SO_4^{2-})_{(aq)} \longrightarrow H_{2(g)} + (Fe^{2+} + SO_4^{2-})_{(aq)}$      | $Fe(s) + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow H_{2(g)} + FeSO_{4(aq)}$          |
| الزنك Zn                             | $Zn(s) + (2H^+ + SO_4^{2-})_{(aq)} \longrightarrow H_{2(g)} + (Zn^{2+} + SO_4^{2-})_{(aq)}$      | $Zn(s) + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow H_{2(g)} + ZnSO_{4(aq)}$          |
| القصدير Sn                           | $Sn(s) + (2H^+ + SO_4^{2-})_{(aq)} \longrightarrow H_{2(g)} + (Sn^{2+} + SO_4^{2-})_{(aq)}$      | $Sn(s) + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow H_{2(g)} + SnSO_{4(aq)}$          |
| المغنسيوم Mg                         | $Mg(s) + (2H^+ + SO_4^{2-})_{(aq)} \longrightarrow H_{2(g)} + (Mg^{2+} + SO_4^{2-})_{(aq)}$      | $Mg(s) + H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow H_{2(g)} + MgSO_{4(aq)}$          |
| الألمنيوم Al                         | $2Al(s) + 3(2H^+ + SO_4^{2-})_{(aq)} \longrightarrow 3H_{2(g)} + (2Al^{3+} + 3SO_4^{2-})_{(aq)}$ | $2Al(s) + 3H_2SO_{4(aq)} \longrightarrow 3H_{2(g)} + Al_2(SO_4)_{3(aq)}$ |

### 2) تفاعل معدن مع شاردة معدن : (كبريتات النحاس مع معدن) :

شاردة معدن 1 + معدن 2  $\longrightarrow$  شاردة معدن 2 + معدن 1

| تفاعل حمض شاردة مع معدن          | المعادلة الكيميائية للأفراد الكيميائية المتفاعلة فقط (المعادلة المختصرة) | المعادلة الكيميائية بالصيغتين الشاردية والإحصائية (الجزيئية)                                                                                                             |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| كبريتات الحديد الثنائي مع النحاس | $Cu(s) + Fe^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Fe(s) + Cu^{2+}_{(aq)}$          | $Cu(s) + (Fe^{2+} + SO_4^{2-})_{(aq)} \longrightarrow Fe(s) + (Cu^{2+} + SO_4^{2-})_{(aq)}$<br>$Cu(s) + FeSO_{4(aq)} \longrightarrow Fe(s) + CuSO_{4(aq)}$               |
| كبريتات النحاس مع الحديد         | $Fe(s) + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Cu(s) + Fe^{2+}_{(aq)}$          | $Fe(s) + (Cu^{2+} + SO_4^{2-})_{(aq)} \longrightarrow Cu(s) + (Fe^{2+} + SO_4^{2-})_{(aq)}$<br>$Fe(s) + CuSO_{4(aq)} \longrightarrow Cu(s) + FeSO_{4(aq)}$               |
| كبريتات النحاس مع الألمنيوم      | $2Al(s) + 3Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow 3Cu(s) + 2Al^{3+}_{(aq)}$      | $2Al(s) + 3(Cu^{2+} + SO_4^{2-})_{(aq)} \longrightarrow 3Cu(s) + (2Al^{3+} + 3SO_4^{2-})_{(aq)}$<br>$2Al(s) + 3CuSO_{4(aq)} \longrightarrow 3Cu(s) + Al_2(SO_4)_{3(aq)}$ |

**ملاحظة 1:** تآكل الجزء المغمور في المحلول الشاردي 2- ترسب معدن على الجزء المغمور 3- اختفاء (تحول) تدريجي للون المحلول الشاردي .

