حركة دوران جسم صلب غير قابل للتشويه حول محور ثابت
Mouvement de rotation d'un corps solide indéformable autour d'un axe fixe

I ـ حركة الدوران حول محور ثابت

1 ـ تعريف:

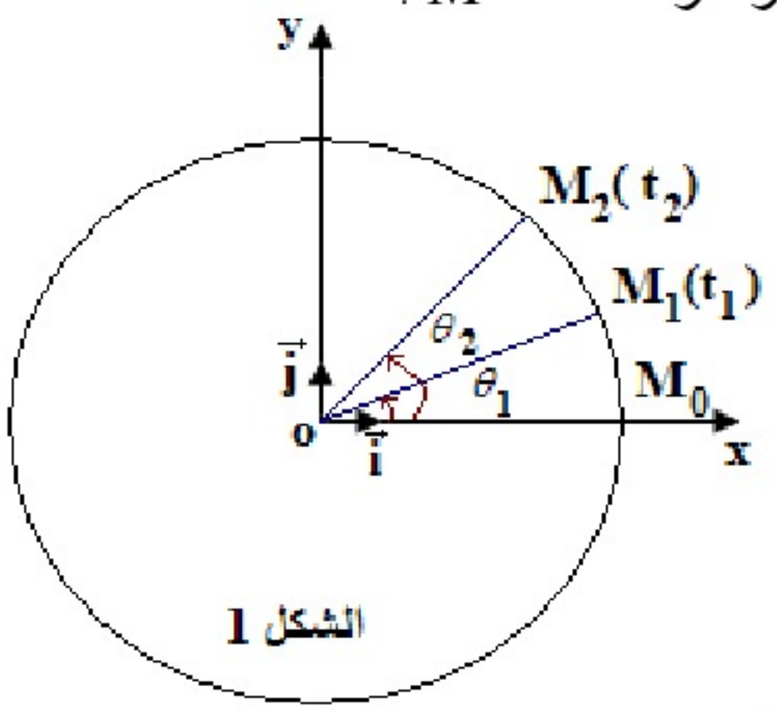
تكون لجسم صلب غير قابل للتشويه حركة دوران حول محور ثابت ، إذا كانت كل نقطة من نقطه في حركة دائرية ممركزة على هذا المحور، باستثناء النقط التي تنتمي إليه.

2 ـ معلمة نقطة من جسم صلب في دوران حول محور ثابت.

أ ـ الأفصول الزاوي: Abscisse angulaire

لمعلمة النقطة M من جسم صلب في حالة دوران حول محور ثابت نختار معلما متعامدا ممنظما $\left(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k}\right)$ ، بحيث ينطبق محور الدوران (Δ) مع المتجهة $\vec{k}$ وينطبق المستوى $(O,\vec{i},\vec{j})$ مع مسار حركة النقطة M .

ويمكن تعيين موضع النقطة M في كل لحظة باستعمال الأفصول الزاوي θ.



الشكل 1

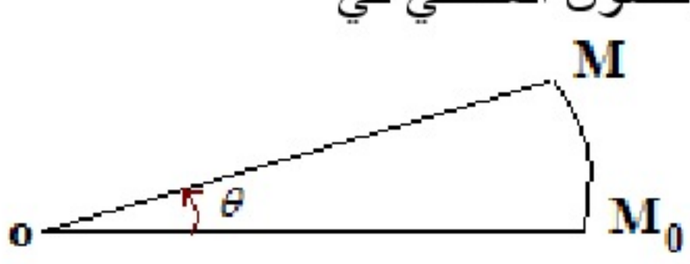
بحيث: $\theta=\left(\widehat{\vec{ox},\vec{oM}}\right)$.

وحدة قياس الأفصول الزاوي في SI الراديان Radian رمزها: rad .

ب ـ الأفصول المنحني: Abscisse curviligne

نسمي الأفصول المنحني للنقطة المتحركة M في لحظة t المقدار الجبري s ،

حيث: $s=\overline{M_0M}$ (M_0 أصل الأفاصيل المنحنية) ، وحدة الأفصول المنحني في SI هي المتر m .



ج ـ العلاقة بين الأفصول الزاوي والأفصول المنحني.

$$m \rightarrow s = R \cdot \theta \quad (m,\ m,\ rad)$$

R : شعاع المسار الدائري للنقطة المتحركة M .

II ـ السرعة الزاوية: Vitesse angulaire

1 ـ السرعة الزاوية المتوسطة (Moyenne)

M_1 موضع النقطة M عند اللحظة t_1 أفصولها الزاوي θ_1 ؛

M_2 موضع النقطة M عند اللحظة t_2 أفصولها الزاوي θ_2 .

خلال المدة $\Delta t = t_2 - t_1$ تعبر النقطة M القوس $\overline{M_0M}$ ويدور الجسم بمتجهة الموضع $\overrightarrow{OM}$ بالزاوية

$$\left(\overrightarrow{OM_1},\overrightarrow{OM_2}\right)=\theta_2-\theta_1$$

السرعة الزاوية المتوسطة ω للنقطة M بين التاريخين t_1 و t_2 هي:

$$\omega=\frac{\theta_2-\theta_1}{t_2-t_1}=\frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad \left(\text{rad/s} \leftarrow \begin{matrix}\text{rad}\\ \text{s}\end{matrix}\right)$$

2 ـ السرعة الزاوية اللحظية (Instantanée)

السرعة الزاوية ω_i عند اللحظة t_i تساوي السرعة الزاوية المتوسطة بين لحظتين جد متقاربتين t_{i-1} و t_{i+1} تؤطران اللحظة t_i :

$$\omega_i=\frac{\theta_{i+1}-\theta_{i-1}}{t_{i+1}-t_{i-1}}$$

3 ـ العلاقة بين السرعة الخطية V والسرعة الزاوية ω.

نشاط تجريبي

الأهداف: ـ تحديد طبيعة الحركة؛

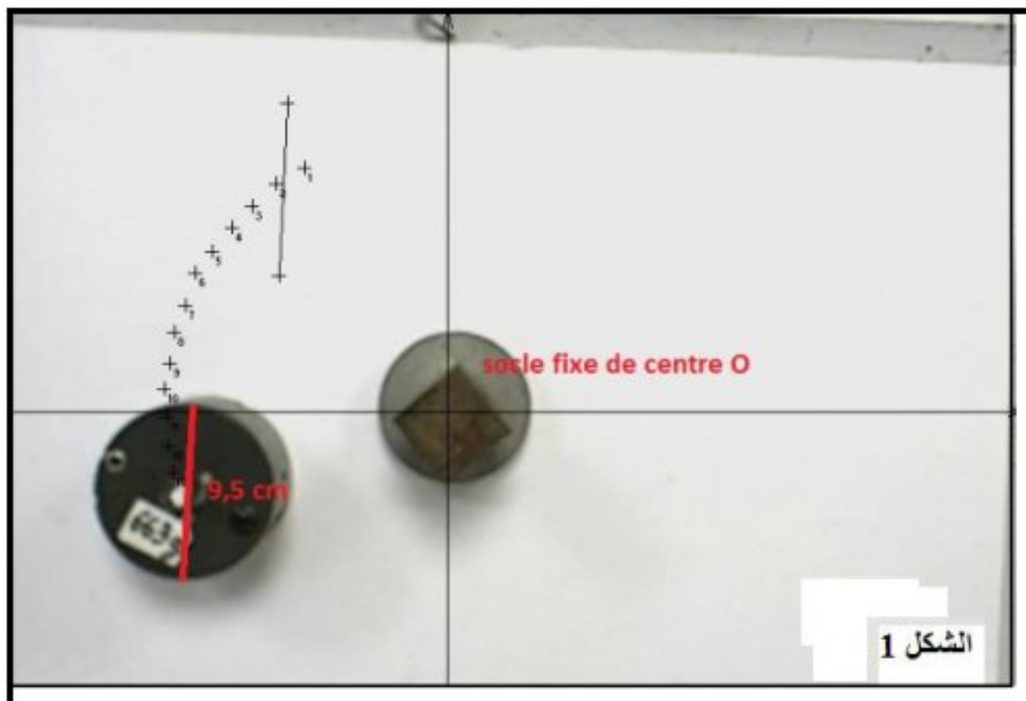
ـ التحقق من العلاقة $V = R \cdot \omega$ ؛

ـ التوصل إلى المعادلة الزمنية.

العدة التجريبية: منضدة هوائية ولوازمها ـ خيط غير مرن.

المناولة:

يمثل الشكل 1 التركيب التجريبي المستعمل، وهو يتكون من حامل ذاتي مزود بمفجر جانبي. المجموعة المكونة للجسم الصلب (حامل ذاتي + مفجر جانبي) يمكنها الدوران حول محور ثابت (Δ) ينتمي للقطعة المعدنية ويمر من مركز تماثلها.



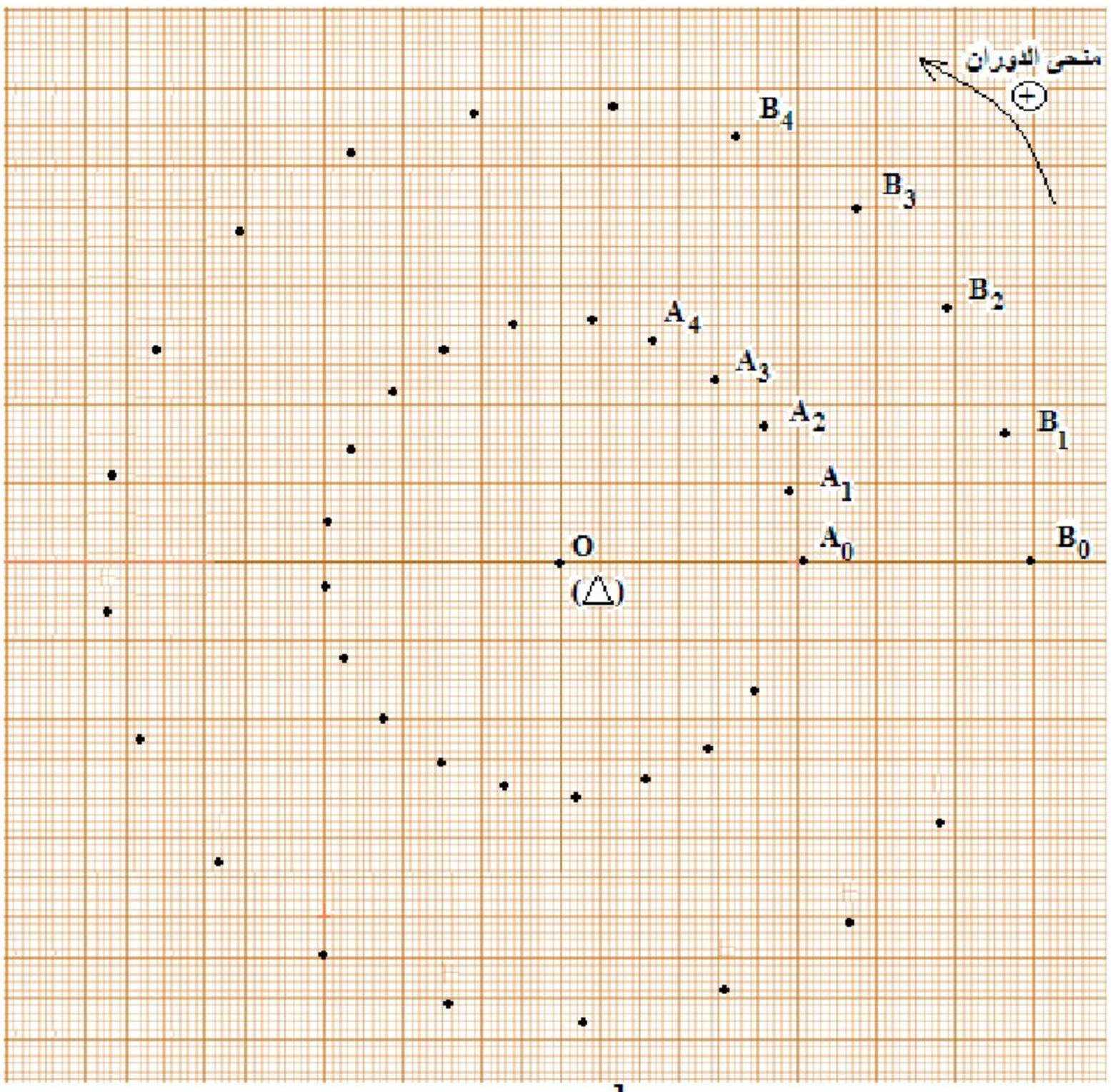
الشكل 1

نضبط أفقية المنضدة الهوائية بالاعتماد على الحامل الذاتي.

نربط الجسم الصلب بواسطة خيط غير مرن.

نعمل على أن يكون المفجران المركزي A والجانبي B ، والنقطة O التي تنتمي للمحور (Δ) ، على استقامة واحدة.

نرسل الجسم الصلب ونسجل حركة النقطتين A و B أثناء مدد زمنية متتالية ومتساوية قيمتها τ الشكل 2 .



شكل 2 التسجيل بالسلم $\frac{1}{2}$ لحركتي النقطتين A و B $\tau = 40ms$

استثمار 1 : السرعة الخطية ـ السرعة الزاوية ـ طبيعة الحركة.

1 ـ بين أن حركة النقط A و B دائرية.

2 ـ قارن المسافات المقطوعة من طرف كل نقطة خلال نفس المدة الزمنية τ. ماذا تستنتج؟

3 ـ احسب قيمة السرعة V_A للنقطة A و قيمة السرعة V_B للنقطة B .

4 ـ مثل بنفس السلم المتجهتين $\vec{V}_A$ و $\vec{V}_B$ وقارنهما من حيث الطول. ماذا تستنتج؟

5 ـ بواسطة منقلة قس الزاوية المكسوحة $\Delta\theta_A$ من طرف النقطة A بين اللحظتين t_{i-1} و t_{i+1} ثم الزاوية $\Delta\theta_B$ المكسوحة من طرف النقطة B خلال نفس المدة الزمنية $\Delta t = t_{i+1} - t_{i-1}$.

6 ـ قارن $\Delta\theta_A$ و $\Delta\theta_B$. ماذا تستنتج؟

7 ـ نعرف السرعة الزاوية لنقطة M في حركة دائرية مركزها O عند اللحظة t_i بالعلاقة: $\omega_i = \frac{\Delta\theta}{t_{i+1} - t_{i-1}}$ حيث $\Delta\theta$ الزاوية بالراديان (rad) المكسوحة من طرف القطعة OM بين اللحظتين t_{i-1} و t_{i+1} وتسمى زاوية دوران الجسم الصلب.
احسب السرعة الزاوية ω_A للنقطة A و السرعة الزاوية ω_B للنقطة B في مواضع مختلفة. ماذا تستنتج؟
8 ـ المجموعة المكونة من الحامل الذاتي والمفجر الجانبي في حركة دوران منتظم حول محور ثابت (Δ) يمر من النقطة O اقترح مما سبق تعريفا لحركة الدوران المنتظم.

استثمار 2 : التحقق من العلاقة $V = R.\omega$

9 ـ عين الشعاع R_A لمسار النقطة A والشعاع R_B لمسار النقطة B .
10 ـ اختر مواضع مختلفة للنقط A و B واحسب لكل موضع المقدار $R\omega_i$ وقارنه مع السرعة اللحظية V_i . ماذا تستنتج؟

استثمار 1

1 ـ بما أن المسار دائري فإن حركة النقط A و B دائريتين.
2 ـ المسافات المقطوعة من طرف كل نقطة خلال نفس المدة الزمنية τ متساوية، نستنتج إذن أن السرعة ثابتة وحركة كل نقطة دورانية منتظمة.
3 ـ حساب السرعة V_A للنقطة A والسرعة V_B للنقطة B :

.....

.....

4 ـ تمثيل $\vec{V}_A$ و $\vec{V}_B$ حسب السلم: .....
نلاحظ أن $\vec{V}_B$ أطول من $\vec{V}_A$، ومنه نستنتج أن للنقطتين A و B سرعتين خطيتين مختلفتين.
5 - $\Delta\theta_A =$
$\Delta\theta_B =$
6 - $\Delta\theta_A = \Delta\theta_B$ ، نستنتج أن لجميع نقط الجسم الصلب نفس الأفصول الزاوي في نفس اللحظة.
7 -.....

.....

نلاحظ أن $\omega_A = \omega_B$ ، إذن للنقطتين A و B نفس السرعة الزاوية.
8 ـ تكون حركة دوران جسم صلب حول محور ثابت **منتظمة** إذا بقيت السرعة الزاوية ω لهذا الجسم ثابتة مع مرور الزمن $\omega = C^{te}$.

استثمار2 :

9 - .....

.....

10 -.....

.....

نلاحظ أن $V_A = R_A.\omega_A$ و $V_B = R_B.\omega_B$.
نستنتج أنه بالنسبة لجميع نقط الحامل الذاتي والمفجر الجانبي تتحقق العلاقة: $V = R.\omega$
أثناء دوران جسم صلب حول محور ثابت، تكون لجميع نقطه في كل لحظة نفس السرعة الزاوية ω بينما تختلف سرعاتها الخطية.

تمرين تطبيقي:

قطر دوار منوب لمحطة نووية 2,2m عند تشغيله ينجز الدوار حركة دوران حول محور ثابت بسرعة زاوية قيمتها 25 دورة في الثانية.
1 ـ عبر عن السرعة الزاوية للدوار بالوحدة $rad.s^{-1}$.
2 ـ احسب قيمة السرعة الخطية لنقطة M توجد على الجانب الخارجي للدوار.

.....

.....

.....

.....

III - حركة الدوران المنتظم.

1 - تعريف:

تكون حركة الدوران لجسم صلب حول محور ثابت منتظمة إذا بقيت السرعة الزاوية ω لهذا الجسم ثابتة مع مرور الزمن $\omega = C^{te}$.

2 - خاصيات الدوران المنتظم:

أ - الدور Période T

الدور T هو المدة الزمنية اللازمة لكي تنجز نقطة من جسم صلب في حركة دوران منتظم دورة كاملة.

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

$$\Delta\theta = \Delta t \times \omega$$

$$\Delta\theta = 2\pi$$

وبالتالي فإن: $T = \frac{2\pi}{\omega}$

وحدة الدور في SI هي الثانية s .

ب - التردد Fréquence f

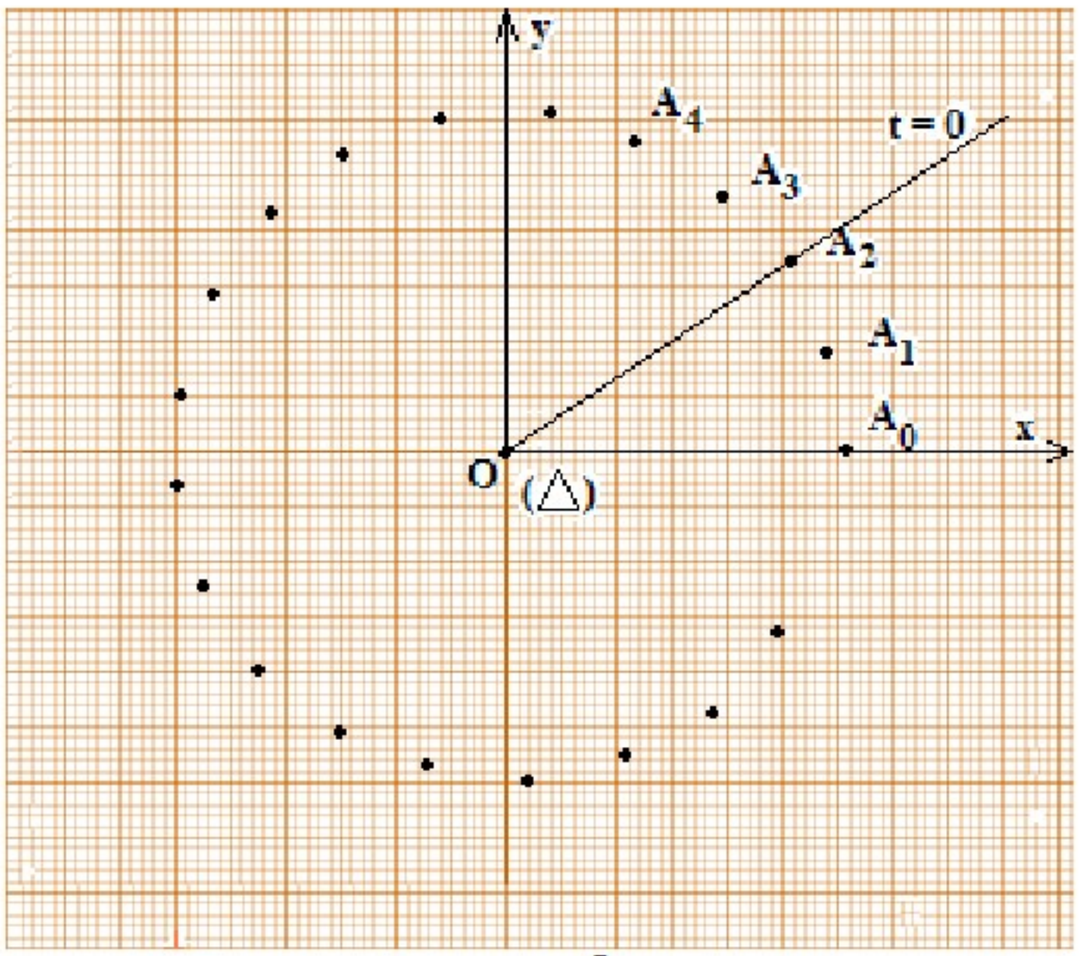
تردد حركة الدوران المنتظم لجسم صلب هو عدد الدورات التي تنجزها نقطة من هذا الجسم في الثانية: $f = \frac{1}{T}$

أو: $f = \frac{\omega}{2\pi}$

وحدة التردد في SI هي الهيرتز Hertz رمزها Hz .

استثمار 3 : المعادلة الزمنية للحركة: $\theta = f(t)$.

نعتبر مسار النقطة A ونختار الاتجاه المرجعي OX الذي يمر من النقطة A_0 .



شكل 3 التسجيل بالسلم $\frac{1}{2}$ لحركة النقطة A $\tau = 40ms$

نحدد كل موضع بالأفصول الزاوي θ_i حيث $\theta_i = \left(\overrightarrow{OX}, \overrightarrow{OA_i}\right)$ ،

نختار اللحظة التي سُجل فيها الموضع A_2 أصلا للتواريخ $(t = 0)$ الشكل 3 .

11 - دون في جدول قيم الزوج (θ, t) التي تحدد مواضع النقطة A .

12 - مثل بسلم مناسب المنحنى الذي يمثل الدالة $\theta = f(t)$.

13 - تمثل معادلة الدالة $\theta(t) = f(t)$ المعادلة الزمنية لحركة النقطة A . أوجد الصيغة الرياضية لهذه المعادلة.

14 - أوجد تعبير هذه المعادلة وأعط المدلول الفيزيائي للمقادير الفيزيائية الواردة فيها.

15 - إذا تم اختيار لحظة تسجيل A_0 أصلا لمعلم الزمن، كيف تصير المعادلة الزمنية لحركة النقطة A ؟

16 - يمكن أن نثبت معادلة زمنية أخرى إذا ما معلمنا النقطة A بقياس طول القوس $S = \overset{\frown}{A_0A_i}$ الذي يمثل الأفصول المنحني للنقطة A_i .

نحتفظ بنفس التسجيل شكل 3 والموضع A_2 أصلا لمعلم الزمن $(t= 0)$ باعتمادك الأسئلة 11 - 12 - 13 - 14 وبتعويض الدالة $\theta = f(t)$ بالدالة $S = f(t)$ أعط تعبير المعادلة الزمنية للحركة في هذه الحالة.

(11

المواضع	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7
الزمن $t\ (10^{-3}s)$								
$\theta(°)$								
$\theta(rad)$								

12) خط المنحنى $\theta = f(t)$ السلم: .....

13) الصيغة الرياضية: $\theta = at + b$

14) a : المعامل الموجه : $a = \dfrac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \dfrac{\Delta\theta}{\Delta t}$

a لها أبعاد السرعة الزاوية إذن $a = \omega$.

وبالتالي نكتب: $\theta = \omega t + b$

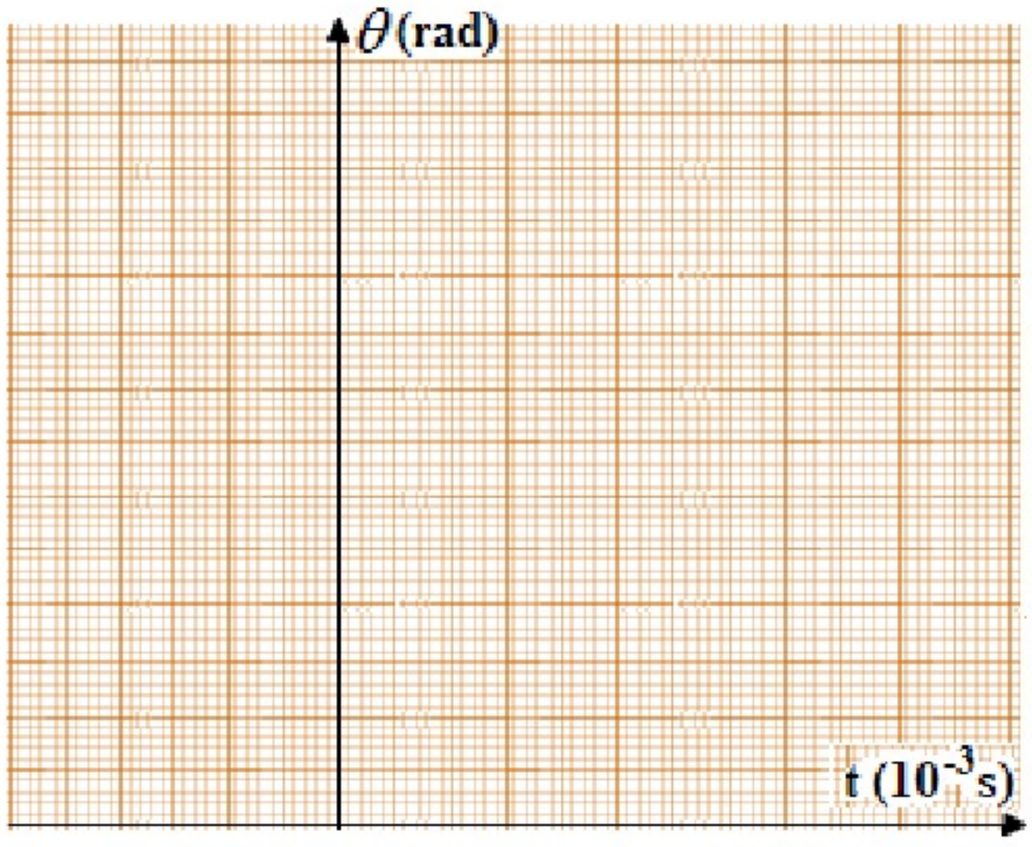
نحسب b :

عند $t = 0$: $\theta(t = 0) = \theta_0 = \omega \times 0 + b$

إذن: $b = \theta_0$

θ_0: الأفصول الزاوي للنقطة المتحركة A عند $t = 0$.

$$\theta(t) = \omega t + \theta_0$$



ت ع:

$\omega =$

$\theta_0 =$

المعادلة الزمنية للحركة: $\theta(t) = ...t + ...$

15) إذا تم اختيار لحظة تسجيل A_0 أصلا لمعلم الزمن: $\theta(t) = \omega t$ أي: $\theta(t) = ...t$

16) $S = \overset{\frown}{A_0 A_i}$

$s = R.\theta$

$\theta(t) = \omega t + \theta_0$

$s = R(\omega t + \theta_0)$

$s = R\omega t + R\theta_0$

وبالتالي: $s(t) = Vt + s_0$

s_0 : الأفصول المنحني عند $t = 0$

V : السرعة الخطية للنقطة المتحركة.

ت ع :

$V =$

$s_0 =$

$s(t) =$

تعميم:

المعادلة الزمنية هي العلاقة التي تربط الأفصول الزاوي θ أو الأفصول المنحني s للنقطة المتحركة في معلم الفضاء و t لحظة ملاحظتها في معلم الزمن، أي الدالة $\theta = f(t)$ أو $s = g(t)$.

نعبر عن حركة نقطة متحركة لجسم صلب غير قابل للتشويه في حركة دوران منتظم حول محور ثابت بإحدى العلاقتين:

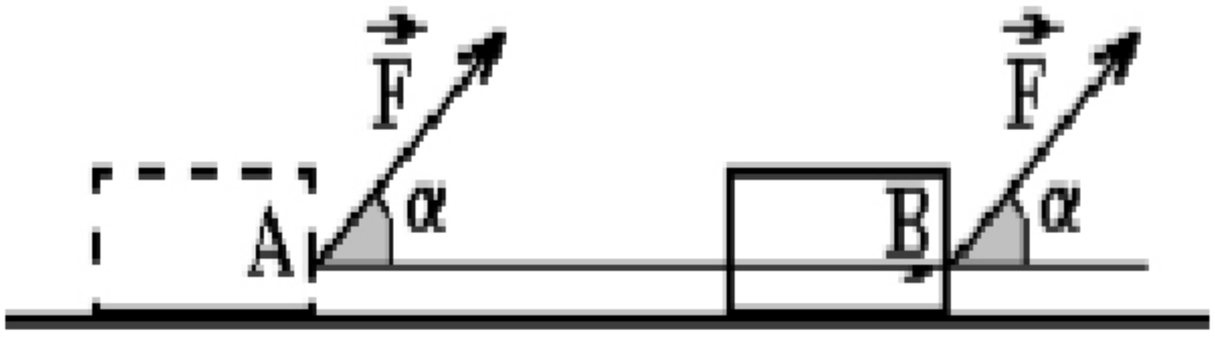
$\theta(t) = \omega t + \theta_0$ أو $s(t) = Vt + s_0$

الشغل والقدرة

1- شغل قوة ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة :

1.1- شغل قوة ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة مستقيمية :

*تعريف :



نقول ان قوة ثابتة إذا احتفظت بنفس المميزات أثناء حركة جسم .
شغل قوة ثابتة $\vec{F}$ مطبقة على جسم صلب في إزاحة مستقيمية يساوي الجداء السلمي لمتجهة القوة ومتجهة انتقال نقطة تأثيرها .

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = F.AB.\cos\alpha$$

$\overrightarrow{AB}$ متجهة انتقال نقطة تأثير القوة $\vec{F}$ بين الموضعين A و B .

هام :

يمكن التعبير أيضا عن الشغل بدلالة أحداثيات متجهة القوة $\vec{F}$ ومتجهة الانتقال $\overrightarrow{AB}$ في معلم متعامد ممنظم (Oxy)

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = F_x(x_B - x_A) + F_y.(y_B - y_A)$$

*وحدة الشغل :

- وحدة الشغل في النظام العالمي للوحدات هي الجول ويرمزله ب (J)
- الجول هو الشغل الذي تبذله قوة ثابتة شدتها 1N عند انتقال نقطة تأثيرها بمتر واحد بحيث : 1J=1N.m

*الشغل المحرك والشغل المقاوم :

حسب تعبير الشغل :

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = F.AB.\cos\alpha$$

شغل قوة $\vec{F}$ مقدار جبري وإشارته مرتبطة فقط بقيمة $\cos\alpha$ أي بقيمة الزاوية α .

$0\leq\alpha\leq90°$ و $\cos(\alpha)>0$

و الشغل موجب أو محرك

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = F.AB.\cos(\alpha) > 0$$

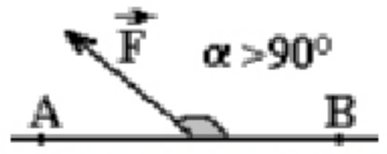
$\alpha=90°$ و $\cos(\alpha)=0$

و الشغل منعدم

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = F.AB.\cos(90°) = 0$$

أو على كل AB عمودية على المسار $\vec{F}$ القوة

انتقال جزئي منه



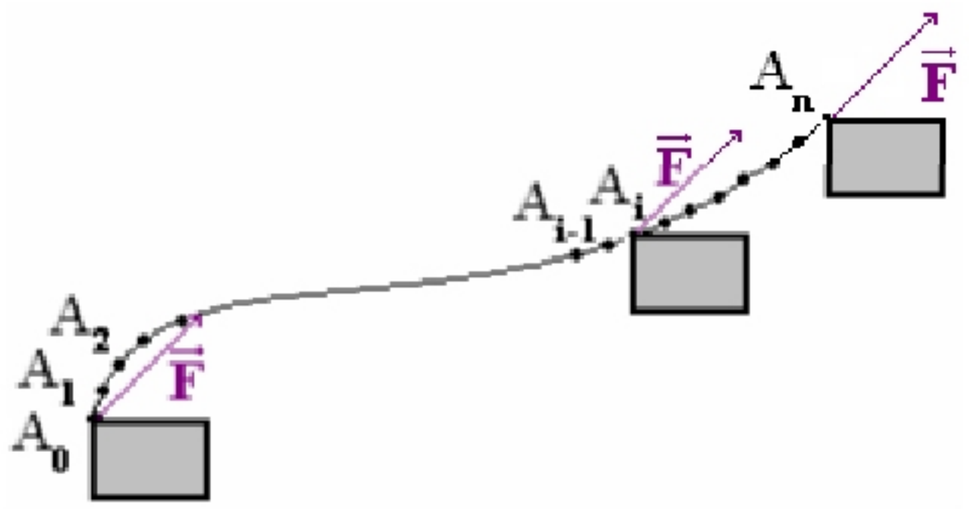
$90\leq\alpha\leq180°$ و $\cos(\alpha)<0$

و الشغل سالب أو مقاوم

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = F.AB.\cos(\alpha) < 0$$

1.2- شغل قوة ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة منحنية :

- الجسم (S) في إزاحة منحنية أي أن مسار حركة نقطة M من الجسم منحني (غير مستقيمي).
- نقسم المسار الى أجزاء مستقيمية $\overrightarrow{\delta l}$ متناهية في الصغر $\overrightarrow{A_0A_1}$ و $\overrightarrow{A_1A_2}$ و ..... $\overrightarrow{A_{n-1}A_n}$



- الشغل الجزئي الذي تنجزه القوة $\vec{F}$ خلال الانتقال $\overrightarrow{\delta l}$ هو :

$$\delta M(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{\delta l}$$

- الشغل الكلي بين النقطتين A_0 و A_n يساوي مجموع الاشغل الجزئية بين هاتين النقطتين :

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = \sum \delta M(\vec{F}) = \sum \vec{F}.\overrightarrow{\delta l} = \vec{F}\sum \overrightarrow{\delta l}$$

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}\left(\overrightarrow{A_0A_1} + \overrightarrow{A_1A_2} + \cdots + \overrightarrow{A_{n-1}A_n}\right)$$

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = \overrightarrow{F}.\overrightarrow{A_0A_n}$$

استنتاج :

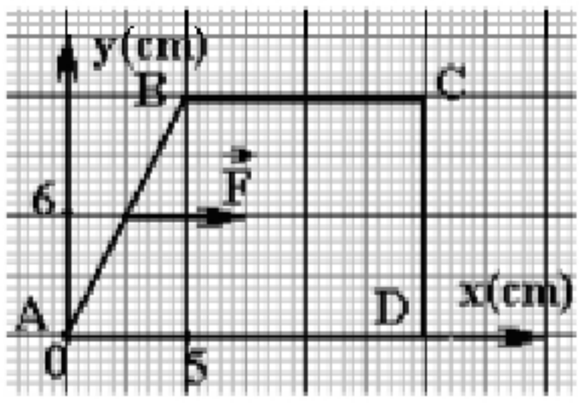
شغل قوة ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة منحنية مستقل عن المسار المتبع ميساوي الجداء السلمي لمتجهة القوة ومتجهة نقطة انتقال نقطة تأثيها بين الموضعين البدئي والنهائي .

تطبيق :

تنتقل نقطة تأثير قوة ثابتة شدتها F=15N وفق المسار ABCD .

1- أحسب شغل القوة $\vec{F}$ خلال كل انتقال وبطريقتين مختلفتين .

2- أحسب شغل القوة خلال الانتقال من A الى D .

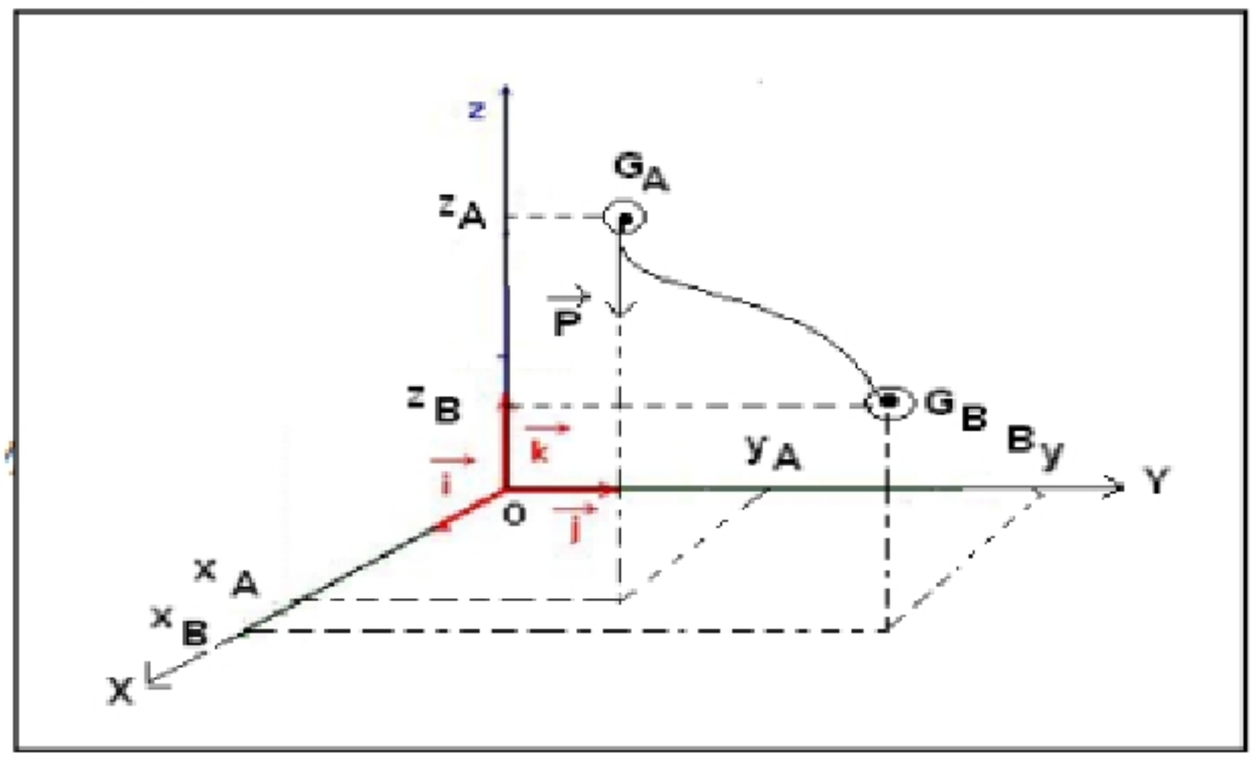


3.1- شغل وزن الجسم :

$$W_{A\to B}(\vec{P}) = \vec{P}.\overrightarrow{AB}$$

نختار معلما متعامدا ممنظما حيث المحور Oz رأسي موجه نحو الاعلى ونحدد الاحداثيات المتجهتين : $\vec{P}$ و $\overrightarrow{AB}$:

$$\vec{P}\begin{pmatrix} P_x = 0 \\ P_y = 0 \\ P_z = 0 \end{pmatrix} \quad \text{و} \quad \overrightarrow{AB}\begin{pmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \\ z_B - z_A \end{pmatrix}$$



نحصل على :

$$W_{A\to B}(\vec{P}) = P_x.(x_B - x_A) + P_y.(y_B - y_A) + P_z.(z_B - z_A)$$

$$W_{A\to B}(\vec{P}) = -mg.(z_B - z_A)$$

$$W_{A\to B}(\vec{P}) = mg.(z_A - z_B)$$

استنتاج :

شغل وزن الجسم مستقل عن المسار المتبع ومرتبط بالانسوب z_A للموضع البدئي والأنسوب z_B للموضع النهائي لمركز قصور الجسم .

عند نزول الجسم يكون شغل الوزن محركا : $W_{A\to B}(\vec{P}) > 0$

عند صعود الجسم يكون شغل الوزن مقاوما $W_{A\to B}(\vec{P}) < 0$

ملحوظة :

تعبير شغل وزن الجسم مرتبط بمنحى المحور Oz ، إذا تغير منحاه نحو الاسفل يصبح تعبير الشغل :

$$W_{A\to B}(\vec{P}) = -mg.(z_A - z_B)$$

2-شغل مجموعة من القوى في حالة إزاحة مستقيمية :

2.1- تعبير الشغل :

شغل مجموعة قوى ثابتة $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$,$\vec{F}_3$,..... $\vec{F}_n$ مطبقة على جسم صلب في ازاحة ، يساوي الجداء السلمي لمجموع متجهات القوى ومتجهة الانتقال :

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \cdots + \vec{F}_n).\overrightarrow{AB}$$

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB}$$

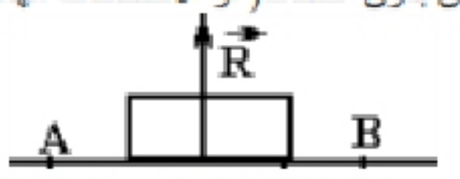
بحيث: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \cdots + \vec{F}_n = \sum \vec{F}_i$ مجموع متجهات القوى المطبقة على الجسم الصلب .

2.2- تطبيق شغل قوى الاحتكاك :

لدينا $\vec{R} \neq \vec{0}$ القوة المكافئة لقوة التماس الموزعة

$$W_{A\to B}(\vec{R}) = \vec{R}.\overrightarrow{AB} = R.AB.\cos(\vec{R},.\overrightarrow{AB})$$

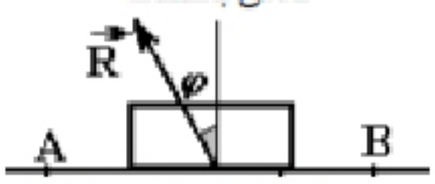
تماس بدون احتكاك(أو الاحتكاكات مهملة).



$\vec{R}$: عمودية على السطحين المتماسين ($\varphi=0$)

$W_{A\to B}(\vec{R})=\vec{R}.\overrightarrow{AB}=0$

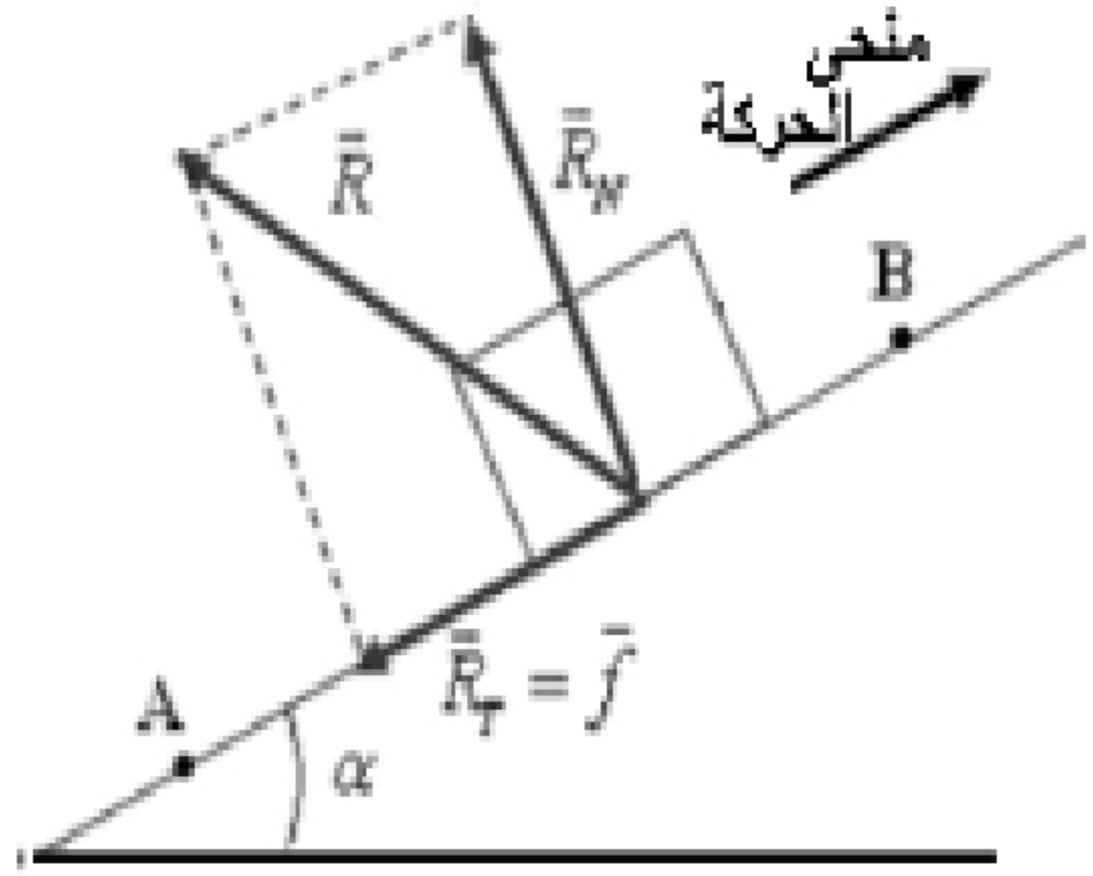
تماس باحتكاك



$\vec{R}$: غير عمودية على السطحين المتماسين ($\varphi\neq0$)
ومنحاها معاكس لمنحى الحركة

$$W_{A\to B}(\vec{R}) = \vec{R}.\overrightarrow{AB} = R.AB.\cos(\varphi+\frac{\pi}{2}) = -R.AB.\sin(\varphi) < 0$$

هام شغل قوى الاحتكاك دائما سالب .



$$\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{R}_T = \vec{R}_N + \vec{f}$$

$\vec{R}$: القوة التي يطبقها المستوى المائل

$\vec{R}_N$:المركبة الرأسية وهي تحول دون انغراز الجسم في السطح

$\vec{R}_T = \vec{f}$: الركبة الأفقية وهي تقاوم الانزلاق وتمثل قوة الاحتكاك بين الجسم وسطح التماس .

$$W_{A\to B}(\vec{R}) = \vec{R}.\overrightarrow{AB} = (\vec{R}_N + \vec{f}).\overrightarrow{AB} = \vec{R}_N.\overrightarrow{AB} + \vec{f}.\overrightarrow{AB}$$

$$W_{A\to B}(\vec{R}) = 0 + \vec{f}.\overrightarrow{AB} = f.AB.\cos\pi = -f.AB < 0$$

3- قدة قوة :

3.1- جسم صلب في إزاحة :

أ- القدرة المتوسطة:

*تعريف :

تساوي القدرة المتوسطة لقوة ، خارج شغل هذه القوة W والمدة الزمنية Δt اللازمة لانجازهذا الشغل :

$$P_m = \frac{W}{\Delta t}$$

وحدة القدرة في النظام العالمي للوحدات هي : الواط (Watt) رمزها W .