### 3) تفاعل محلول حمضي مع ملح (حمض كلور الماء مع الكلس) :

• تتواجد كربونات الكالسيوم (CaCO<sub>3</sub>) في الطباشير ، الرخام ، الكلس (الجير) .

| تفاعل حمض كلور الماء (HCl) مع الكلس              | كلور الكالسيوم + الماء + ثاني أكسيد الكربون $\longrightarrow$ حمض كلور الماء + كربونات الكالسيوم (الكلس) |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| المعادلة الكيميائية بالصيغة الشاردية             | $CaCO_{3(s)} + 2(H^+ + Cl^-)_{(aq)} \longrightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} + (Ca^{2+} + 2Cl^-)_{(aq)}$   |
| المعادلة الكيميائية بالصيغة الإحصائية (الجزيئية) | $CaCO_{3(s)} + 2HCl_{(aq)} \longrightarrow CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} + CaCl_{2(aq)}$                        |

**ملاحظة 2:** ثاني أكسيد الكربون CO<sub>2</sub> يعكّر رائق (ماء) الكلس "وهي طريقة الكشف عنه".

## الميدان الثالث: الظواهر الميكانيكية

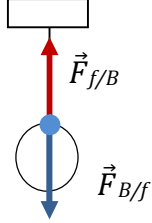
### 3. مبدأ الفعلين المتبادلين :

تتبادل جملتان ميكانيكيتان A و B التأثير بقوتين  $\vec{F}_{A/B}$  و  $\vec{F}_{B/A}$  ، وتكون القوتان متساويتان في الشدة ومتعاكستان في الاتجاه .  

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$$

أمثلة :

كرية معلقة بخيط

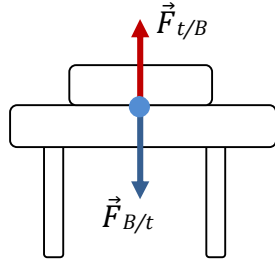


الخيط : f

الكرية : B

الشعاعان لهما نفس المبدأ

كتاب فوق طاولة



الطاولة : t

الكتاب : B

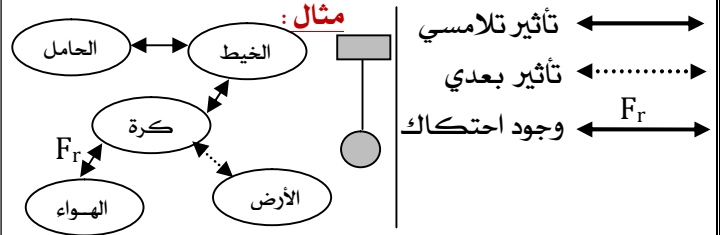
الشعاعان لهما نفس المبدأ

1. مفهوم الجملة الميكانيكية : هي جسم أو جزء من جسم أو مجموعة أجسام نهتم بدراسته ، يمكن أن تكون جسما صلبا أو سائلا أو غازيا .

- الأفعال الميكانيكية نوعان : تلامسي ، بعيد
- للأفعال الميكانيكية تأثيران : موضعي ، موزع على سطح الجملة الميكانيكية

مثال : جر عربية بخيط ، دفع الرياح لشرع القارب

مخطط الأجسام المتأثرة :



### 2. المقاربة الأولية لشعاع القوة :

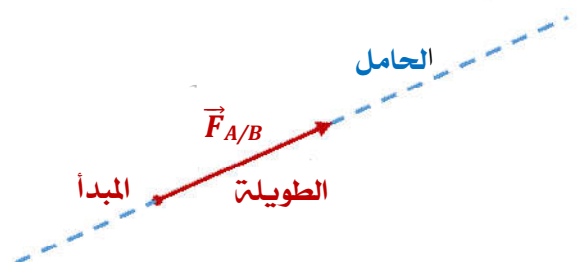
الفعل الميكانيكي ليس له خاصية مميزة للجملة الميكانيكية لأنه يتغير فهو التأثير على جملة ميكانيكية من طرف جمل أخرى .

- إذا أثرت جملة ميكانيكية (A) على جملة ميكانيكية (B) فإننا نمذج هذا الفعل الميكانيكي بقوة نمثلها بشعاع  $\vec{F}_{A/B}$  حيث : A : جملة مؤثرة ، B : جملة متأثرة .

- **القوة :** هي كل فعل ميكانيكي قادر على تغيير الحالة الحركية لجملة ميكانيكية أو تغيير شكلها .
- تقاس القوة بجهاز يدعى **الريبعة (الدينامومتر)** وحدة قياسها النيوتن (N) .