ب- القدرة اللحظية :

إذا انجزت قوة $\vec{F}$ شغلا δW خلال مدة زمنية جد قصيرة δt ، فإن القدرة اللحظية لهذه القوة هي : $P = \frac{\delta W}{\delta t}$

بما أن : $\delta W = \vec{F}.\overrightarrow{\delta l}$ فإن : $P = \vec{F}.\frac{\overrightarrow{\delta l}}{\delta t}$

نستنتج : $P = \overrightarrow{F}.\vec{V}$

حيث $\vec{V}$ متجهة السرعة اللحظية لنقطة تأثير القوة $\vec{F}$.

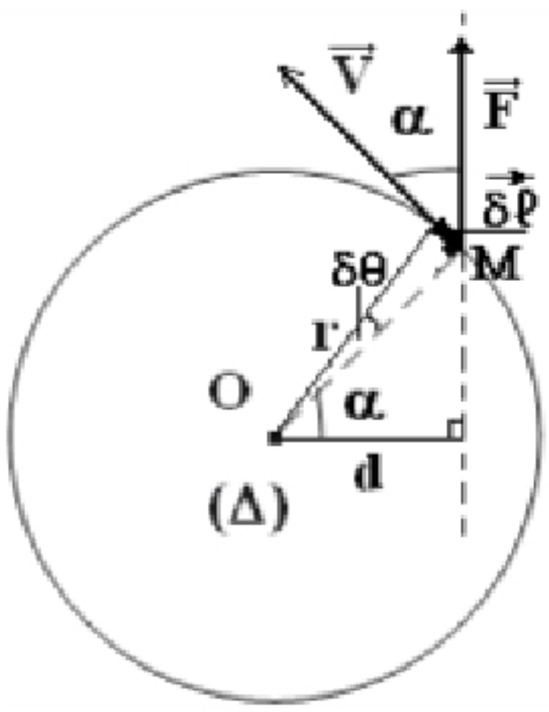
ملحوظة :

يمكن حساب شغل قوة $\vec{F}$ لها قدرة ثابتة بالعلاقة : $W = P.\Delta t$

يمكن استعمال الوحدة كيلو واط ساعة (kWh) لحساب هذا الشغل .

3.2- جسم صلب في دوران :

أ- القدرة اللحظية :



القدرة اللحظية للقوة $\vec{F}$ هي:

$$P = \vec{F}.\vec{V}$$

$$P = F.V.\cos\alpha$$

نعلم أن : $M_\Delta(\vec{F}) = F.R\cos\alpha$ و $V = R.\omega$

وبالتالي نحصل على :

$$P = F.R\cos\alpha\,.\,\omega$$

أي:

$$P = M_\Delta(\vec{F}).\omega$$

ب- شغل قوة عزمها ثابت :

تعبير الشغل الجزئي :

$$\delta W = P.\delta t$$

$$\delta W = M_\Delta.\omega.\delta t$$

$$\delta W = M_\Delta.\delta\theta$$

الشغل الكلي :

$$W = \sum \delta W = \sum M_\Delta.\delta\theta$$

بما أن القوة عزمها ثابت فإن :

$$W = M_\Delta \sum \delta\theta$$

$$W = M_\Delta.\Delta\theta$$

خلاصة :

يساوي شغل قوة عزمها M_Δ ثابت مطبقة على جسم صلب في دوران حول محور ثابت Δ ، جداء عزمها وزاوية الدوان $\Delta\theta$:

$$W(\vec{F})_{\theta 1\to\theta 2} = M_\Delta.\Delta\theta$$

ج- شغل مزدوجة قوتين :

قوتان $\vec{F}_1$ و $\vec{F}_2$ تكونان مزدوجة قوتين إذا كان :

- مجموع متهاتها منعدم $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$
- خطي تأثيرهما متوازيين (مختلفين)
- يميزها عزم ثابت بالنسبة لأي محور دوران عودي على مستواها .

عزم مزدوجة قوتين يساوي مجموع عزم القوى المكونة للمجموعة :

$$M_C = M\left(\vec{F}_{\frac{1}{\Delta}}\right) + M\left(\vec{F}_{\frac{2}{\Delta}}\right) = \pm F.d$$

شغل عزم مزدوجة قوتين عزمها ثابت :

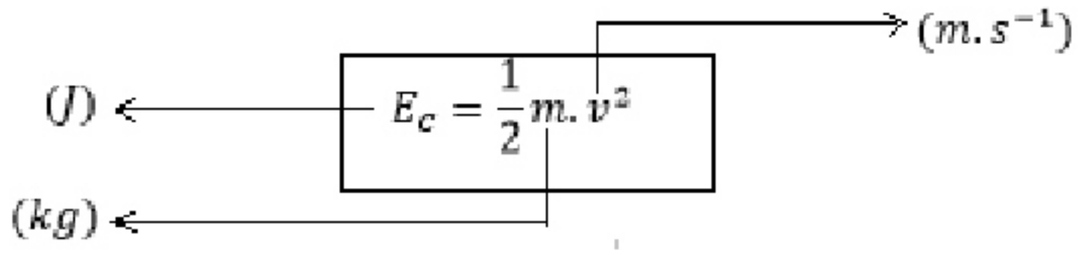
$$W(\vec{F}_{/\Delta})_{1\to 2} = M_C.\Delta\theta$$

الشغل والطاقة الحركية
Le travail et l'énergie cinétique

I– الطاقة الحركية :

1-الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة إزاحة :

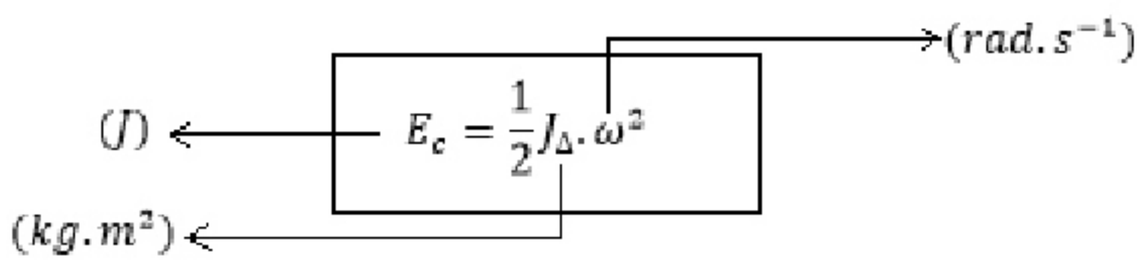
نسمي الطاقة الحركية الحركية لجسم صلب في حركة إزاحة ، كتلته m وسرعته v بالنسبة لجسم مرجعي ، المقدار :



وحدة الطاقة الحركية في النظام العالمي للوحدات هي الجول (J) .

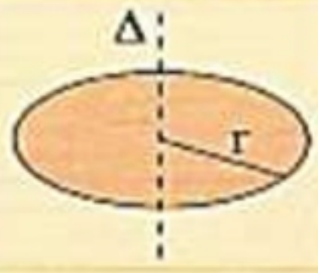
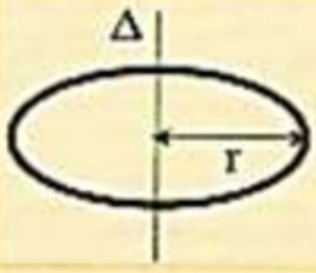
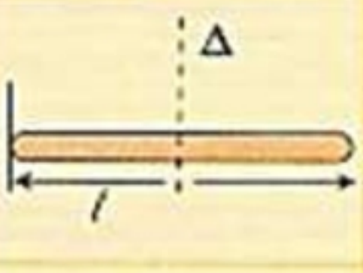
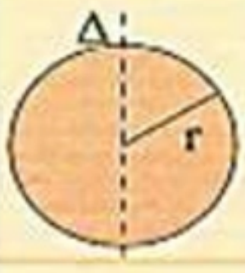
2--الطاقة الحركية لجسم صلب في دوران حول محور ثابت :

تساوي الطاقة الحركية الحركية لجسم صلب في دوران حول محور ثابت (Δ) ، بسرعة زاوية ω ، المقدار :



حيث J_Δ عزم قصور الجسم بالنسبة للمحور (Δ) وهو مقدار يتعلق بكيفية توزيع كتلة الجسم حول المحور (Δ) . وحدته في النظام العالمي للوحدات $(kg.m^2)$.

صيغ عزم القصور لبعض الأجسام المتجانسة :

الجسم	قرص	حلقة	أسطوانة	ساق	ساق	كرة
						
عزم القصور J_Δ	$J_\Delta = \frac{1}{2}m.r^2$	$J_\Delta = m.r^2$	$J_\Delta = \frac{1}{2}m.r^2$	$J_\Delta = \frac{1}{12}m\ell^2$	$J_\Delta = \frac{1}{3}m\ell^2$	$J_\Delta = \frac{2}{5}m.r^2$

II-مبرهنة الطاقة الحركية :

1-حالة جسم صلب في حركة فوق مستوى مائل :

نطلق حاملا ذاتيا كتلته $m = 0{,}7\ kg$ ، بدون سرعة بدئية ، من أعلى منضدة هوائية مائلة بزاوية $\alpha = 10°$ بالنسبة للمستوى الأفقي .فينزلق بدون احتكاك .

نسجل مواضع مركز قصوره G من خلال مدد زمنية متتالية ومتساوية $\tau = 60\ ms$.

نحصل على التسجيل التالي :

G_0G_1	G_1G_2	G_2G_3	G_3G_4	G_4G_5	G_5G_6	G_6G_7
$0{,}3\ cm$	$0{,}9\ cm$	$1{,}5\ cm$	$2{,}1\ cm$	$2{,}7\ cm$	$3{,}3\ cm$	$3{,}9\ cm$

- دراسة التسجيل :

1-أحسب السرعة اللحظية للحامل الذاتي V_3 عند الموضع G_3 .

2- أحسب السرعة اللحظية للحامل الذاتي V_5 عند الموضع G_5 .

3-أحسب الطاقة الحركية للحامل الذاتي في الموضعين G_3 و G_5 .

4-أجرد القوى المطبقة على الحامل الذاتي أثناء انزلاقه .

5-أكتب تعبير شغل كل قوة عندما ينتقل مركز قصور الحامل الذاتي بين الموضعين G_3 و G_5 . استنتج $\sum W_{G_3 \to G_5}(\vec{F})$ مجموع أشغال هذه القوى بين الموضعين G_3 و G_5 .

6-قارن $\sum W_{G_3 \to G_5}(\vec{F})$ و $\Delta E_C = E_{C5} - E_{C3}$ تغير الطاقة الحركية للحامل الذاتي بين الموضعين G_3 و G_5 .

ماذا تستنتج ؟

نعطي : $g = 9{,}8\ N.kg^{-1}$

التصحيح :

حساب السرعة اللحظية باستعمال علاقة التأطير التقريبية : $v_i = \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{t_{i+1}-t_{i-1}}$ مع : $t_{i+1} - t_{i-1} = 2\tau$

1-عند الموضع v_3 : $v_3 = \frac{G_2G_4}{2\tau} = \frac{3{,}6.10^{-2}}{2\times 60.10^{-3}} = 0{,}3\ m.s^{-1}$

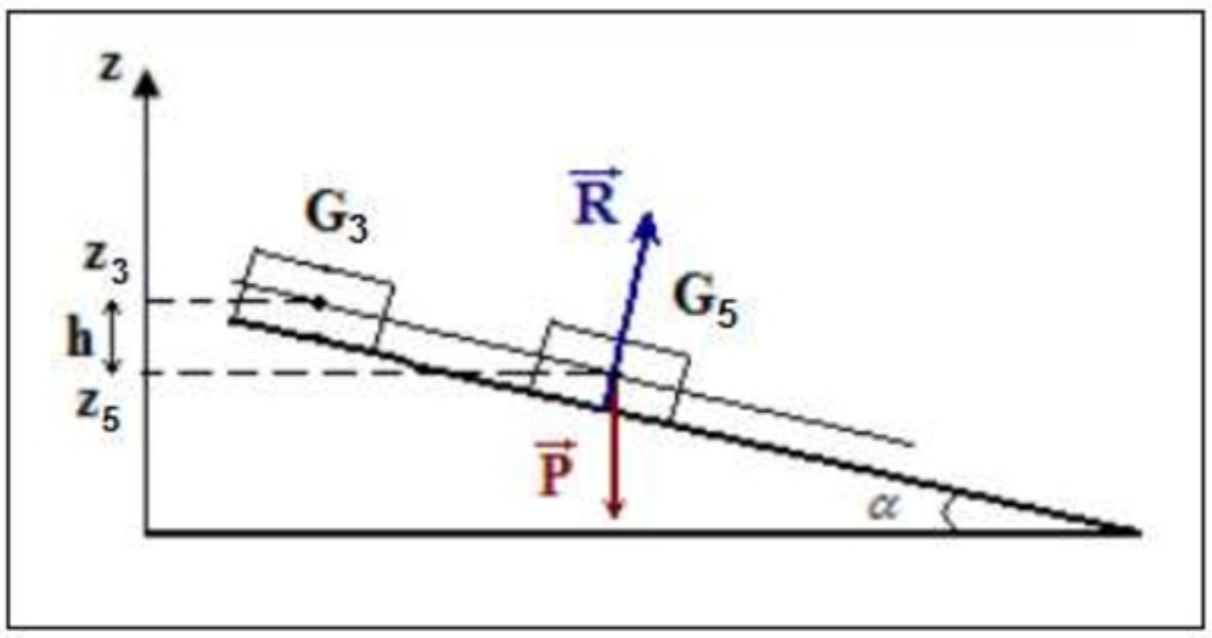
2- عند الموضع v_5 : $v_5 = \frac{G_4G_6}{2\tau} = \frac{6{,}0.10^{-2}}{2\times 60.10^{-3}} = 0{,}5\ m.s^{-1}$

3-حساب الطاقة الحركية E_{C3} و E_{C5} :

-في الموضع G_3 : $E_{C3} = \frac{1}{2}m.{v_3}^2 = \frac{1}{2}\times 0{,}7\times 0{,}3^2 = 3{,}15.0^{-2}\ J$

-في الموضع G_5 : $E_{C5} = \frac{1}{2}m.{v_5}^2 = \frac{1}{2}\times 0{,}7\times 0{,}5^2 = 8{,}75.0^{-2}\ J$

4-جرد القوى المطبقة على الحامل الذاتي أثناء انزلاقه على المنضدة :



- $\vec{R}$: تأثير المنضدة الهوائية
- $\vec{P}$: وزن الحامل الذاتي

5-تعبير شغل كل قوة :

$W_{G_3\to G_5}\ (\vec{R}) = \vec{R}.\overrightarrow{G_3G_5} = 0$

لأن $\overrightarrow{G_3G_5} \perp \vec{R}$

$W_{G_3\to G_5}\ (\vec{P}) = m.g(z_3 - z_5)$

نضع : $h = z_3 - z_5$ مع : $sin\alpha = \frac{h}{G_3.G_5}$

إذن : $W_{G_3\to G_5}\ (\vec{P}) = m.g.G_3G_5.sin\alpha$

ت.ع : $W_{G_3\to G_5}\ (\vec{P}) = 0{,}7\times 9{,}8\times 4{,}8.10^{-2}\sin(10°) = 5{,}71.10^{-2}\ J$

ومنه مجموع أشغال القوى هو :

$$\sum W_{G_3\to G_5}(\vec{F}) = W_{G_3\to G_5}\ (\vec{R}) + W_{G_3\to G_5}\ (\vec{P}) = 5{,}71.10^{-2}\ J$$

6-تغير الطاقة الحركية :

$$\Delta E_C = E_{C5} - E_{C3} = 8{,}75.0^{-2} - 3{,}15.0^{-2} = 5{,}60.10^{-2}\ J$$

نستنتج أن :

$$\Delta E_C \approx \sum W_{G_3 \to G_5}(\vec{F})$$

2-نص مبرهنة الطاقة الحركية :

في معلم غاليلي ، يساوي تغير الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة إزاحة أو في دوران حول محور ثابت بين لحظتين ، المجموع الجبري لأشغال كل القوى المطبقة على هذا الجسم بين هاتين اللحظتين.

$$\Delta E_C = E_{C2} - E_{C1} = \sum_i W_{1\to 2}(\vec{F_i})$$

في حالة الإزاحة :

$$\Delta E_C = \frac{1}{2} m.V_2^2 - \frac{1}{2} m.V_1^2 = \sum_i W_{1\to 2}(\vec{F_i})$$

في حالة الدوان :

$$\Delta E_C = \frac{1}{2} J_\Delta.\omega_2^2 - \frac{1}{2} J_\Delta.\omega_1^2 = \sum_i W_{1\to 2}(\vec{F_i})$$

الشغل وطاقة الوضع الثقالية
الطاقة الميكانيكية

I-طاقة الوضع الثقالية :

1-مفهوم طاقة الوضع الثقالية :

طاقة الوضع الثقالية لجسم ما ، في مجال الثقالة ، هي طاقة يتوفر عليها الجسم نتيجة موضعه بالنسبة للأرض . وهي ناتجة عن التأثير البيني بينه وبين الأرض .

2-تعبير طاقة الوضع الثقالية :

طاقة الوضع الثقالية E_{pp} لجسم صلب تتعلق بكتلة الجسم m و ب g شدة الثقالة و ب z أنسوب مركز قصوره في معلم $R(O,\vec{k})$ (موجه نحو الأعلى).

حيث :

$$E_{pp} = m.g.z + cte$$

وحدة E_{pp} في النظام العالمي للوحدات هي الجول (J) .

حيث cte تحدد من خلال الحالة المرجعية .

الحالة المرجعية هي الحالة التي نختارها حيث نسند لطاقة الوضع القيمة $E_{pp} = 0$.

- تعبير طاقة الوضع الثقالية باعتبار الحالة المرجعية عند الأنسوب z_0 .

$$E_{pp} = m.g.z + cte$$

$$0 = m.g.z_0 + cte$$

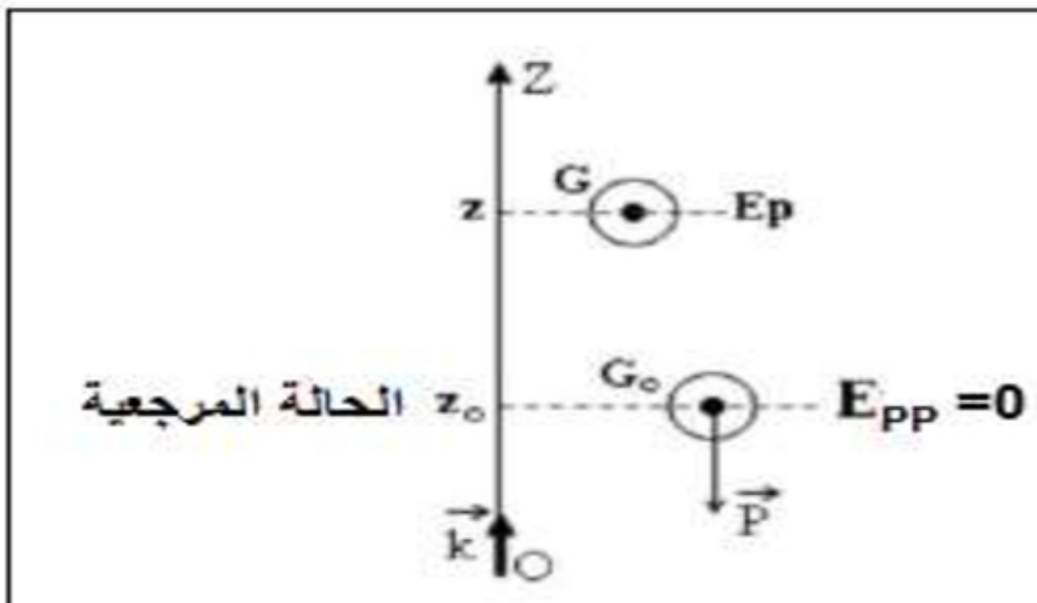
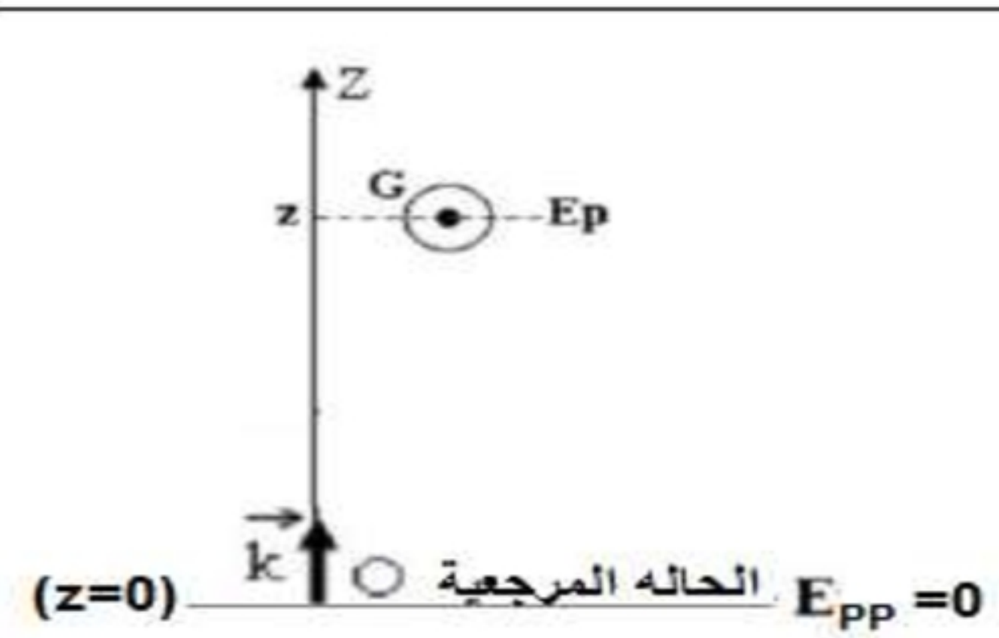
$$cte = -m.g.z_0$$

$$E_{pp} = m.g.z - m.g.z_0$$

$$E_{pp} = m.g(z - z_0)$$

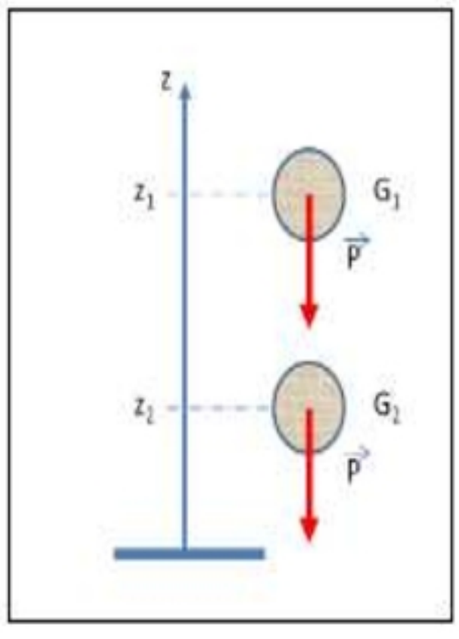
- تعبير طاقة الوضع الثقالية باعتبار الحالة المرجعية عند أصل محور الأناسيب $z = 0$.

عند $z = 0$ يكون $E_{pp} = 0$ ومنه $cte = 0$ أي : $E_{pp} = m.g.z$

	
$E_{pp} = m.g(z - z_0)$	$E_{pp} = m.g.z$

3-تغير طاقة الوضع الثقالية :

عندما يتنتقل مركز قصور الجسم من الموضع G_1 الى الموضع G_2 أنسوبهما على التوالي z_1 و z_2 ، فإن طاقة الوضع للجسم تتغير بالقيمة :



$$\Delta E_{PP} = E_{PP2} - E_{PP1}$$

$$\Delta E_{PP} = m.g(z_2 - z_1)$$

شغل وزن الجسم خلال الإنتقال من G_1 الى G_2 هو :

$$W(\vec{P})_{G_1 \to G_2} = m.g(z_1 - z_2)$$

$$\Delta E_{PP} = -W(\vec{P})$$

استنتاج : يساوي تغير طاقة الوضع الثقالية لجسم مقابل شغل وزنه .

ملحوظة :

في حالة صعود الجسم : $z_2 > z_1$ يكون $\Delta E_{PP} > 0$ الجسم يكتسب طاقة وضع ثقالية .

في حالة صعود الجسم : $z_2 < z_1$ يكون $\Delta E_{PP} < 0$ الجسم يفقد طاقة وضع ثقالية .

II-الطاقة الميكانيكية

1-تعريف :

تساوي الطاقة الميكانيكية لجسم صلب ، عند كل لحظة ، في معلم معين ، مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع الثقالية لهذا الجسم :

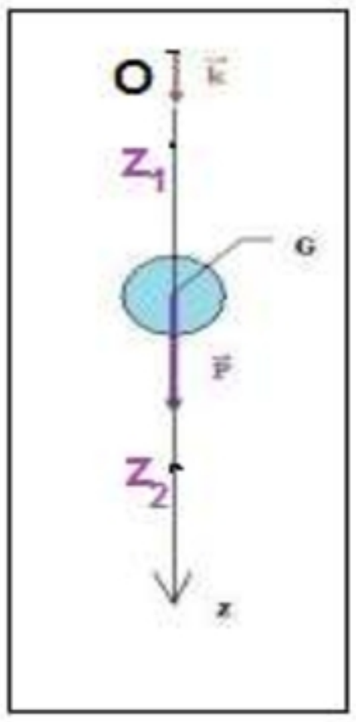
$$E_m = E_C + E_{PP}$$

وحدتها في النظام العالمي للوحدات الجول (J) .

2-انحفاظ الطاقة الميكانيكية :

2-1-السقوط الحر :

ينتقل جسم صلب كتلته m وهو خاضع لوزنه فقط ، بين موضعين G_1 أنسوبه z_1 و G_2 أسوبه z_2



تغير الطاقة الميكانيكية :

$$\Delta E_m = E_{m_2} - E_{m_1}$$

$$\Delta E_m = E_{C_2} + E_{PP_2} - (E_{C_1} + E_{PP_1})$$

$$\Delta E_m = E_{C_2} - E_{C_1} + E_{PP_2} - E_{PP_1}$$

$$\Delta E_m = \Delta E_C + \Delta E_{PP}$$

حسب مبرهنة الطاقة الحركية :

$$\Delta E_C = W(\vec{P})_{G_1 \to G_2}$$

نعلم أن :

$$\Delta E_{PP} = -W(\vec{P})_{G_1 \to G_2}$$

وبالتالي نكتب :

$$\Delta E_C = -\Delta E_{PP}$$

أي:

$$\Delta E_m = 0$$

استنتاج : يكافئ تغير الطاقة الحركية للجسم تغير طاقة وضعه الثقالية .

خلاصة :

أثناء سقوط حر لجسم صلب ، تتحول طاقة وضعه الثقالية الى طاقة حركية والعكس صحيح ، في حين تبقى طاقته الميكانيكية ثابتة : $E_m = E_C + E_{PP} = \text{cte}$

2-2-انزلاق جسم صلب بدون احتكاك فوق مستوى مائل :

ينتقل مركز قصور جسم صلب كتلته m فوق مستوى مائل ، من الموضع G_1 أفصوله x_1 إلى الموضع G_2أفصوله x_2 .

تغير الطاقة الميكانيكية :

$$\Delta E_m = E_{m_2} - E_{m_1}$$

$$\Delta E_m = E_{C_2} + E_{PP_2} - (E_{C_1} + E_{PP_1})$$

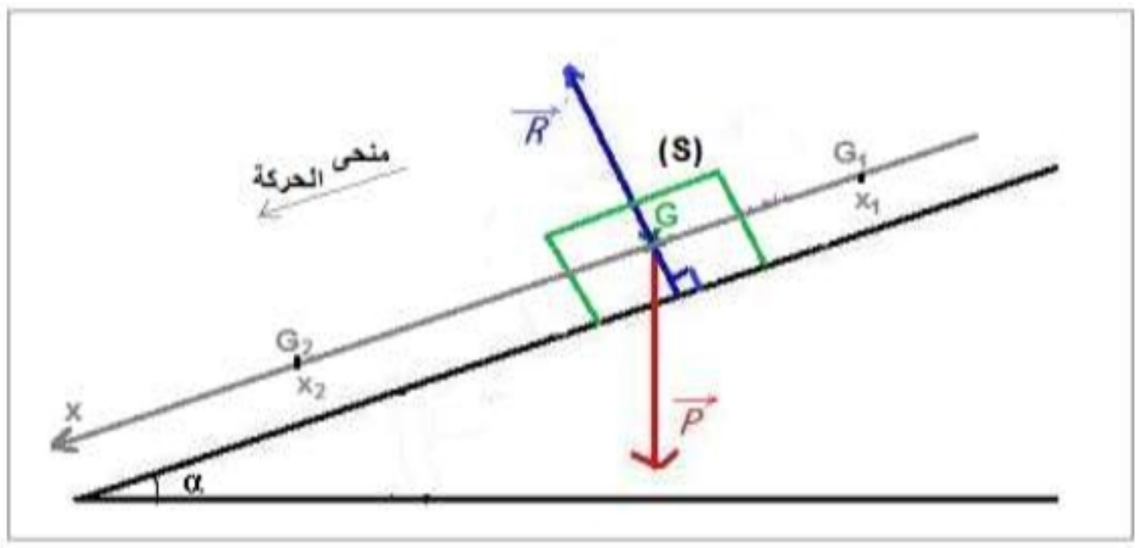
$$\Delta E_m = E_{C_2} - E_{C_1} + E_{PP_2} - E_{PP_1}$$

$$\Delta E_m = \Delta E_C + \Delta E_{PP}$$

حسب مبرهنة الطاقة الحركية :

$$\Delta E_C = W(\vec{P})_{G_1 \to G_2} + W(\vec{R})_{G_1 \to G_2}$$

نعلم أن :



$$\Delta E_{PP} = -W(\vec{P})_{G_1 \to G_2}$$

وبالتالي نكتب :

$$\Delta E_m = W(\vec{R})_{G_1 \to G_2}$$

باعتبار التماس يتم بدون احتكاك فإن : $W(\vec{R})_{G_1 \to G_2} = 0$

ومنه :

$$\Delta E_m = 0$$

استنتاج : يكافئ تغير الطاقة الحركية تغير طاقة وضعه الثقالية .

خلاصة :

أثناء انزلاق جسم صلب بدون احتكاك فوق مستوى مائل ، تتحول طاقة وضعه الثقالية الى طاقة حركية والعكس صحيح ، في حين تبقى طاقته الميكانيكية ثابتة : $E_m = E_C + E_{PP} = \text{cte}$

3-عدم انحفاظ الطاقة الميكانيكية :

في حالة انزلاق جسم صلب باحتكاك فوق مستوى مائل ، تغير الطاقة الميكانيكية يساوي شغل قوى الإحتكاك :

$$\Delta E_m = W(\vec{R})_{G_1 \to G_2} \neq 0$$

باعتبار قوى الإحتكاك مكافئة لقوة شدتها $\vec{f}$ ثابتة نكتب :

$$\Delta E_m = W(\vec{f})_{G_1 \to G_2} = -f.G_1G_2 < 0$$

ومنه : $\Delta E_m = E_{m_2} - E_{m_1} < 0$ $\quad E_{m_2} < E_{m_1}$

استنتاج :

تنقص الطاقة الميكانيكية للجسم أثناء الحركة بفعل قوى الإحتكاك $\Delta E_m < 0$.

يرجع عدم انحفاظ الطاقة الميكانيكية لجسم صلب خاضع لقوى الإحتكاك الى تحول جزء من الطاقة الميكانيكية الى طاقة حرارية Q حيث :

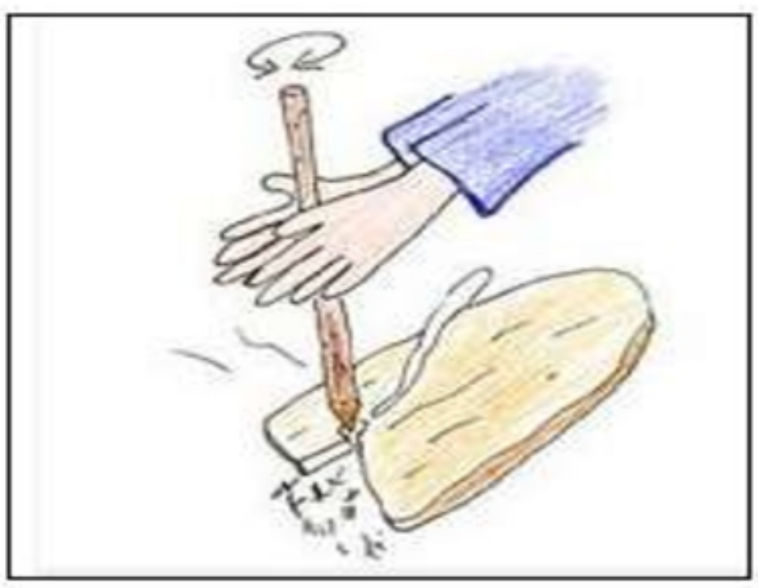
$$Q = -W(\vec{f})_{G_1 \to G_2}$$

خلاصة :

يساوي تغير الطاقة الميكانيكية للجسم مقابل الطاقة الحرارية : $\Delta E_m = -Q$

الشغل والطاقة الداخلية
travail et energie interne

I-مفاعيل الشغل المكتسب من طرف مجموعة :



1-ارتفاع درجة الحرارة :

استخدم الإنسان في عصور ماقبل التاريخ أساليب بدائية لتسهيل حياته منها إشعال النار عن طريق الاحتكاك بين قطعتين خشبيتين .

تظهر الطاقة المكتسبة بالشغل في هذه الحالة على شكل ارتفاع درجة الحرارة (اشتعال النار) .

خلاصة :

عند منح مجموعة طاقة بالشغل يمكنه أن يرفع درجة الحرارة لهذه المجموعة .

2-تغير الحالة الفيزيائية :

أثناء انزلاق المتزحلق فوق الجليد تظهر قطرات من الماء بين الزلاجة والجليد وبالتالي حدث تحول في الحالة الفيزيائية للماء بفعل اشتغال قوى الاحتكاك .

خلاصة :

إن منح طاقة بالشغل لمجموعة ما قد يغير حالتها الفيزيائية ، فتتغير الطاقة الحركية المجهرية للدقائق المكونة للمادة .

3-التشوه المرن :

في رياضة الرماية بالقوس ، يطبق الرياضي قوة على الوتر فيطال وعند نحريره يسعى الوتر الى الرجوع الى حالتة البدئية قاذفا السهم .

قذف السهم يدل على أن شغل القوى التي طبقها الرياضي اكسب الوتر المشوه طاقة .

خلاصة :

عند منح طاقة بالشغل الى مجموعة مرنة ، تتشوه هذه الأخيرة ، فتكتسب طاقة تبقى مخزونة فيها طالما بقيت مشوهة .

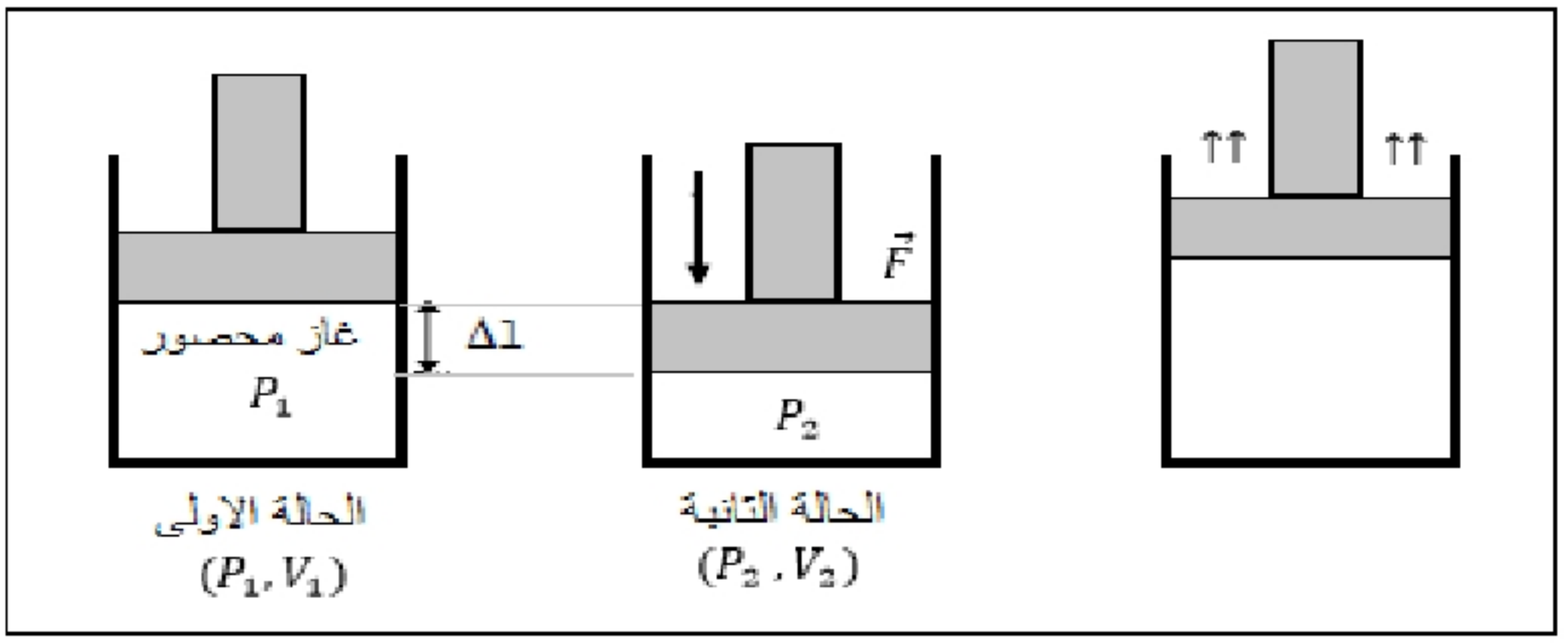
4-ضغط الغاز :

4-1-انضغاط غاز :

نعتبر كمية من غاز محجوز داخل أسطوانة كظيمة ومسدودة بمكبس كظيم محكم السد ، نطبق على هذا الأخير قوة $\vec{F}$ عند تحرير المكبس يتمدد الغاز لينتقل المكبس الى وضعه البدئي ، مما يدل على أن كمية الغاز كانت تتوفر على طاقة حين تواجدها في الحالة الثانية ، وأن القوى الضاغطة أنجزت شغلا .

خلاصة :

يمكن للطاقة المكتسبة بالشغل من طرف مجموعة أن تحدث ارتفاع ضغط المجموعة عندما يتعلق الأمر بغاز .



4-2-شغل القوة الضاغطة :

الشغل الذي تنجزه القوة $\vec{F}$ يكتب : $W(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{\Delta l} = F.\Delta l$

لدينا P_2 ضغط الغاز في الحالة الثانية إذن : $F = P_2.S$

وبالتالي :

$$W(\vec{F}) = F.S.\Delta l = P_2.\Delta V \Longrightarrow W(\vec{F}) = P_2(V_1 - V_2)$$

5-خلاصة :

يمكن للطاقة المكتسبة بالشغل من طرف مجموعة أن ترفع طاقتها الحركية أو طاقة وضعها الثقالية ، كما يمكنها ، حسب طبيعة المجموعة ، أن تحدث تحولات مختلفة :

- تغير درجة الحرارة.
- تغير الحالة الفيزيائية للجسم.
- التشوه المرن بالنسبة لمجموعة مرنة (نابض وتر قوس ....).

- ارتفاع الضغط

في كل هذه الحالات ، الطاقة المنقولة تختزن في المجموعة وتسمى الطاقة الداخلية .

II-الطاقة الداخلية :

1-تعريف :

نسمي الطاقة الداخلية لمجموعة معزولة ميكانيكيا والتي نرمز لها ب U مجموع طاقتها الحركية المجهرية وطاقة الوضع للتأثير البيني المجهرية :

$$U = \xi_C + \xi_p$$

وحدة الطاقة في $(S.I)$ هي الجول J .

2-الطاقة الحركية المجهرية :

توجد مختلف الدقائق المكونة للمادة (أيونات ، جزيئات ، ذرات...) في ارتجاج مستمر وغير مرتب ، ومنه تكون لجميع الدقائق طاقة حركية ، تسمى الطاقة الحركية المجهرية ξ_c وهي مجموع الطاقات الحركية لهذه الدقائق .

3-طاقة الوضع المجهرية :

3-1-طاقة الوضع المجهرية :

هي نتيجة المواقع النسبية للدقائق فيما بينها والتي توجد بيني وخاصة خلال التحولات الحالة الفيزيائية أو إثر التفاعلات الكيميائية .

3-2-طاقة الربط :

تتعلق هذه الطاقة بالتأثيرات البينية التي تضمن استقرار البنيان الجزيئي والتي نعتبرها طاقة الربط .

III-تغير طاقة الداخلية :

1-تبادل الطاقة مع المحيط الخارجي :

1-1-انتقال الطاقة بالحرارة :

ينتج تسخين الماء في وعاء تزايد في ارتجاج جزيئاته ، فتتزايد الطاقة الحركية المجهرية وبالتالي تتزايد الطاقة الداخلية U للماء . في هذه الحالة يساوي تغير الطاقة الداخلية ΔU كمية الطاقة التي تم تبادلها وتسمى كمية الحراة ، يرمز لها ب Q ويعبر عنها بالجول ، حيث $\Delta U = Q$.

2-1-انتقال الطاقة بالشغل :

عندما تخضع مجموعة الى قوى خارجية عيانية تنجز شغلا W ، فإن المجموعة تتبادل الطاقة مع المحيط الخارجي ، في هذه الحالة يساوي تغير الطاقة الداخلية ΔU كمية الطاقة التي تم تبادلها ونسميها شغلا ،حيث $\Delta U = W$.

2-انتقال الشغلوالحرارة : المبدأ الأول للترموديناميك ***thermodynamique*** :

2-1-نص المبدأ :

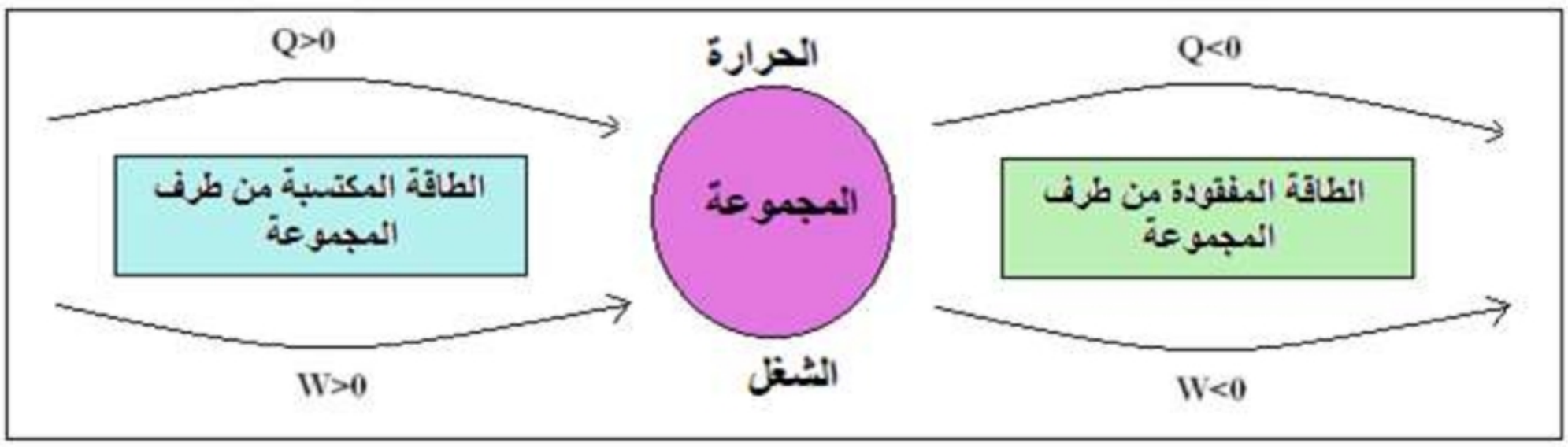
تغير الطاقة الداخلية لمجموعة أثناء تحول ما ، يساوي مجموع الطاقات المتبادلة مع المحيط الخارجي :

$$\Delta U = Q + W$$

2-2-الإشارات الإصطلاحية :

يعتبر الشغل موجبا $(W > 0)$ إذا اكتسبت المجموعة طاقة من المحيط الخارجي بالشغل ، ويعتبر الشغل سالبا $(W < 0)$ إذا منحت المجموعة طاقة من المحيط الخارجي بالشغل .

كما تعتبر كمية الحرارة موجبة $(Q > 0)$ إذا اكتسبت المجموعة طاقة بالحرارة من المحيط الخارجي ، وتكون سالبة $(Q < 0)$ في الحالة المعاكسة .



3-3-التحول الحلقي :

نقول إن مجموعة تنجز تحولا حلقيا أو مغلقا إذا كانت حالتها النهائية مماثلة للحالة البدئية : $\Delta U = U_f - U_i = 0$

وبالتالي : $W + Q = 0$ ومنه : $W = -Q$.

هناك تكافؤ بين الشغل والحرارة المتبادلتين من طرف المجموعة (إذا اكتسبت الطاقة على شكل شغل فإنها تمنحها على شكل حرارة والعكس صحيح) ويحدث هذا التحول الحلقي في مختلف الأجهزة العملية كمحرك السيارة والثلاجة ...

الطاقة الحرارية -الإنتقال الحراري
Energie thermique--transfert thermique

I-الإنتقال الحراري

1-تعريف :

الإنتقال الحراي هو انتقال الطاقة بالحرارة من جسم ساخن (أو مجموعة ساخنة) الى جسم بارد (أو مجموعة باردة) تسمى الطاقة الحرارية التي نعبر عنها بالحرف Q وحدتها الجول (J).

2-طرق الإنتقال الحراري :

- الإنتقال بالتوصيل : transfert par conduction

نسخن أحد طرفي عارضة فلزية فنلاحظ أن الطرف الآخر يسخن بسرعة ، نقول إن العارضة الفلزية توصل الحرارة . نتحدث عن انتقال حراري بالتوصيل .

- الإنتقال بالحمل : transfert par convection

نضيف قطعا من نشارة الخشب الى كمية من الماء في حوجلة ، ثم نسخن الماء .عندما يبدأ الماء يسخن نلاحظ هبوط نشارة الخشب (الماء البارد) وصعودها (الماء الساخن)، أي أن الماء البارد ينزل ليحل محله الماء الساخن . وهكذا يحدث تيار مائي ، فيسمى هذا الإنتقال بالحمل الحراري .

- الإنتقال بالإشعاع : Transfert par rayonnement

ترسل الشمس أشعة ضوئية لتصل الى الأرض . كما أن كل جسم ساخن يبعث أشعة تسمح بانتقال الحرارة منه الى جسم آخر ، نتحدث عن انتقال الحرارة بالإشعاع .

II-الحرارة الكتلية la masse massique

1-كمية الحرارة : الطاقة الحرارية

كمية الحرارة هي الكيفية التي تنتقل بها الطاقة والي تهم البنية المجهرية للجسم .

عندما تتغير درجة حرارة جسم ذي كتلة m من θ_i الى θ_f يتبادل هذا الجسم كمية من الحرارة Q بحيث :

$$Q = m.c.(\theta_f - \theta_i)$$
$$\downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow$$
$$(J) \quad (kg) \quad (°C \text{ أو } K)$$

c : ثابتة تتعلق بطبيعة الجسم وتسمى الحرارة الكتلية للجسم وحدتها $(J.kg^{-1}.K^{-1})$ أو $(J.kg^{-1}.°C^{-1})$

2-الحرارة الكتلية و السعة الحرارية :

تعريف 1:

تساوي الحرارة الكتلية c لجسم كمية الحرارة التي يجب توفيرها لوحدة كتلة هذا الجسم وذلك لرفع درجة حرارته بالقيمة $1°C$ ، دون تغيير حالته الفيزيائية .

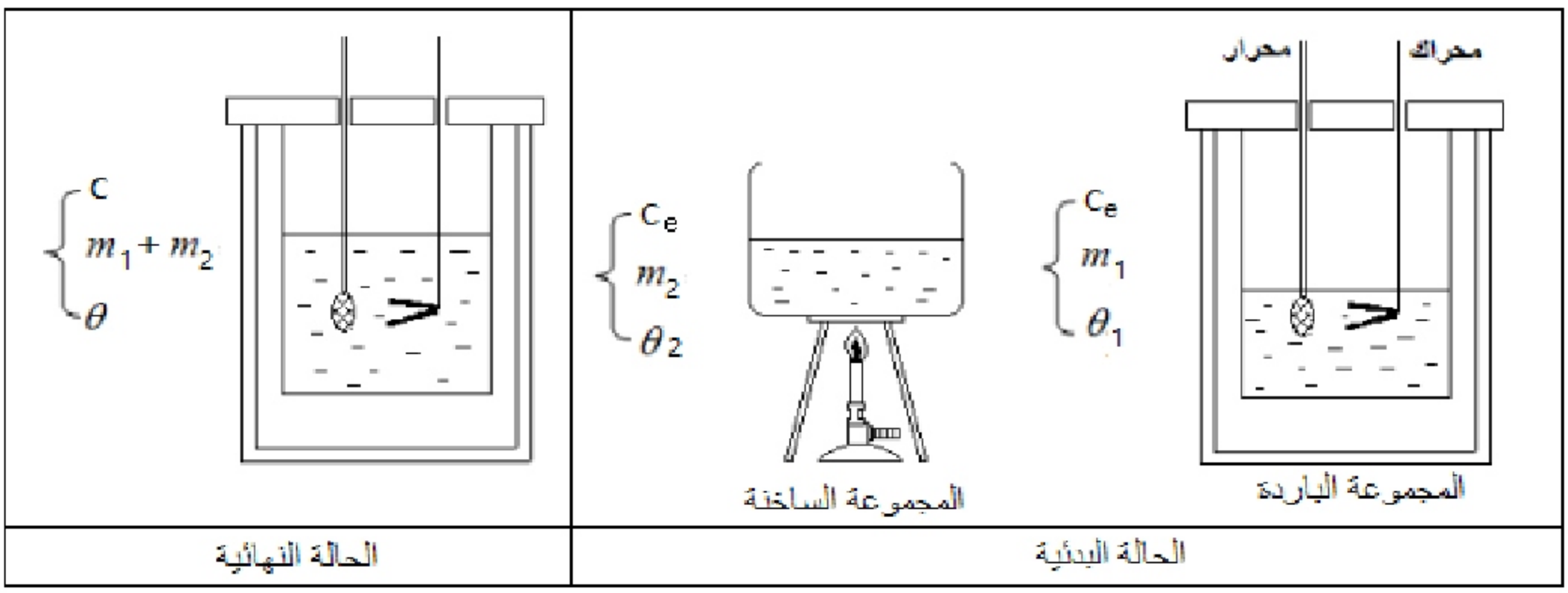
تعريف 2 :

نسمي الجداء $\mu_c = m.c$ السعة الحرارية للجسم ويمثل كمية الحرارة التي يجب توفيرها للجسم وذلك لرفع درجة حرارته بالقيمة $1°C$ ، دون تغيير حالته الفيزيائية .

3-تطبيقات :

3-1-تعيين السعة الحرارية لمسعر :

نضيف الى مسعر يحتوي كتلة m_1 من الماء عند درجة الحرارة θ_1 ، كتلة m_2 من ماء ساخن درجة حرارته θ_2 . نحرك الخليط . بعد مدة وجيزة تستقر درجة الحرارة عند القيمة θ نقول أننا حصلنا على توازن حراري داخل المسعر .



- اكتسبت المجموعة (S_1) المكونة من المسعر والكتلة m_1 من الماء ، كمية الحرارة Q_1 :

$$Q_1 = m_1.c_e(\theta - \theta_1) + \mu_C(\theta - \theta_1)$$

c_e : الحرارة الكتلية للماء ، μ_C : السعة الحرارية للمسعر .

- فقدت المجموعة (S_2) المكونة من الكتلة m_2 من الماء كمية من الحرارة Q_2 :

$$Q_2 = m_2.c_e(\theta - \theta_2)$$

- باعتبار المسعر حافظة كظيمة ، فإننا نعبر عن التوازن الحراري بالعلاقة : $Q_1 + Q_2 = 0$

$$m_1.c_e(\theta - \theta_1) + \mu_C(\theta - \theta_1) + m_2.c_e(\theta - \theta_2) = 0$$

$$(m_1.c_e + \mu_C)(\theta - \theta_1) = m_2.c_e(\theta_2 - \theta)$$

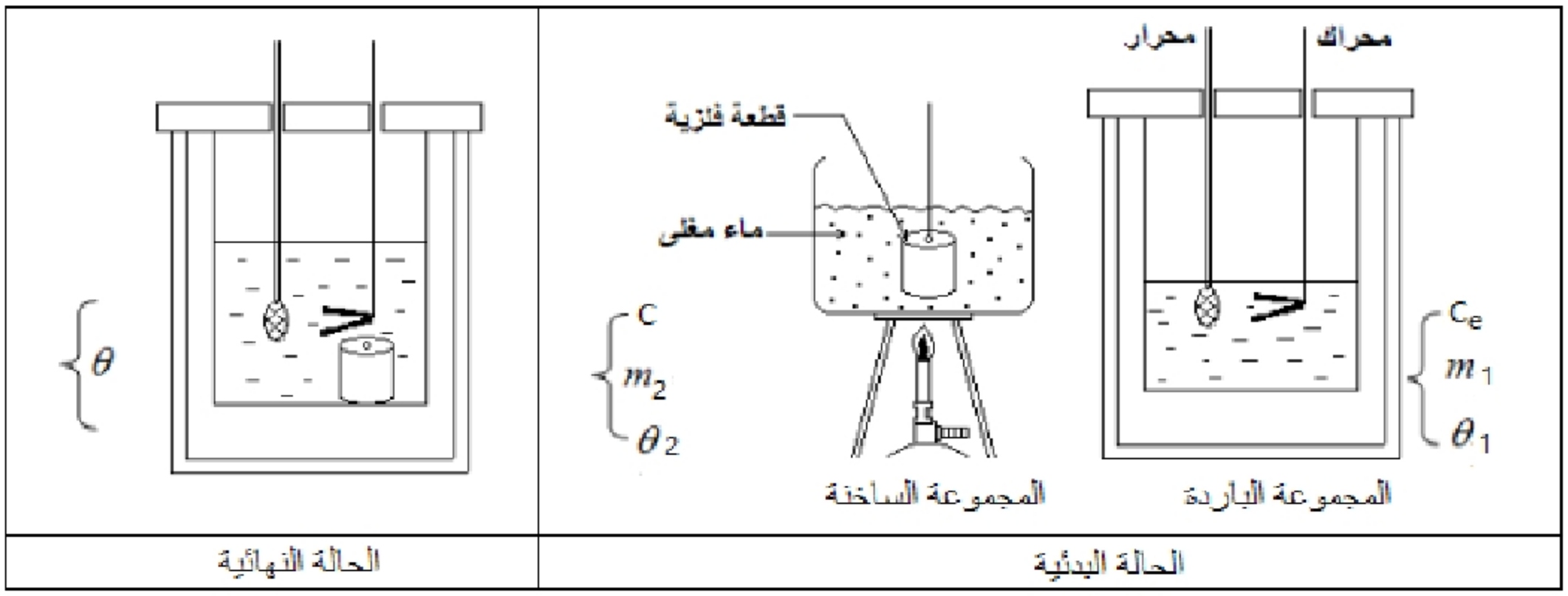
$$\mu_C = \frac{m_2 . c_e(\theta_2 - \theta)}{\theta - \theta_1} - m_1 . c_e$$

3-2-تعيين الحرارة الكتلية لفلز :

بواسطة ميزان نحدد الكتلة m_1 للماء البارد ، ندخل الكتلة m_1 في مسعر ، عند التوازن الحراي تستقر درجة حرارة المجموعة عند θ_1 .

ندخل جسم فلزي كتلته m_2 في ماء مغلي درجة حرارته θ_2 .

نخرج الجسم الفلزي من الماء المغلي ويدخل في حينه في المسعر الذي يتم غلقه . يحرك الماء قليلا . وعند اسقرار درجة الحرارة الخليط ، نسجل درجة الحرارة النهائية θ .



❖ تكتسب المجموعة الباردة المكونة من المسعر والماء كميةالحرارة Q_1 :

$$Q_1 = (m_1 . c_e + \mu_c)(\theta - \theta_1)$$

❖ تفقد المجموعة الساخنة المكونة من الجسم الفلزي كمية الحرارة Q_2 :

$$Q_2 = m_2 . c(\theta - \theta_2)$$

❖ المسعر حافظة كظيمة نكتب : $Q_1 + Q_2 = 0$

$$(m_1 . c_e + \mu_c)(\theta - \theta_1) + m_2 . c(\theta - \theta_2) = 0$$

$$m_2 . c(\theta - \theta_2) = (m_1 . c_e + \mu_c)(\theta_1 - \theta)$$

$$c = \frac{(m_1 . c_e + \mu_c)(\theta - \theta_1)}{m_2(\theta - \theta_2)}$$

III- الحرارة الكامنة لتغير الحالة الفيزيائية للجسم الخالص :

1-الإنصهار والتجمد :

- ✓ الإنصهار هي ظاهرة تحول جسم خالص من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة عند درجة حرارة ثابتة θ_f تسمى درجة حرارة الإنصهار .

الحرارة الكامنة L_f لانصهار جسم صلب خالص ، هي كمية الحرارة التي يجب توفيرها لوحدة كتلة هذا الجسم ، عند درجة حرارة الإنصهار θ_f و تحت نفس الضغط ، لتحويله كليا الى الحالة السائلة :

$$(J) \leftarrow \boxed{Q = m.L_f} \rightarrow (J.kg^{-1})$$
$$\downarrow$$
$$(kg)$$

- ✓ التجمد هو الظاهرة العكسية للانصهار ، بحيث $Q' = m.L_s$

L_s : الحرارة الكامنة للتجمد وهي مرتبطة بالحرارة الكامنة للإنصهار بالعلاقة : $L_s = -L_f$

2-التبخير والتكاثف :

- ✓ التبخر هو ظاهرة تحول جسم خالص من الحالة السائلة الى الحالة الغازية عند درجة حرارة ثابته θ_V

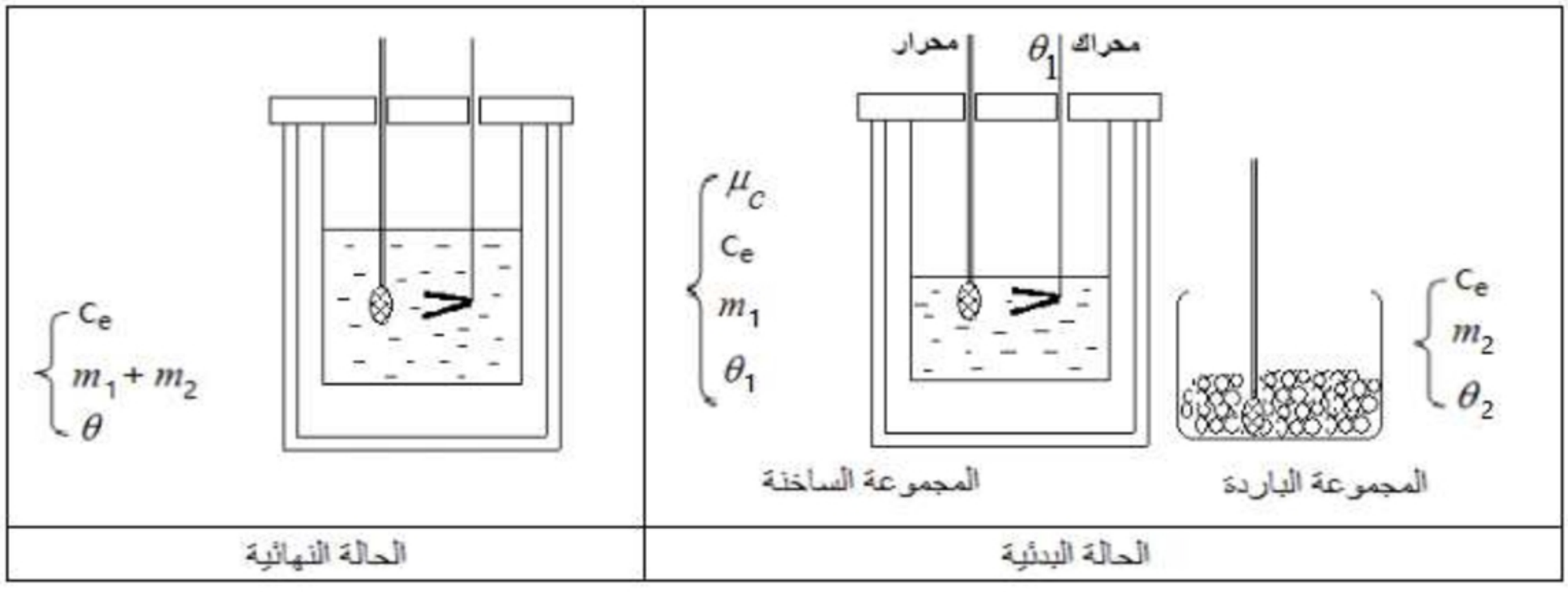
لتكن Q كمية الحرارة التي يجب توفيرها لسائل لتحويله كليا الى بخار عند درجة حرارة معينة ، بحيث يكون ضغط البخار المشبع ثابتا : $Q = m.L_V$ حيث L_V : الحرارة الكامنة للتبخير .

- ✓ التكاثف هو الظاهرة العكسية للتبخير ، بحيث : $Q' = m.L_\ell$ أي : $L_\ell = -L_V$

3-تطبيق : تعيين الحرارة الكامنة لانصهار الجليد :

نترك مكعبات جليد تنصهر جزئيا في إناء ، ثم ندخلها بعد تجفيفها بورق الترشيح في مسعر يحتوي على ماء كتلته m_1 و درجة حرارته θ_1 . نحدد كتلة الجليد m_2 بقياس كتلة المسعر قبل وبعد إدخال الجليد .

نحرك الخليط وعند التوازن الحراري تستقر درجة الحرارة في المسعر عند القيمة θ .



❖ فقدت المجموعة الساخنة والمكونة من المسعر والكتلة m_1 من الماء ، كمية الحرارة Q_1 :

$$Q_1 = (m_1 . c_e + \mu_c)(\theta - \theta_1)$$

❖ اكتسبت المجموعة الباردة المكونة من الجليد الذي تحول الى ماء كتلته m_2 ، كمية الحرارة Q_2 :

$$Q_2 = m_2 . c_e(\theta - \theta_0) + m_2 . L_f$$

❖ بما أن المسعر حافظة كظيمة ، فإن المعادلة المسعرية تكتب : $Q_1 + Q_2 = 0$

$$(m_1 . c_e + \mu_c)(\theta - \theta_1) + m_2 . c(\theta - \theta_0) + m_2 . L_f = 0$$

$$L_f = \frac{(m_1 . c_e + \mu_c)(\theta_1 - \theta) + m_2 . c(\theta_0 - \theta)}{m_2}$$

أهمية القياسات الكيميائية

I-أهمية القياس في الكيمياء

إن القياسات ضرورية ومفيدة في عدة مجالات (الزراعة ، الطب ، البيئة ، الصناعة .....)وذلك من أجل الإخبار والمراقبة والتصرف .

1-القياس من أجل الإخبار

يسجل الصانع التركيبة الغذائية للمنتوج على العلبة لإخبار المستهلك بنوع و كتلة (أو تركيز) العناصر المكونة لهذا المنتوج .
ملحوظة : غالبا ما تكون النقادير المسجلة على اللصيقات عباة عن تراكيز كتلية .
يعبر عن C_m التركيز الكتلي بالعلاقة : $C_m = \frac{m}{V}$
m : كتلة المذاب ب (g)
V : حجم المحلول ب (L)
C_m : التركيز الكتلي ب ($g.L^{-1}$)

2-القياس من أجل المراقبة والحماية

تتطلب سلامة البيئة وحمايتها ، ومراقبة جودة جودة المواد الغذائية والزراعية ، قياسات عديدة ومتنوعة (التركيز ، pH ، الكثافة .....)
مثال :

- ماقبة جودة الحليب : يتراوح pH الحليب الطري بين 6,5 و 6,7 .
- مراقبة الماء الصالح للشرب : يجب أن لا يتجاوز التركيز الكتلي لأيونات النترات NO_3^- القيمة $50\ mg.L^{-1}$ وتركيز المبيدات القيمة $0{,}5\ \mu g.L^{-1}$.
-

2-القياس من أجل التصرف

تمكن القياسات المنجزة أثناء تحليل مادة معينة من اختيار المعالجة اللازمة لتصحيح الوضع المختل .
مثال : الوثيقة جانبه تمثل نتائج التحليلات الطبية لشخص .

المادة	النتائج	القيم المرجعية
تحلون الدم عند الصيام ب (g/L)	$1,09$	$1,10 - 0,7$
حمض البوليك ب (mg/L)	$70,2$	$70,0 - 35,0$

II-أنواع القياسات في الكيمياء

1-قياسات تقريبية وقياسات دقيقة

- تتطلب القياسات الدقيقة أدوات دقيقة و متطورة ، مثل جهاز pH .
- تستعمل أدوات بسيطة لإنجاز قياسات تقريبية ، مثل ورق pH .
-

2-قياسات متواصلة وقياسات بأخذ عينات

تمكن القياسات المتواصلة من تتبع تطور مقدا معين مستمر ، مثل مراقبة جودة الماء .
بينما تمكن القياسات بأخذ عينات من تتبع مقدار معين بشكل متقطع مثل التحليلات الطبية .

3-قياسات مدمرة وقياسات غير مدمرة

عندما تكون المادة المدروسة قليلة أوغالية الثمن ، يتم استعمال تقنيات قياس تستهلك كميات ضئيلة ، وتسمى تقنيات غير مدمرة مثلا لقياس تركيز الايونات الموجودة في الدم نستعمل جهاز يسمى باليونومتر .
في حالة دراسة مادة موجودة بوفرة ، وغير مكلفة ، يمكن استعمال تقنيات تستهلك بعض منها ، وتسمى تقنيات مدمرة كاستعمال المعايرة .

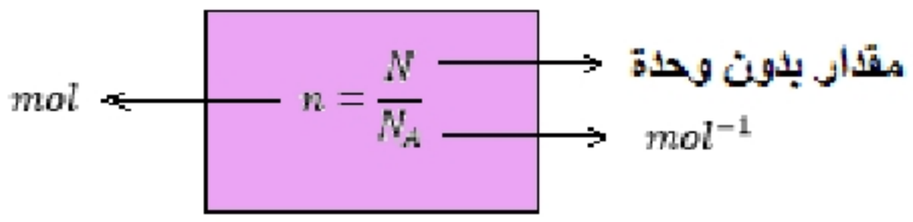
المقادير الفيزيائية المرتبطة بكميات المادة

I-المادة الصلبة والسائلة

1–كمية المادة : *Quantité de la matiére*

كمية المادة n مقدار يتناسب اطرادا مع عدد الدقائق N المكونة للمادة (ذرات ، أيونات ، جزيئات ....) وحدتها في النظام العالمي للوحدات المول يرمز لها ب (mol) .

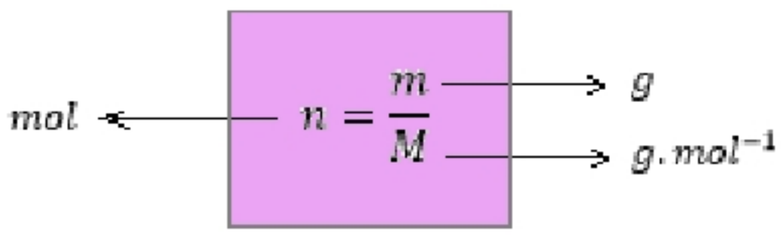
تعبير n كمية المادة :



N_A : تسمى ثابتة أفوكادرو قيمتها : $N_A = 6{,}02.10^{23}\ mol^{-1}$

2-العلاقة بين الكتلة وكمية المادة :

يمكن قياس الكتلة m من جسم صلب أو سائل (أو غاز) من تحديد n كمية المادة في هذه العينة بالعلاقة التالية :



تطبيق 1:

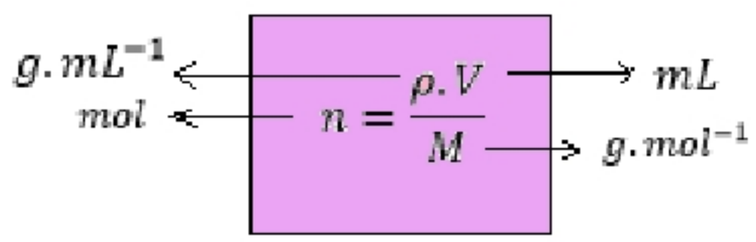
أحسب كمية مادة جزيئات الماء الموجودة في $100\ g$ من الماء .

أحسب كمية مادة ذرات الحديد الموجودة في $100\ g$ من فلز الحديد .

نعطي : $M(Fe) = 56\ g.mol^{-1}$ ، $M(O) = 16\ g.mol^{-1}$ ، $M(H) = 1\ g.mol^{-1}$

3-العلاقة بين الحجم وكمية المادة :

يمكن قياس حجم V لعينة من جسم صلب أو سائل كتلته الجحمية ρ من تحديد كمية المادة في هذه العينة بالعلاقة التالية :



نذكر أن : $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho.V$

تطبيق 2:

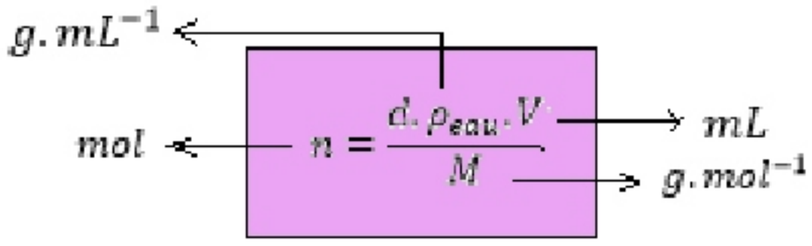
ما الحجم V للهكسان (C_6H_{12}) وهو سائل ذي كتلة حجمية $\rho = 0{,}66\ g.mol^{-1}$ ، الذي يجب استعماله للحصول على كمية هكسان $n = 0{,}15\ mol$.

نكتب : $V = \frac{n.M}{\rho}$ ت.ع : $V = 19{,}5\ mL$

تساوي الكثافة d لجسم صلب أو سائل بالنسبة للماء ، خارج كتلته الحجمية ρ الى الكتلة الحجمية ρ_{eau} للماء :

أي : $d = \frac{\rho}{\rho_{eau}}$ حيث $\rho = d.\rho_{eau}$ مقدار بدون وحدة و $\rho_{eau} = 1g.ml^{-1}$.

العلاقة السابقة تصبح :



II-حالة المادة الغازية

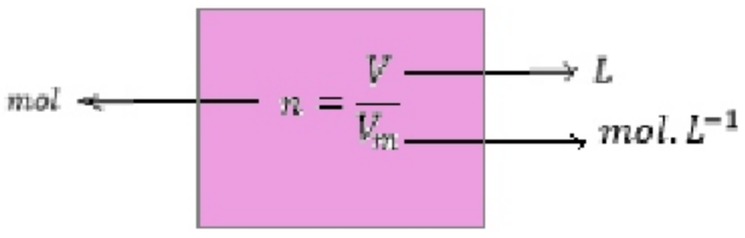
1-الحجم المولي : *Volume molaire*

الحجم المولي هو الحجم الذي يشغله مول واحد من جزيئات الغاز ، في ظروف معينة لدرجة الحرارة و الضغط يرمز له ب V_m.

في الشروط النظامية لدرجة الحراة والضغط $(\theta_0 = 0°C\ ;\ P_0 = 1\ atm)$ الحجم المولي النظامي : $V_0 =$ $22{,}4\ L.mol^{-1}$.

2-العلاقة بين كمية المادة والحجم المولي :

كمية المادة n لغاز حجمه V في شروط معينة لدرجة الحرارة والضغط حيث V_m الحجم المولي تعطى بالعلاقة التالية :



3-قانون بويل -ماريوط : *Lois de boyle mariotte*

عند درجة حرارة ثابتة ، يكون جداء حجم كمية غاز في ضغطها ثابتا : $P.V = K$.

تتناسب الثابتة K مع كمية مادة الغاز حيث : $K = n.A$ مع A ثابتة تتعلق بدرجة الحرارة .

4-درجة الحرارة المطلقة :

درجة الحرارة المطلقة لغاز ، نرمز لها ب T ووحدتها الكافين K تربطها بدرجة الحرارة المئوية العلاقة :

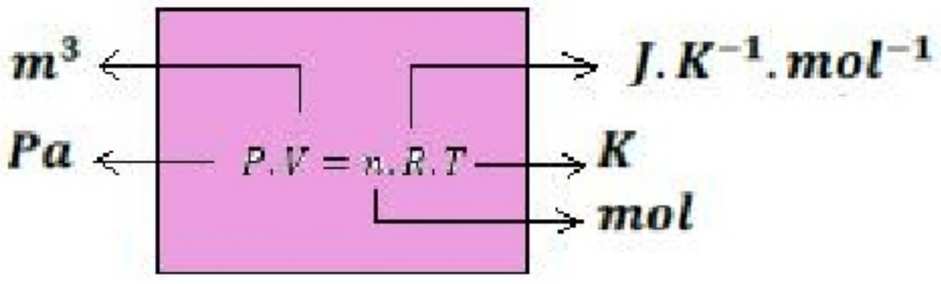
$$T(K) = \theta(°C) + 273{,}15$$

5-معادلة الحالة للغازات الكاملة :

تتصرف جميع الغازات ، تحت ضغط منخفض ، كغاز مثالي يسمى الغاز الكامل .

الغاز الكامل هو الذي يخضع لقانون بويل -ماريوط .

معادلة الحالة للغازات الكاملة هي :



حيث :

P : ضغط الغاز ب (Pa)

V : حجم الغاز ب (m^3)

n : كمية مادة الغاز ب (mol)

T : درجة الحرارة ب (K)

R : ثابتة الغازات الكاملة قيمتها في النظام العالمي للوحدات $R = 8{,}314\ J.K^{-1}.mol^{-1}$

6-كثافة غاز بالنسبة لغاز :

كثافة غاز بالنسبة للهواء تعطى بالعلاقة التالية : $d = \frac{\rho}{\rho_0}$

حيث ρ : الكتلة الحجمية للغاز و ρ_0 : الكتلة الحجمية للهواء .

باعتبار حجم الهواء يساوي حجم الغاز يساوي الحجم المولي V_m نكتب : $d = \frac{M}{\rho_0.V_m} = \frac{M}{29}$

M : الكتلة المولية للغاز .

تبقى هذه العلاقة صحيحة أيا كانت درجة الحرارة و الضغط .

تطبيق 3 :

أحسب كثافة غاز CO_2 ثنائي أوكسيد الكربون واستنتج .

الكتلة المولية : $M = M(C) + 2M(O) = 12 + 16 \times 2 = 44\ g.mol^{-1}$

$d = \frac{44}{29} => 1$ نستنتج أن غاز CO_2 أثقل من الهواء .

التركيز والمحاليل الإلكتروليتية

La concentration et les solutions électrolytiques

I-الجسم الصلب الأيوني :

1-البلورات الأيونية :

يتكون الجسم الصلب الأيوني من أيونات موجبة (كاتيونات) و أيونات سالبة (أنيونات) متراصة في ترتيب منظم يسمى البلور .

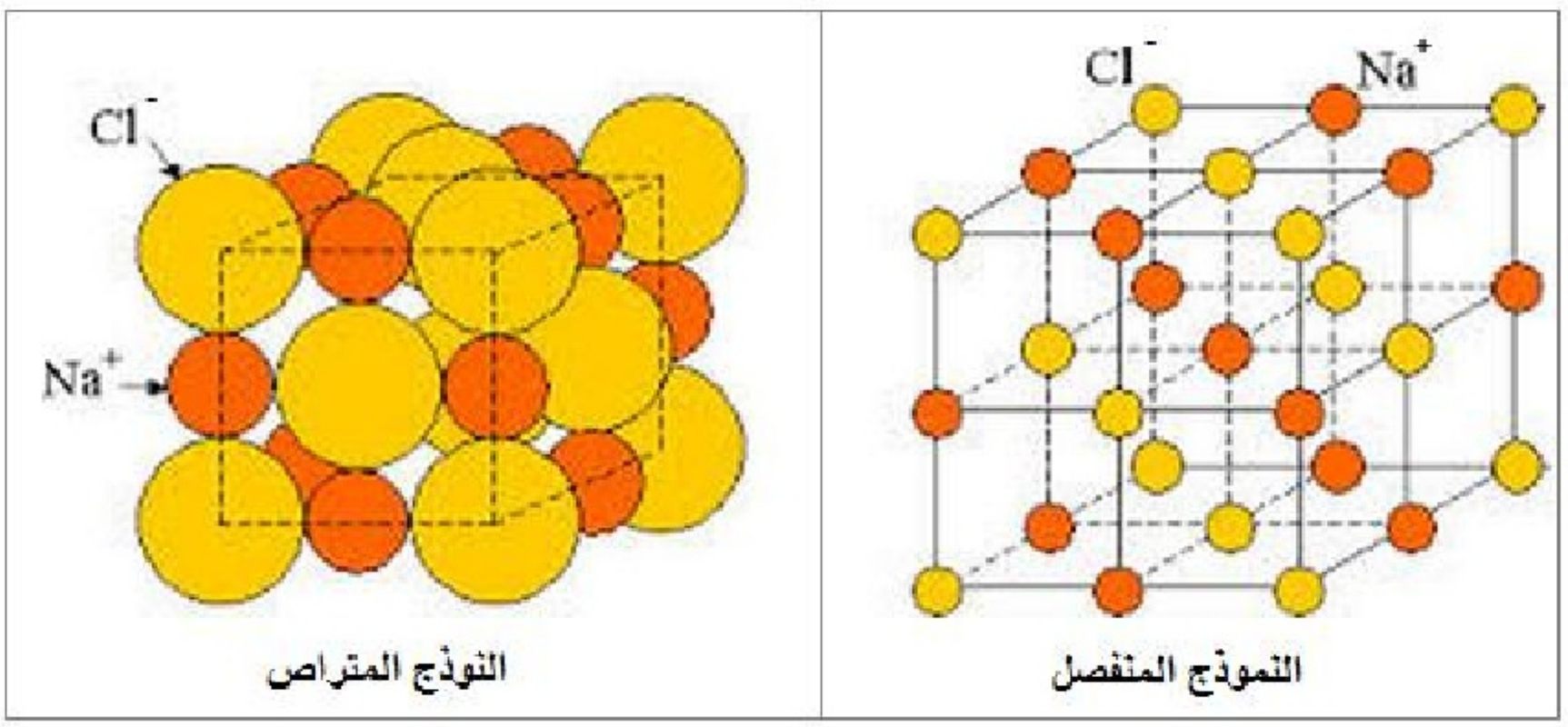
يتميز التأثير البيني الكهربائي بين الأيون والأيونات المجاورة بطابع تجاذبي الشيء الذي يحقق تماسك الجسم الصلب .

الجسم الصلب الأيوني متعادل كهربائيا بحيث أن عدد الشحن الموجبة تساوي عدد الشحن السالبة .

نرمز لصيغة جسم صلب أيوني متكون من الايونات X^{m+} و Y^{n-} بالصيغة X_nY_m وتسمى بالصيغة الإحصائية .

مثال :

بلور كلورور الصوديوم صيغته الإحصائية $NaCl$

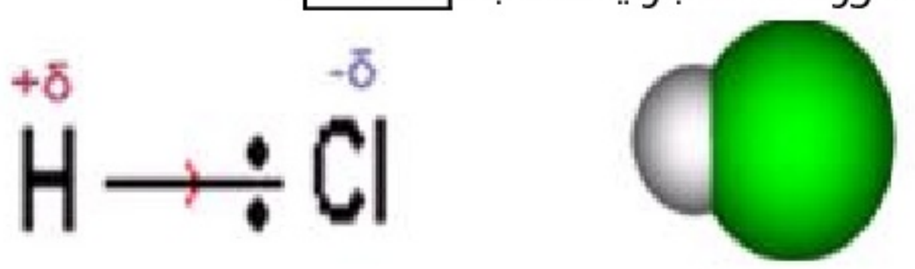


2-الجزيئات القطبية :

في الجزيئة المكونة من ذرتين مختلفتين ، الزوج الإلكتروني المشترك يكون منجذبا نحو الذرة الأكثر كهرسلبية وبالتالي نقول إن الرابطة مستقطبة و الجزية قطبية .

2-1-قطبية جزيئات كلورور الهيدروجين :

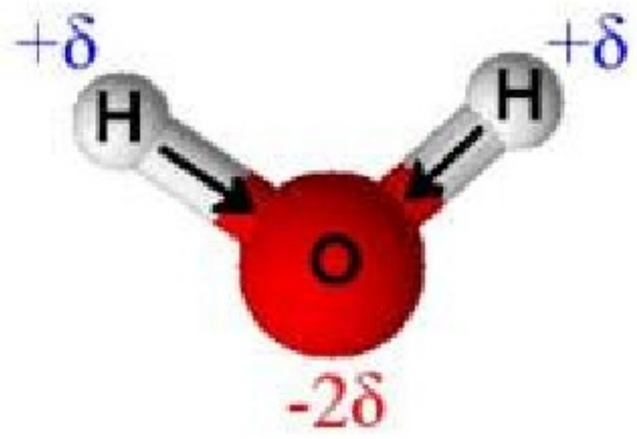
تتوفر جزيئة كلورور الهيدروجين HCl على رابطة تساهمية بسيطة ، تجذب ذرة الكلور (كهرسالبة) الزوج الإلكتروني المشترك أكثر من ذرة الهيدروجين فتظهر شحنة جزئية موجبة $\boxed{+\delta\ e}$ على ذرة الهيدروجين في حين تظهر على ذرة الكلور شحنة جزئية سالبة $\boxed{-\delta\ e}$.



لا ينطبق مرجح الشحنة الموجبة مع مرجح الشحنة السالبة وبذلك فإن جزيئة كلورور الهيدروجين قطبية .

2-2-قطبية جزيئة الماء :

تتكون جزيئة الماء من ذرة أوكسيجين وذرتي هيدروجين مرتبطتين برابطة تساهمية بسيطة .
بما أن الكلور أكثر كهرسلبية من الهيدروجين ، فإن الرابطة التساهمية $O-H$ مستقطبة .
وبما أن مرجح الشحن السالبة لا ينطبق مع مرجح الشحن الموجبة ، فإن الجزيئة قطبية .



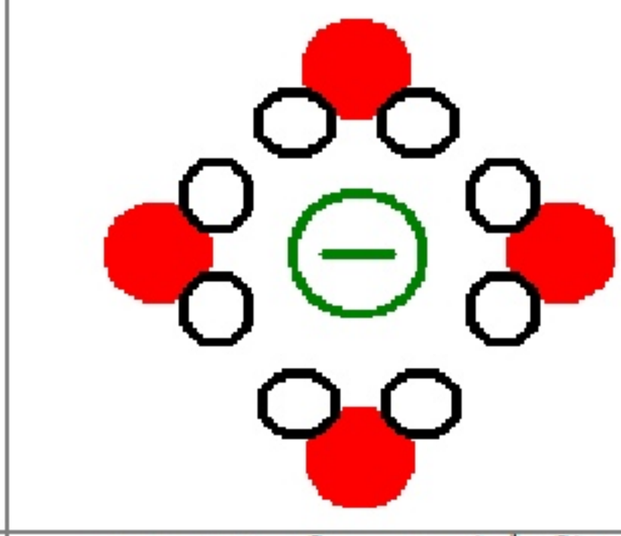
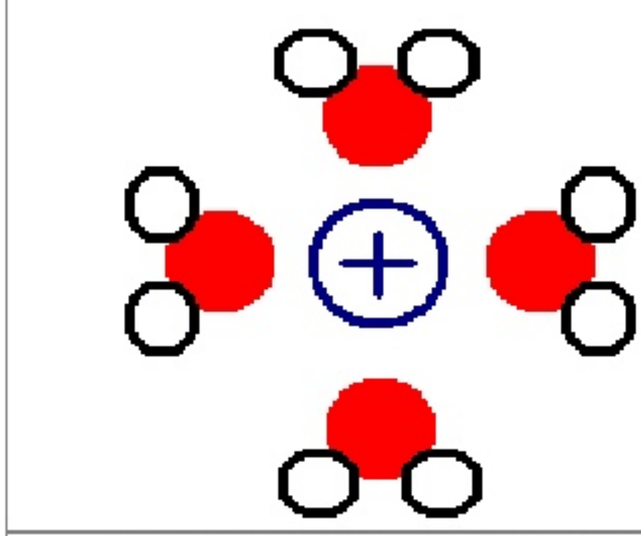
II -المحاليل المائية الإلكتروليتية :

1-تعاريف :

- نحصل على محلول بإذابة **مذاب** (جسم صلب أو سائل أو غاز) في **المذيب** (سائل).وعندما يكون المذيب هو **الماء** يسمى المحلول **محلولا مائيا** .
- **المحلول الإلكتروليتي** (أو الأيوني) هو محلول مائي يحتوي على أيونات و بالتالي فإنه يوصل التيار الكهربائي .
- النوع الكيميائي الذي ينتج ذوبانه في الماء تكون أيونات ، يسمى إلكتروليتا .

2- ذوبان كلورور الصوديوم الصلب في الماء :

يحدث تأثير بيني بين جزيئات الماء القطبية و الأيونات في البلور مما يجعلها تتفكك فتصبح محاطة بجزيئات الماء نقول انها مميهة نرمز للمحلول $(Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$.

	
إحاطة الأقطاب الموجبة لجزيئات الماء بالأنيونات	إحاطة الأقطاب السالبة لجزيئات الماء بالكاتيونات

معادلة ذبان كلورور الصوديوم تكتب :

$$NaCl_{(s)} \xrightarrow{\text{ماء}} Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

3- ذوبان كلورور الهيدروجين في الماء :

تؤدي التأثيرات البينية لجزيئة الماء مع جزيئة كلورور الهيدروجين الى فك الرابطة التساهمية لجزيئة $H-Cl$ فينتج عن ذلك أيونات الكلورور وأيونات الهيدروجين التي تكون مميهة ، نركز للمحلول ب $(Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$.

معادلة ذوبان كلورور الهيدروجين في الماء :

$$HCl_{(s)} \xrightarrow{\text{ماء}} H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

III-التركيز المولي :

1-التركيز المولي لمحلول :

التركيز المولي لمحلول هو تركيز المذاب ، يعبر عنه ب :

$$C = \frac{n}{V} \quad (mol.L^{-1} \;;\; mol \;;\; L)$$

حيث : n كمية مادة المذاب في المحلول و V حجم المحلول .

2-التركيز المولي الفعلي للأيونات :

التركيز المولي الفعلي لأيون X في محلول هو :

$$[X] = \frac{n(X)}{V} \quad (mol.L^{-1} \;;\; mol \;;\; L)$$

-ما الفرق بين التركيز والتركيز المولي الفعلي ؟

مثال محلول كبريتات الحديد III $Fe_2(SO_4)_3$ تركيزه c

- معادلة الذوبان :

$$Fe_2(SO_4)_3 \xrightarrow{H_2O} 2Fe^{3+}_{(aq)} + 3SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

- التركيز المولي الفعلي للأيونات :

$$\begin{cases} [Fe^{2+}] = 2c \\ [SO_4^{2-}] = 3c \end{cases}$$

3-العلاقة بين التركيز الكتلي والتركيز المولي :

التركيز الكتلي c_m يكتب :

$$c_m = \frac{m}{V} \quad (g.L^{-1} \;;\; g \;;\; L)$$

$$c_m = \frac{n.M}{V}$$

$$c_m = c.M \quad (g.L^{-1} \;;\; mol.L^{-1} \;;\; g.mol^{-1})$$

تتبع تحول كيميائي
Suivi d'une transformation chimique

I –التقدم اللأقصى لتفاعل كيميائي

1-تجربة :

نضيف إلى حجم $V_1 = 20mL$ من محلول S_1 لنترات الكالسيوم $(Ca^{2+}_{aq} + 2NO^{-}_{3\,aq})$ تركيزه $C_1 = 0.2\ mol/L$,

حجما $V_2 = 15mL$ من محلول S_2 لفوسفات الصوديوم $(3Na^{+}_{aq} + PO^{3-}_{4\,aq})$ تركيزه $C_2 = 0.2\ mol/L$.

يحدث تفاعل و يتكون راسب أبيض هو فوسفات الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$.

معادلة التفاعل :

$$3Ca^{2+}_{(aq)} + 2PO^{3-}_{4\,(aq)} \rightarrow Ca_3(PO_4)_{2\,(s)}$$

2-الجدول الوصفي :

كمية مادة أيونات الكالسيوم البدئية: $n_i(Ca^{2+}) = C_1.V_1 = 4.10^{-3}\ mol = 4\ mmol$

كمية مادة أيونات الفوسفات البدئية: $n_i(PO_4^{3-}) = C_2.V_2 = 3.10^{-3}\ mol = 3\ mmol$

العلاقة بين كميات المدة المتفاعلة وكمية المادة الناتجة هي:

$$\frac{n(Ca^{2+})}{3} = \frac{n(PO_4^{2-})}{2} = \frac{n(Ca_3(PO_4)_2)}{3} = x$$

يسمى x تقدم التفاعل و يسمح بتحديد كميات المادة للمتفاعلات و النواتج.

الجدول الوصفي لتقدم التفاعل :

$3Ca^{2+}_{(aq)} + 2PO^{3-}_{4\,(aq)} \rightarrow Ca_3(PO_4)_{2\,(s)}$			معادلة التفاعل	
كميات المادة ب $(mmol)$			تقدم التفاعل	حالة المجموعة
4	3	0	0	الحالة البدئية
$4-3x$	$3-2x$	x	x	خلال التحول
$4-3x_{max}$	$3-2x_{max}$	x_{max}	x_{max}	الحالة النهائية

3-التقدم الأقصى والمتفاعل المحد :

تعريف :

نسمي المتفاعل المحد, المتفاعل الذي يختفي أولا و يسبب بذلك في توقف التفاعل و يأخذ x عند نهاية التفاعل قيمته القصوية, تسمى التقدم الأقصى x_{max}.

تطبيق :

نعتبر أيونات الكالسيوم المتفاعل المحد يكون: $4 - 3x_{1max} = 0$ و بذلك: $x_{1max} = 1.33\ mmol$

نعتبر أيونات الفوسفات المتفاعل المحد يكون: $3 - 2x_{2max} = 0$ و بذلك: $x_{2max} = 1.5\ mmol$

يوافق التقدم الأقصى أصغر قيمة و بذلك $x_{max} = 1.33\ mmol$ و المتفاعل المحد هو: Ca^{2+}.

4-الخليط الستوكيومتري :

تعريف :

يكون الخليط البدئي التفاعلي استوكيومتريا, إذا كانت كميات مادة المتفاعلات متوفرة حسب المعاملات الستوكيومترية لمعادلة التفاعل, تختفي في هذه الحالة جميع المتفاعلات عند نهاية التفاعل.