### مميزات (خصائص) شعاع القوة :

- ✓ **المبدأ :** يوافق نقطة التأثير .
- ✓ **المنحى أو الحامل :** هو الخط الواصل بين الجملتين المؤثرة والمتأثرة والحامل لشعاع القوة .
- ✓ **الجهة :** هي جهة الفعل الميكانيكي (توافق جهة القوة) .
- ✓ **الطويلة (الشدة) :** تتناسب مع قيمة القوة ، وتمثل بسلم رسم مناسب .



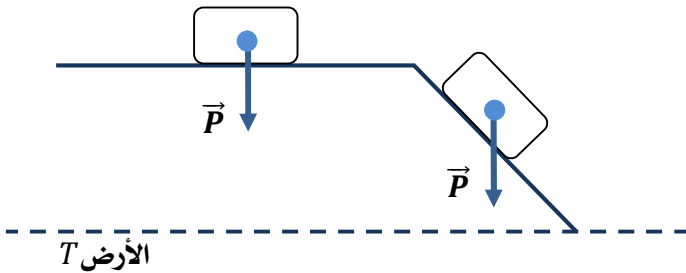
### • فعل الأرض في جملة ميكانيكية (الثقل) :

✓ **الثقل (poid) :** هي قوة جذب الأرض للأجسام وحدته النيوتن (N) يرمز له بـ :  $\vec{P}$  أو  $\vec{F}_{T/S}$  .

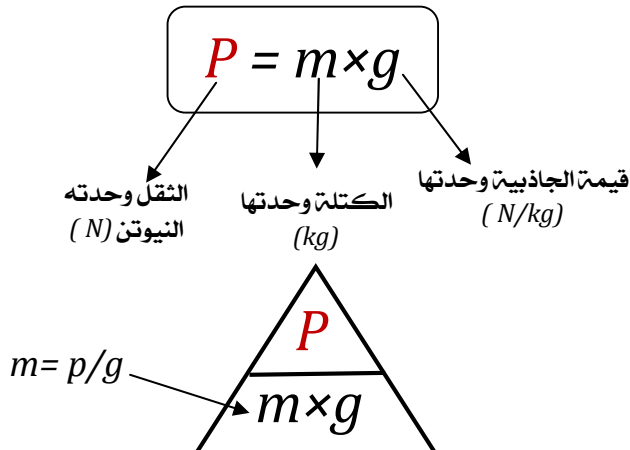
### • مميزات (خصائص) شعاع الثقل :

- ✓ **المبدأ :** مركز ثقل الجسم .
- ✓ **المنحى أو الحامل :** شاقولي .
- ✓ **الجهة :** دائما نحو مركز الأرض .
- ✓ **الطويلة (الشدة) :** تتغير حسب شدة الثقل .

### • تمثيل شعاع الثقل :

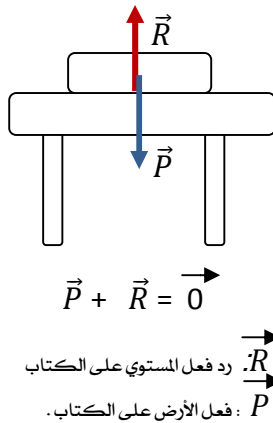
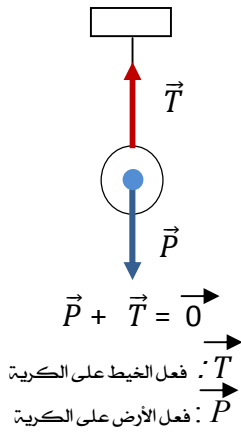


• يقاس الثقل بجهاز الريبعة ويمكن حسابه بالعلاقة التالية :



## 1. توازن جسم صلب خاضع لقوتين :

أمثلة :



يكون الجسم الصلب الخاضع لقوتين في حالة توازن إذا تحقق الشرطان التاليان :

1. للقوتين نفس الحامل (المنحى) .
2.  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$  (القوتان لهما نفس الشدة ومتعاكستان في الإتجاه)