تطبيق :

حدد V' حجم محلول فوسفات الصوديوم اللازم إضافته ليكون الخليط السابق ستوكيومتريا.

$$\frac{n_i(Ca^{2+})}{3} = \frac{n_i'(PO_4^{3-})}{2} = x_{max}$$

ومنه : $n_i' - 2\,x_{max} = 0$ و منه: $n_i' = 2\,x_{max} = 2.66\ mmol$

الحجم اللازم 'V هو:

$$n'_i = c_2.V' \Rightarrow V' = \frac{n'_i}{c_2} \Rightarrow V' = \frac{2,66}{0,2} = 13,3\,mL$$

II –تحديد ضغط الغاز الناتج عن تفاعل كيميائي

1-تجربة :

ندخل في حوجلة حجمها $V = 500\,mL$, تحتوي على $10\,mL$ من محلول حمض الكلوريدريك تركيزه $C = 2\,mol.L^{-1}$, كتلة $m = 0,2\,g$ من مسحوق الزنك . نغلق الحوجلة أثناء التفاعل و نقيس الضغط داخلها.
الضغط البدئي في الحوجلة هو الضغط الجوي $P_0 = 1025\ hPa$.

معادلة التفاعل:

$$Zn_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$$

كمية مادة الزنك البدئية: $n_i(Zn) = \frac{m}{M(Zn)} = \frac{0,2}{65,4} = 3.10^{-3}\ mol$

كمية مادة H^+ البدئية: $n_i(H^+) = C.V = 2 \times 10.10^{-3} = 2.10^{-2}\ mol$

أ-الجدول الوصفي لتقدم التفاعل :

$Zn_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$				معادلة التفاعل	
كميات المادة ب $(mmol)$				تقدم التفاعل	حالة المجموعة
3	20	0	0	0	الحالة البدئية
$3-x$	$20-2x$	x	x	x	خلال التحول
$3-x_{max}$	$20-2x_{max}$	x_{max}	x_{max}	x_{max}	الحالة النهائية

ب-تحديد المتفاعل المحد والتقدم الأقصى :

ليكن Zn هو المتفاعل المحد فإن : $n_f(Zn) = 3 - x_{max}(Zn) = 0$ أي: $x_{max}(Zn) = 3\,mmol$

ليكن H^+هو المتفاعل المحد فإن : $n_f(H^+) = 20 - 2x_{max}(H^+) = 0$ أي: $x_{max}(H^+) = 10\,mmol$

بما أن : $x_{max}(Zn) < x_{max}(H^+)$ فإن المتفاعل المحد هو Zn والتقدم الاقصى هو $x_{max} = 3\,mmol$

ج-استنتاج $V_f(H_2)$ الحجم النهائي لغاز ثنائي الهيدروجين :

لدينا :

$$V_f(H_2) = n_f(H_2).V_m = x_{max}.V_m \Rightarrow V_f(H_2) = 3.10^{-3} \times 24 = 7{,}2.10^{-2}\ L = 72\ mL$$

د-حصيلة المادة في الحالة النهائية :

$$n_f(Zn^{2+}) = n_f(H_2) = x_{max} = 3\ mmol \quad ، \quad n_f(H^+) = 20 - 2x_{max} = 14\ mmol \quad ، \quad n_f(Zn) = 0$$

2-تحديد ضغط الغاز الناتج عن التجربة في الحالة النهاية :

يشغل غاز H_2 الحجم المتبقي من الحوجلة ويساوي : $V(H_2) = 500 - 10 = 490\ mL = 490.10^{-6}\ m^3$

معادلة الحالة للغزات الكاملة تكتب :

$$P.V(H_2) = n_f(H_2).R.T \Rightarrow P = \frac{n_f(H_2).R.T}{V(H_2)} \Rightarrow P(H_2) = \frac{3.10^{-3} \times 8{,}314 \times (20 + 273)}{490.10^{-6}} = 14914\ Pa$$

الضغط النهائي داخل الحوجلة هو :

$$P_f = P(H_2) + P_{atm} = 14914 + 1038.10^2\ hPa = 118714\ Pa$$

قياس المواصلة

I-انتقال الأيونات

تجربة :

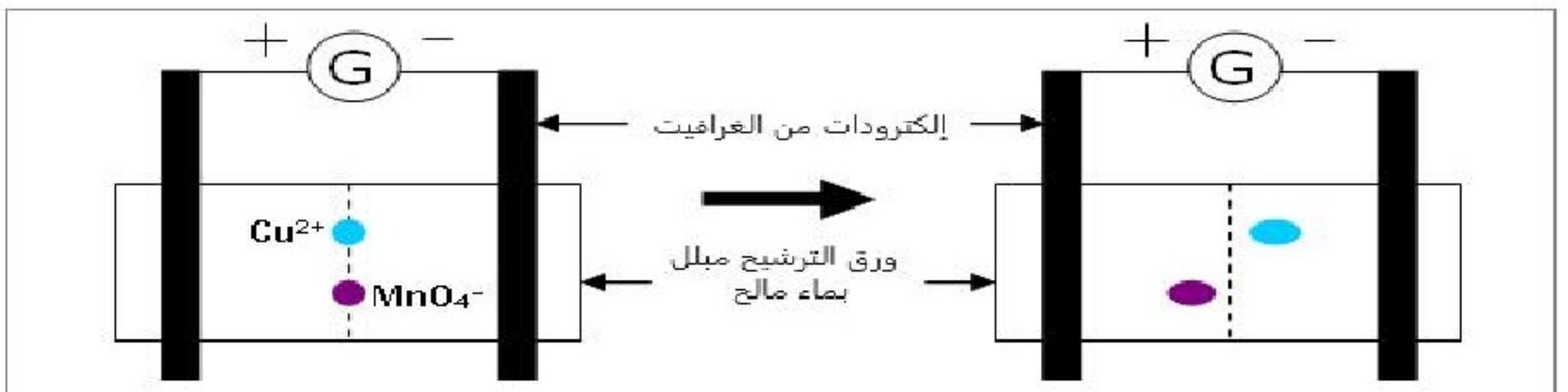
نربط طرفي قطعة ورق ترشيح مبلل بمحلول كلورور البوتاسيوم, بمولد لتوتر مستمر $E=24V$. نضع قليلا من خليط لبلورات كبريتات النحاس II $CuSO_4$ و ثنائي كرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$.

ملاحظة :

ظهور اللون البرتقالي المميز لأيونات ثنائي كرومات جهة الأنود (+) و اللون الأزرق المميز لأيونات النحاس جهة الكاتود (-).

استنتاج :

يرافق مرو التيار الكهربائي في محلول إلكتروليتي انتقال مزدوج للأيونات ، تنتقل الكاتيونات في المنحى الإصطلاحي للتيار الكهربائي و تنتقل الأنيونات في المنحى المعاكس.



هجرة أيونات البرمنغنات MnO_4^- و أيونات النحاس II Cu^{2+}

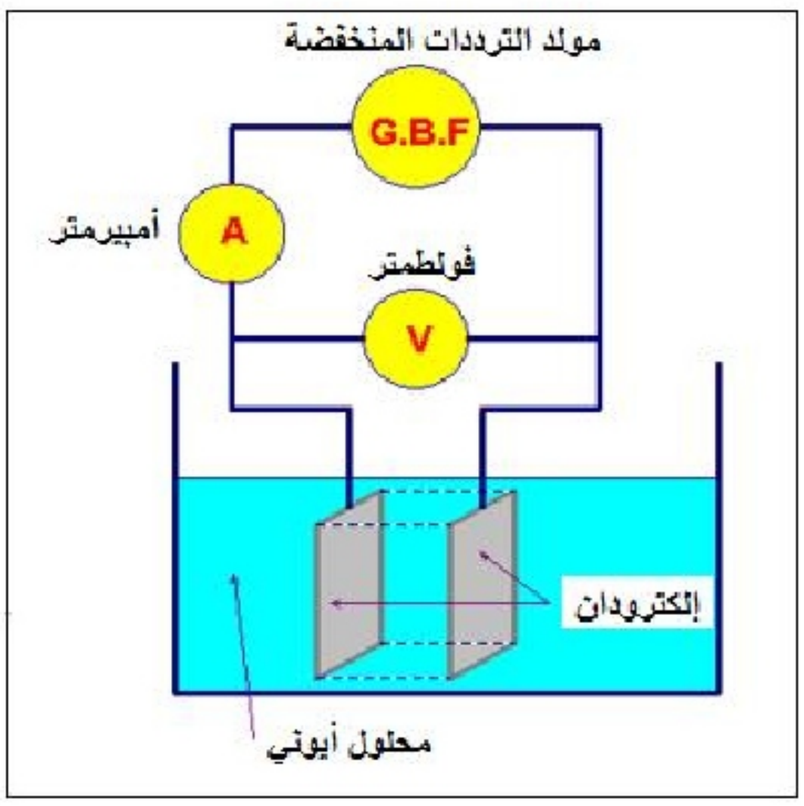
II-مواصلة محلول أيوني

1-تجربة :

نغمر صفيحتين فلزيتين متوازيتين لهما نفس الأبعاد في محلول لكلورور الصوديوم $(Na^+_{aq}+Cl^-_{aq})$, و نصلهما بمولد لتيار المتناوب (GBF).

نغير التوتر الفعال بين مربطي الصفيحتين و نقيس في كل مرة القيمة الفعالة لكل من التوتر و شدة التيار.

- النتائج التجريبية :



$U(V)$	0	2,4	6,4	10	14,4
$I(mA)$	0	0,2	0,44	0,8	1,2

- ملاحظة :

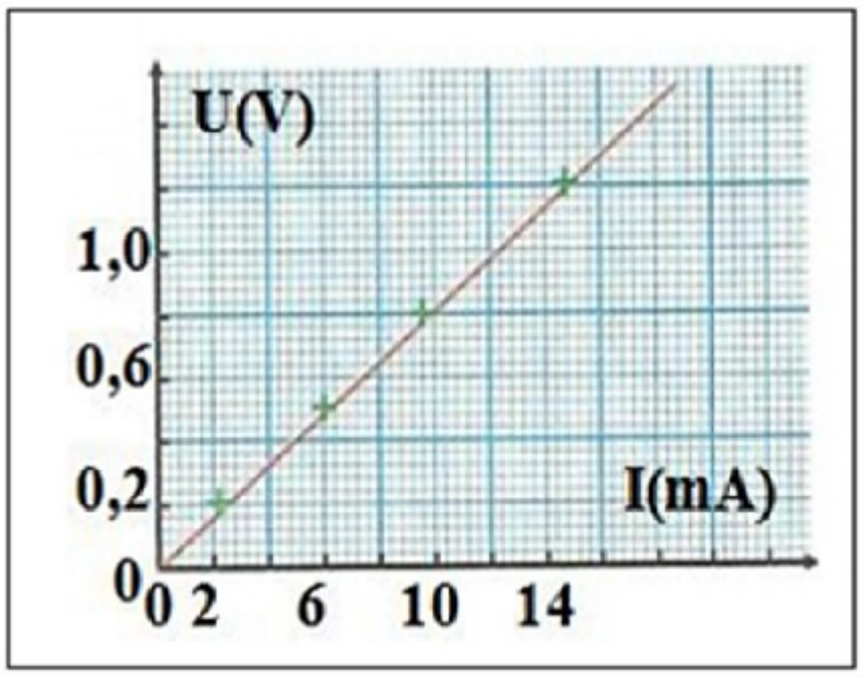
التوتر الفعال بين الصفيحتين متناسب مع شدة التيا الفاعلة المار في المحلول :

نكتب :

$U = R.I$ أو $I = G.U$

حيث R مقاومة الجزء من المحلول بين الصفيحتين وحدتها الأوم (Ω)

و G مواصلة هذا الجزء وحدتها السييمنس (S)



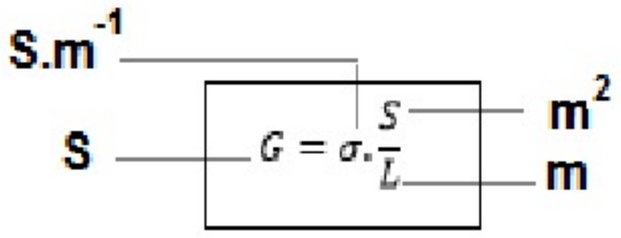
2-تأثير أبعاد خلية قياس المواصلة :

نعيد التجربة السابقة في الحالتين :

- نبقي المسافة L بين الصفيحتين ثابتة و نغير المساحة المغمورة منها, نسجل قيمة الموصلة G.
- نبقي المساحة S المغمورة من الصفيحتين ثابتة و نغير المسافة L بينهما, نسجل قيمة الموصلة G.

ملاحظات :

المواصلة G لجزء من محلول إلكتروليتي بين الصفيحتين تتناسب اطرادا مع مساحة لصحيفتي خلية المواصلة وتتناسب عكسيا مع المسافة L الفاصلة بينهما :



معامل التناسب σ يميز طبيعة المحلول ويسمى موصلية المحلول وحدته هي $S.m^{-1}$.

ملحوظة :

العلاقة بين المواصلة و الموصلية تكتب : $G = \sigma.K$ حيث : K ثابتة الخلية تعبيرها : $K = \frac{S}{L}$ وحدتها m .

III-الموصلية المولية الأيونية

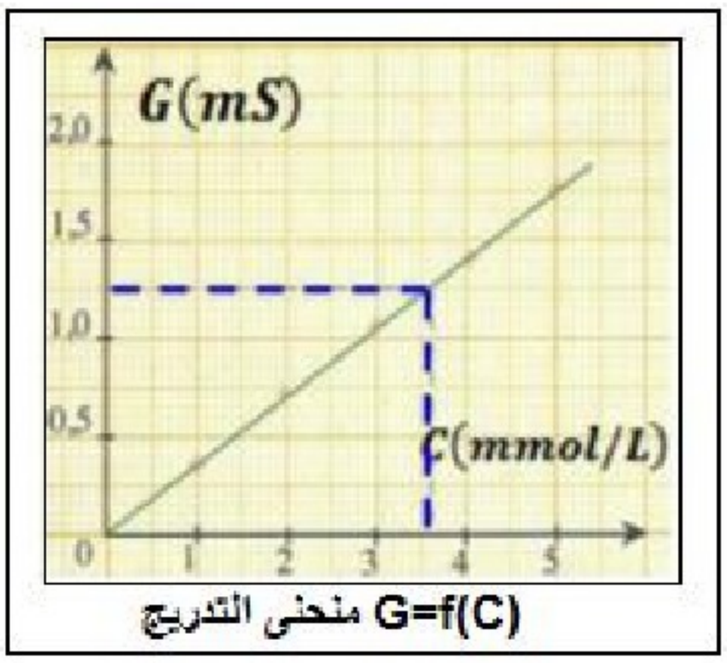
1-تأثير تركيز المحلول على المواصلة :

-تجربة :

بتخفيف محلول لكلورور الصوديوم تركيزه $C_0 = 50\ mmol/L$, نحضر ست محاليل تراكيزها مختلفة, بتثبيت كل العوامل الأخرى المؤثرة, نقيس مواصلة كل محلول على حدة.

النتائج التجريبية :

5	4	3	2	1	$C(mmol.L^{-1})$
1,75	1,40	1,05	0,70	0,35	$G(mS)$



منحنى التدريج G=f(C)

ملاحظة : المواصلة تتناسب اطرادا مع تركيز المحلول .

خلاصة : مواصة محلول تركيزه C يعبر عنها ب : $G = cte.C$

2-الموصلية المولية الأيونية :

موصلية محلول أيوني تساوي مجموع موصليات الأيونات المكونة له (أنيونات وكاتيونات) : $\sigma = \sum \sigma_i$

باعتبار موصلية الأيونات تتناسب مع تراكيزها المولية ، نستنتج العلاقة التالية :

$$S.m^{-1} \text{ ـــ } \sigma = \sum \lambda_i . [X_i] \text{ ـــ } S.m^2.mol^{-1} \text{ ـــ } mol.m^{-3}$$

تسمى λ_i الموصلية المولية الأيونية للأيون X_i وحدتها $S.m^2.mol^{-1}$ وهي تتعلق بطبيعة الايون وبدرجة الحرارة .

3-تطبيق :

نعتبر محلولا مائيا لكلوور الصوديوم تركيزه $c = 2{,}0.10^{-2} mol.L^{-1}$.

حدد σ موصلية هذا المحلول .

حسب معادلة ذوبان كلورور الصوديوم في الماء : $NaCl_{(s)} \xrightarrow{\text{ماء}} Na^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$

لدينا : $c = [Na^+] = [Cl^-]$

حسب تعبير موصلية المحلول : $\sigma = \lambda_{Na^+}.[Na^+] + \lambda_{Cl^-}.[Cl^-] = c(\lambda_{Na^+} + \lambda_{Cl^-})$

تطبيق عددي :

$\lambda_{Na^+} = 5{,}0.10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$ و $\lambda_{Cl^-} = 7{,}6.10^{-3}\ S.m^2.mol^{-1}$

تحويل التركيز من الوحدة $mol.L^1$ الى الوحدة $mol.m^{-3}$

$$c = 2{,}0.10^{-2} mol.L^{-1} = 2{,}0.10^{-2} \times 10^3 mol.m^{-3} = 2{,}0.10^1\ mol.m^{-3}$$

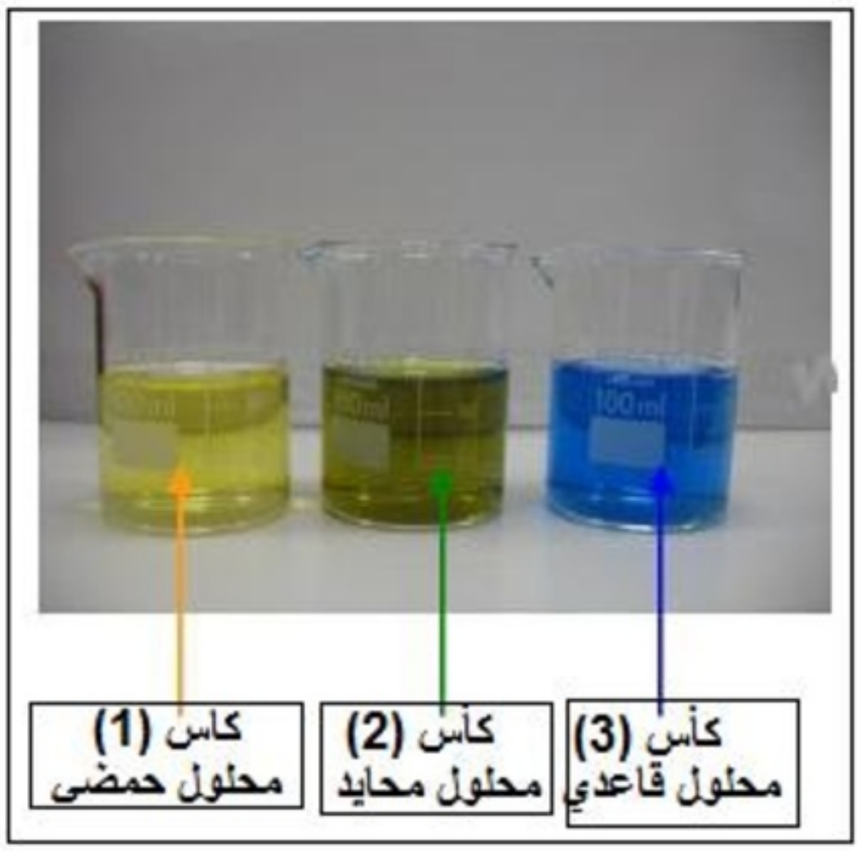
$$\sigma = 2{,}0.10^1 \times (5{,}0.10^{-3} + 7{,}6.10^{-3}) \Longrightarrow \sigma = 2{,}5.10^1\ \ S.m^{-1}$$

التفاعلات حمض-قاعدة
les réactions acido – basiques

I-التفاعلات حمض-قاعدة

1-تجربة :

نضع في ثلاث كؤوس 1, 2, 3 قطرات من أزرق البروموتيمول و نظيف إليها ماء مقطر.
نضيف إلى الكأس 1 قليلا من حمض الكلوريدريك, في حين نضيف إلى الكأس 3 قليلا من هيدروكسيد الصوديوم.



ملاحظة :

يأخذ المحلول في الكأس 2 لونا أخضرا في حين يأخذ في الكأسين 1 و 3 على التوالي اللونين الأصفر و الأزرق.

استنتاج :

يحتوي أزرق البروموتيمول على نوعين كيميائيين هما الجزيئات HIn و تتميز بلون أصفر و الأيونات In^- تتميز بلون أزرق مما يجعل لونه أخضرا.

- في الكأس 1 : يحتوي محلول حمض الكلوريدريك $(H_3O^+ + Cl^-)$ على أيونات الأوكسونيوم التي تتفاعل مع أيونات أزرق البروموتيمول In^- مما ينتج عنه تكون النوع HIn فيأخذ المحلول لونا أصفرا .

معادلة التفاعل :

$$In^- + H_3O^+ \longrightarrow HIn + H_2O$$

- في الكأس 3 : يحتوي محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+ + HO^-)$ على أيونات الهيدروكسيد التي تتفاعل مع جزيئات أزرق البروموتيمول HIn مما ينتج عنه تكون النوع In^- فيأخذ المحلول لونا أزرقا .

معادلة التفاعل:

$$HIn + HO^- \longrightarrow In^- + H_2O$$

ملحوظة :

خلال كل من التفاعلين السابقين تم تبادل بروتون H^+ بين نوعين كيميائيين .

تعريف :

نسمي تفاعل حمض-قاعدة ، كل تفاعل يحدث خلاله انتقال بروتون بين متفاعلين .

2-أمثلة :

- ❖ معادلة التفاعل بين محلول كلورور الأمونيوم $(NH_{4\,(aq)}^+ + Cl_{(aq)}^-)$ ومحلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na_{(aq)}^+ + HO_{(aq)}^-)$ علما أن الأيونات Cl^- و Na^+ لا تتفاعل (أيونات غير نشيطة) .

$$NH_{4\,(aq)}^+ + HO_{(aq)}^- \longrightarrow NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$

❖ معادلة التفاعل بين محلول حمض الميثانويك $HCOOH_{(aq)}$ و محلول الأمونياك $NH_{3(aq)}$:

$$\boldsymbol{HCOOH_{(aq)} + NH_{3(aq)} \longrightarrow HCOO^{-}_{(aq)} + NH^{+}_{4(aq)}}$$

II –الأحمض والقواعد حسب برونشتيد

1-الحمض حسب برونشتيد :

نسمي حمض برونشتيد كل نوع كيميائي قادر على فقدان بروتون H^+ واحد على الاقل .

أمثلة :

- أيون الأمونيوم NH_4^+ حمض برونشيد : $\boldsymbol{NH_4^+ \longrightarrow NH_3 + H^+}$
- أيون الأوكسونيوم H_3O^+ حمض برونشتيد : $\boldsymbol{H_3O^+ \longrightarrow H_2O + H^+}$
- جزيئة حمض الكيبريتيك H_2SO_4 ثنائي حمض يحرر بروتونين : $\boldsymbol{H_2SO_4 \longrightarrow SO_4^{2-} + 2H^+}$

بصفة عامة خلال تفاعل حمض-قاعدة يفقد الحمض بروتونا نعبر عن هذا التحول بالكتابة : $\boldsymbol{HA \longrightarrow A^- + H^+}$

2-القاعدة حسب برونشيد :

نسمي قاعدة برونشتيد كل نوع كيميائي قادر على اكتساب بروتون واحد على الأقل .

أمثلة :

- أيون الهيدروكسيد HO^- قاعدة حسب برونشتيد : $\boldsymbol{HO^- + H^+ \longrightarrow H_2O}$
- جزيئة الامونياك NH_3 قاعدة حسب برونشتيد : $\boldsymbol{NH_3 + H^+ \longrightarrow NH_4^+}$
- أيون الهيدروجينوكربونات HCO_3^{2-}قاعدة حسب برونشتيد : $\boldsymbol{HCO_3^{2-} \longrightarrow CO_2 + H_2O}$

بصفة عامة خلال تفاعل حمض-قاعدة تكتسب القاعدة بروتونا نعبر عن هذا التحول بالكتابة : $\boldsymbol{B + H^+ \longrightarrow BH^+}$

3-الأمفوليتات :

الأمفوليت هو نوع كيميائي يلعب دور الحمض في مزدوجة ودور القاعدة في مزدوجة أخرى .

مثال :

جزيئة الماء H_2O تعتبر أمفوليت لأنها تلعب دور قاعدة في المزدوجة $H_3O^+_{(aq)}/H_2O_{(l)}$ ودور حمض في المزدوجة $H_2O_{(l)}/HO^-_{(aq)}$

III-المزدوجات حمض -قاعدة :

تتكون مزدوجة قاعدة/حمض التي نرمز لها ب HA/A^- من حمض HA وقاعدة مرافقة A^- مرتبطان بنصف المعادلة البروتونية التالية : $HA \rightleftarrows A^- + H^+$

أمثلة :

اسم الحمض	اسم القاعدة	المزدوجة قاعدة/حمض	نصف معادلة المزدوجة
حمض الإيثانويك	أيون الإيثانوات	$CH_3COOH_{(aq)}/CH_3COO^-_{(aq)}$	$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftarrows CH_3COO^-_{(aq)} + H^+$
أيون الأمونيوم	الأمونياك	$NH^+_{4(aq)}/NH_{3(aq)}$	$NH^+_{4(aq)} \rightleftarrows NH_{3(aq)} + H^+$
أيون الأوكسونيوم	الماء	$H_3O^+_{(aq)}/H_2O_{(l)}$	$H_3O^+_{(aq)} \rightleftarrows H_2O_{(l)} + H^+$

تعريف :

التفاعل حمض-قاعدة هو عبارة عن انتقال بروتون من حمض AH ينتمي الى المزدوجة HA/A^- الى قاعدة B تنتمي الى المزدوجة BH^+/B .

المعادلة الكيميائية :

-نصف معادلة المزدوجة HA/A : $AH \rightleftarrows A^- + H^+$

-نصف معادلة المزدوجة BH^+/B : $B + H^+ \rightleftarrows BH^+$

-المعادلة الحصيلة للتفاعل : $AH + B \longrightarrow A^- + BH^+$

تطبيق :

تفاعل غاز كلورور الهيدروجين $HCl_{(g)}$ مع غاز الأمونياك $NH_{3(g)}$	تفاعل محلول كلورو الأمونيوم $(NH^+_{4(aq)} + Cl^-_{(aq)})$ مع محلول هيدروكسيد الصوديوم $(Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)})$
المتفاعلان هما : $HCl_{(g)}$ و $NH_{3(g)}$	المتفاعلان هما : $NH^+_{4(aq)}$ و $HO^-_{(aq)}$
المزدوجتان المتدخلتان هما : HCl/Cl^- و NH_4^+/NH_3	المزدوجتان المتدخلتان هما : NH_4^+/NH_3 و H_2O/HO^-
نصفي المعادلتين : $HCl_{(g)} \rightleftarrows Cl^- + H^+$ $NH_3 + H^+ \rightleftarrows NH_4^+$	نصفي المعادلتين : $NH^+_{4(aq)} \rightleftarrows NH_{3(aq)} + H^+$ $HO^-_{(aq)} + H^+ \rightleftarrows H_2O_{(l)}$
المعادلة الحصيلة : $HCl_{(g)} + NH_{3(g)} \longrightarrow (NH_4^+ + Cl^-)_{(s)}$	المعادلة الحصيلة : $NH^+_{4(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightleftarrows NH_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$

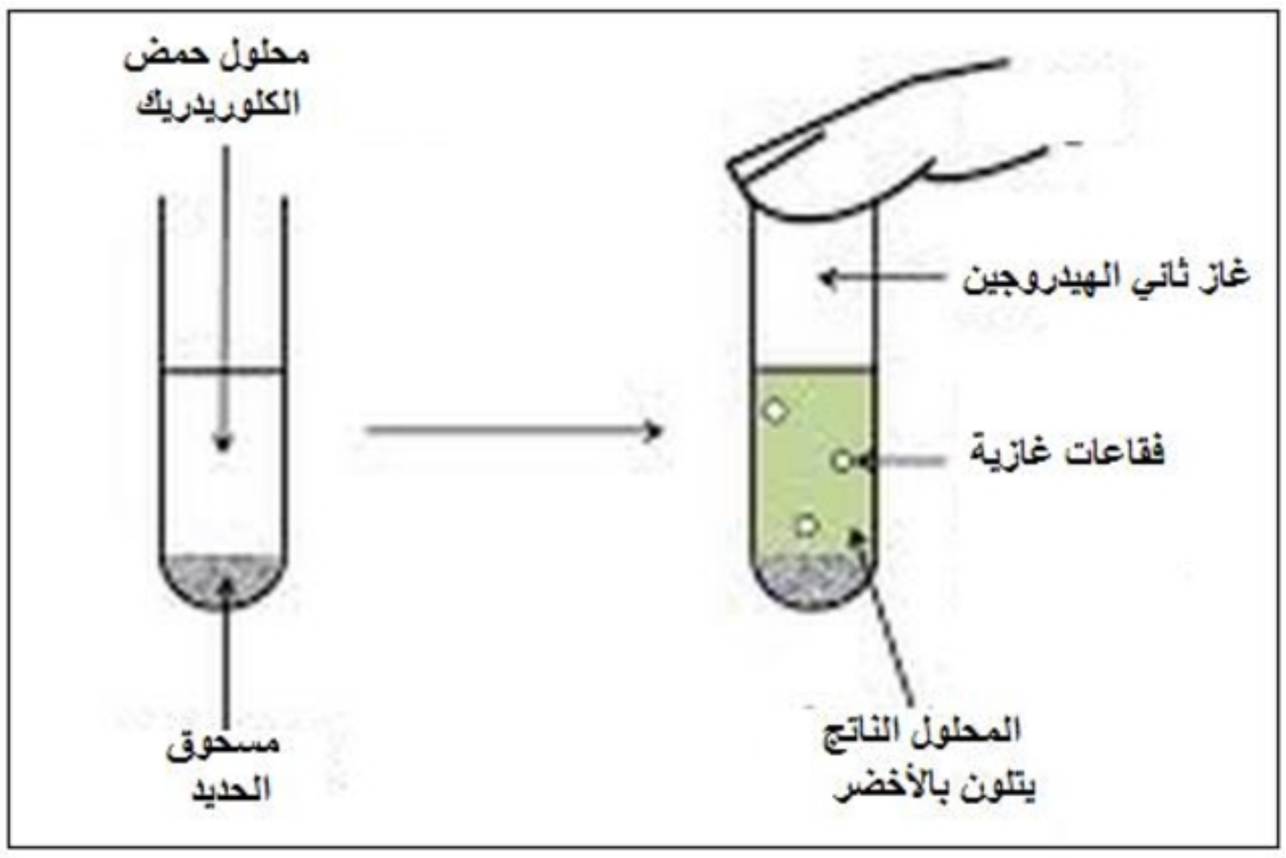
تفاعلات الأكسدة –اختزال

Les réactions d'oxydo – réduction

I- التفاعل أكسدة-اختزال

1-تجربة

نصب في أنبوب اختبار قليل من محلول حمض الكلوريدريك $(H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$، نضيف له برادة حديد.



ملاحظات :

- تكون غاز قابل للاشتعال هو غاز ثنائي الهيدروجين H_2.
- اختفاء الحديد و تكون أيونات الحديد II ، يمكن الكشف عنها باستعمال محلول الصودا، بحيث يتكون راسب أخضر هو هيدروكسيد الحديد II.

استنتاج :

حدث تفاعل بين أيونات الأوكسونيوم و فلز الحديد حسب المعادلة:

$$Fe_{(s)} + 2H^+_{(aq)} \longrightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)}$$

- أثناء التفاعل فقد فلز الحديد إلكترونات نعبر عن هذا التحول بالمعادلة:

$$Fe_{(s)} \longrightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$

- الإلكترونات لا تكون حرة في المحلول بل تكتسبها البروتونات المميهة و نعبر عن هذا التحول بالكتابة:

$$2H^+_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow H_{2(g)}$$

تعريف :

تفاعل أكسدة-اختزال هو تفاعل كيميائي يتم خلاله تبادل إلكترونات بين متفاعلين .

2-أمثلة :

-يحدث تفاعل بين محلول كبريتات النحاس II $(Cu^{2+} + SO_4^{2-})$ مع فلز الزنك Zn ، فينتج عنه تكون أيونات الزنك Zn^{2+} و فلز النحاس Cu .

معدلة التفاعل :

$$\boldsymbol{Zn_{(s)} + Cu^{2+}_{(aq)} \longrightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + Cu_{(s)}}$$

-يتفاعل فلز النحاس Cu مع نترات الفضة $(Ag^+ + NO_3^-)$ فينتج عنه تكون فلز الفضة Ag و أيونات النحاس II (Cu^{2+})

معادلة التفاعل :

$$\boldsymbol{Cu_{(s)} + 2Ag^{+}_{(aq)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2Ag_{(s)}}$$

II-المزدوجة مؤكسد-مختزل :

1-تعاريف :

الأكسدة هي فقدان لإلكترونات من طرف نوع كيميائي خلال تفاعل ما .

الأختزال هو اكتساب لإلكترونات من طرف نوع كيبائي خلال تفاعل ما .

المؤكسد نوع كيميائي قادر على اكتساب إلكترون أو أكثر .

المختزل نوع كيميائي قادر على فقدان إلكترون أو أكثر .

2-مزدوجة مؤكسد مختزل :

مثال :

تختزل أيونات النحاس عند تفاعلها مع فلز الزنك حسب نصف المعادلة: $Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \longrightarrow Cu_{(s)}$

يتأكسد فلز النحاس عند تفاعله مع أيونات الفضة حسب نصف المعادلة: $Cu_{(s)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^-$

يمكن لهذا التحول أن يحدث في الاتجاهين معا, نقول أن النوعين Cu و Cu^{2+} يكونان مزدوجة مختزل / مؤكسد نرمز لها ب : $\boldsymbol{Cu^{2+}/Cu}$ ونصف معادلتها الإلكترونية تكتب : $\boldsymbol{Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftarrows Cu_{(s)}}$

تعريف :

تتكون مزدوجة مختزل/مؤكسد رمزها Ox/Red من مؤكسد Ox و مختزل Red مرافق مرتبطان بنصف المعادلة الإلكترونية : $Ox + ne^- \rightleftarrows Red$

أمثلة :

المزدوجة	نصف معادلتها الإلكترونية	اسم المختزل	اسم المؤكسد
$Fe^{3+}{}_{(aq)}/Fe^{2+}{}_{(aq)}$	$Fe^{3+}{}_{(aq)} + e^- \rightleftarrows Fe^{2+}{}_{(aq)}$	أيون الحديد II	أيون الحديد III
Ag^+/Ag	$Ag^+{}_{(aq)} + e^- \rightleftarrows Ag_{(s)}$	فلز الفضة	أيون الفضة
$I_{2(aq)}/I^-{}_{(aq)}$	$I_{2(aq)} + 2e^- \rightleftarrows I^-{}_{(aq)}$	أيون اليودور	ثنائي اليود
$Al^{3+}{}_{(aq)}/Al_{(s)}$	$Al^{3+}{}_{(aq)} + 2e^- \rightleftarrows Al_{(s)}$	أيون الألومنيوم	فلز الألومنيوم

III-تعميم : التفاعل بين أيونات في محلول مائي :

تجربة :

نصب في أنبوب اختبار قليل من محلول كبريتات الحديد II ($Fe^{2+} + SO_4^{2-}$), محمض بحمض الكبريتيك. نضيف إلى الأنبوب قطرة قطرة محلول برمنغنات البوتاسيوم ($K^+ + MnO_4^-$).

ملاحظة :

يفقد محلول برمنغنات البوتاسيوم لونه البنفسجي مما يدل على اختفاء أيونات البرمنغنات MnO_4^- و تكون أيونات المنغنيز Mn^{2+} العديمة اللون .

استنتاج :

- تتحول أيونات الحديد II Fe^{2+} إلى أيونات الحديد III Fe^{3+} :
نصف معادلة الأكسدة :

$$Fe^{2+} \rightleftarrows Fe^{3+} + e^-$$

- تتحول أيونات البرمنغنات MnO_4^- إلى أيونات المنغنيز Mn^{2+} :
نصف معادلة الإختزال :

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightleftarrows Mn^{2+} + 4H_2O$$

- نستنتج المعادلة الحصيلة بجمع نصفي المعادلتين الإلكترونيتين مع إقصاء الإلكترونات :

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5Fe^{2+} \rightleftarrows Mn^{2+} + 5Fe^{3+} + 4H_2O$$

المعايرات المباشرة
Les dosages directs

I- مبدأ المعايرة :

1-تعريف :

- معايرة نوع كيميائي في محلول هي تحديد تركيزه المولي في هذا المحلول . وذلك بجعله يتفاعل مع نوع كيميائي آخر يكون تركيزه معروفا .
- تتمثل المعايرة المباشرة في إجراء تفاعل بين المحلول المراد معايرته ومحلول يحتوي على النوع المعاير تركيزه معروف .
- يشترط في تفاعل المعايرة أن يكون :
  - سريعا
  - كليا (تاما)
  - وحيدا

2-نقطة التكافؤ :

- يحصل التكافؤ عندما يمزج النوعان المعاير و المعاير بنسب موافقة للمعاملات التناسبية ، حيث يختفي النوعان المتفاعلان معا وكليا .
- تمثل حالة التكافؤ نقطة تحول ابتداء منها تتغير طبيعة المتفاعل المحد :
  - قبل التكافؤ يكون المتفاعل المحد هو النوع المعاير .
  - بعد التكافؤ يصبح المتفاعل المحد هو النوع المعاير .
- تحدد علاقة التكافؤ بإنشاء الجدول الوصفي لتقدم تفاعل المعايرة .

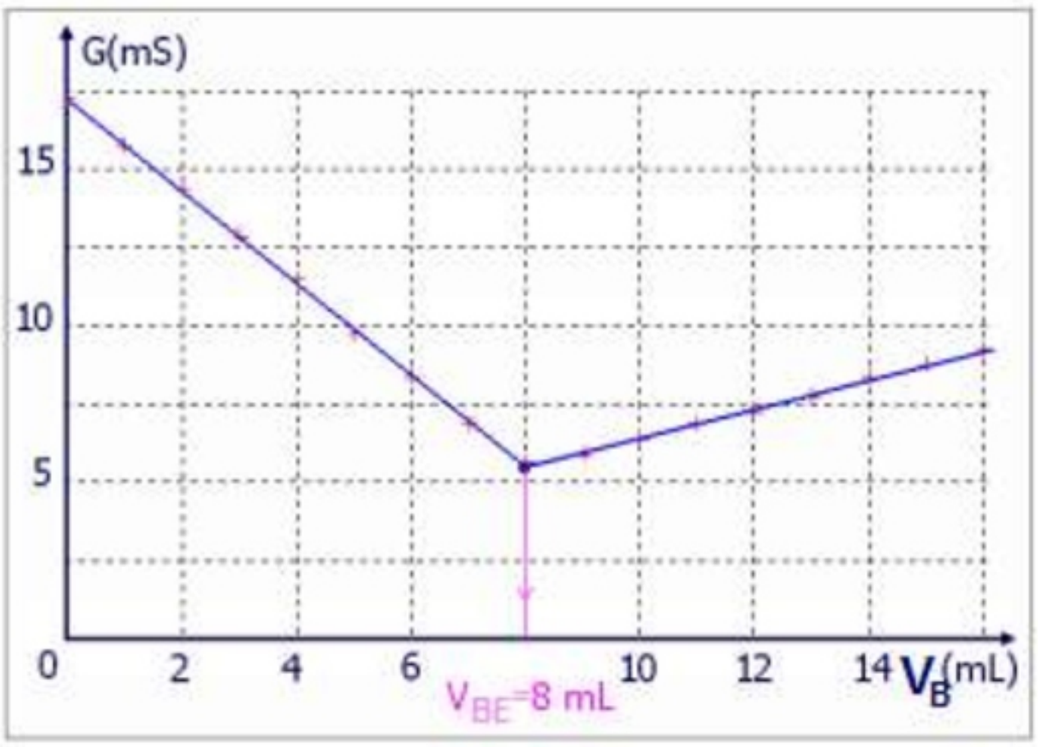
- يمكن تعيين التكافؤ بطرق مختلفة :
  - تغيير لون الخليط المتفاعل .
  - تغيير لون كاشف ملون تمت إضافته مسبقا الى الوسط التفاعلي .
  - استغلال منحنى تطور المواصلة G للوسط التفاعلي .

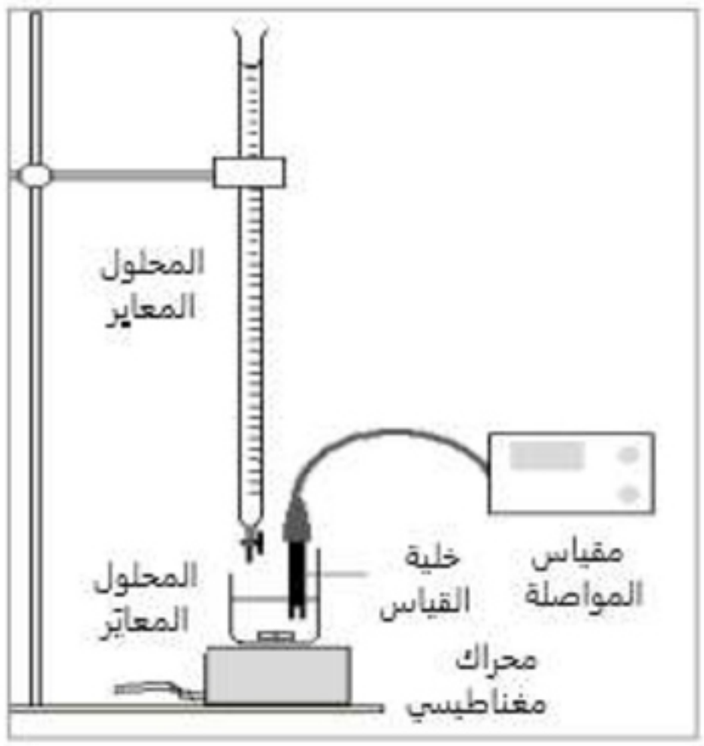
II- معايرة حمض-قاعدة

1-تحليل المنحنى :

- أثناء المعايرة تتفاعل أيونات الهيدروكسيد مع أيونات الأوكسونيوم الموجودة في الكأس فتختفي هذه الأخيرة ، مما يقلص موصلية الخليط, و رغم ازدياد أيونات الصوديوم في الخليط فإن مواصلته G تنقص و السبب أن لها موصلية مولية أيونية ضعيفة مقارنة مع أيونات الأوكسونيوم $\lambda_{Na^+} << \lambda_{H_3O^+}$.

- عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم بإفراط تكون أيونات الأوكسونيوم قد تفاعلت كليا و أيونات الهيدروكسيد التي لم تتفاعل تسبب ازدياد موصلية الخليط من جديد.





2-جدول التقدم :

$H_3O^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \rightarrow H_2O_{(l)}$			معادلة التفاعل	
كميات المادة (mol)			تقدم التفاعل	حالة المجموعة
$C_A.V_A$	$C_B.V_B$	بوفرة	0	الحالة البدئية
$C_A.V_A - x$	$C_B.V_B - x$	بوفرة	x	خلال التحول
$C_A.V_A - x_E$	$C_B.V_B - x_E$	بوفرة	x_E	الحالة النهائية (حالة التكافؤ)

-استنتاج :

- عند التكافؤ تساوي كمية مادة H_3O^+ في الحجم V_A للحمض ، كمية المادة HO^- للقاعدة في الحجم V_{BE} للقاعدة المضاف ،

نكتب : $n_i(H_3O^+) = n_E(HO^-)$ ومنه علاقة التكافؤ تكتب : $C_A.V_A = C_B.V_{BE}$

3-تطبيق :

- تحديد تركيز C_A تركيز المحلول S_A لمحلول حمض الكلوريدريك تركيزه $V_A = 10\ mL$.

نعطي : $C_B = 2.10^{-2}\ mol.L^{-1}$ تركيز المحلول S_B لمحلول هيدروكسيد الصوديوم .

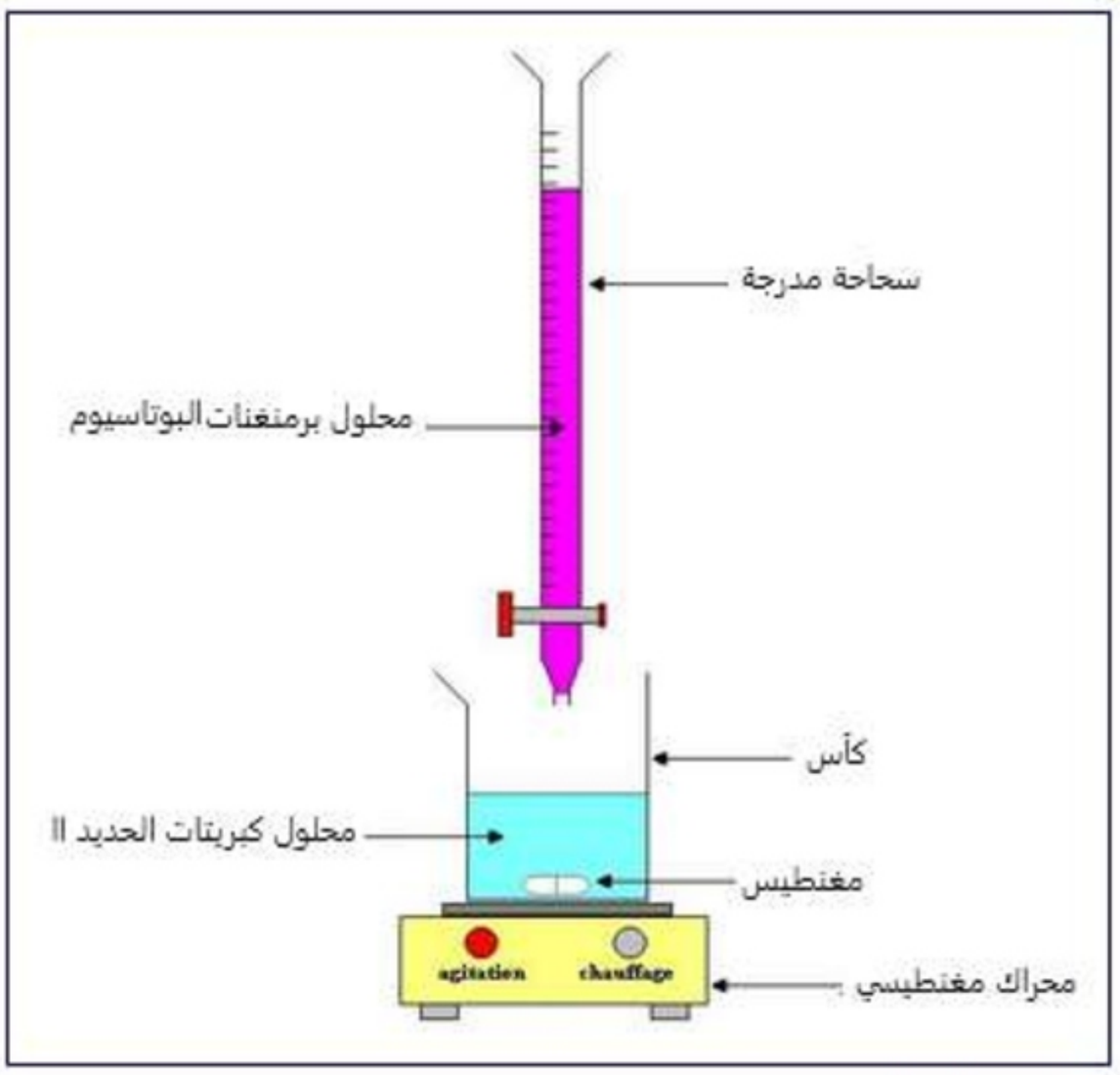
- مبيانيا نقطة التكافؤ توافق أدنى قيمة للمواصلة (تقاطع الجزأين المستقيميين) حيث يستنتج حجم التكافؤ V_{BE} بإسقاط هذه النقطة نجد $V_{BE} = 8\ mL$.

$$C_A.V_A = C_B.V_{BE} \Rightarrow C_A = \frac{C_B.V_{BE}}{V_A} \Rightarrow C_A = \frac{2.10^{-2} \times 8}{10} = 1{,}6.10^{-2}\ mol.L^{-1}$$

II –معايرة أكسدة –اختزال

1-تجربة :

- نصب في كأس , بواسطة ماصة معيارية, حجما $V_{red} = 20\ mL$ من محلول كبريتات الحديد $(Fe^{2+} + SO_4^{2-})$ تركزه $C_{réq}$ مجهول. نضيف قطرات من حمض الكبريتيك المركز, ثم نضع الكأس فوق المحراك المغنطيسي.
- نملأ سحاحة مدرجة بمحلول برمنغنات البوتاسيوم تركيزه معروف $C_{ox} = 2.10^{-2}\ mol.L^{-1}$.
- نضيف, تدريجيا, محلول برمنغنات البوتاسيوم حتى أول قطرة يتحول عندها لون الخليط من أخطر فاتح إلى بنفسجي فاتح (انظر الكؤوس الثلاث) حجم التكافؤ هو $V_{OxE} = 15\ mL$.



2-جدول التقدم :

$MnO_{4\,(aq)}^{-} + 5Fe^{2+}_{(aq)} + 8H^{+}_{(aq)} \rightarrow Mn^{2+}_{(aq)} + 5Fe^{2+}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$						معادلة التفاعل	
كميات المادة ب (mol)						التقدم	حالة المجموعة
$n_i(MnO_4^-)$	$n_i(Fe^{2+})$	بوفرة	0	0	بوفرة	0	البدئية
$n_i(MnO_4^-) - x$	$n_i(Fe^{2+}) - 5x$	بوفرة	x	$5x$	بوفرة	x	خلال التحول
$n_i(MnO_4^-) - x_E$	$n_i(Fe^{2+}) - 5x_E$	بوفرة	x_E	$5x_E$	بوفرة	x_E	النهائية

3-علاقة التكافؤ :

- عند نقطة التكافؤ تختفي كل من أيونات الحديد II (Fe^{2+}) و أيونات البرمنغنات (MnO_4^-) المضافة :

$$n_i(MnO_4^-) - x_E = 0 \quad \text{و} \quad n_i(Fe^{2+}) - 5x_E = 0$$

مع : $n_i(MnO_4^-) = C_{Ox}.V_{Ox.E}$ و $n_i(Fe^{2+}) = C_{Red}.V_{Red}$

نستنتج : $C_{Red}.V_{Red} = 5.C_{Ox}.V_{Ox.E}$

تطبيق عددي :

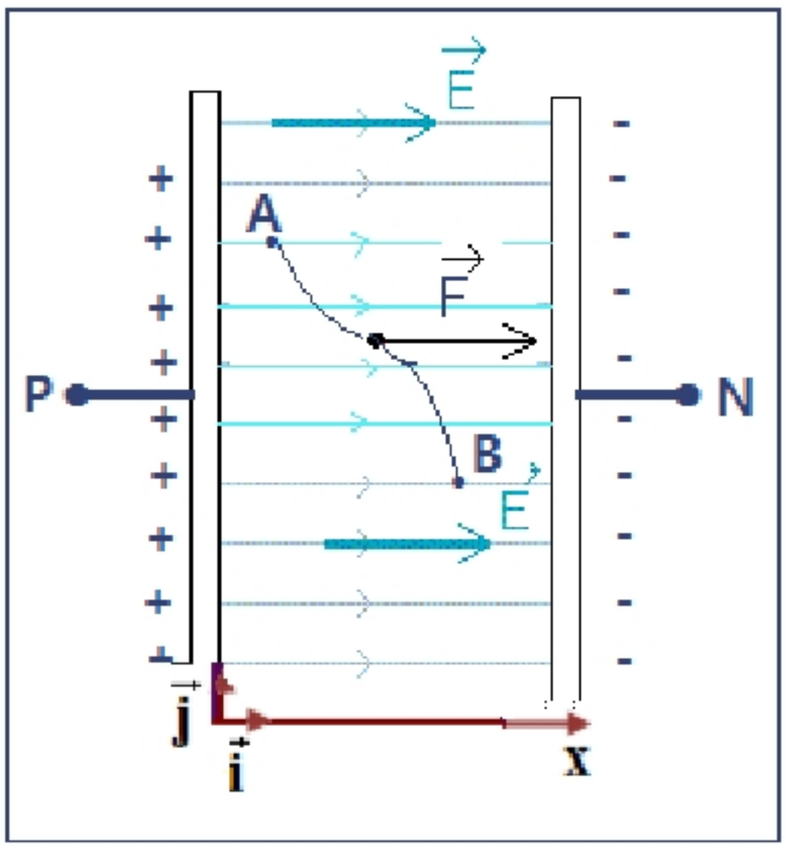
$$C_{Red} = \frac{5.C_{Ox}.V_{Ox.E}}{V_{Red}} \Rightarrow C_{Red} = \frac{5 \times 2 \times 10^{-2} \times 15}{20} = 7{,}5.10^{-2}\ mol.L^{-1}$$

طاقة الوضع الكهرساكنة
energie potentille électrostatique

خاص بالعلوم رياضية

I-شغل قوة كهرساكنة في مجال كهرساكن منتظم :

1-نشاط تجريبي :



تتحرك شحنة q من نقطة A الى نقطة B داخل حيز من الفضاء حيث يوجد مجال كهرساكن منتظم متجهته $\vec{E}$ (أنظر الشكل)

لدراسة حركة الشحنة q نختار معلما متعامدا $(O,\vec{\imath},\vec{\jmath})$ حيث المتجهتين $\vec{\imath}$ و $\vec{E}$ لهما نفس الاتجاه ومنحيان متعاكسان (أنظر الشكل).

$$\vec{E}\begin{vmatrix}-E\\0\end{vmatrix} \qquad \overrightarrow{AB}\begin{vmatrix}x_B-x_A\\y_B-y_A\end{vmatrix}$$

2-شغل القوة الكهرساكنة $\vec{F}$:

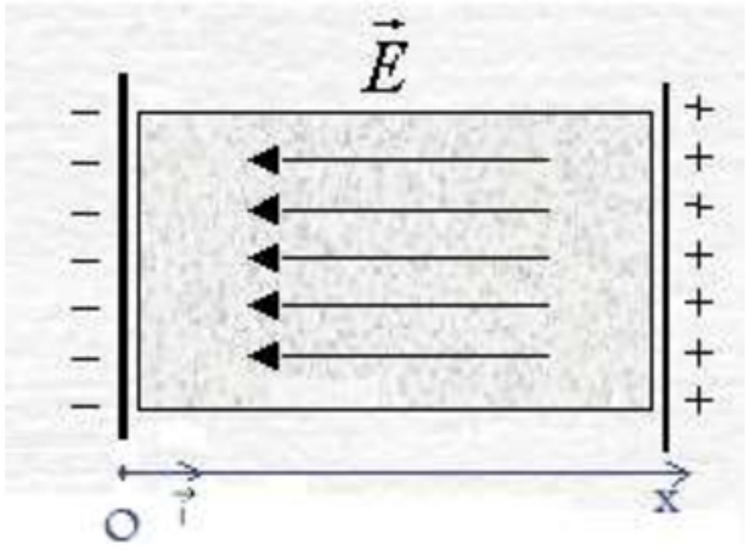
$$\left|\begin{array}{l} W_{A\to B}(\vec{F}) = -qE(x_B-x_A) \\ W_{A\to B}(\vec{F}) = qE(x_B-x_A) \end{array}\right. \longleftarrow \left|\begin{array}{l} W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB} \\ W_{A\to B}(\vec{F}) = q.\vec{E}.\overrightarrow{AB} \end{array}\right.$$

شغل القوة الكهرساكنة المطبقة على شحنة كهربائية في مجال كهرساكن منتظم مستقل عن المسار الذي تسلكه للانتقالها من الموضع البدئي الى الموضع النهائي . نقول إن القوة الكهرساكنة محافظية .

$$W_{i\to f}(\vec{F}) = qE(x_i-x_f)$$

(J) ← $W_{i\to f}(\vec{F})$; q : (C) ; E : (V/m) ; (x_i-x_f) : (m)

II-طاقة الوضع الكهرساكنة :

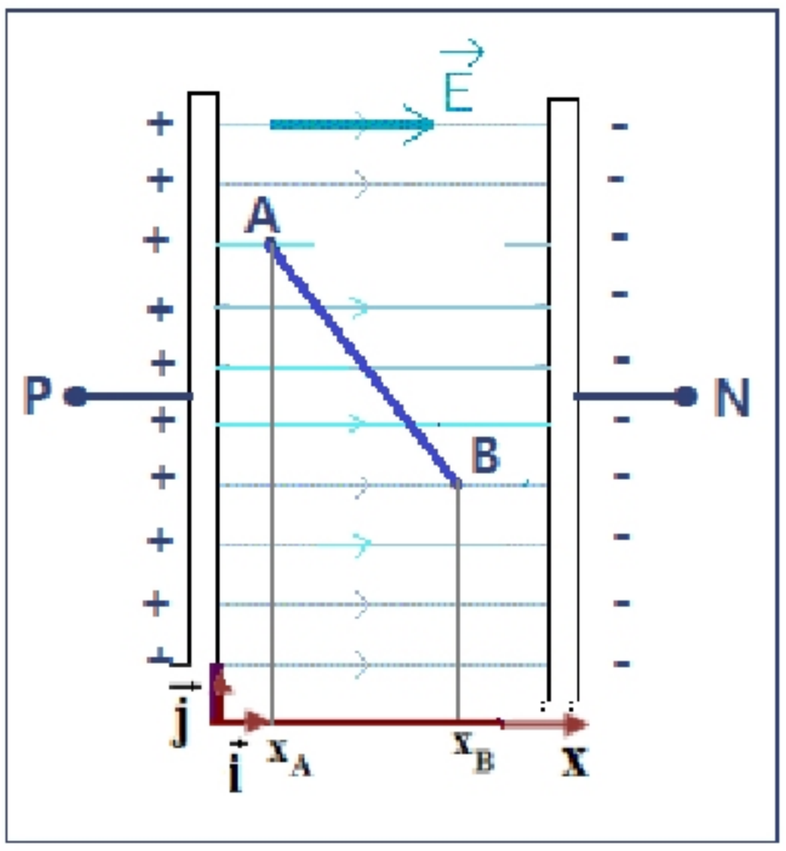


1-تعريف طاقة الوضع الكهرساكنة :

طاقة الوضع الكهرساكنة لشحنة q موجودة في نقطة M من مجال كهرساكن منتظم متجهته $\vec{E}$ يعبر عنها بالعلاقة :

$$E_{pe} = q.E.x + C$$

حيث C ثابتة نحددها باختيار الحالة المرجعية ، عندما نعتبر أصل الجهود الكهرساكنة الصفيحة ذات الجهد الأدنى ، نكتب : $E_{pe} = q.E.x$



2-الجهد الكهرساكن :

الجهد الكهرساكن في نقطة M أفصولها x من مجال كهرساكن هو :

$$V = E.x + V_0$$

V_0 ثابتة نحددها باختيار الحالة المرجعية .

- ✓ الجهد في النقطة A يعبر عنه بالعلاقة : $V_A = E.x_A + V_0$
- ✓ الجهد في النقطة B يعبر عنه بالعلاقة : $V_B = E.x_B + V_0$

3-فرق الجهد الكهرساكن :

نسمي فرق الجهد الكهرساكن بين نقطتين A و B المقدار $(V_B - V_A)$ حيث :

$$V_A - V_B = E.x_A + V_0 - (E.x_B + V_0)$$

$$V_A - V_B = E.(x_A - x_B)$$

ملحوظة :

شغل القوة الكهرساكنة $\vec{F}$ يكتب على الشكل التالي :

$$W_{A \to B}(\vec{F}) = q.E(x_A - x_B)$$

$$W_{A \to B}(\vec{F}) = q(V_A - V_B)$$

بصفة عامة :

شغل القوة الكهرساكنة المطبقة على شحنة q أثناء انتقالها من نقطة A الى نقطة B ، من مجال كهرساكن ، يساوي حاصل جداء الشحنة q و فرق الجهد بين هاتين النقطتين .

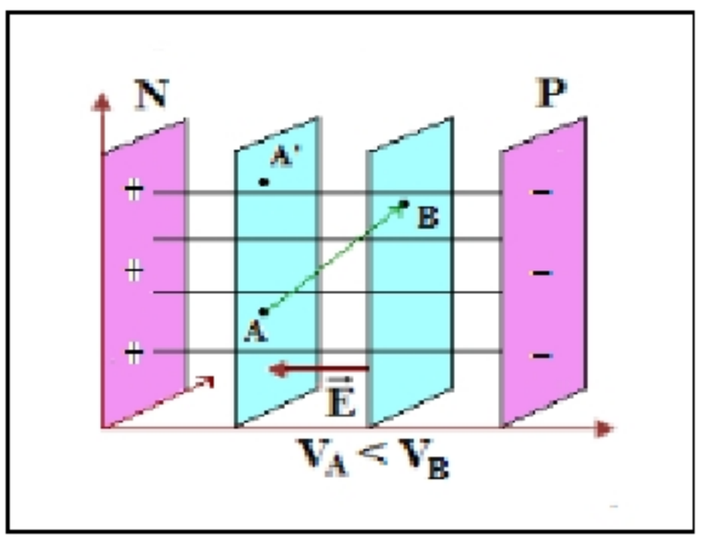
$$\vec{E}.\overrightarrow{AB} = V_A - V_B = U_{AB} \Leftarrow \begin{cases} W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB} \\ W_{A\to B}(\vec{F}) = q\vec{E}.\overrightarrow{AB} \end{cases}$$

حيث : U_{AB} التوتر بين النقطتين A و B .

خلاصة :

يساوي فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين A و B توجدان في حيز من الفضاء به مجال كهرساكن منتظم الجداء السلمي لمتجهة المجال الكهرساكن $\vec{E}$ ومتجهة الانتقال $\overrightarrow{AB}$.

4-المستوى المتساوي الجهد :



نعتبر نقطتان A و A' توجدان على نفس المستوى المتوازي للصفيحتين وهو مستوى عمودي على خطوط الكجال الكهرساكن .

فرق الجهد الكهربائي بين النقطين A و A' يكتب :

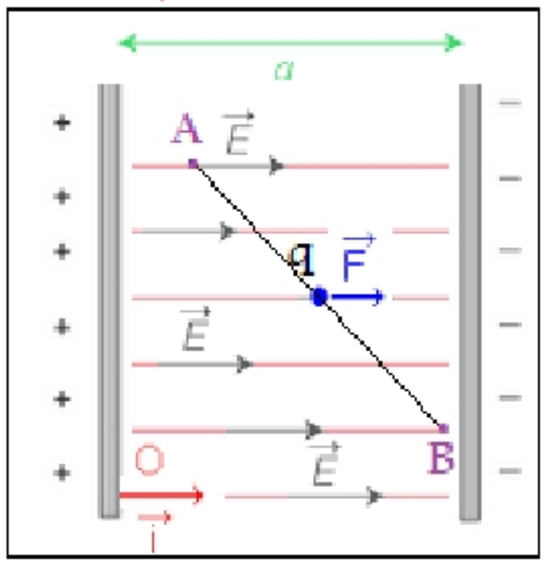
$$V_A - V_{A'} = \vec{E}.\overrightarrow{AA'} = E.AA'\cos\left(\vec{E}.\overrightarrow{AA'}\right)$$

$$V_A - V_{A'} = E.AA'\cos\frac{\pi}{2} = 0$$

$$V_A = V_{A'}$$

كل النقط الموجودة في نفس المستوى العمودي على خطوط المجال لها نفس الجهد ، نسمي هذا المستوى بمستوى متساوي الجهد .

III-انحفاظ الطاقة الكلية لدقيقة مشحونة :



نعتبر دقيقة مشحونة شحنتها q وكتلتها m تنتقل في مجال كهرساكن من نقطة A الى نقطة B .

بتطبق مبرهنة الطاقة الحركية بين A و B على الشحنة q نكتب :

$$\Delta E_{c\ A\to B} = W_{A\to B}(\vec{F}) + W_{A\to B}(\vec{P})$$

نهمل وزن الدقيقة P أمام القوة الكهرساكنة F .

$$\begin{cases} \Delta E_{c\ A\to B} = W_{A\to B}(\vec{F}) \\ W_{A\to B}(\vec{F}) = -\Delta E_{pe\ A\to B} \end{cases} \Longrightarrow E_{CB} - E_{CA} = -\left(E_{peB} - E_{peB}\right) \Longrightarrow E_{CB} + E_{CB} = E_{peA} + E_{peA} = \text{Cte}$$

نسمي المجموع $\boldsymbol{\xi = E_C + E_{pe}}$ الطاقة الكلية للدقيقة المشحونة التي تخضع فقط لقوة كهرساكنة .

إذن : $\xi_A = \xi_B$ أي انحفاظ الطاقة الكلية للشحنة الكهربائية .

انتقال الطاقة في دارة كهربائية
$transfert\ d'energie\ dans\ un\ circuit\ électrique$

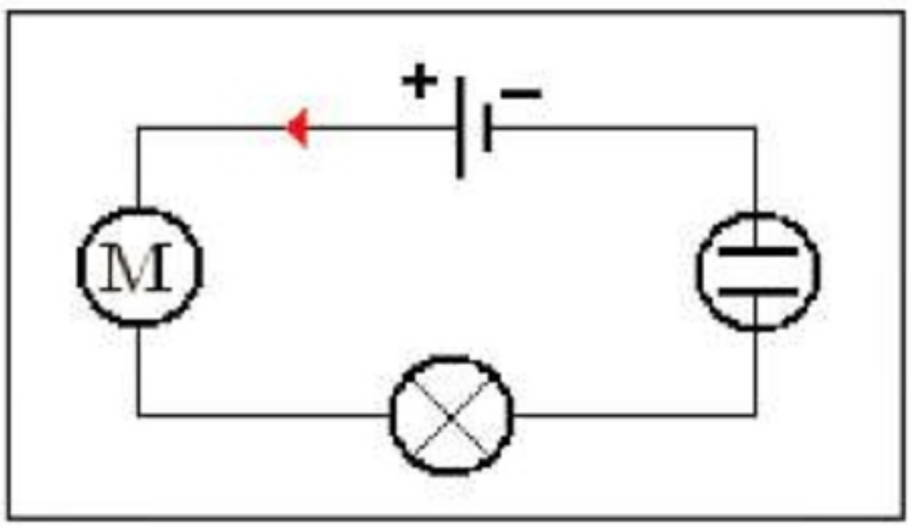
I-الطاقة الكهربائية المكتسبة من طرف مستقبل :

1-انتقال الطاقة على مستوى مستقبل :

تتكون الدارة الكهربائية الممثل جانبه من مولد و محرك ومحلل ومصباح .

عند غلق الدارة يتوهج المصباح ويسخن ، وتحدث تفاعلات كيميائية عند إلكترودي المحلل الكهربائي ويشتغل المحرك .

يمنح المولد الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل ثنائيات القطب المكونة للدارة .



هناك إذن انتقال للطاقة من مولد نحو باقي ثنائيات القطب .

تتحول الطاقة الكهبائية الممنوحة من طرف المولد الى :

-طاقة حرارية وطاقة إشعاعية في المصباح .

-طاقة ميكانيكية وطاقة حارية في المحرك .

-طاقة كيميائية وطاقة حرارية في المحلل .

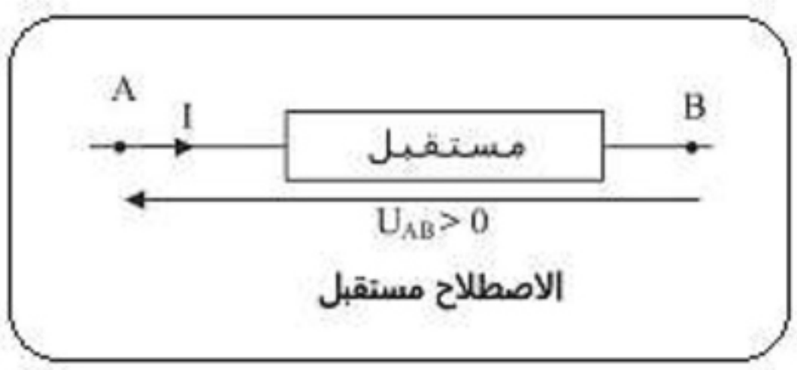
2-تعريف المستقبل :

المستقبل ثنائي قطب يكتسب طاقة كهربائية ويحولها الى شكل آخر من أشكال الطاقة بالإضافة الى الطاقة الحرارية .

أمثلة :

المستقبل	المصباح	المحرك	المحلل الكهربائي	الموصل الأومي
أشكال الطاقة	-طاقةإشعاعية -طاقة حرارية	-طاقة ميكانيكية -طاقة حرارية	-طاقة كيميائية -طاقة حرارية	-طاقة حرارية

3-اصطلاح مستقبل :



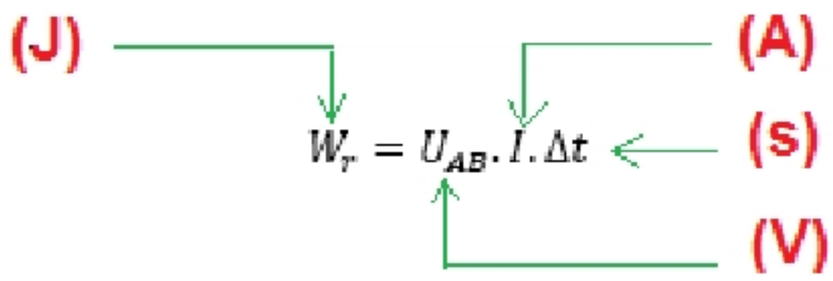
الاصطلاح مستقبل

في اصطلاح مستقبل ، نعتبر التوتر U_{AB} موجبا إذا كان منحى التيار الكهربائي من A نحو B .

في الإصطلاح مستقبل يمثل سهما التوتر والتيار في منحيين متعاكسين .

4-الطاقة الكهربائية المكتسبة من طرف مستقبل :

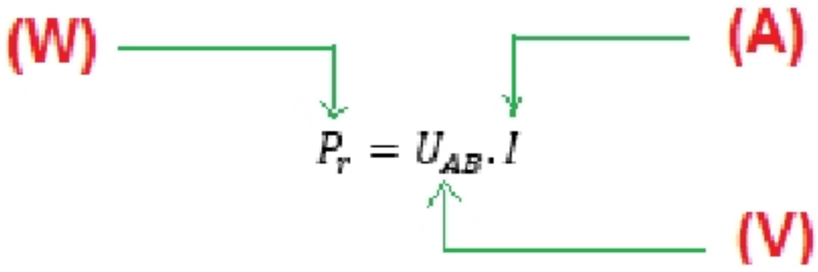
الطاقة الكهربائية المكتسبة خلال المدة Δt من طرف مستقبل يمر فيه تيار كهربائي شدته I ويوجد بين مربطيه توتر U_{AB} هي :



وحدة الطاقة في النظام العالمي للوحدات هي الجول (J) .

5- القدرة الكهربائية المكتسبة من طرف مستقبل :

القدرة الكهربائية المكتسبة من طرف مستقبل هي :



وحدة القدرة في النظام العالمي للوحدات هي الواط (W) .

ملحوظة :

نستعمل كوحدة لقياس الطاقة الكهربائية :

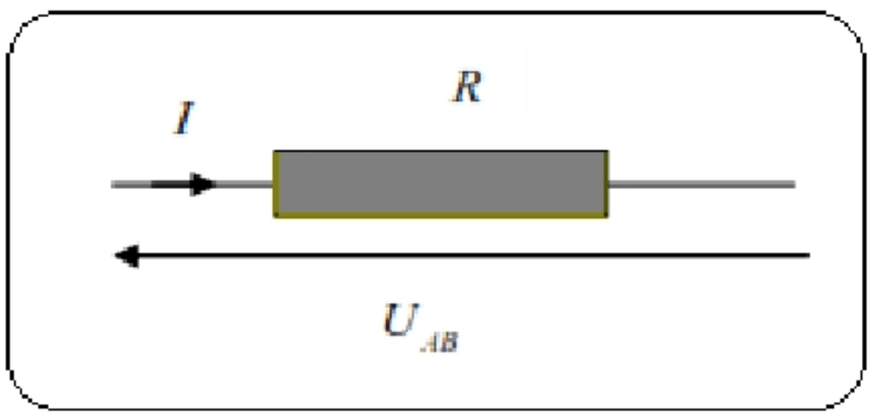
الواط-ساعة $(watt - heure)$ بحيث : $1Wh = 3{,}6.10^3\ J$

II-مفعول جول في الموصل الأومي :

1-تعريف :

مفعول جول هو المفعول الحراري الناتج عن مرور تيار كهربائي في الموصلات الكهربائية حيث يتحول جزء من الطاقة الكهربائية المكتسبة كليا أو جزئيا الى طاقة حرارية .

2-قانون جول :



الموصل الأومي ثنائي قطب مستقبل يحول كل الطاقة الكهربائية التي يكتسبها الى طاقة حرارية .

باعتبار موصل أومي مقاومته R يجتازه تيار كهربائي شدته I .

الطاقة التي يكتسبها الموصل الأزمي خلال المدة Δt هي :

$$W_r = U_{AB}.I.\Delta t$$

حسب قانون أوم : $U_{AB} = R.I$ ومنه : $W_r = R.I^2.\Delta t$

تتحول الطاقة الكهربائية المكتسبة كليا الى طاقة حرارية ، وبالتالي الطاقة المبددة بمفعول جول في الموصل الأومي هي :

$$W_{th} = Q = R.I^2.\Delta t$$

القدرة المبددة بمفعول جول هي :

$$P_{th} = \frac{W_{th}}{\Delta t} = R.I^2$$

ملحوظة :

- ❖ يكون مفعول جول مرغوبا فيه في بعض الحالات كمسخن الماء ومجفف الشعر و مكواة .....
- ❖ في حالات أخرى يكون غير مرغوبا فيه ، لأنه يسبب في ضياع الطاقة ، و بالتالي يكون سببا في ضعف أداء الأجهزة الكهربائية .

III-انتقال الطاقة على مستوى مولد :

1-تعريف مولد :

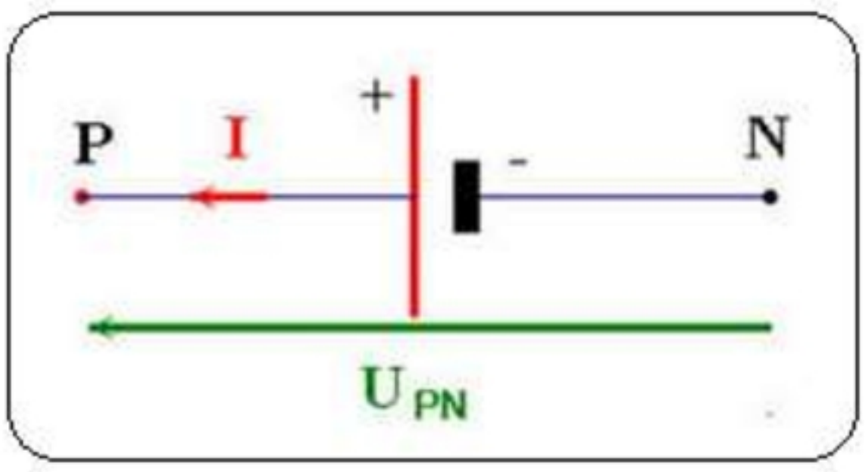
المولد ثنائي قطب يحول الى طاقة كهربائية شكلا آخر من أشكال الطاقة الت يكتسبها .

أمثلة :

العمود يحول الطقة الكيميائية الى طاقة كهربائية .

المنوب يحول الطاقة الميكيانيكية الى طاقة كهربائية .

2-الطاقة والقدرة الممنوحتان من طرف مولد :



الطاقة الكهربائية الممنوحة من طرف المولد لباقي الدارة خلال المدة الزمنية Δt هي :

$$W_e = U_{PN}.I.\Delta t$$

القدرة الكهربائية الممنوحة من طرف المولد لباقي الدارة هي :

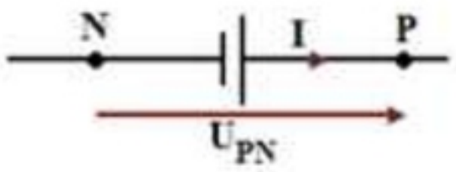
$$P_e = U_{PN}.I$$

التصرف العام للدارة الكهربائية
Comportement global d'uncircuit électrique

I-توزيع الطاقة الكهربائية على مستوى مولد :

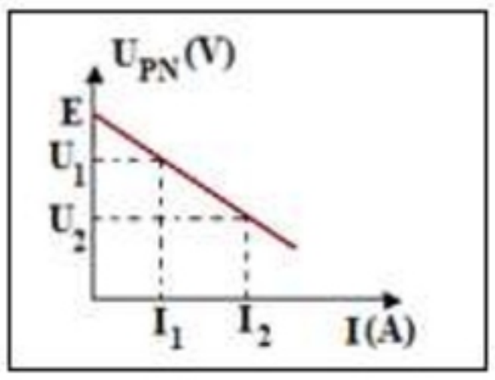
1-مميزة المولد :

1.1-اصطلاح مولد :



في اصطلاح مولد يكون للتوتر U_{PN} بين مربطي المولد و شدة التيار I نفس المنحى .

2.1-قانون أوم بالنسبة لمولد :



مميزة المولد $U_{PN} = f(I)$ عبارة عن دالة تالفية تناقصية معادلتها تكتب :

$$\boldsymbol{U_{PN} = E - rI}$$

E : القوة الكهرمحركة للمولد وحدتها (V)

r : المقاومة الداخلية للمولد وحدتها الأوم (Ω)

$$r = \left|\frac{\Delta U_{PN}}{\Delta I}\right| = \left|\frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1}\right|$$

2-الحصيلة الطاقية لمولد :

التوتر U_{PN} بين مربطي المولد هو :

$$U_{PN} = E - rI$$

نضرب طرفي المتساوية في $I.\Delta t$ نحصل على :

$$U_{PN}.I.\Delta t = E.I.\Delta t - r.I^2.\Delta t$$

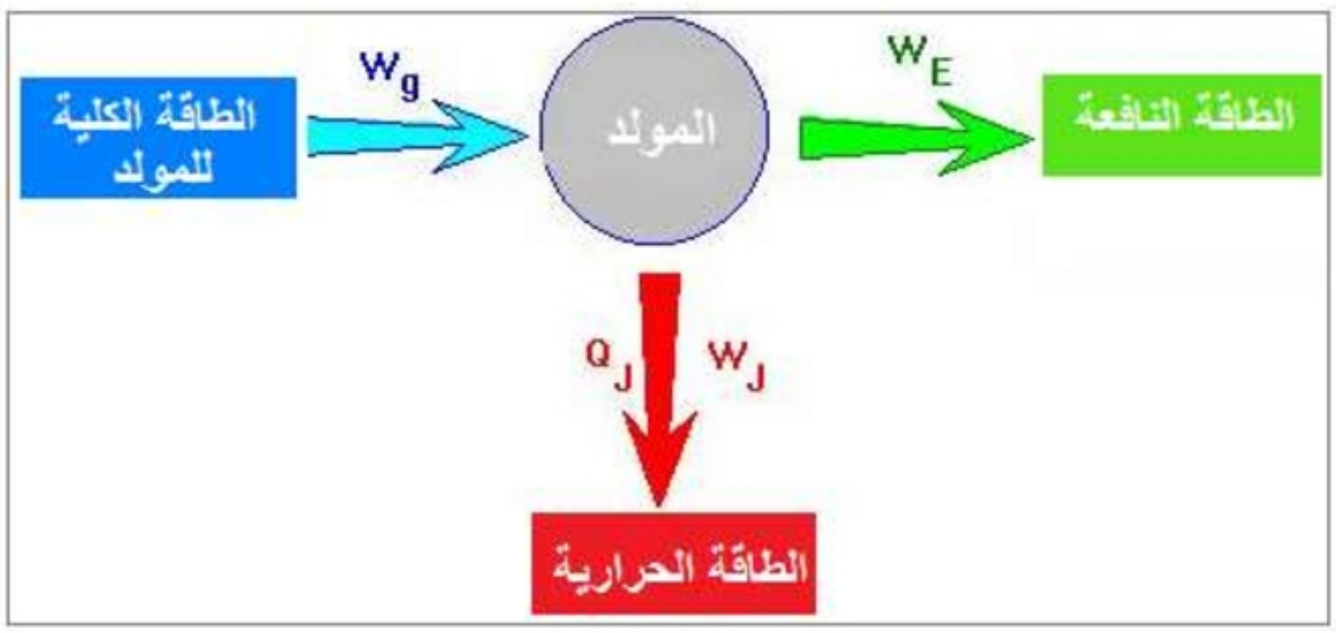
ومنه فإن :

$$E.I.\Delta t = U_{PN}.I.\Delta t + r.I^2.\Delta t \quad (1)$$

-المقدار $E.I.\Delta t$: يمثل الطاقة الكلية الممنوحة من طرف المولد نرمز لها ب : W_g .

-المقدار $U_{PN}.I.\Delta t$: يمثل الطاقة الكهربائية المكتسبة من طرف الدارة الخارجية (أي الطاقة النافعة) نرمز لها ب : W_u .

-المقدار $r.I^2.\Delta t$: يمثل الطاقة الكهربائية المبددة بمفعول جول داخل المولد التي يرمز لها ب : W_{th} .



وبالتالي نكتب :

$$\boldsymbol{W_g = W_u + W_{th}}$$

3-حصيلة القدرة :

بقسمة طرفي المعادلة (1) لى Δt نحصل على : $E.I = U_{PN}.I + r.I^2$

أي: $\boldsymbol{P_g = P_u + P_{th}}$

مع : $P_g = E.I$ القدرة الكلية التي يمنحها المولد .

و $P_u = U_{PN}.I$ القدرة النافعة .

و $P_{th} = r.I^2$ القدرة المبددة بمفعول جول .

4-مردود المولد :

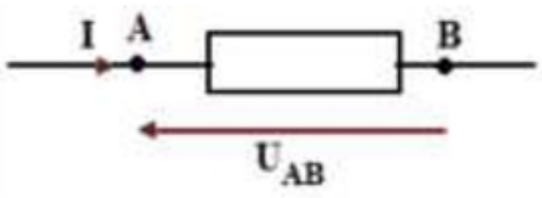
مردود المولد هو خارج قسمة الطاقة النافعة W_u على الطاقة الكلية W_g :

$$\boldsymbol{\rho = \frac{W_u}{W_g}} = \frac{U_{PN}.\mathrm{I}.\Delta\mathrm{t}}{\mathrm{E}.\mathrm{I}.\Delta\mathrm{t}} = \frac{U_{PN}}{E}$$

$$\rho = \frac{E - r.I}{E} \Rightarrow \boldsymbol{\rho = 1 - \frac{r.I}{E}}$$

المردود أفل من 1 ويعطى بنسبة مئوية .

II –توزيع الطاقة الكهربائية على مستوى مستقبل :



1-قانون أوم للمستقبل :

التوتر U_{AB} بين مربطي مستقبل AB (محرك ، محلل كهربائي ....) يمر فيه تيار كهربائي شدته I هو :

$$\boldsymbol{U_{AB} = E' + r'.I}$$

E' : القوة الكهرمحركة المضادة للمستقبل .

r' : المقاومة الداخلية للمستقبل .

2-الحصيلة الطاقية لمستقبل :

حسب قانون أوم بالنسبة لمستقبل : $U_{AB} = E' + r'.I$

بضرب طرفي المتساوية في $I.\Delta t$ نحصل على : $U_{AB}.I.\Delta t = E'.I.\Delta t + r'.I^2.\Delta t \quad (2)$

المقدار $W_r = U_{AB}.I.\Delta t$ يمثل الطاقة الكهربائية المكتسبة من طرف المستقبل .

المقدار $W_u = E'.I.\Delta t$ يمثل الطاقة النافعة وتمثل الطاقة التي يحولها المستقبل الى شكل آخر من الطاقة (ميكانيكية ، كيميائية...)

و المقدار $W_{th} = r'.I^2.\Delta t$ يمثل الطاقة المبددة بمفعول جول في المستقبل .

الحصيلة الطاقية في المستقبل هي :

$$W_r = W_u + W_{th}$$

3-حصيلة القدرة

بقسمة طرفي المتساوية (2) على Δt نحصل على

$$U_{AB}.I = E'.I + r'.I^2$$

أي: $$P_r = P_u + P_{th}$$

مع : $P_r = U_{AB}.I$ القدرة المكتسبة من طرف المستقبل .

و $P_u = E'.I$ القدرة النافعة .

و $P_{th} = r'.I^2$ القدرة المبددة بمفعول جول .

4-مردود المستقبل :

هو خارج قسمة الطاقة النافعة W_u على الطاقة المكتسبة W_r :

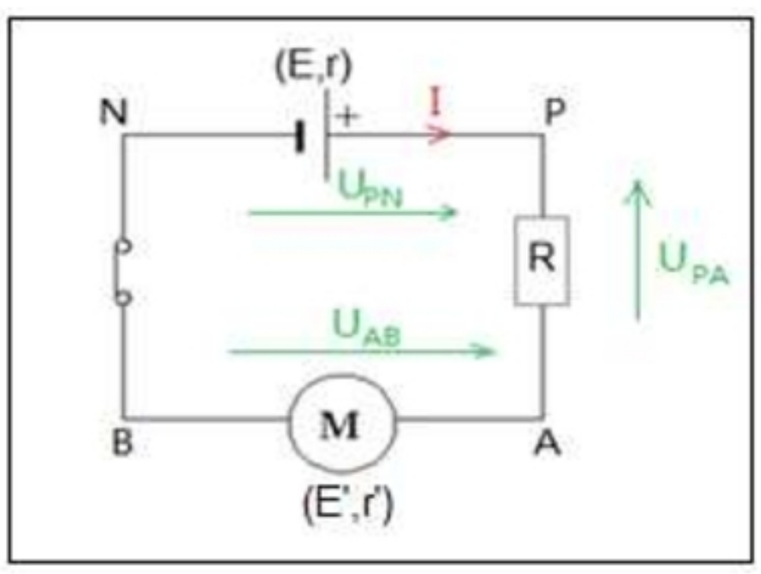
$$\rho = \frac{W_u}{W_r} = \frac{E'.\mathrm{I}.\Delta\mathrm{t}}{U_{AB}.\mathrm{I}.\Delta\mathrm{t}} = \frac{E'}{U_{AB}}$$

$$\rho = \frac{E'}{E'+r'.I}$$

III-الدراسة الطاقية لدارة بسيطة :

1-الحصيلة الطاقية في دارة بسيطة :

نعتبر دارة تتكون من مولد (E,r) و مستقبل (محرك كهربائي) (E',r') وموصل أومي مقاومته R .



حسب قانون إضافية التوترات :

$$U_{PN} = U_{AB} + U_{PA}$$

حسب قانون أوم :

$$E - rI = E' + r'I + RI$$

بضرب المتساوية في $I.\Delta t$ نحصل على :

$$E.I.\Delta t = E'.I.\Delta t + (R + r + r')I^2.\Delta t$$

$$W_g = W_u + W_{th}$$

الطاقة الكلية للمولد W_g تساوي مجموع الطاقة النافعة للمحرك W_u و الطاقة المبددة بمفعول جول في الدارة W_{th} .

2-المردود الكلي للدارة :

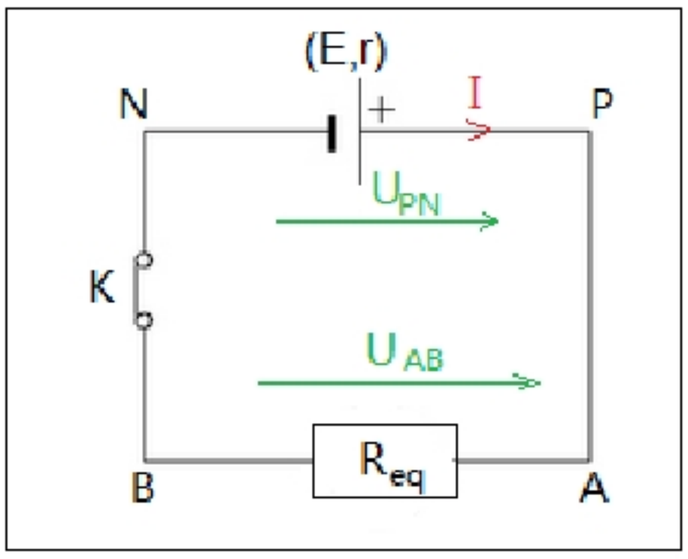
هو خارج قسمة الطاقة النافعة للمستقبل على الطاقة الكلية للمولد :

$$\rho = \frac{W_u}{W_g} = \frac{E'.I.\Delta t}{E.I.\Delta t} = \frac{E'}{E}$$

IV-العوامل المؤثرة على الطاقة الممنوحة من طرف مولد في دارة مقاومية :

1-شدة التيار في دارة مقاومية :

نعتبر مولدا كهربائيا (E,r) مركبا على التوالي مع موصل أومي مكافئ لموصلات أومية مركبة على التوالي أو على التوازي ومقاومته R_{eq} .



حسب قانون أوم :

- بالنسبة للمولد : $U_{PN} = E - r.I$
- بالنسبة ثنائي القطب AB : $U_{AB} = R_{eq}.I$

لدينا : $U_{PN} = U_{AB}$ ومنه : $E - r.I = R_{eq}.I$ وبالتالي : $\boldsymbol{I = \frac{E}{r+R_{eq}}}$

2-تأثير القوة الكهرمحركة $\boldsymbol{E}$ والمقاومة المكافئة $\boldsymbol{R_{eq}}$ على الطاقة الممنوحة من طرف المولد :

الطاقة الممنوحة من طرف المولد خلال المدة Δt هي : $W_e = U_{PN}.I.\Delta t$

بما أن : $U_{AB} = U_{PN} = R_{eq}.I$ و $I = \frac{E}{r+R_{eq}}$ فإن : $W_e = R_{eq}.I^2.\Delta t$

إذن :

$$\boldsymbol{W_e = \frac{R_{eq}}{(r+R_{eq})^2}.E^2.\Delta t}$$

تتناسب الطاقة الممنوحة من طرف مولد خلال المدة Δt مع مربع القوة الكهرمحركة E .

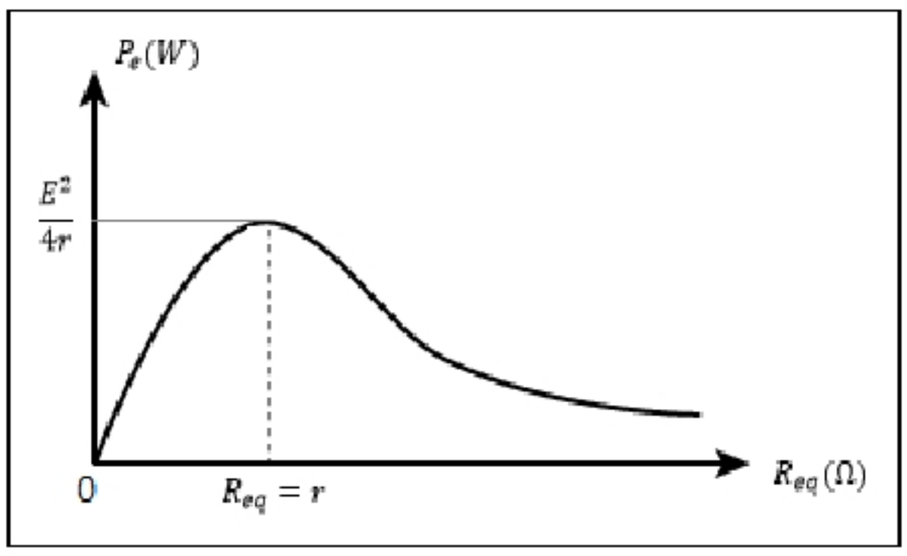
ملحوظة :

القدرة الكهربائية الممنوحة من طرف المولد تكتب :

$$P_e = \frac{W_e}{\Delta t} = \frac{R_{eq}}{(r+R_{eq})^2}.E^2$$

يمثل التمثيل المبياني للدالة $P_e = f(R_{eq})$ أن القدرة P_e تكون قصوية عند ما تأخذ المقاومة المكافئة القيمة $R_{eq} = r$

أي : $P_{e\ max} = \frac{E^2}{4r}$



3-حدود اشتغال الموصل الأومي :

يعطي الصانع قيمة مقاومة الموصل الأومي R والقدرة الكهربائية القصوية P_{max} التي يمكن أن يتحملها الموصل الأومي .