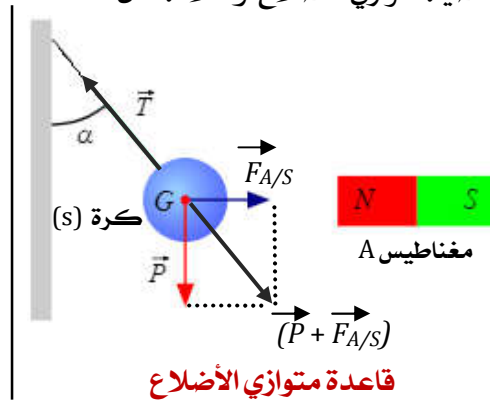
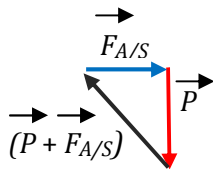
## 2. توازن جسم صلب خاضع لثلاث قوى غير متوازية :

يكون الجسم الصلب الخاضع لثلاث قوى غير متوازية في حالة توازن إذا تحقق الشرطان التاليان :

1. حوامل القوى  $\vec{F}_1$  و  $\vec{F}_2$  و  $\vec{F}_3$  تتقاطع في نقطة واحدة وتقع في مستوى واحد .
2. محصلة القوى الثلاث معدومة :  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$

لبرهنة أن الجسم في حالة توازن يجب أن نبرهن أن المجموع الشعاعي لأشعة القوى معدوم وذلك باستعمال :

1. تركيب قوتين (محصلة) : ونستعين بخاصية متوازي الأضلاع أو علاقة شال .



**مثال :** البرهان الهندسي ( خاصية متوازي الأضلاع ) لكرة حديدية في حالة توازن خاضعة لثلاث قوى غير متوازية .

$\vec{P}$  : فعل الأرض على الكرة (الثقل)  
 $\vec{T}$  : فعل الخيط على الكرة (توتر الخيط)  
 $\vec{F}_{A/S}$  : فعل المغناطيس على الكرة .

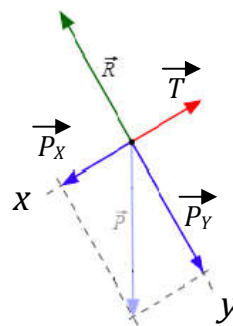
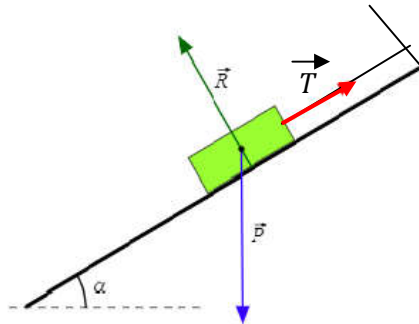
**نلاحظ أن :**

$$\vec{T} = -(\vec{P} + \vec{F}_{A/S})$$

ومنه :

$$\vec{T} + \vec{P} + \vec{F}_{A/S} = \vec{0}$$

2. تحليل قوة إلى مركبتين :



**الملاحظة :**

- القوتان على المحور (x) محصلتهما معدومة :  $\vec{P}_x + \vec{T} = \vec{0}$
- القوتان على المحور (y) محصلتهما معدومة :  $\vec{P}_y + \vec{R} = \vec{0}$

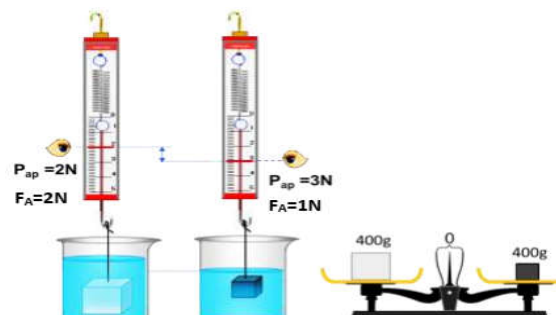
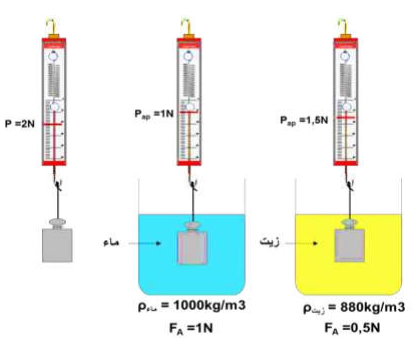
### 3- دافعة أرخميدس :