باستعمال قانون أوم و تعبير القدرة الكهربائية المكتسبة من طرف الموصل الأومي نستنتج القيم القصوية التي يجب عدم تجاوزها لكل من شدة التيار و التوتر :

$$P_{max} = U_{max}.I_{max} = R.I^2_{max}$$ ومنه :

$$\begin{cases} \boldsymbol{I_{max} = \sqrt{\frac{P_{max}}{R}}} \\ \boldsymbol{U_{max} = \sqrt{R.P_{max}}} \end{cases}$$

المجال المغنطيسي
Champ magnétique

I-المغانط :

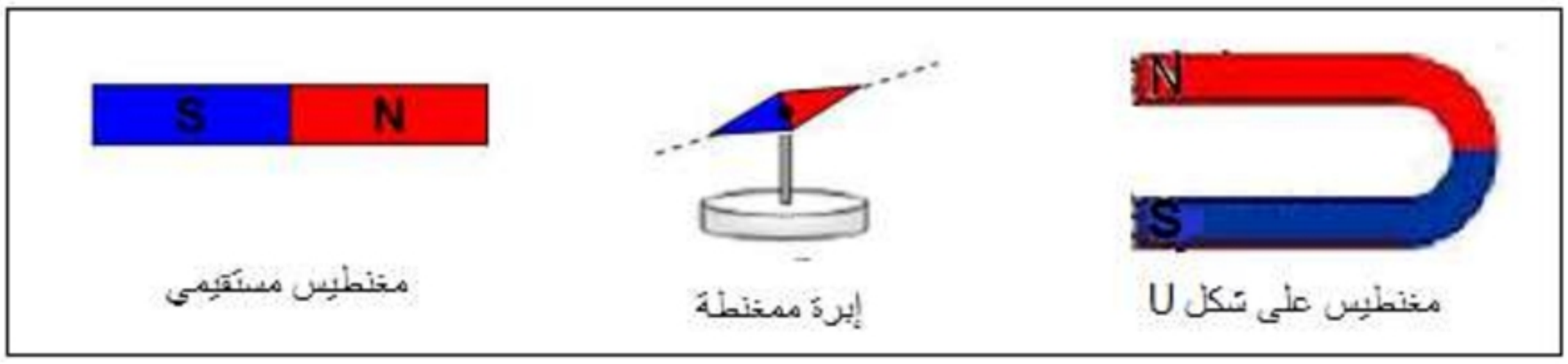
1-تعريف :

المغنطيس هو كل جسم قادر على جذب الحديد .وهو يتكون من من مادة أوكسيد الحديد المغنطيسي ذي الصيغة Fe_3O_4 .

2-قطبا المغنطيس :

يتكون كل مغنطيس على قطب شمالي وقطب جنوبي لا يمكن فصلهما .

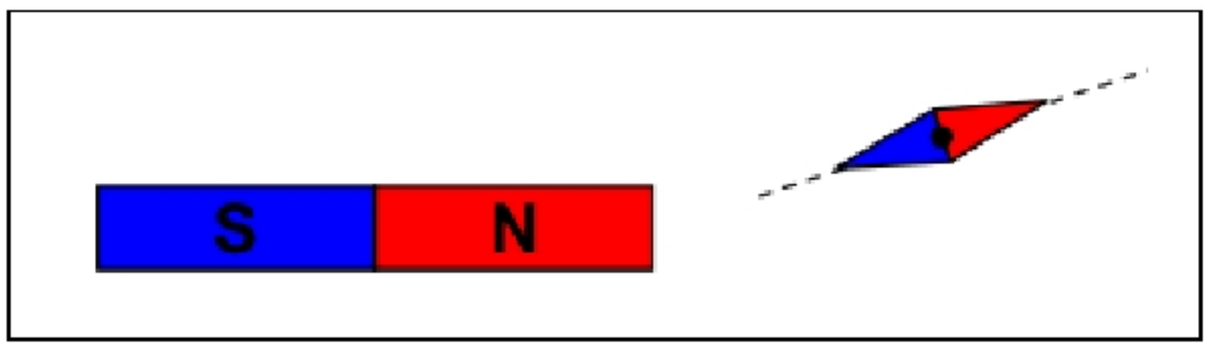
أمثلة :



مغنطِيس مستقِيمي — إبرة ممغنطة — مغنطِيس على شكل U

II –إبراز وجود المجال المغنطيسي :

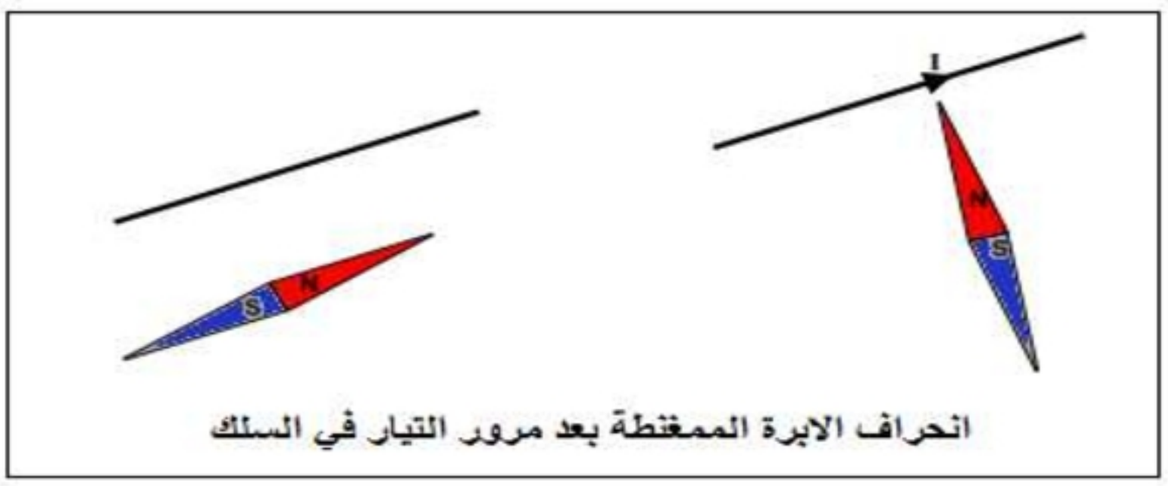
1-تأثير مغنطيس على إبرة ممغنطة :



- ✓ يحدث المغنطيس مجالا مغنطيسيا في الحيز الذي يحيط به ، يمكن الكشف عنه بواسطة إبرة ممغنطة .
- ✓ عند تقريب مغنطيسيين من بعضهما ، يتنافر القطبان المتشابهان ، بينما يتجاذب القطبان المختلفان .

2-تأثير تيار كهربائي على إبرة ممغنطة :

يحدث سلك يمر فيه تيار كهربائي مستمر ، مجالا مغنطيسيا في الحيز المحيط به ، ويمكن إبرازه بواسطة إبرة ممغنطة ، حيث يتعلق انحرافها بمنحى التيار الكهربائي المار في السلك .



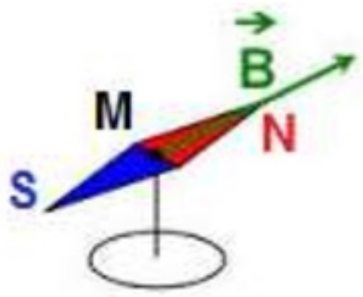
انحراف الابرة الممغنطة بعد مرور التيار في السلك

III-متجهة المجال المغنطيسي :

عند وضع إبرة ممغنطة يمكنها الدوران حول محور رأسي ، في نقطة من مجال مغنطيسي ، فإنها تأخذ منحى واتجاها معينين ، ولتمييز المجال المغنطيسي في نقطة نقرنه بمتجهة رمزها $\vec{B}$.

ومنه فإن المجال المغنطيسي مقدار متجهي .

1-مميزات متجهة المجال المغنطيسي :



مميزات متجهة المجال المغنطيسي $\vec{B}(M)$ في نقطة M هي :

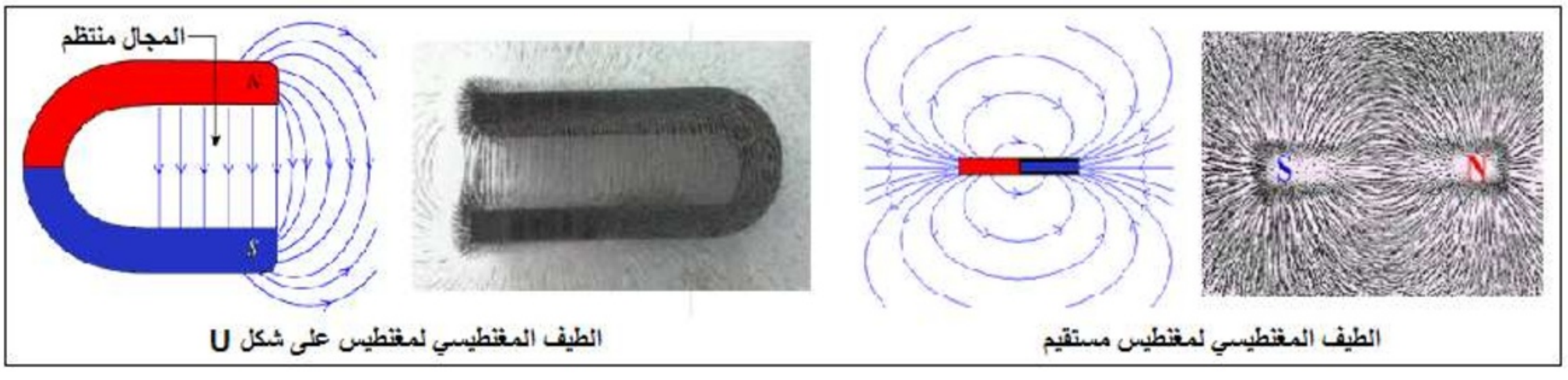
- ❖ الأصل : النقطة M
- ❖ الإتجاه : اتجاه إبرة ممغنطة موضوعة في النقطة M
- ❖ المنحى : من القطب الجنوبي S نحو القطب الشمالي N .
- ❖ المنظم : تقاس بواسطة جهاز التيسلامتر ، وحدته في النظام العالمي للوحدات هي التسلا رمزها هو T .

2-الأطياف المغنطيسية :

2-1-خطوط المجال المغنطيسي:

عند نثر برادة الحديد فوق مغنطيس نلاحظ أنها تصطف وفق خطوط تسمى خطوط المجال ، وهذه المجموعة من الخطوط تشكل خطوط المجال .

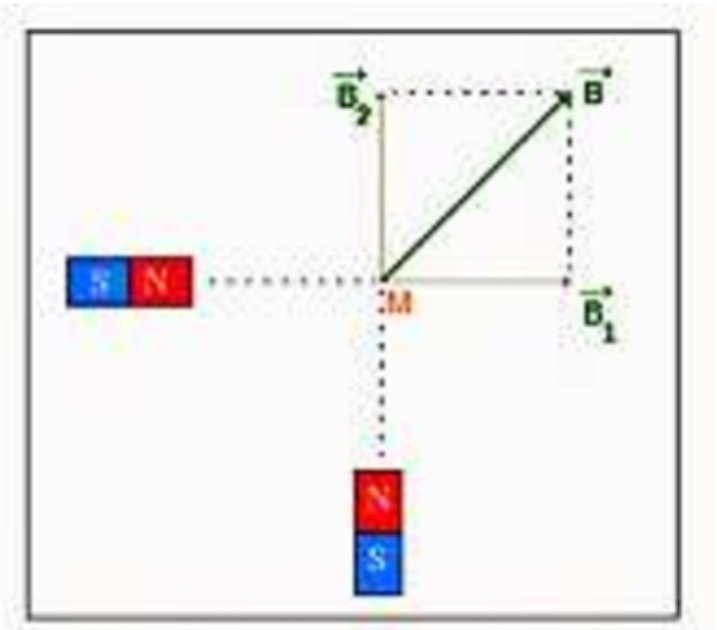
- ✓ خطوط المجال المغنطيسي عبارة عن منحنيات موجهة من قطبه الشمالي نحو قطبه الجنوبي .
- ✓ في نقطة من المجال المغنطيسي تكون متجهة المجال المغنطيسي مماسة لخط المجال .
- ✓ في تفرجة مغنطيس على شكل U ، تكون خطوط المجال عبارة عن مستقيمات متوازية ، نقول إن المجال المغنطيسي منظم .



الطيف المغنطيسي لمغنطيس على شكل U

الطيف المغنطيسي لمغنطيس مستقيم

2-2-المجال المغنطيسي المنتظم :



يكون المجال المغنطيسي منتظما عندما تحتفظ متجهة المجال $\vec{B}$ بنفس الإتجاه ونفس المنحى ونفس المنظم في كل نقطة من نقط المجال .

خطوط المجال المغنطيسي في هذه الحالة مستقيمات متوازية .

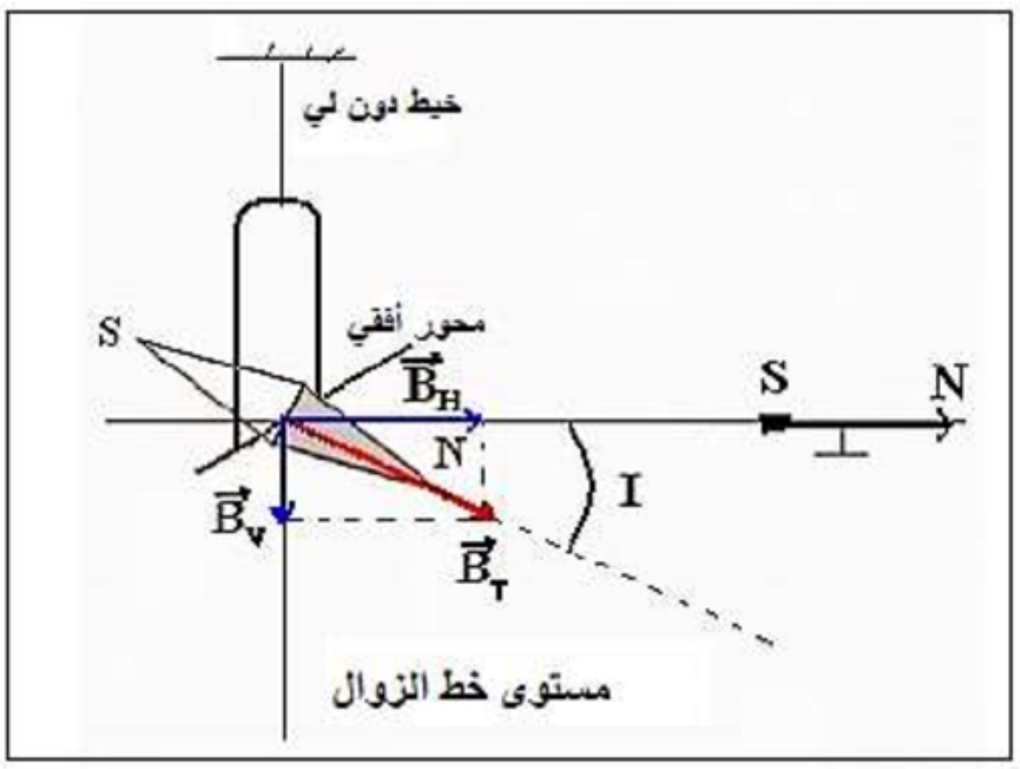
IV-تراكب مجالات مغنطيسية :

المجال المغنطيسي $\vec{B}$ النحدث من طرف عدة مصادر يساوي المجموع المتجهي للمجالات المغنطيسية المحدثة من طرف كل مصدر على حدة .

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \cdots + \vec{B}_n$$

V-المجال المغنطيسي الأرضي :

تشير إبرة ممغنطة معزولة الى نفس الإتجاه ، مما يدل على وجود مجال مغنطيسي أرضي $\vec{B}_T$.



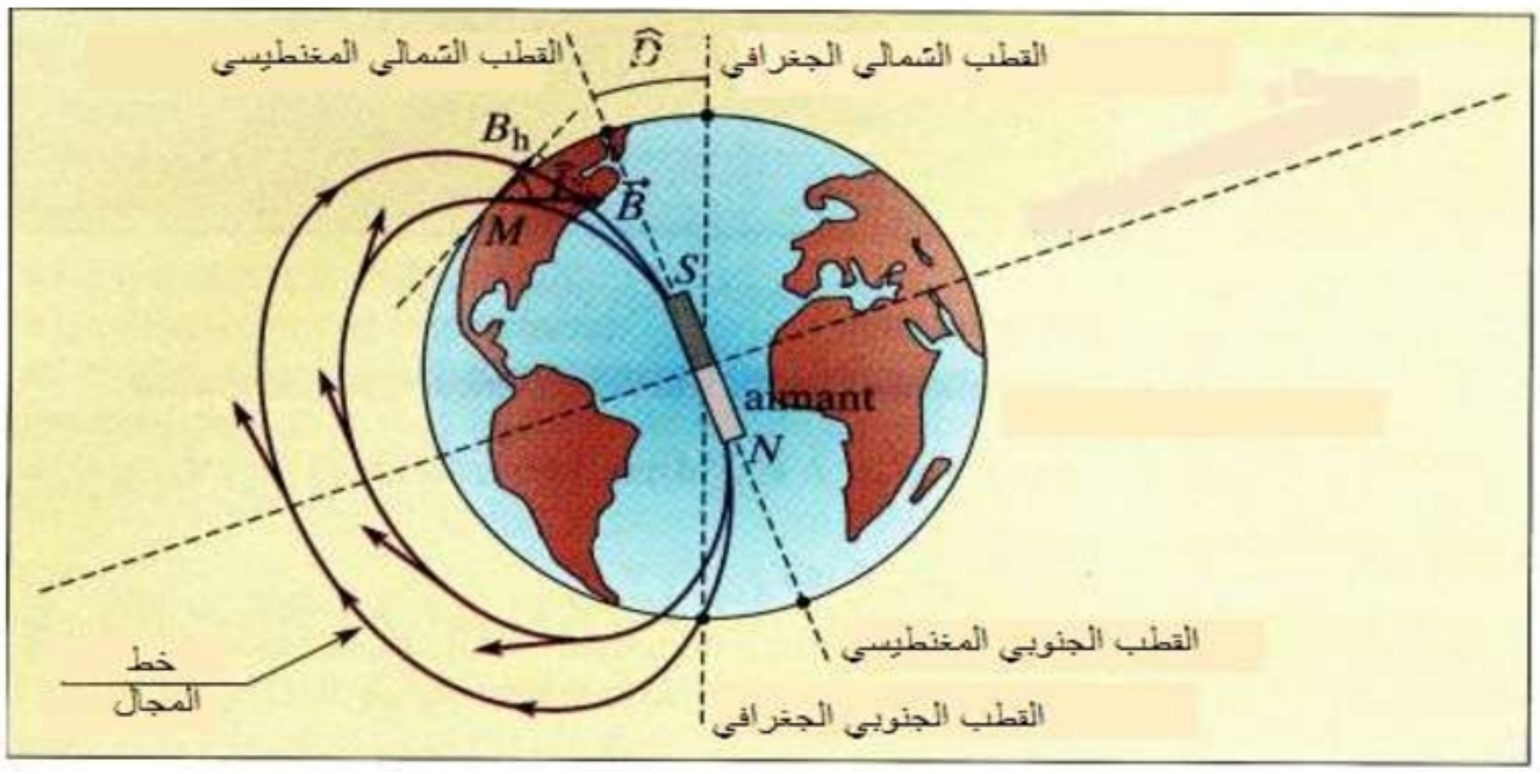
هذا المجال ليس أفقيا بل يكون زاوية مع المستوى الأفقي تسمى زاوية الميل I (inclinaison).

ويسمى المستوى الذي يحتوي الإبرة ، مستوى خط الزوال المغنطيسي .

نكتب : $\vec{B}_T = \vec{B}_H + \vec{B}_V$ و $cosI = \frac{B_H}{B_T}$ مع : $I = (\vec{B}_H, \vec{B}_T)$

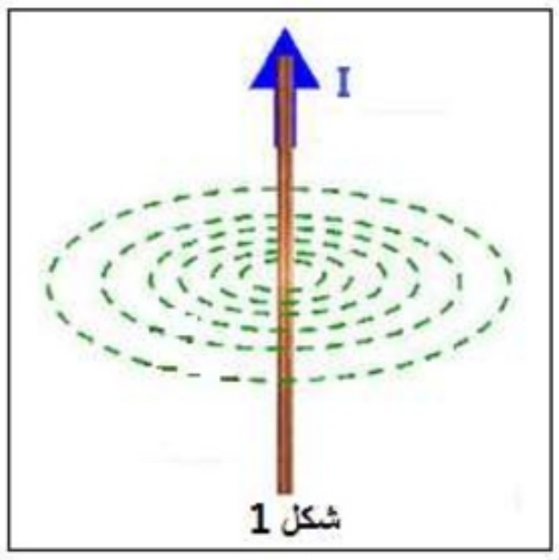
- $\vec{B}_H$: المركبة الأفقية للمجال المغنطيسي الأرضي : يحدد منحاها بواسطة إبرة البوصلة ، وقيمتها هي : $B_H =$ $2.10^{-5}\ T$

❖ $\vec{B}_V$: المركبة الرأسية للمجال المغنطيسي الأرضي : في اتجاه مركز الأرض ، منحاها انجذابي مركزي في النصف الشمالي للأرض و نابذ في النصف الجنوبي للأرض .



المجال المغنطيسي المحدث من طرف تيار كهربائي

Champ magnétique crée par un courant électrique



شكل 1

I-المجال المغنطيسي لموصل مستقيمي :

1-طيف المجال المغنطيسي لموصل مستقيمي

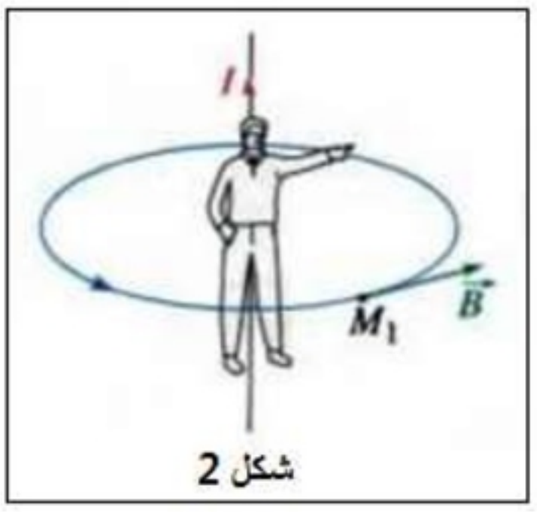
طيف المجال المغنطيسي الذي يحدثه موصل مستقيمي عبارة عن دوائر ممركزة حول الموصل (الشكل 1) .

2-منحى متجهة المجال المغنطيسي $\vec{B}$

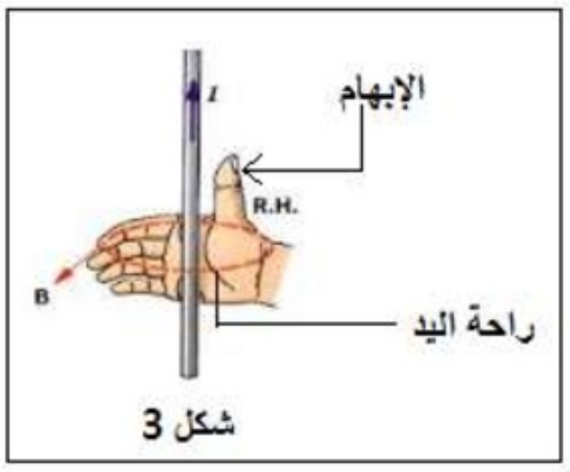
لتحديد متجهة المجال المغنطيسي نطبق إحدى القاعدتين :

أ-قاعدة ملاحظ أمبير (BONHOMME D'AMPÈRE):

يجتاز التيار الكهربائي الملاحظ من الرجلين الى الراس عندما ينظر الى النقطة M من من المجال المغنطيسي ، فإن ذراعه اليسرى تشير الى منحى $\vec{B}$ (شكل 2)



شكل 2

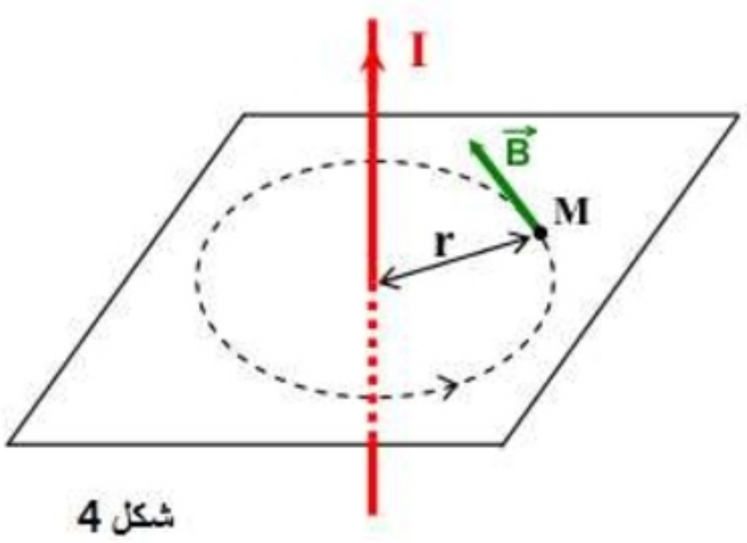


شكل 3

ب-قاعدة اليد اليمنى :

نضع اليد اليمنى على الموصل بحيث تكون راحتها موجهة نحو النقطة M من المجال المغنطيسي يشير الإبهام الى منحى التيار ، بينما تشير الأصابع إلى منحى $\vec{B}$ في هذه النقطة .

3-شدة المجال المغنطيسي :



شكل 4

يعبر عن شدة المجال المغنطيسي الذي يحدثه موصل مستقيمي ، يمر فيه تيار كهربائي مستمر شدته I ، في نقطة M توجد في مستوى عمودي على الموصل المستقيمي وتبعد عنه بالمسافة r بالعلاقة :

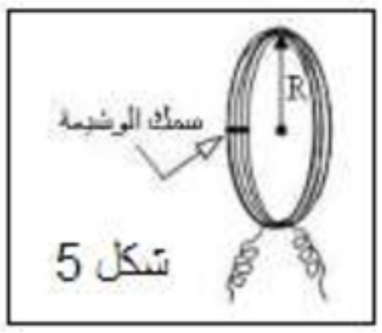
$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I}{r}$$

(T) — B — (A) / (m)

$\mu_0 = 4\pi . 10^{-7}\ (SI)$: نفاذية الفراغ أو الهواء (PERMÉABILITÉ) .

II-المجال المغنطيسي لوشيعة مسطحة

1-تعريف

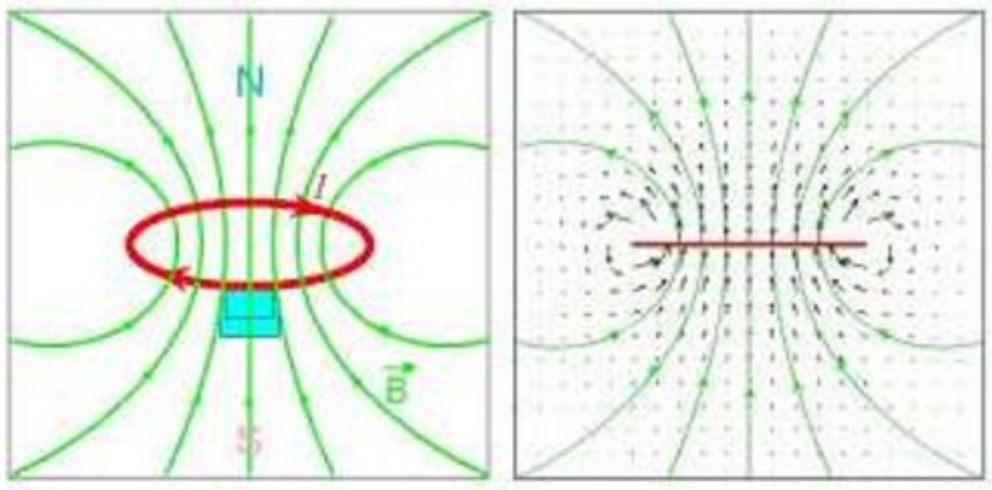


شكل 5

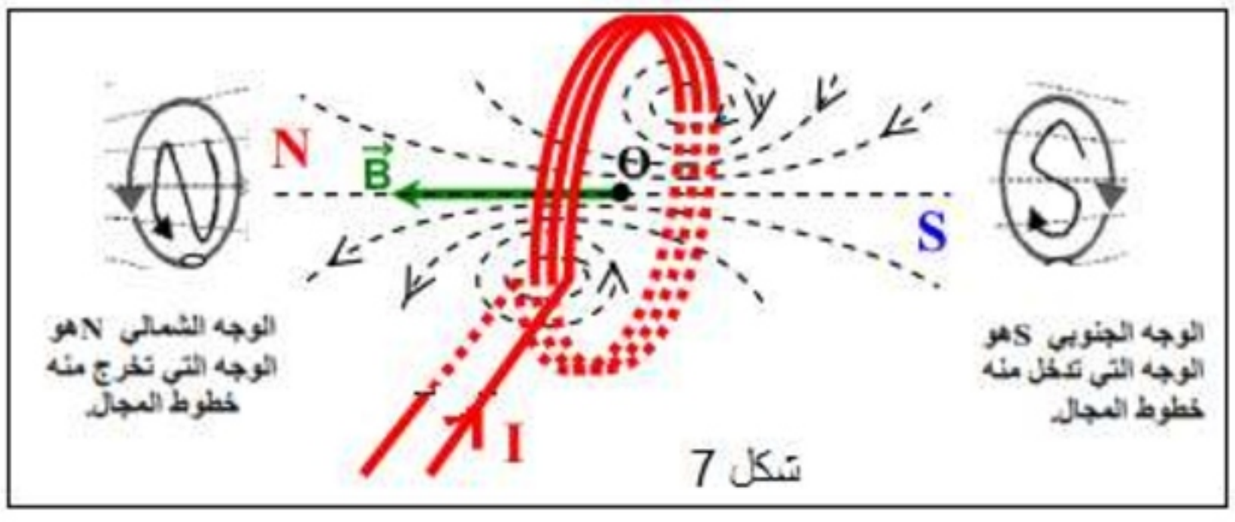
الوشيعة المسطحة تتكون من سلك موصل ملفوف بانتظام حول أسكوانة عازلة وتتميز بعدد لفاتها N و بشعاع R أكبر بكثير من سمكها (شكل5).

2-طيف المجال المغنطيسي

خطوط المجال المغنطيسي عبارة عن خطوط مستقيمية ، تقريبا ، قرب مركز الوشيعة ، وعمودية على مستواها ، وتنحنى كلما ابتعدنا عن المركز لتصير دائرية قرب الأسلاك الموصلة (الشكل6).



شكل 6



شكل 7

3-منحى متجهة المجال المغنطيسي

يمكن معرفة منحى $\vec{B}$ بتطبيق قاعدة ملاحظ أمبير أو قاعدة اليد اليمنى .

للوشيعة وجهان : شمالي وجنوبي . خطوط المجال تدخل من الوجه الجنوبي وتخرج من الوجه الشمالي (شكل7).

4-شدة المجال المغنطيسي في مركز الوشيعة

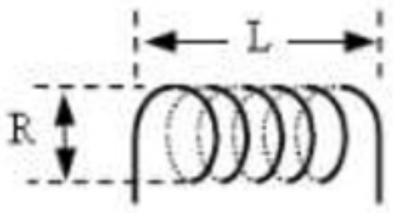
شدة المجال المغنطيسي B المحدث من طرف التيار الكهربائي المستمر شدته I في المركز O لوشيعة مسطحة دائرية شعاعها R وعدد لفاتها N هي :

$$B = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{N.I}{R}$$

(T) — (A)
(m)

III-المجال المغنطيسي المحدث من طرف ملف لولبي

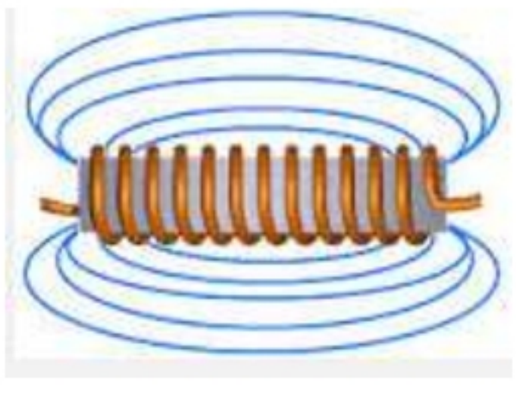
1-تعريف



الملف اللولبي وشيعة طولها L كبير بالنسبة لشعاعها R $(L \geq 10R)$.

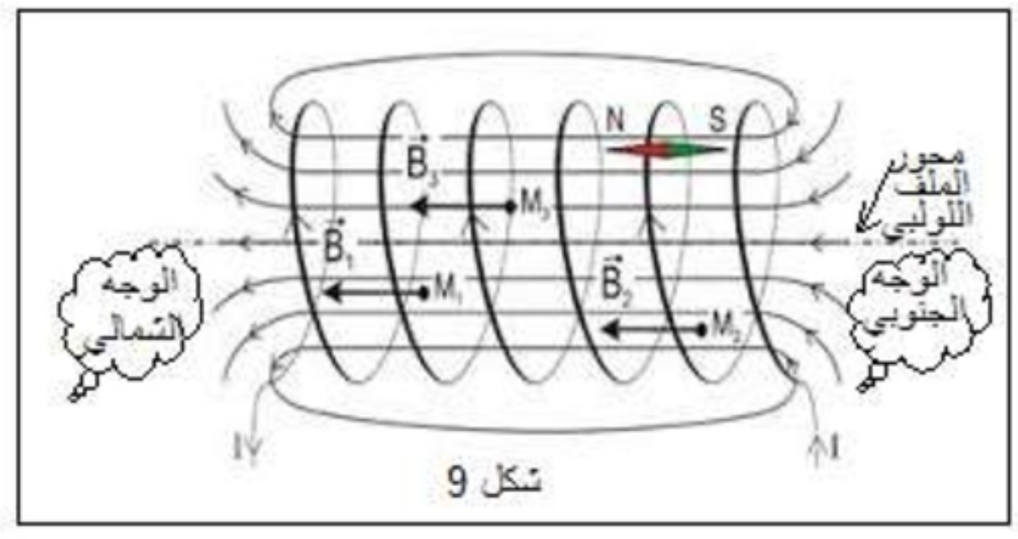
يمكن للفات أن تكون متصلة بينها أو غير متصلة .

2-طيف المجال المغنطيسي



- ✓ داخل الملف اللولبي، خطوط المجال المغنطيسي مستقيمية و متوازية لمحور الملف . يكون المجال المغنطيسي إذن منتظما .
- ✓ خارج الملف اللولبي ، طيف المجال المغنطيسي يشبه الطيف المغنطيسي لمغنطيس مستقيم.

3-منحى متجهة المجال المغنطيسي



تمكن إبرة ممغنطة من تحديد منحى متجهة المجال المغنطيسي $\vec{B}$ أو استعمال إحدى القاعدتين .

خطوط المجال تخرج من الوجه الشمالي N للملف اللولبي وتدخل الى الوجه الجنوبي S .

4-شدة المجال المغنطيسي

نعبر عن شدة المجال المغنطيسي B داخل ملف لولبي ، طوله L وعدد لفاته N ، يمر فيه تيار كهربائي شدته I ، بالعلاقة :

$$B = \mu_0 . \frac{N.I}{R}$$

$$B = \mu_0 . n . I \quad (\mathrm{T}) \quad (\mathrm{A}) \quad (\mathrm{m^{-1}})$$

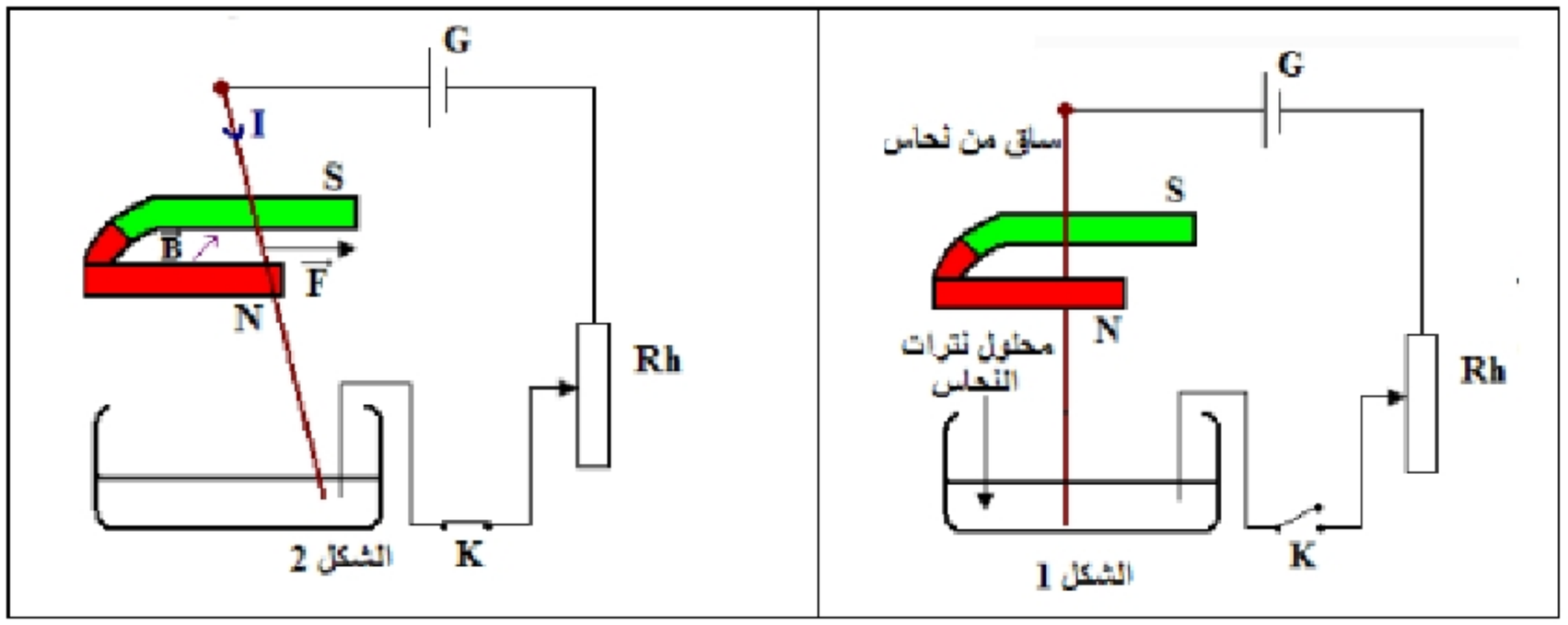
مع : $n = \frac{N}{L}$ حيث n عدد اللفات في وحدة الطول .

القوى الكهرمغنطيسية –قانون لبلاص
Forces électromagnétiques lois de laplace

I-الإبراز التجريبي لقوة لبلاص

1-قانون لبلاص

1-1-تجربة :



1-2-ملاحظات :

عند مرور التيار الكهربائي ، نلاحظ :

- الساق الفلزية تنحرف عن موضع التوازن .
- منحى انحراف يتعلق بتغير منحى التيار الكهربائي أو منحى المجال المغنطيسي .

1-3-استنتاج :

ينتج عن التيار الكهربائي والمجال المغنطيسي قوة مغنطيسية تسمى : قوة لبلاص (Force de Laplace)

2-نص قانون لبلاص

عندما يوجد جزء من موصل طوله ℓ يمر فيه تيار كهربائي شدته I ، ومغمور داخل مجال مغنطيسي $\vec{B}$ ، فإنه يخضع لتأثير قوة كهرمغنطيسية $\vec{F}$ تسمى بقوة لبلاص ، يتعلق منحاها بمنحى التيار الكهربائي ومنحى متجهة المجال المغنطيسي بحيث :

$$\vec{F} = I\vec{\ell} \wedge \vec{B}$$

تمثل $\wedge$ الجداء المتجهي .

توجه $\vec{\ell}$ توجه حسب منحى التيار .

شدة قوة لبلاص : $F = I.\ell.Bsin\alpha$

حيث : $\alpha = (\vec{\ell}, \vec{B})$

3-مميزات قوة لبلاص

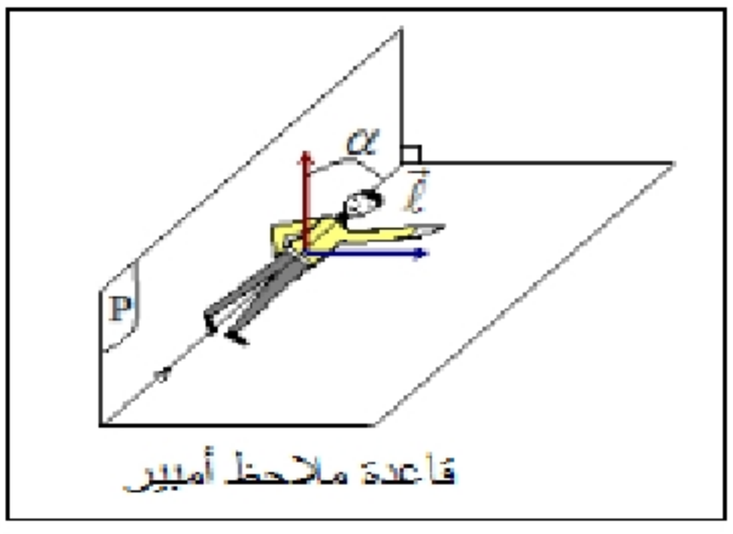
- ❖ نقطة التأثير : منتصف جزء الموصل الذي يوجد في المجال المغنطيسي .
- ❖ خط التأثير : المستقيم العمودي على المستوى الذي يحدده الموصل المستقيمي والمتجهة $\vec{B}$.
- ❖ المنحى : نحصل عليه بتطبيق قاعدة ملاحظ أمبير أو قاعدة الأصابع الثلاث لليد اليمنى .
- ❖ الشدة : $F = I.\ell.B\ |sin\alpha|$

قاعدة ملاحظ أمبير

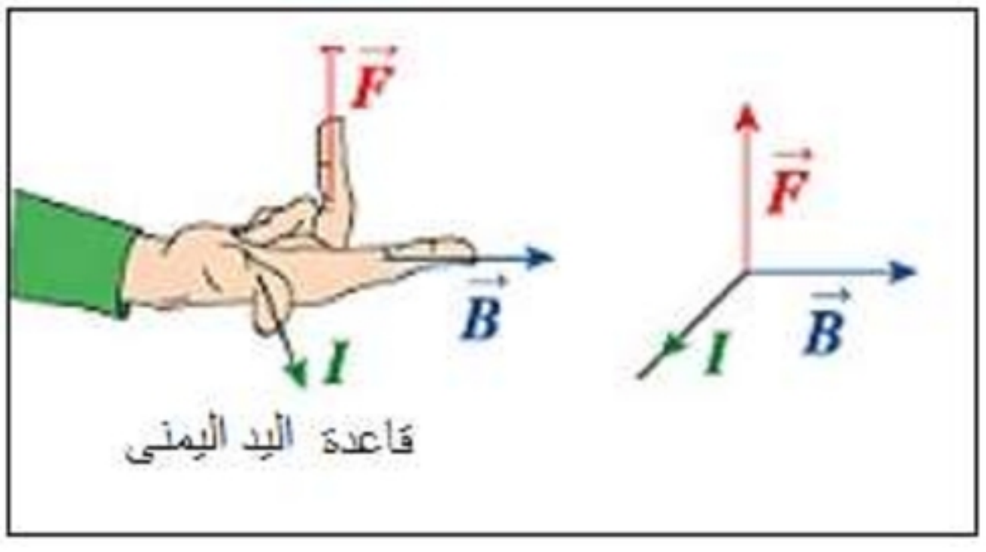
يتمدد ملاحظ أمبير على الموصل الكهربائي ، بحيث يجتازه التيار من الرجلين الى الرأس وعين الملاحظ تنظر الى متجهة المجال المغنطيسي $\vec{B}$ و يده اليسرى تشير الى منحى متجهة القوة المغنطيسية $\vec{F}$.

قاعدة الأصابع الثلاث لليد اليمنى :

يشير الإبهام الى منحى التيار الكهربائي I و السبابة وفق منحى المجال المغنطيسي $\vec{B}$ وتشير الوسطى الى منحى قوة لبلاص $\vec{F}$.



قاعدة ملاحظ أمبير



قاعدة اليد اليمنى

II-تطبيقات قانون لبلاص

1-مكبر الصوت الكهرديناميكي

أ-الوصف:

يتكون مكبر الصوت الكهرديناميكي من الأجزاء التالية :

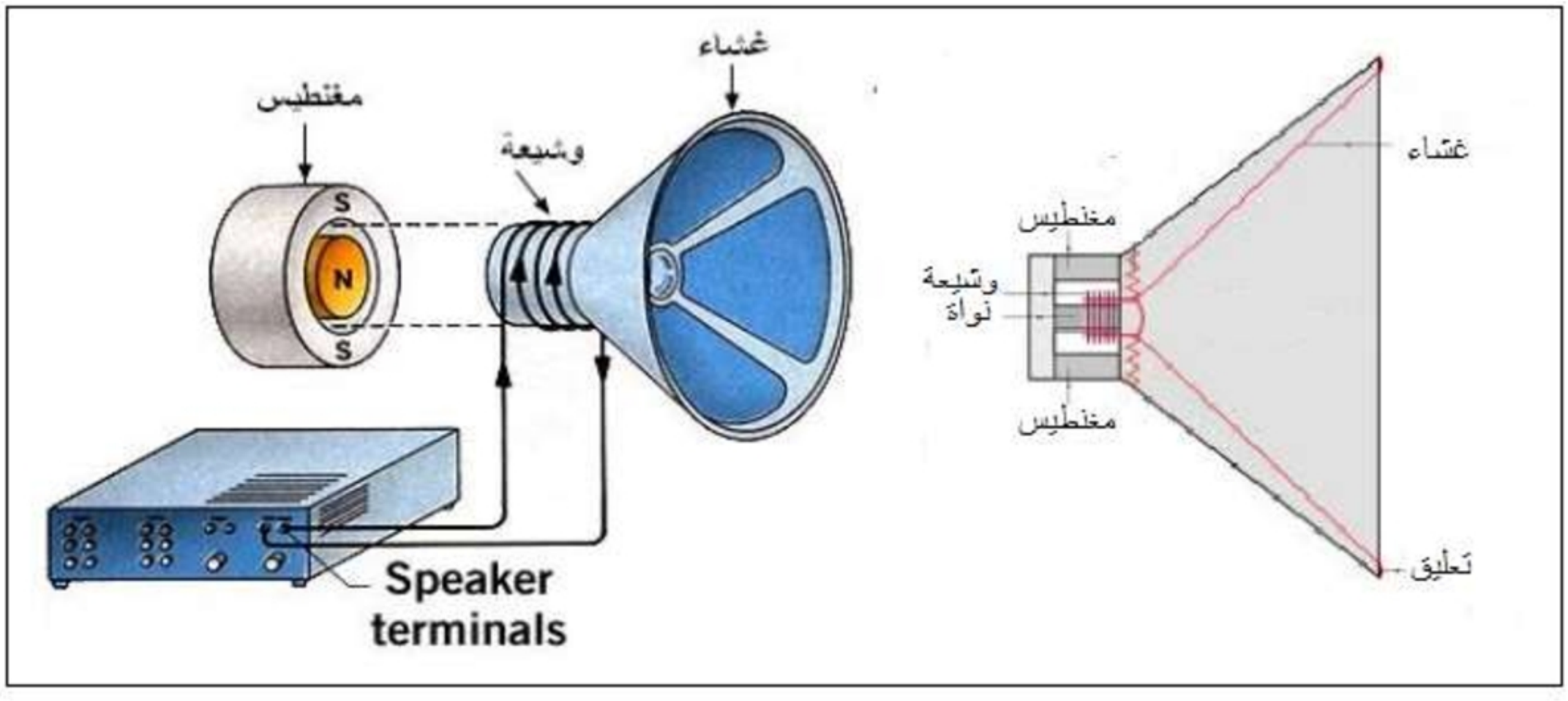
- ✓ مغنطيس : ذي شكل دائري يحدث مجالا مغنطيسيا شعاعيا .
- ✓ وشيعة : يمكنها الحركة طول القطب الشمالي للمغنطيس .
- ✓ غشاء : من ورق مقوى رقيق مرتبط بالوشيعة ،.

ب-مبدأ الإشتغال :

عندما مرور التيار الكهربائي بالوشيعة تتحرك بفعل قوة لبلاص فتحرك معها الغشاء الذي يصدر ذبذبات صوتية تتناسب مع شدة التيار الذي يمر في الوشيعة .

ج-خلاصة :

مكبر الصوت جهاز كهربائي يقوم بتحويل الإشارات الكهربائية الى إشارات صوتية ، عكس الميكروفون ، إذن مكبر الصوت جهاز محول .



2-المحرك الكهربائي المغدي بالتيار

أ-الوصف :

يتكون المحرك الكهربائي المغدي بتيار مستمر أساسا من جزئين أساسيين هما :

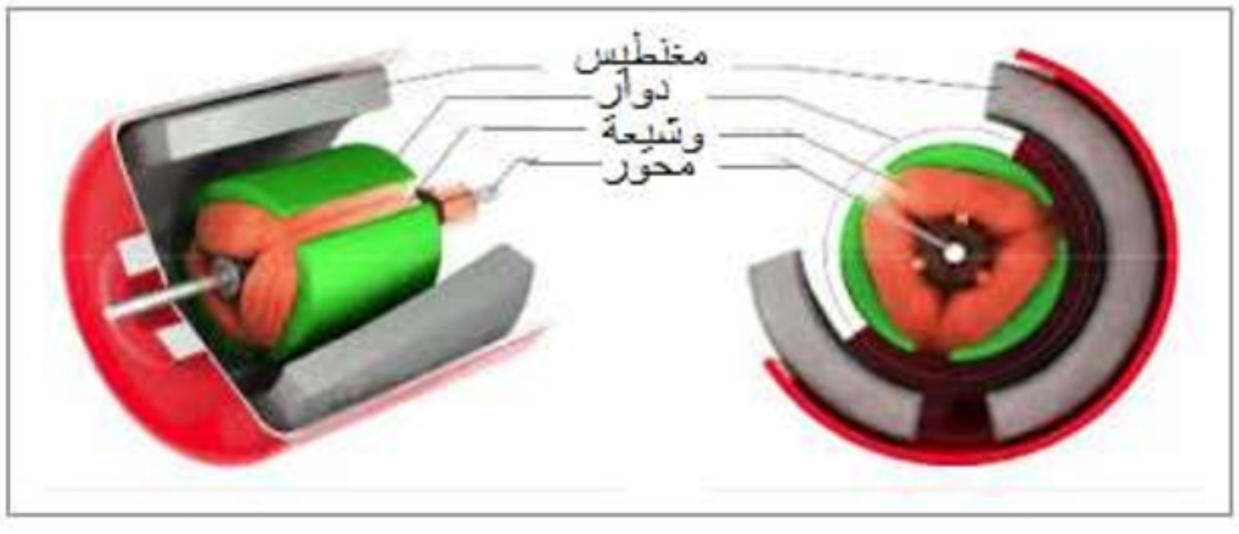
- ✓ الساكن : وهو عبارة عن كهر مغنطيس يحدث مجالا مغنطيسيا شعاعيا .
- ✓ الدوار : هو جزء من المتحرك ، وهو عبارة عن أسطوانة من حديد قابلة للدوران حول محورها لف على سطحها الخارجب عدد كبير من الموصلات النحاسية .

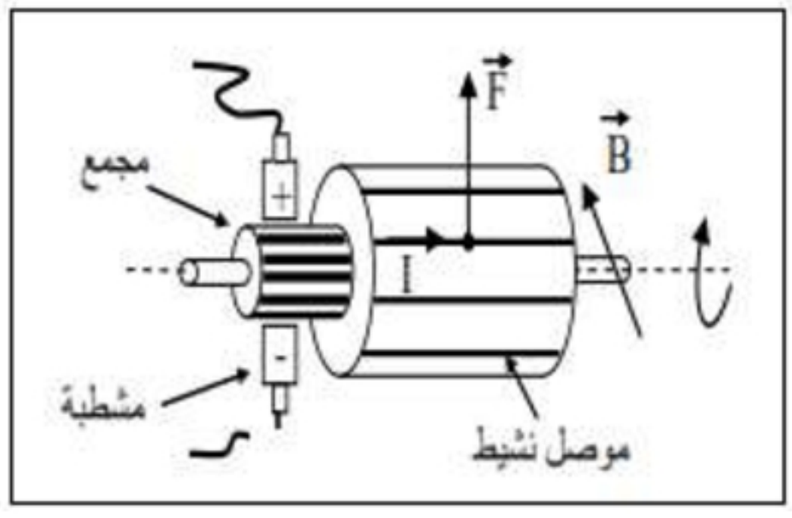
ب-مبدأ الإشتغال :

عند تمرير التيار الكهربائي في الموصلات النحاسية ، تصبح هذه الأخيرة خاضعة لقوة لبلاص ، الشيء الذي يؤدي إلى دوان المحرك .

ملحوظة :

تزويد الدارة بالتيار الكهربائي يتم عبر المجمع بواسطة مشطبتين .





شروط قابلية رؤية شيء
conditions de visibilité d'unobjet

I –رؤية شيء

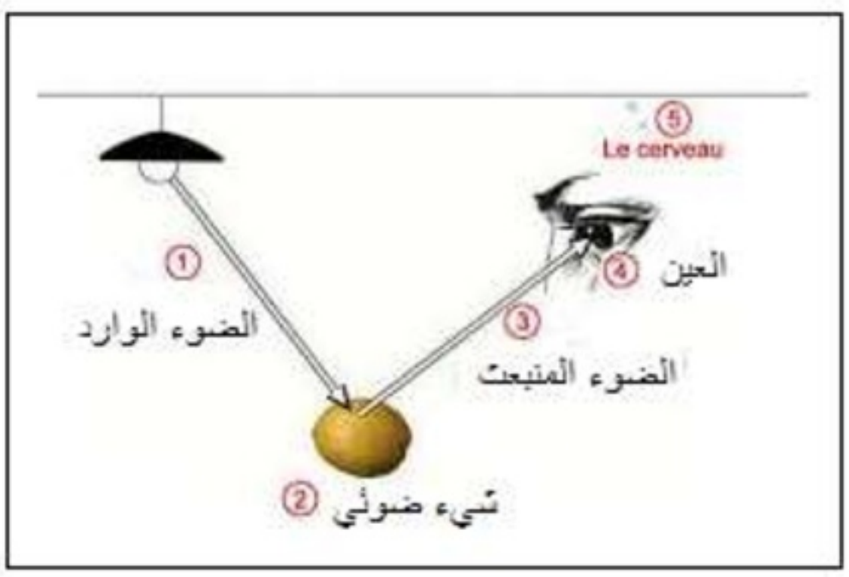
1-مفهوم الشيء الضوئي :

الشيء الضوئي هو كل شيء باعث للضوء وهو نوعان :

- ❖ منابع ضوئية *sources lumineuses* : وهي أجسام منتجة للضوء كالشمس ، والمصابيح المتوهجة ....
- ❖ أشياء مضيئة *objets éclairés* : لا يمكن رؤيتها إلا إذا كانت مضاءة من طرف مصدر باعث للضوء ، فتشتت جزءا منه في جميع الإتجاهات ، كالقمر والورق الشفاف ....

يمكن اعتبار الشيء الضوئي مجموعة من نقط باعثة أو مشتة للضوء ، وكل منه تسمى بالنقطة الشيء الضوئي .

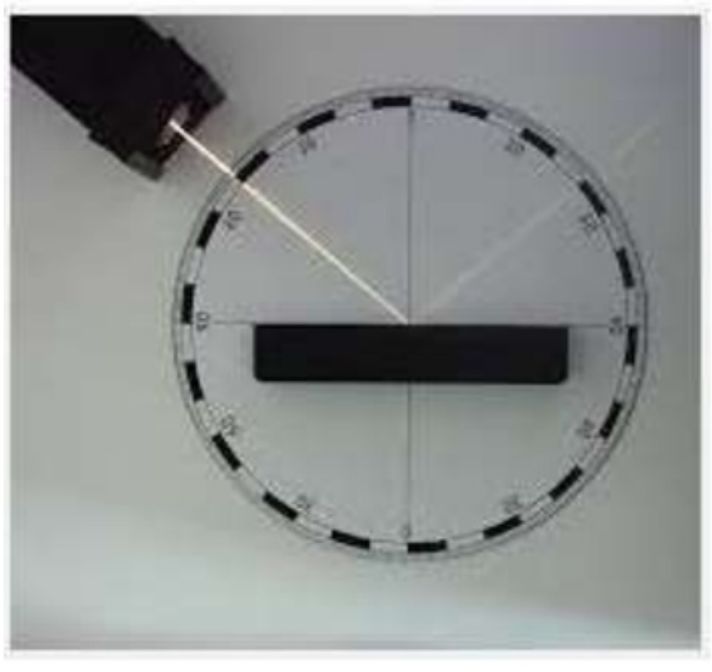
2-شروط قابلية رؤية الشيء :



لا يمكن رؤية الشيء إلا إذا كان منبعا للضوء (الشمس ، المصباح ....) أو مضاءا و يشتت جزءا من الضوء الذي يستقبله . (القمر الجدان ، الأشجار ...)(الضوء لا يرى ولكن ترى الأشياء المضاءة) وأن يصل الضوء المنبعث من الشيء الى عين المشاهد .

3-مبدأ الإنتشار المستقيمي للضوء :

ينتشر الضوء في وسط شفاف ومتجانس وفق خطوط مستقيمية ، ويمكن تمثيل المسارات الذي يسلكها الضوء المنبعث من نقطة شيء في وسط شفاف ومتجانس ، بمستقيمات موجهة بسهم حسب منحى انتشار الضوء ابتداءا من نقطة الشيء .



نسمي كلا من هذه المستقيمات شعاعا ضوئيا *rayon limineux* .

II-ظاهرة انعكاس وانتشار الضوء

phénomène de réflexion et de réfraction

1-انعكاس الضوء *réflexion de la lumière* :

1-1-نشاط تجريبي :

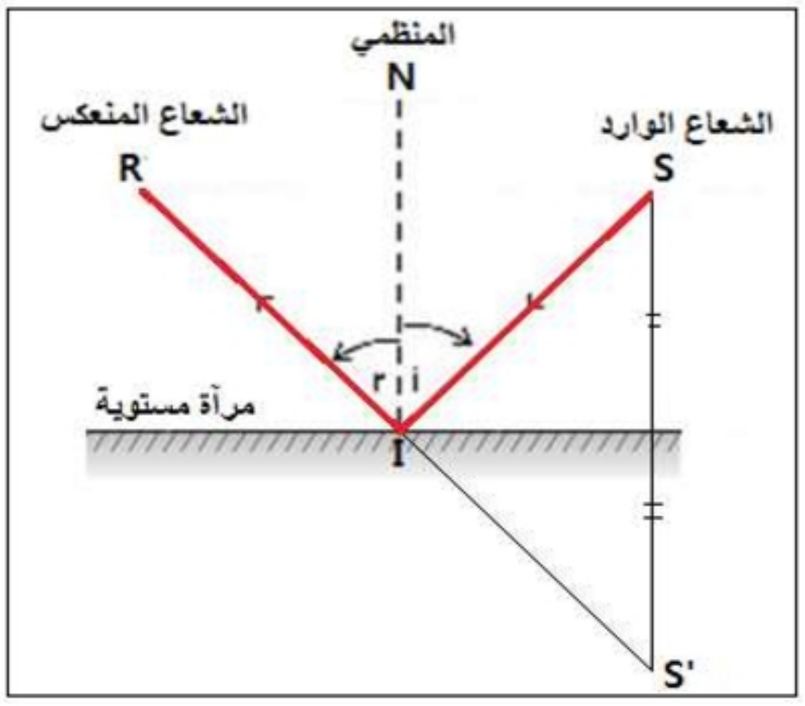
نرسل على مرآة مستوية حزمة رقيقة من الضوء ، يمثل الشكل أسفله الشعاع الوارد والشعاع المنعكس وزاوية الورود وزاوية الانعكاس .

أ-املأ الجدول التالي :

60	50	40	30	20	10	0	$i(°)$
						0	$r(°)$

ب-ماذا تمثل S' بالنسبة للمنبع النقطي S ؟

ج-استنتج قانون ديكارت للانعكاس .



2-1-استثمار :

أ-انظر الجدول اسفله

60	50	40	30	20	10	0	$i(°)$
60	50	40	30	20	10	0	$r(°)$

ب-تمثل S' صورة وهمية بالنسبة للمرآة المستوية ويبدو وكأن الشعاع المنعكس R يرد من S' .

ج-قانونا ديكارت للانعكاس :

- القانون الأول : الشعاع الوارد والشعاع المنعكس يوجدان في نفس المستوى (مستوى الورود) .
- القانون الثاني : زاوية الورود تساوي زاوية الانعكاس : $\boldsymbol{i = r}$.

2-انكسار الضوء ***réfraction de la lumière*** :

2-1-نشاط تجريبي :

نرسل حزمة ضوئية دقيقة على الوجه المستو لنصف أسطوانة من البليكسيكلاص .

أ-املأ الجدول التالي :

60	50	40	30	20	10	0	$i_1(°)$
						0	$i_2(°)$
						–	$\frac{sini_1}{sini_2}$

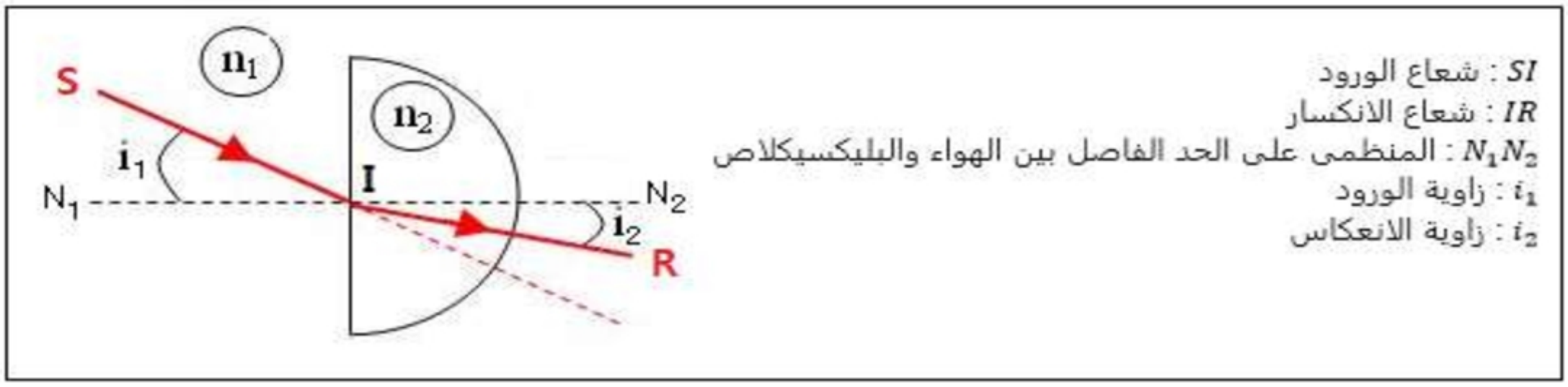
ب- عرف ظاهرة انكسار الضوء واستنتج العلاقة بين $sini_1$ و $sini_2$ علما أن : $\frac{sini_1}{sini_2} = \frac{n_2}{n_1}$.

ج-استنتج قانونا ديكارت للانكسار .

2-2-استثمار :

أ-جدول النتائج :

60	50	40	30	20	10	0	$i_1(°)$
35	30,5	25	19	13	6,5	0	$i_2(°)$
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	–	$\frac{sini_1}{sini_2}$



ب-الانكسار هو التغير المفاجئ لاتجاه انتشار الشعاع الضوئي عندما يجتاز الحد الفاصل لوسطين شفافين ، متجانسين و مختلفين .

لدينا : $\frac{sini_1}{sini_2} = n_{1/2}$

معامل الانكسار النسبي $\boldsymbol{n_{1/2}}$:

نعرف معامل الانكسار النسبي للوسط 2 بالنسبة للوسط 1 بالعلاقة التالية: $n_{1/2} = \frac{n_2}{n_1}$

معامل الانكسار المطلق $\boldsymbol{n}$:

نعرف معامل الانكسار المطلق n لوسط شفاف معامل انكسار هذا الوسط بالنسبة للفراغ .

n_1 معامل الانكسار المطلق للوسط 1 و n_2 معامل الانكسار المطلق للوسط 2 .

نستنتج العلاقة : $\frac{sini_1}{sini_2} = \frac{n_2}{n_1}$ أي : $\boldsymbol{n_1.sini_1 = n_2.sini_2}$

معامل الانكسار للهواء $n_1 = 1$ و معامل الانكسار للبليكسيكلاص $n_2 = 1{,}5$ وبالتالي معامل الانكسار النسبي للبليكسيكلاص بالنسبة للهواء هو :

$$n_{1/2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1{,}5}{1} = 1{,}5$$

ج-قانونا ديكارت للانكسار :

- القانون الأول : الشعاع الوارد والشعاع المنكسر يوجدان في نفس المستوى .
- القانون الثاني : زاوية الورود i_1 وزاوية الانكسار i_2 ترتبطان بالعلاقة التالية : $\boldsymbol{n_1.sini_1 = n_2.sini_2}$

3-مبدأ الرجوع العكسي للضوء :

إذا سلك الضوء مسارا معينا ، فإنه يسلك نفس المسار عند عكس منحى انتشاره .

الصور المحصل عليها بواسطة مرآة مستوية
Images formées par un miroir plan

I-صورة شيء محصل عليها بواسطة مرآة مستوية :

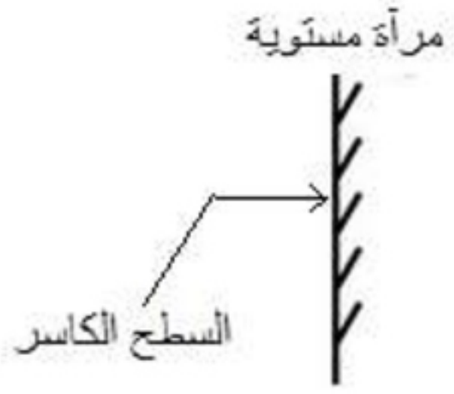
1-المرآة المستوية :

نسمي مرآة مستوية كل سطح مستو عاكس للضوء الذي يرد عليه .

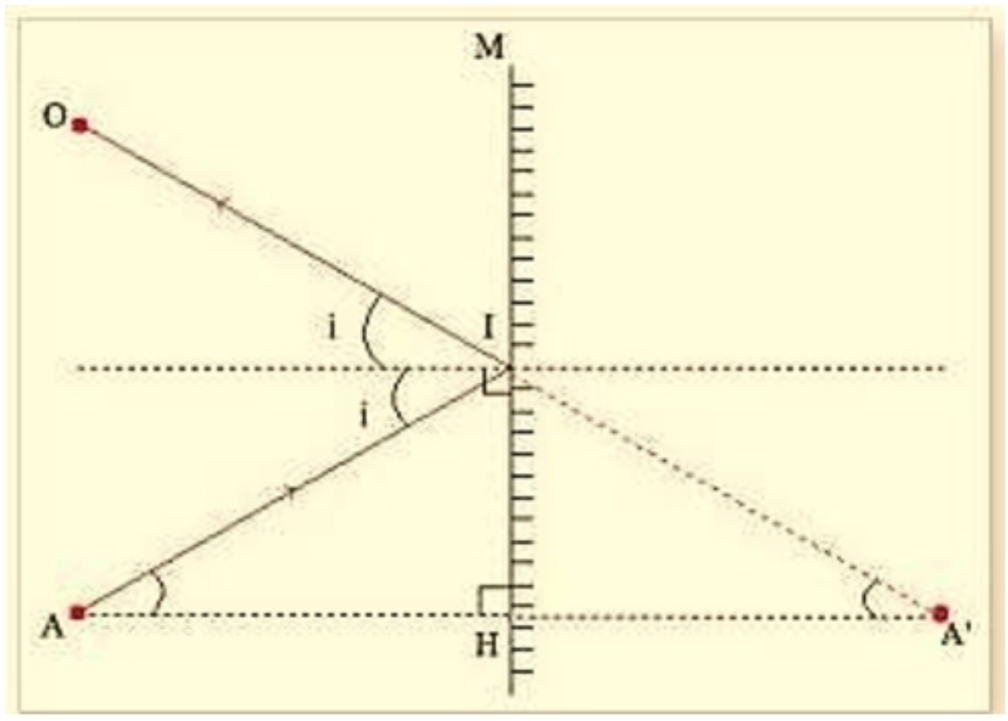
أمثلة :

سطح ماء ساكن ، صفيحة زجاجية مصقولة ، صفيحة فلزية مستوية ومصقولة الخ ...

تمثيل المرآة المستوية



2-مشاهدة الصورة :



عند وضع جسم S أمام مرآة مستوية ، فإن الجسم S يمثل الشيء بالنسبة للمرآة ، تعطي المرآة صورة S' للجسم S ، حيث S و S' متماثلان بالنسبة للمرآة .

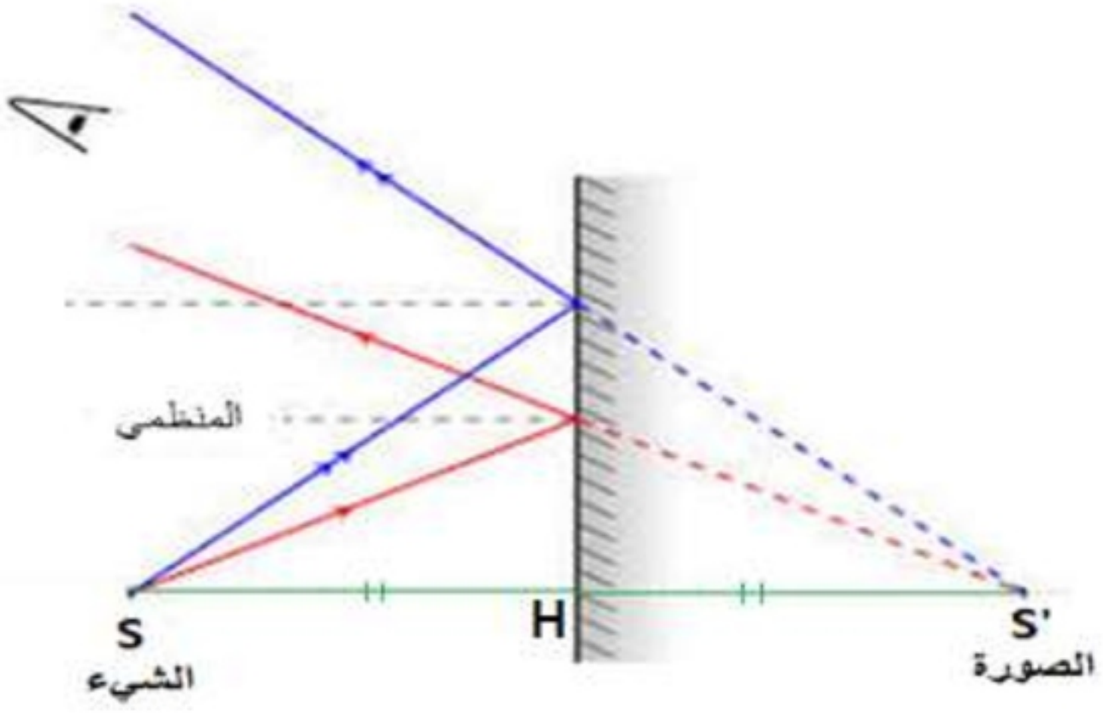
ملحوظة :

- عندما ترى عين الملاحظ النقطة S مباشرة ، تمثل النقطة S الشيء بالنسبة للعين .
- عندما ترى عين الملاحظ النقطة S' من خلال المرآة، تمثل S' الشيء بالنسبة للعين .
- أما بالنسبة للمرآة ، فإن S هي النقطة الشيء و S' هي النقطة الصورة المحصل عليها للشيء S .

3-تحديد موضع الصورة :

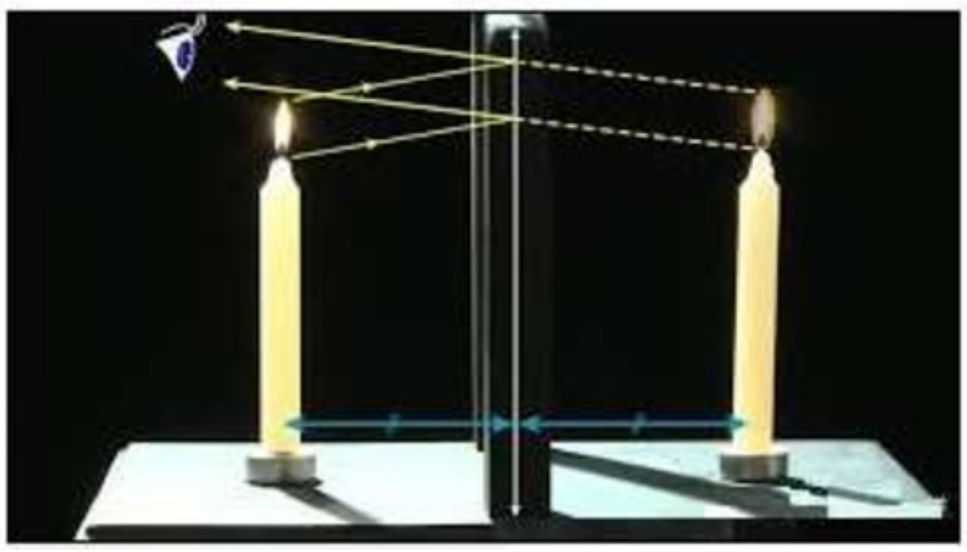
لتحديد موضع الصورة S' لشيء S عبر مرآة مستوية هناك طريقتين :

- ✓ الطريقة الأولى : بتحديد S' نقطة تماثل النقطة S بالنسبة لمرآة مستوية $HS = HS'$.
- ✓ بتحديد نقطة تقاطع امتدادات مسارات الأشعة المنعكسة .



4-أبعاد الصورة :

4-1-تجربة الشمعتين :



نستعمل صفيحة زجاجية تلعب دور المرآة المستوية وشمعتين متماثلتين B_1 و B_2 .

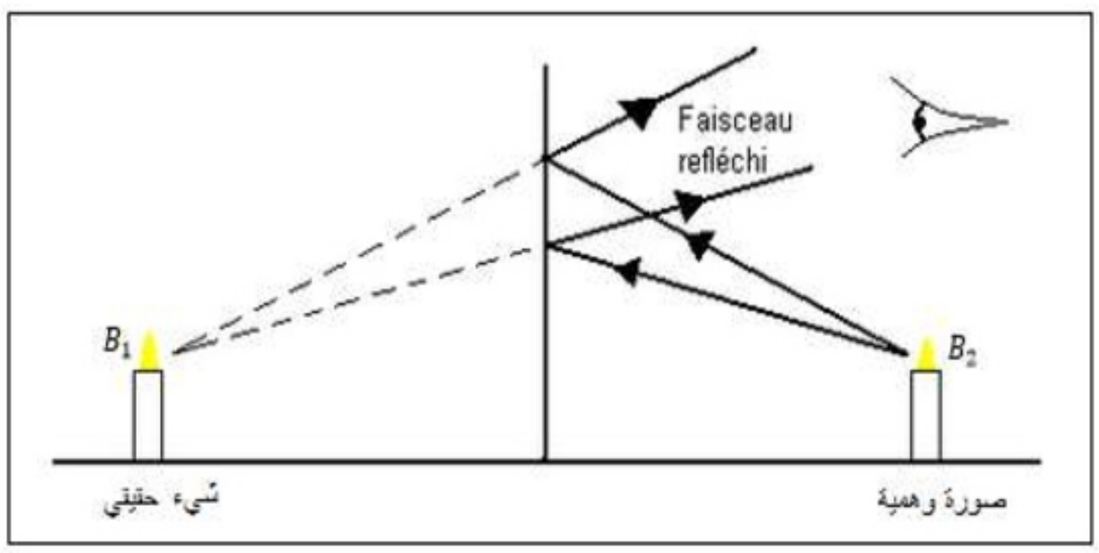
نثبت الصفيحة الزجاجية راسيا ونوقد إحدى الشمعة B_1 ونضعها أمام المرآة المستوية ، فنشاهد صورتها B_1' المحصل عليها بواسطة الصفيحة الزجاجية .

نضع الشمعة B_2 الغير مشتعلة وراء الصفيحة الصورة في موضع B_1' ، فنلاحظ الشمعة B_2 تبدو و كأنها مشتعلة .

أ-ماذا تمثل الشمعة B_2 بالنسبة للصفيحة الزجاجية ؟

ب- بالنسبة لملاحظ أمام الصفيحة تظهر الشمعة B_2 و كأنها مشتعلة . كيف تفسر ذلك ؟

ج-قارن موضعي و أبعاد الشمعة B_1 وصورتها B_2 المحصل عليها بواسطة المرآة المستوية . ماذا تستنتج ؟



4-2-استثمار :

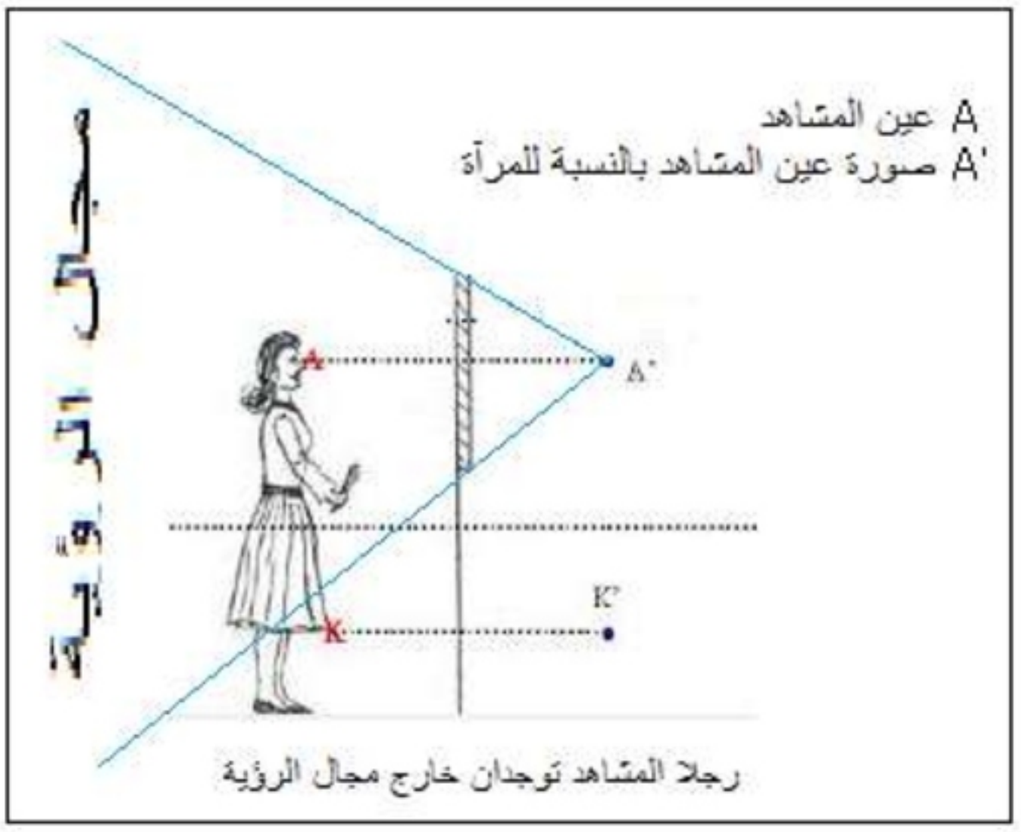
أ-تمثل الشمعة B_1 شيء ضوئي بالنسبة للصفيحة الزجاجية .

ب-بما أن الشمعة B_2 مماثلة للشمعة B_1 و تتواجد في مكان الصورة B_1' للشمعة B_1 ، فالملاحظ يرى الشمعة B_2 و كأنها مشتعلة .

ج-التجربة تبين صورة الشمعة بالنسبة لمرآة مستوية تحافظ على نفس أبعاد الشمعة B_1 كما تحافظ على نفس المسافة بالنسبة للمرآة المستوية .

استنتاج :

المرآة المستوية تعطي لشيء موضوع أمامها صورة وهمية لها نفس ابعاد الشيء .



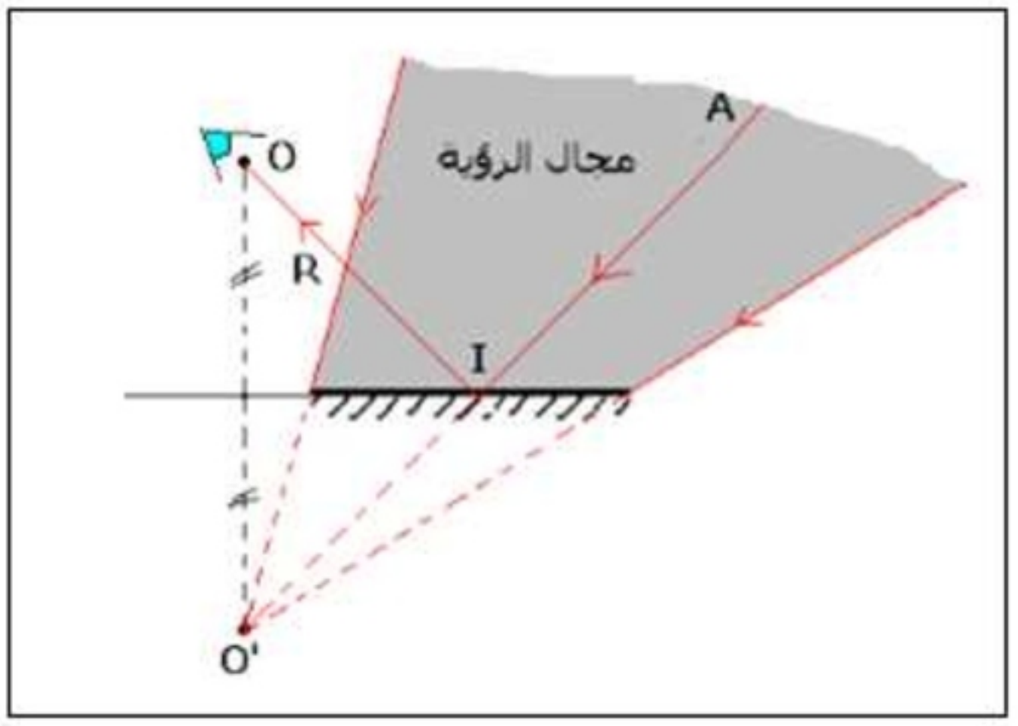
II-مجال الرؤية لمرآة مستوية :

1-إبراز مجال الرؤية لمرآة مستوية :

عندما يقف شخص أمام مرآة ويبقى ثابتا في مكانه فإنه لايرى صورة رجليه عبر المرآة لأنهما خارج مجال الرؤية .

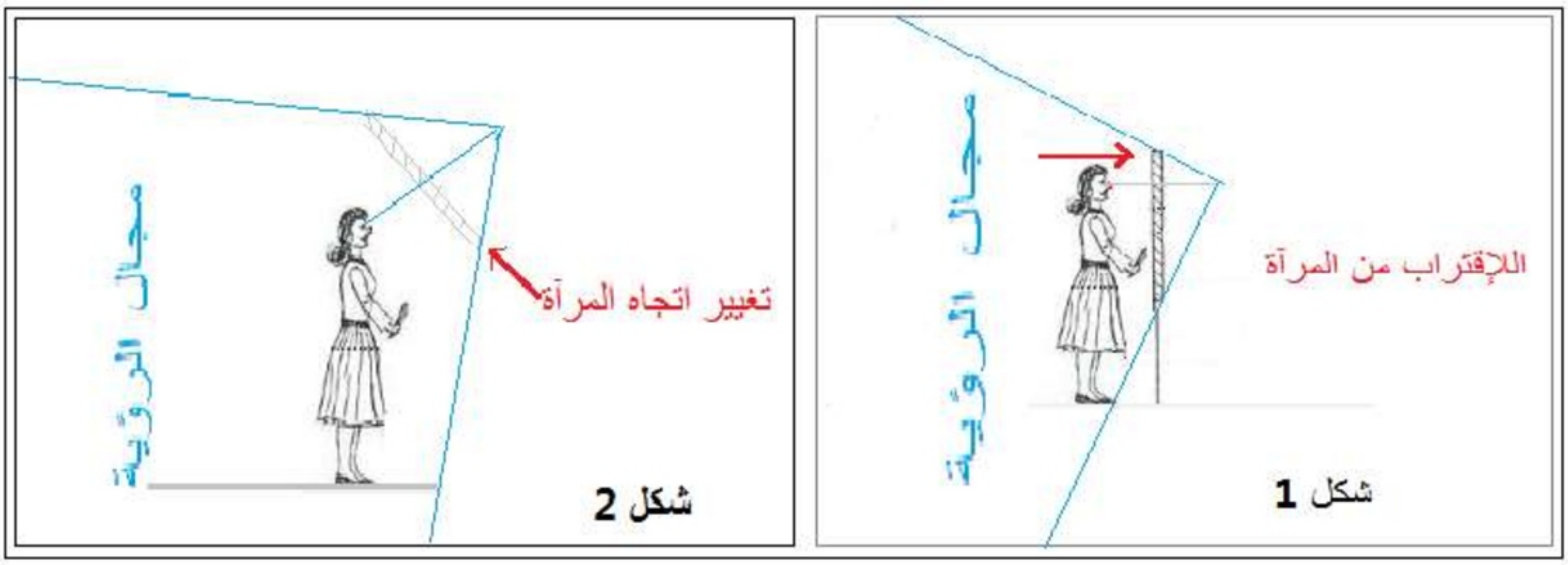
يمكن تغيير مجال رؤية المرآة لكي يتمكن المشاهد رؤية قدميه :

- ✓ إما باقتراب المشاهد من المرآة (أنظر شكل 1).
- ✓ أو بتغيير اتجاه المرآة (أنظر شكل 2) .



2-تعريف مجال الرئية لمرآة مستوية :

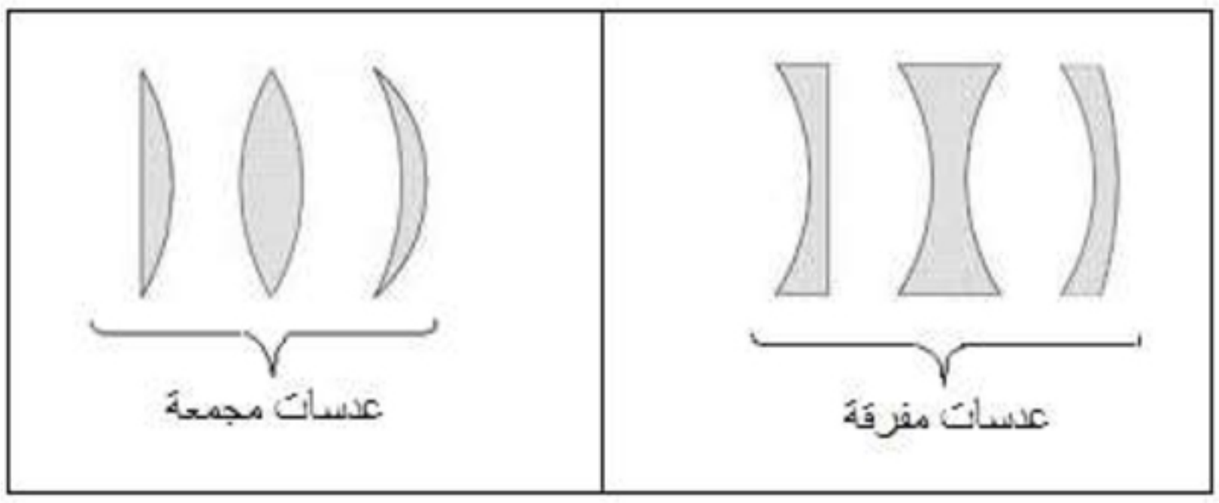
مجال الرؤية بالنسبة لمرآة مستوية ، بالنسبة لموضع *O* لعين ملاحظ ، هو حيز الفضاء الذي يمكن للعين رؤية صور الاشياء الموجودة فيه ، عبر المرآة و يتعلق هذا المجال بموضع عين الملاحظ ، وبابعاد المراة .



الصورة المحصل عليها بواسطة عدسة رقيقة

I-تاثير العدسات المجمعة والمفرقة على مسار حزمة ضوئية متوازية :

1-تعريف العدسات الكروية :

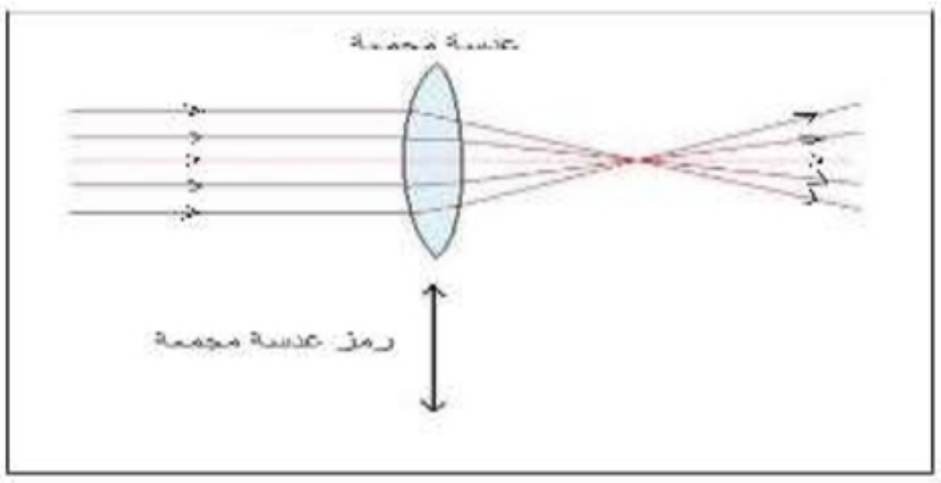


العدسة الكروية وسط شفاف ومتجانس محدود بوجهين كرويين أو وجه كروي و آخر مستو .

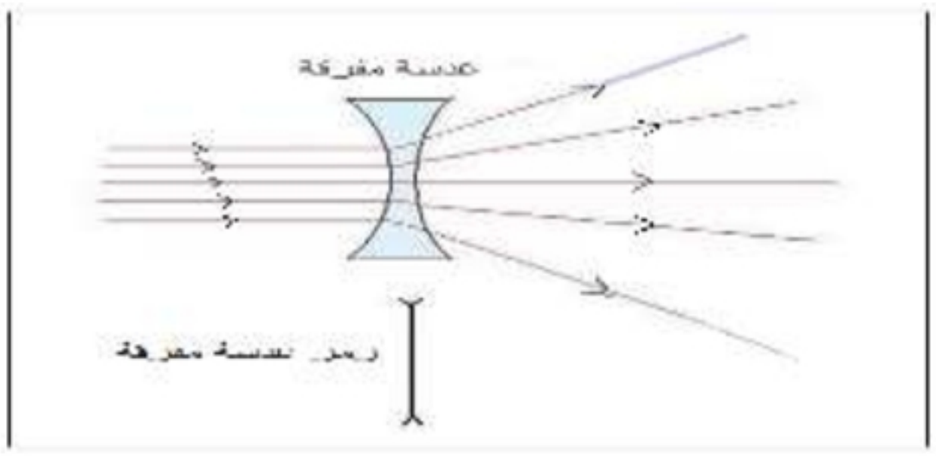
يوجد نوعان من العدسات :

- عدسات مجمعة وهي عدسات ذات حافة رقيقة .
- عدسات مفرقة وهي عدسات ذات حافة سميكة .