- **دافعة أرخميدس** : هي قوة تلامسية موزعة تدفع بها السوائل الأجسام المغمورة فيها، غمرا كليا أو جزئيا، نرملها بـ :  $\vec{F}_A$  ، وحدة قياسها النيوتن ( N ).
- **مميزات (خصائص) دافعة أرخميدس** :

| المبدأ                                                  | الحامل           | الجهة      | الشدة : مساوية لثقل السائل المزاح ، وتحسب بالعلاقة :                                   |
|---------------------------------------------------------|------------------|------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| توافق المركز الهندسي للجزء المغمور من الجسم في السائل . | شاقولي ( عمودي ) | نحو الأعلى | $F_A = P - P_{ap}$<br>$F_A = P_l = M_l \times g$<br>$F_A = \rho_l \times V_l \times g$ |

| المقدار | دافعة أرخميدس | الثقل الحقيقي | الثقل الظاهري | كتلة الجسم | كتلة السائل المزاح | الجاذبية | حجم الجسم المغمور ( حجم السائل المزاح ) | الكتلة الحجمية ( rho ) |
|---------|---------------|---------------|---------------|------------|--------------------|----------|-----------------------------------------|------------------------|
| الرمز   | $F_A$         | $p$           | $P_{ap}$      | $m$        | $m_l$              | $g$      | $V_l$                                   | $\rho$                 |
| الجهاز  |               | الريبيعة      | الريبيعة      | الميزان    | الميزان            |          | إناء مدرج                               |                        |
| الوحدة  | N             | N             | N             | Kg         | Kg                 | N/Kg     | $m^3$                                   | $Kg/m^3$               |

- **العوامل المؤثرة في شدة دافعة أرخميدس** : هناك عاملين فقط هما :

|                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1- تأثير حجم الجسم :</b><br>كلما زاد حجم الجسم المغمور في السائل زادت شدة دافعة أرخميدس .<br> | <b>2- تأثير الكتلة الحجمية للسائل ( أو الكثافة )</b><br>كلما زادت الكتلة الحجمية ( أو الكثافة ) للسائل زادت شدة دافعة أرخميدس التي يؤثر بها السائل على الجسم .<br> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### شروط توازن جسم في سائل

| وضعية التوازن            | شروط التوازن                        | القوى     | التفسير                                     |
|--------------------------|-------------------------------------|-----------|---------------------------------------------|
| الجسم يطفو على سطح الماء | $\vec{P} + \vec{F}_A = 0$           | $P = F_A$ | كثافة السائل أكبر من كثافة الجسم $d_l > d$  |
| الجسم عالق في الماء      | $\vec{P} + \vec{F}_A = 0$           | $P = F_A$ | كثافة السائل تساوي من كثافة الجسم $d_l = d$ |
| الجسم يغوص إلى القاع     | $\vec{P} + \vec{F}_A + \vec{R} = 0$ | $P > F_A$ | كثافة السائل أصغر من كثافة الجسم $d_l < d$  |

### تطبيقات دافعة أرخميدس :

|           |                                                                                                                                             |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| السفينينة | تصنع السفينينة من هيكل معدني ذات تجويف فراغي ( تتكون أساسا من هواء مما يجعل كثافتها أقل من كثافة الماء أي : $F_A > P$ )                     |
| تطفو      | الفواصة مصنوعة من هيكل معدني ن تحتوي على تجاويف فارغة على شكل خزانات ( خزانات هوائية ) مما يجعل كثافتها أقل من كثافة الماء ، أي : $F_A > P$ |
| تغوص      | لجعل الفواصة تغوص داخل الماء يتم ملأ بعض خزاناتها بالماء مما يجعل كثافتها أكبر من كثافة الماء وبالتالي تغوص ، أي : $F_A < P$                |