2-تأثير عدسة على حزمة ضوئية :



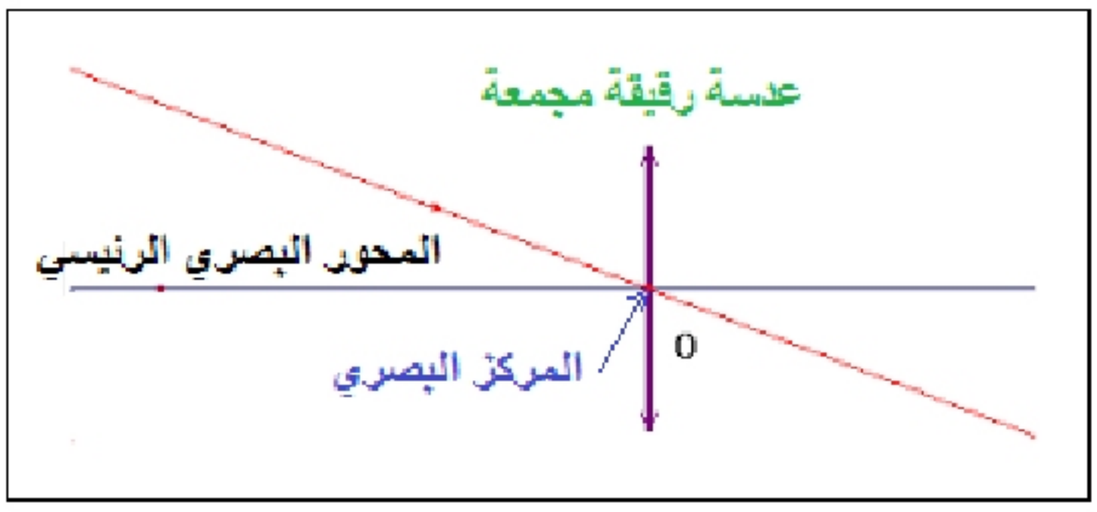
تحول العدسة المجمعة حزمة ضوئية متوازية و موازية لمحورها البصري الى حزمة مجمعة .



تحول العدسة المجمعة حزمة ضوئية متوازية وموازية لمحورها البصري الى حزمة متفرقة .

II –مميزات العدسة الرقيقة المجمعة :

1- المركز البصري و المحور البصري الرئيسي :



المركز البصري : هو مركز تماثل العدسة ، ويرمز له بالحرف *O*

المحور البصري الرئيسي : المستقيم المار من المركز البصري للعدسة والمتعامد معها .

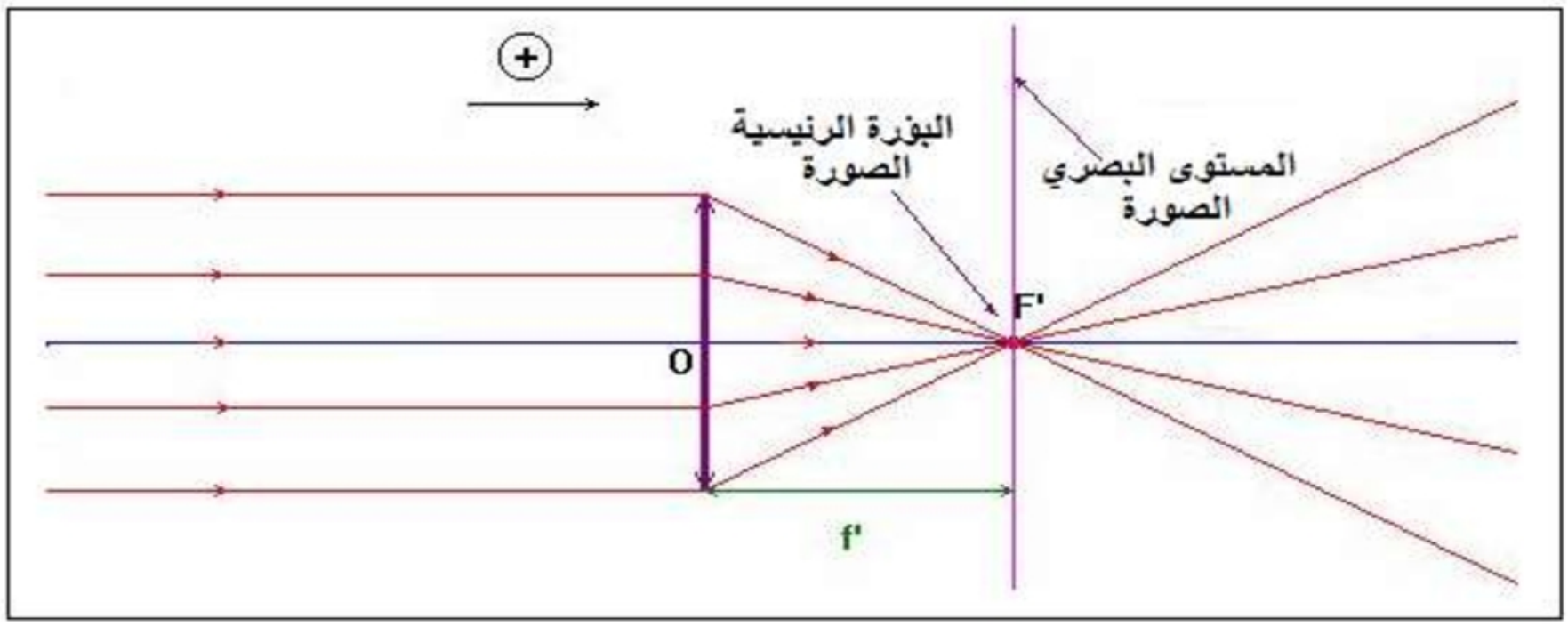
2- البؤرة الرئيسية الصورة والمسافة البؤرية :

2-1-البؤرة الرئيسية الصورة :

كل الأشعة الواردة متوازية مع المحور البصري الرئيسي تنبثق من العدسة وتتجمع في نقطة واحدة ، تسمى البؤرة الئيسية الصورة ، يرمز لها ب : F' وتنتمي الى المحور البصري الرئيسي

كل شعاع ضوئي وارد موازيا للمحور البصري الرئيسي لعدسة مجمعة يجتازها مارا من بؤرتها الرئيسية الصورة F' .

اصطلاحا نختار منحى انتشار الضوء كمنحى موجب على المحور البصري الرئيسي .



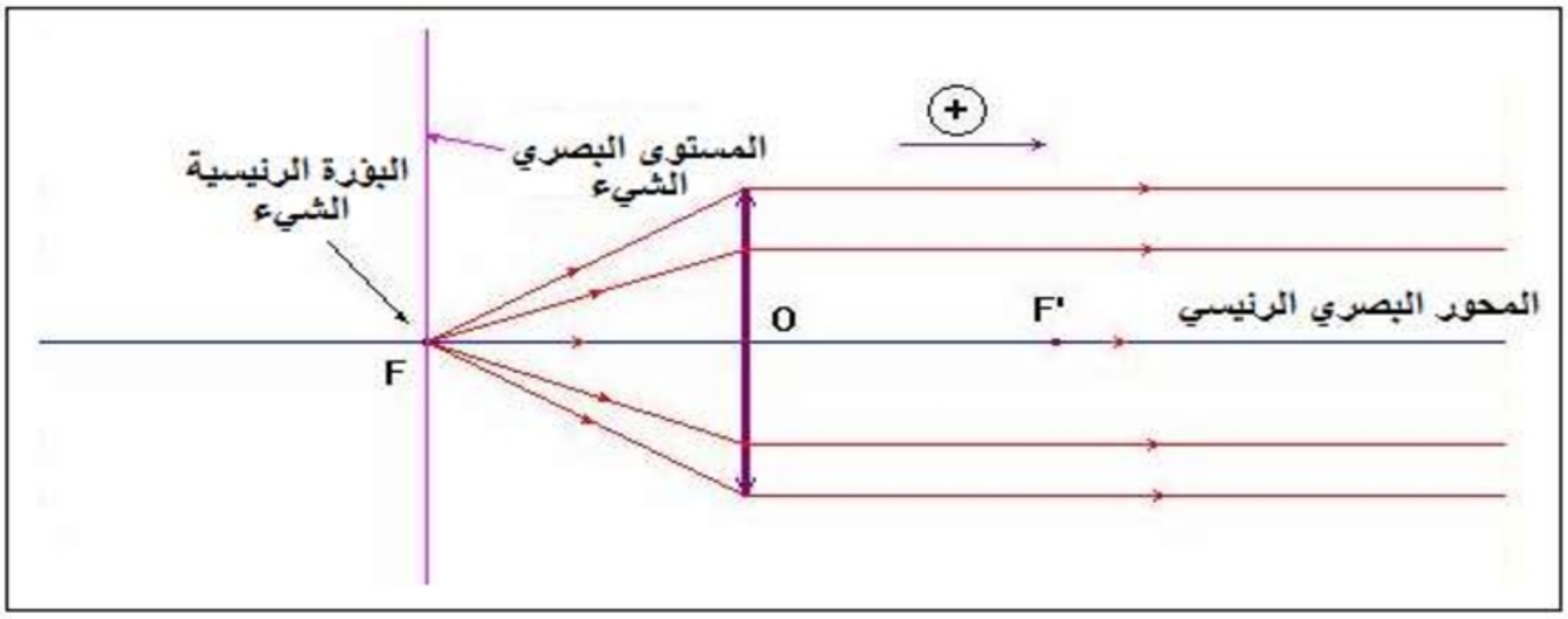
2-2-المسافة البؤرية :.

تسمى المسافة بين المركز البصري للعدسة O وبؤرة الصورة F' بالمسافة البؤرية (distance focale) والتي يرمز لها بالحرف f بحيث : $OF' = f'$.

3-البؤرة الرئيسية الشيء :

تتميز العدسة ببؤرة ثانية مماثلة للبؤرة الرئيسية بالنسبة للمركز البصري وتسمى بؤرة الشيء ويرمز لها ب F.

كل شعاع ضوئي وارد على عدسة مجمعة مارا من بؤرتها الرئيسية الشيء يجتازها موازيا لمحورها البصري الرئيسي .



III-الصورة المحصل عليها بواسطة عدسة رقيقة مجمعة :

1-جودة العدسة الرقيقة :

لكي تعطي العدسة صورة مطابقة للشيء ينبغي أن تتوفر الشروط التالية :

- الفضاحة : أي أن تعطي لشيء نقطي صورة نقطية واحدة .
- المستوائية : أي أن تعطي للنقط الموجودة في نفس المستوى الشيء صورا نقطية توجد في نفس المستوى .
- اللالونية : أي العدسة لا تبدد الضوء الذي يجتازها .

تتحقق هذه الشروط عند استعمال العدسة وفق شروط كوص :

- ✓ أن يكون الشيء قريبا ومتعامدا مع المحور البصري .
- ✓ وضع حجاب قريبا من مركز العدسة .

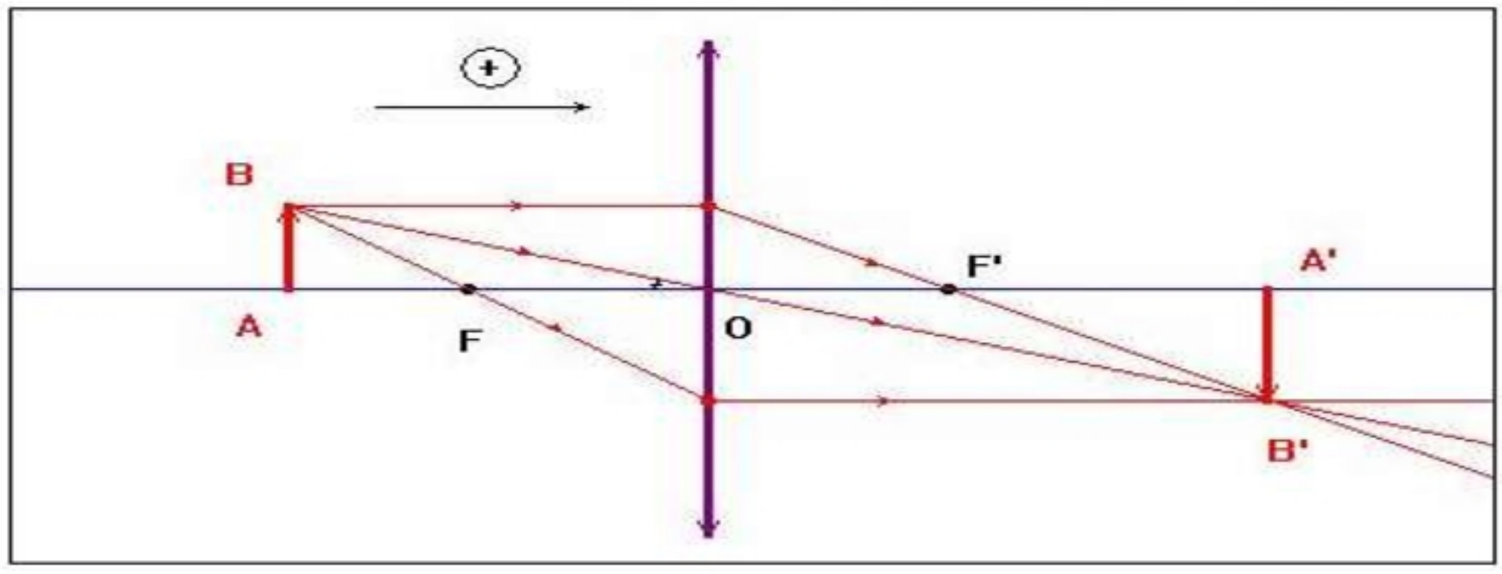
2-الإنشاء الهندسي لصورة محصل عليها بواسطة عدسة :

نمثل العدسة وجميع عناصرها (المحور البصري ، المركز البصري والبؤرتين).

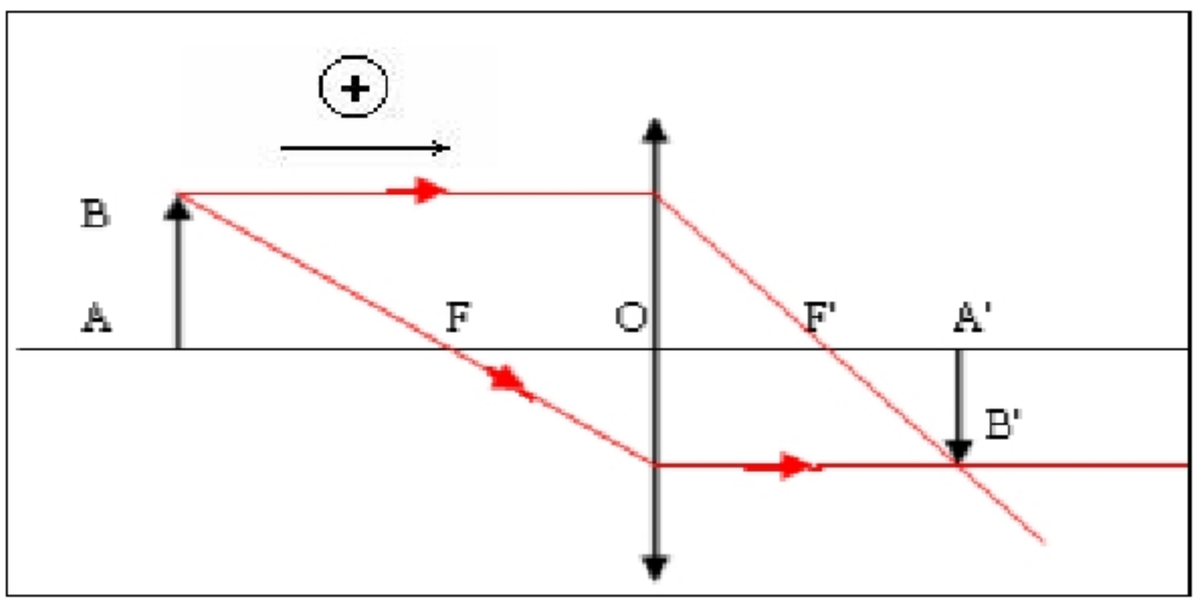
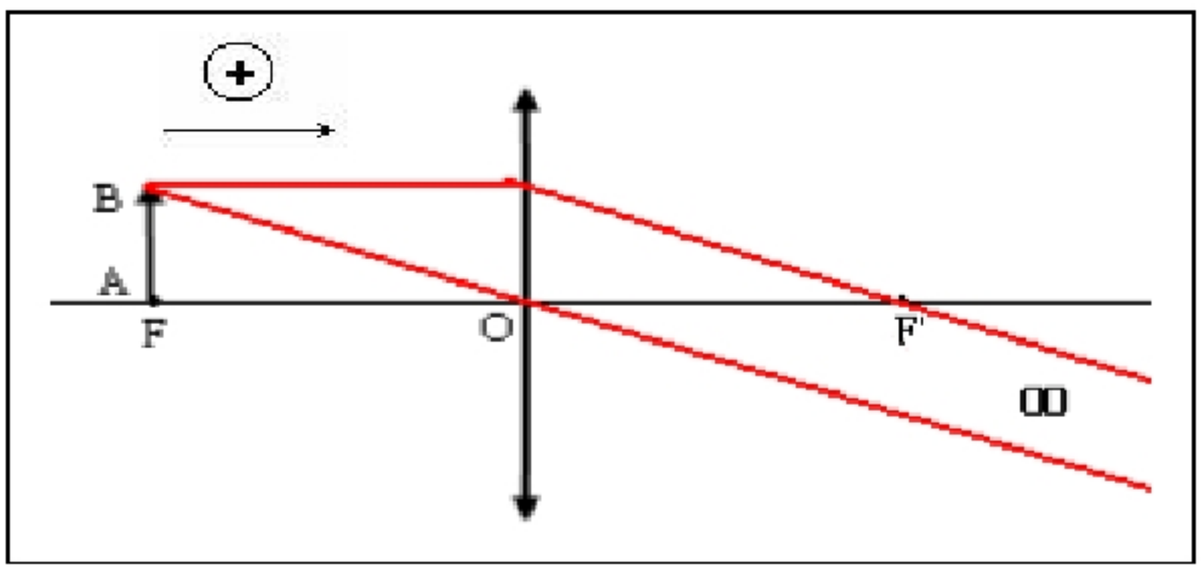
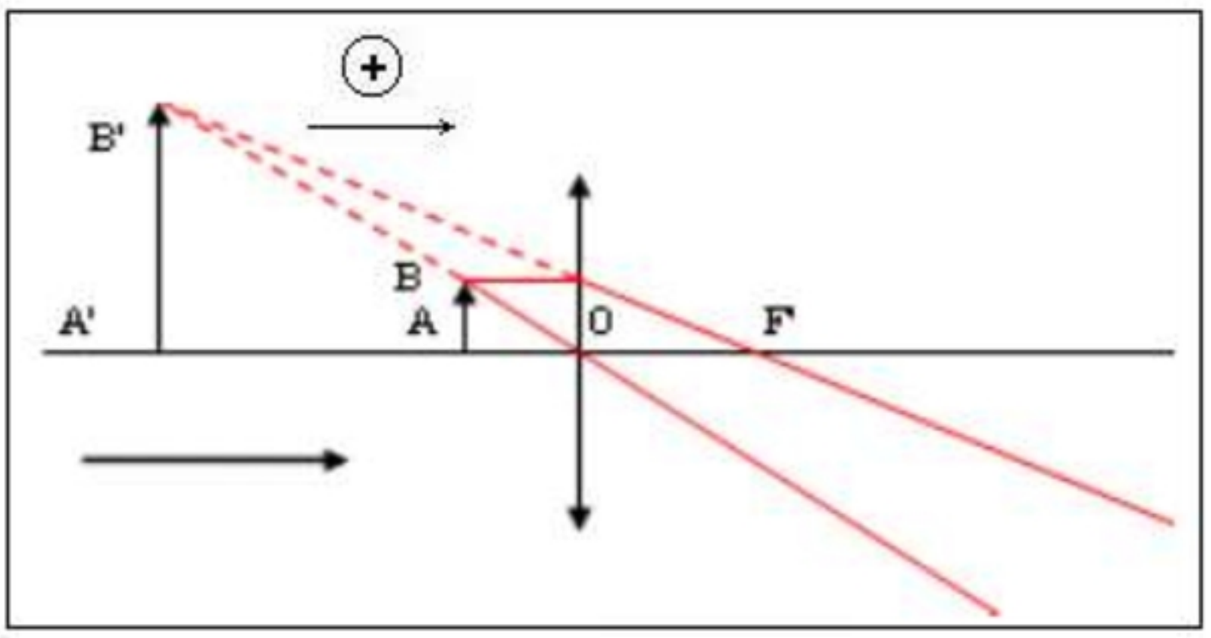
نختار سلما مناسبا لتمثيل بؤرتي الشيء و الصورة ، طول الشيء AB وبعد الشيء عن العدسة OA .

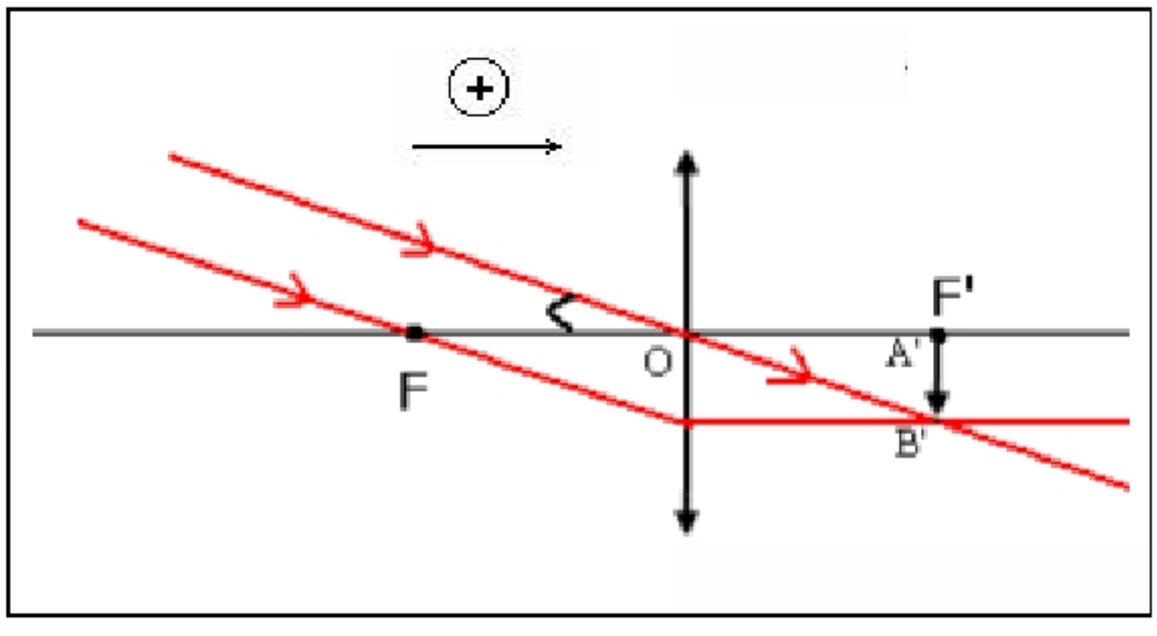
نمثل الشيء المضيء بسهم AB عمودي على المحو البصري بحيث A تنتمي لهذا المحور .

لإنشاء الصورة المحصل عليها بواسطة العدسة للشيء AB ، يكفي استعمال شعاعين من الثلاث الأشعة الخاصة .



3-مختلف أوضاع الصورة :

موضع الشيء OA	طبيعة الصورة	مقارنة الصورة بالشيء	إنشاء الصورة $A'B'$ للشيء AB
$2f < \overline{OA}$	حقيقية ومقلوبة	$AB > A'B'$	
$\overline{OA} = f'$	وهمية و في ما لا نهاية	$AB < A'B'$	
$\overline{OA} > f$	وهمية ومعتدلة و أكبر من الشيء	$\overline{OA} > \overline{OA'}$	

الشيء يوجد في ما لا نهاية	حقيقية ومقلوبة	$\overline{OA'} = f'$	

IV-علاقة التوافق والتكبير :

1-علاقة التكبير :

نسمي تكبير عدسة رقيقة مجمعة النسبة : $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$

التكبير مقدار جبري يمكن من معرفة طول الصورة ومنحاها .

- ❖ إذا كان $\gamma > 0$ يكون منحى الصورة هو منحى الشيء ، نقول إن الصورة معتدلة .
- ❖ إذا كان $\gamma < 0$ يكون منحى الصور عكس منحى الشيء ، نقول إن الصورة مقلوبة.
- ❖ إذا كان $|\gamma| > 1$ طول الصورة أكبر من طول الشيء .
- ❖ إذا كان $|\gamma| < 1$ طول الصورة أصغر من طول الشيء .

علاقة التكبير :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

2-علاقة التوافق :

تكتب :

$$\frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$$

نضع : $\overline{OF'} = f'$ و $\overline{OA'} = p'$ و $\overline{OA} = p$

علاقة التوافق :

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{p'} - \frac{1}{p}$$

- ❖ إذا كان الشيء حقيقي : $\overline{OA} < 0$ أي: $p < 0$.

- ❖ إذا كان الشيء وهمي : $\overline{OA} > 0$ أي : $p < 0$.
- ❖ إذا كانت الصورة حقيقية : $\overline{OA'} > 0$ أي : $p' > 0$.
- ❖ إذا كانت الصوة وهمية : $\overline{OA'} < 0$ أي : $p' < 0$.

3-قوة العدسة :

تعبر قوة العدسة عن قدرتها على تجميع الأشعة الضوئية نحو مركزها البصري ، ويرمز لها بالحرف C وحدتها الديوبتري $Dioptrie$ ويرمز لها ب : δ .

قوة العدسة تساوي مقلوب المسافة البؤرية :

$$C = \frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{f'}$$

ملحوظة :

المسافة البؤرية يعبر عنها بالمتر m .

بالنسبة للعدسة الرقيقة المجمعة $C > 0$ وبالنسبة للعدسة المفرقة $C < 0$.

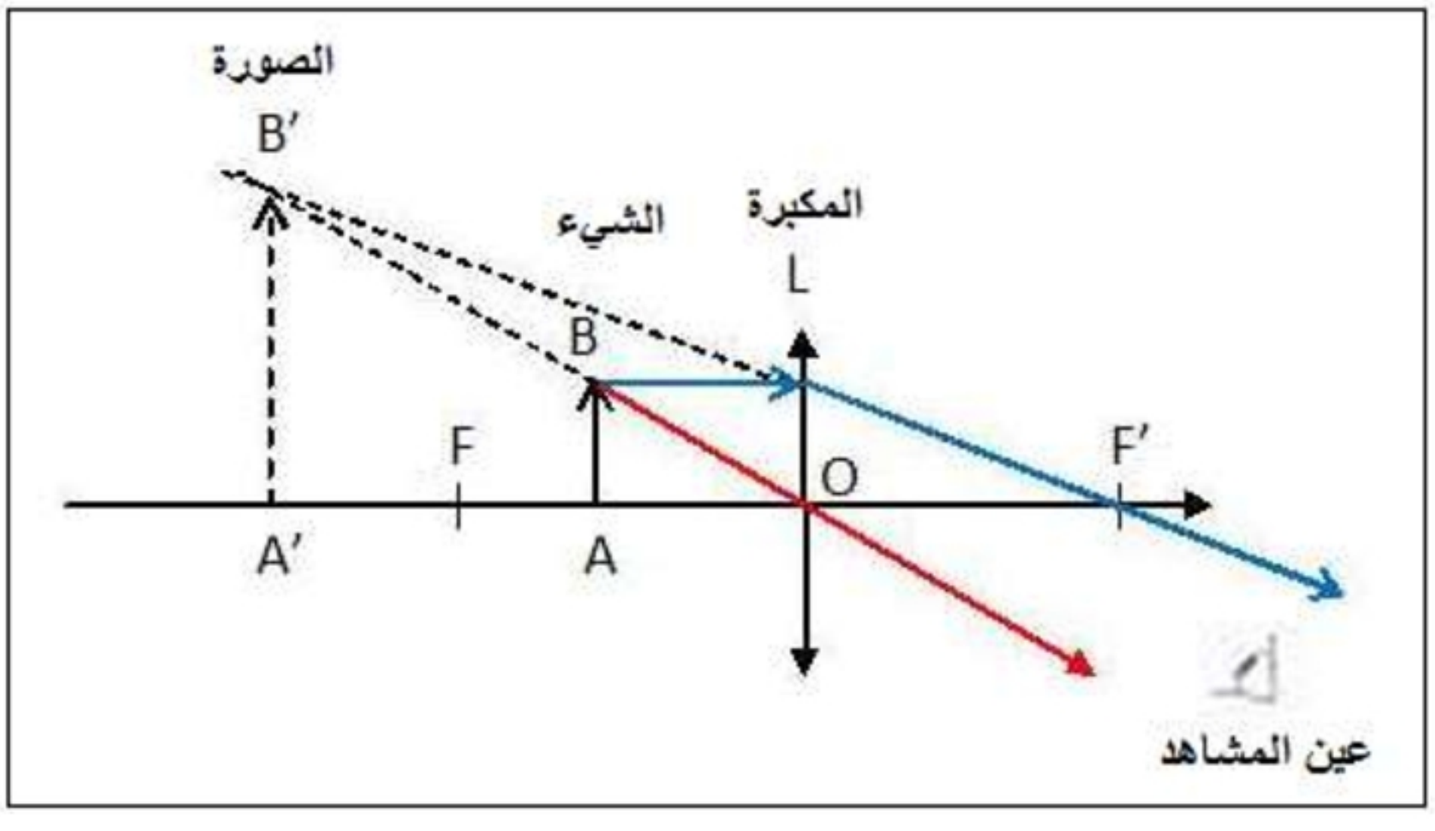
V-المكبرة :

1-تعريف :

المكبرة عبارة عن عدسة رقيقة مجمعة ذات مسافة بؤرية صغيرة تعطي للأشياء الدقيقة صورا مكبرة .

2-الإنشاء الهندسي للصورة :

تعطي المكبرة لشيء حقيقي صورة وهمية معتدلة وأكبر من الشيء .



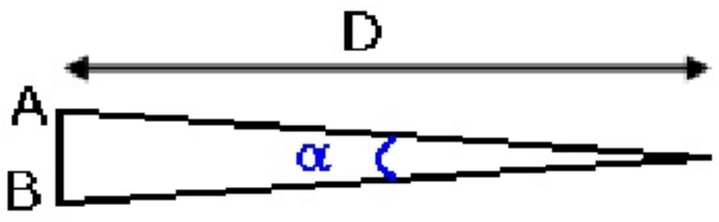
بعض الأجهزة البصرية

I ـ المكبرة

1 ـ العين

يعتمد الإنسان في الرؤية على العين والتي تتكون من مجموعة أعضاء أهمها الشبكية والبلورية

أ ـ القطر الظاهري



يمكن للعين أن ترى شيئا AB من خلال زاوية α تسمى بالقطر الظاهري للشيء .

من خلال الشكل يمكن أن نكتب : $\tan\alpha = \frac{AB}{D}$

بما أن α لها قيمة صغير جدا فإن $\tan\alpha \approx \alpha$ وبالتالي $\alpha = \frac{AB}{D}$

ب ـ تكيف العين

يمكن اعتبار العين كنظام بصري بواسطته يمكن الحصول على صورة لهذا يمكن نمذجة العين بعدسة مجمعة L تبعد بالمسافة d عن الشبكية . هذه الأخيرة تلعب دور الشاشة التي تتكون فيها الصورة وسمى هذا النموذج بالعين البسيطة .

يمكن للعين أن تشاهد أشياء على مسافات مختلفة ، هذا يدل على أن العين يمكنها أن تغير مسافتها البؤرية حسب موضع الشيء المشاهد حتى تكون الصورة واضحة على الشبكية وتلعب البلورية دورا مهما في تغيير المسافة البؤرية نسمي هذه العملية **بتكيف العين .**

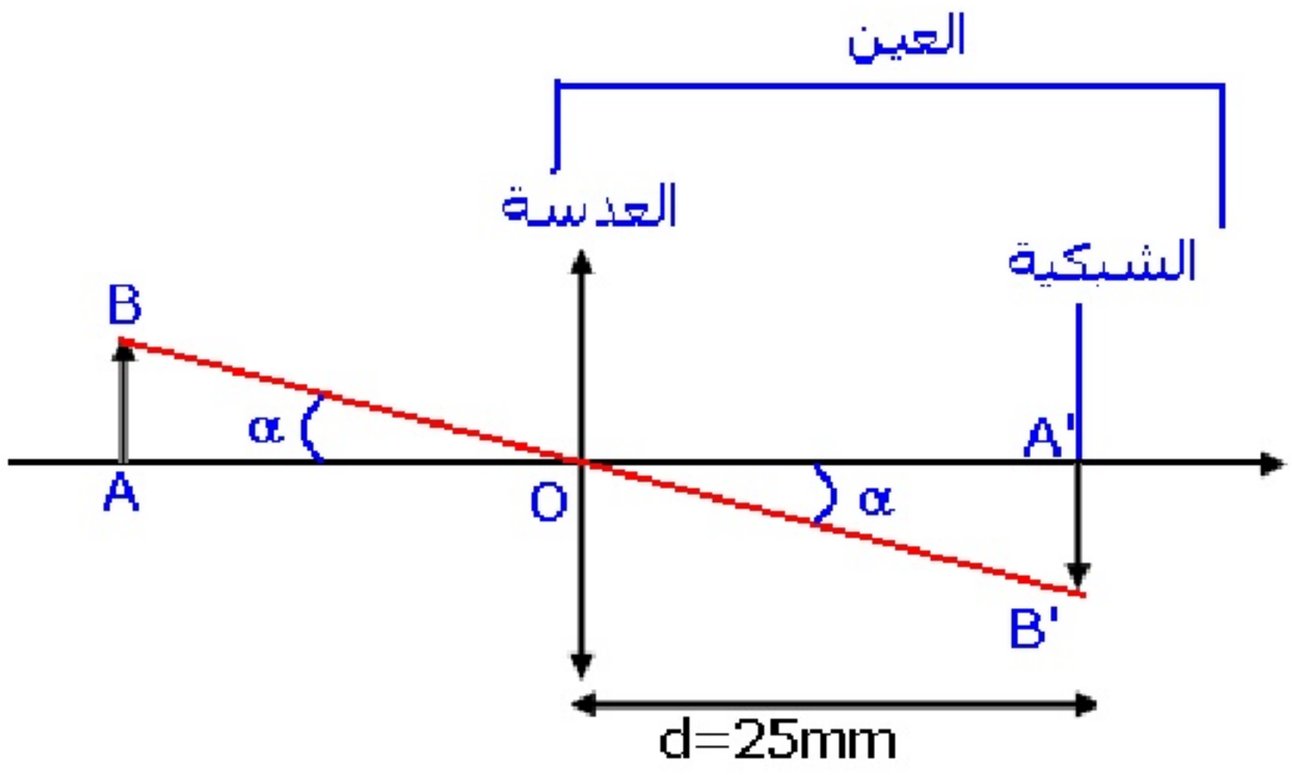
تكيف العين يكون محدود في مجال محصور بين نقطتين حديتين وهما :

نقطة الكشف البعيدة PR (ponctum remotum) وهي أقصى نقطة تراها العين بدون تكيف .

نقطة الكشف القريبة (ponctum proximum) وهي أقرب نقطة تراها العين بتكيف أقصى .

بالنسبة لعين عادية توجد PR في اللانهاية وتوجد PP على مسافة d_m=25cm من العين . فالعين العادية لا يمكن أن ترى بوضوح شيئا يوجد على مسافة أصغر من d_m .

عندما يكون الشيء في اللانهاية ، تكون العين في راحة ، وبالتالي فإن عملية التكيف غير واردة .



$A'B' = d\tan\alpha \Rightarrow A'B' = d.\alpha$

α القطر الظاهري للشيء

عندما ترى العين بدون تكيف ، فإن المسافة البؤرية للعين يمكن نمذجتها ب f′ ، حيث f′=d ,

في الحالة التي ترى فيها بتكيف فإن f′<d .

ج ـ قوة التكسير لجهز بصرى

هناك بعض الأجهزة البصرية تتميز بقوة تكبيرها G . ومنها المنظار الفلكي .

نعبر عن قوة التكبير بالعلاقة التالية :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

α: القطر الظاهري للشيء

α : القطر الظاهري للصورة

2 ـ الإنشاء الهندسي للصورة بواسطة مكبرة (أنظر التمرين في الدرس السابق)

قوة تكبير مكبرة

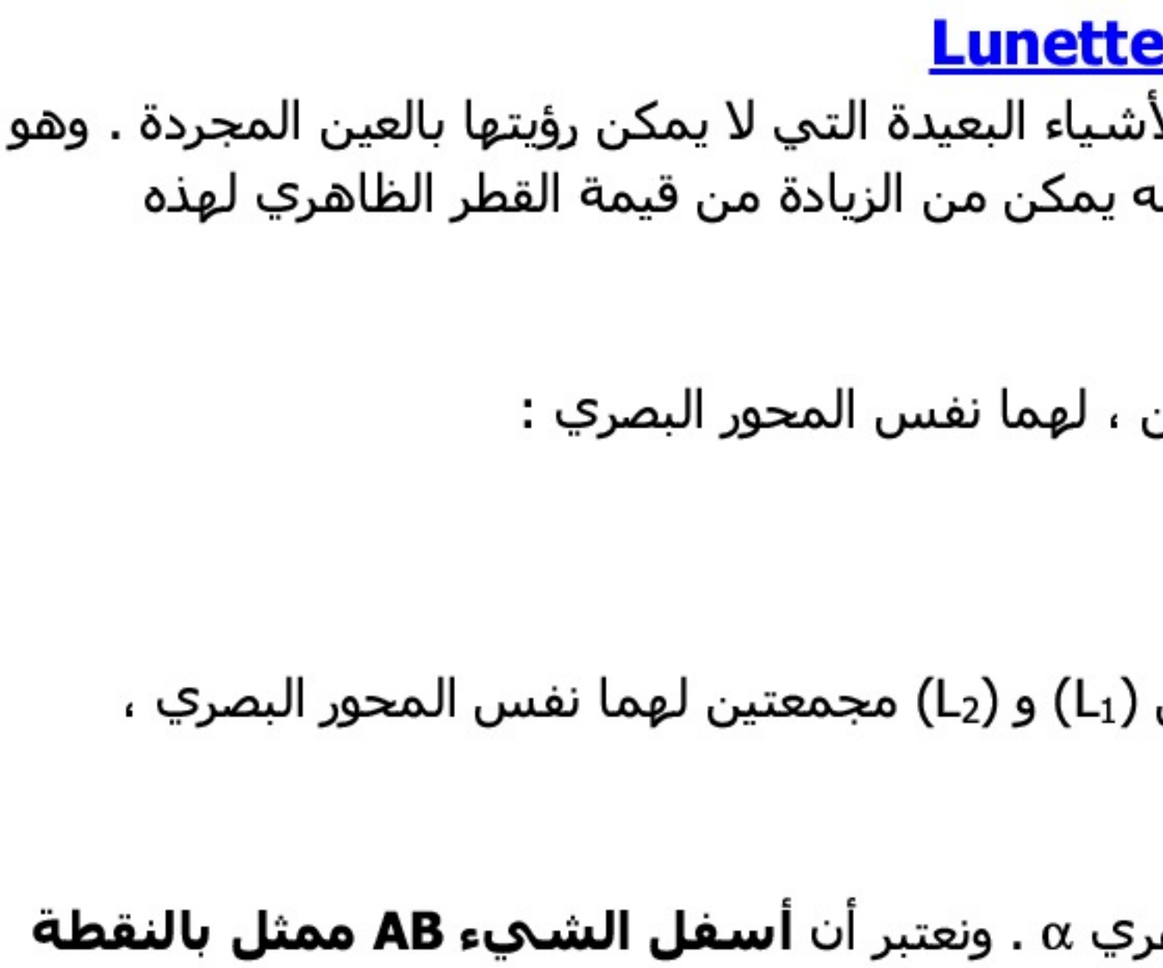
تتعلق قوة تكبير مكبرة بالعين والمكبرة وتموضعهما بالنسبة للشيء .

بالنسبة لعين سليمة من العيوب المتعلقة بالإبصار فإن المسافة الدنيا d_m للإبصار المميز تساوي 25cm .

القطر الظاهري للشيء : $\alpha = \frac{AB}{d_m} = \frac{AB}{0,25}$

بواسطة المكبرة حيث نأخذ الحالة التي لا تتكيف فيها العين ، فإن الصورة A′B′ المحصل عليها بواسطة المكبرة متكونة في اللانهاية

$$\tan\alpha' = \frac{AB}{f'} \approx \alpha'$$



قوة التكبير التجاري لمكبرة هي :

$$G = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{AB}{f'} \times \frac{d_m}{AB} = \frac{d_m}{f'} = \frac{1}{4f'} = \frac{C}{4}$$

II ـ المنظار الفلكي Lunette astronomique

المنظار الفلكي جهاز بصري يستعمل لمشاهدة الأشياء البعيدة التي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة . وهو يعطي صورة مكبرة لهذه الأشياء البعيدة ، بحيث أنه يمكن من الزيادة من قيمة القطر الظاهري لهذه الأشياء حتى تتمكن العين المجردة من رؤيتها .

1 ـ مبدأ المنظار الفلكي

يتكون المنظار الفلكي من نظامين بصريين مجمعين ، لهما نفس المحور البصري :

ـ النظام الشيئي ويوجه نحو الشيء . Objectif

ـ النظام العيني ، ومنه ترى العين . Oculaire

2 ـ نموذج المنظار الفلكي

يمكن مماثلة النظامين الشيئي والعيني بعدستين (L_1) و (L_2) مجمعتين لهما نفس المحور البصري ، مسافتهما البؤرية هي على التوالي f'_1 و f'_2

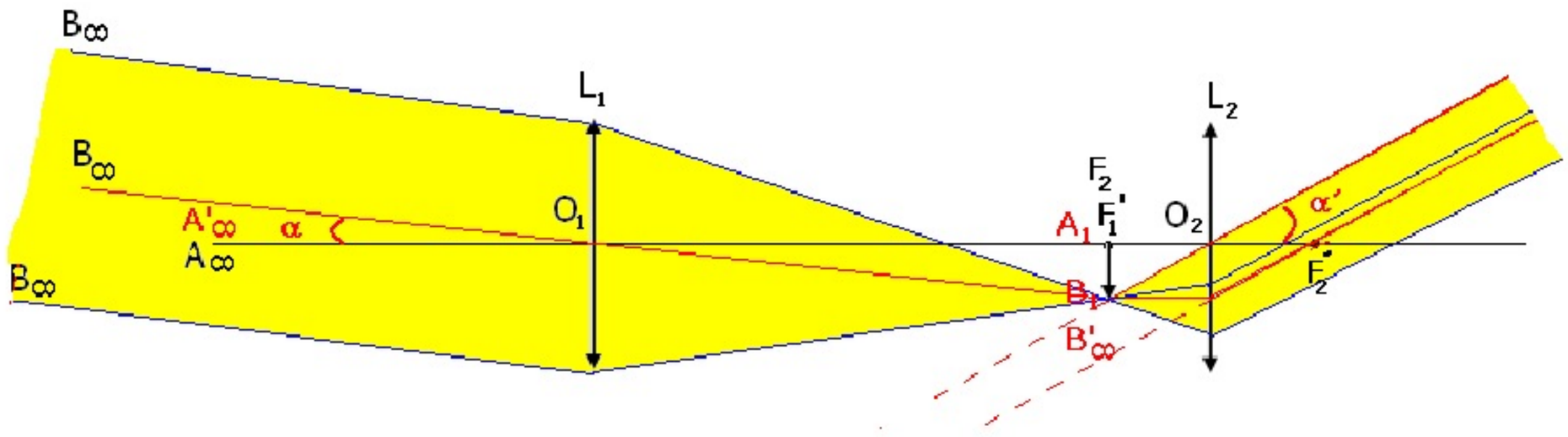
نعتبر شيئا AB **يوجد في اللانهاية** $A_\infty B_\infty$

ترى العين المجردة الشيء AB من خلال قطر ظاهري α . ونعتبر أن **أسفل الشيء AB ممثل بالنقطة A ، وهي تنتمي إلى المحور البصري المشترك بين العدستين L_1 و L_2 .**

يعطي النظام الشيئي L_1 الصورة A_1B_1 للشيء AB المتواجد في اللانهاية . وهذه الصورة المحصل عليها **توجد في المستوى البؤري الصورة للعدسة L_1 .**

باعتبار أن المنظار يوجد في **وضع لا بؤري** حيث **البؤرة الشيء F_2 للعدسة L_2 منطبقة مع البؤرة الصورة F'_1 للعدسة L_1 .**

الصورة A_1B_1 تعتبر شيئا بالنسبة للنظام العيني L_2 الذي يعطي بدوره الصورة A′B′ .



عندما يكون المنظار لابؤريا :

$$\tan\alpha \approx \alpha = \frac{A_1B_1}{f_1'}$$

$$\tan\alpha' \approx \alpha' = \frac{A_1B_1}{f_2'}$$

α القطر الظاهري للشيء و α' القطر الظاهري للصورة عبر المنظار الفلكي .

وبالتالي فإن قوة تكبير المنظار الفلكي اللابؤري :

$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$ والتي نعبر عنها بالعلاقة التالية : $G = \frac{f_1'}{f_2'}$

f'_1 المسافة البؤرية للنظام الشيئي .

f'_2 المسافة البؤرية للنظام العيني .

يكبر المنظار الشيء إذا كانت $f_1' > f_2'$

رتبة المقادير : في منظار للهواة : $f'_1=1m$ و $f'_2=0,01m=1cm$ في هذه الحالة $G = \frac{f_1'}{f_2'} = 100$

III ـ المجهر Le microscope

المجهر جهاز بصري يمكن العين من رؤية بعض الجسيمات المادية والمخلوقات الدقيقة .

1 ـ المكونات البصرية للمجهر .

يتكون المجهر من نظامين بصريين هما :

ـ **النظام الشيئي** : ويتكون من عدة عدسات مجمعة لها نفس المحور البصري ، وتشكل نظاما بصريا واحدا له مسافة بؤرية صغيرة (بضع ميليمترات)

يكون النظام الشيئي موجها نحو الشيء وقريبا منه .

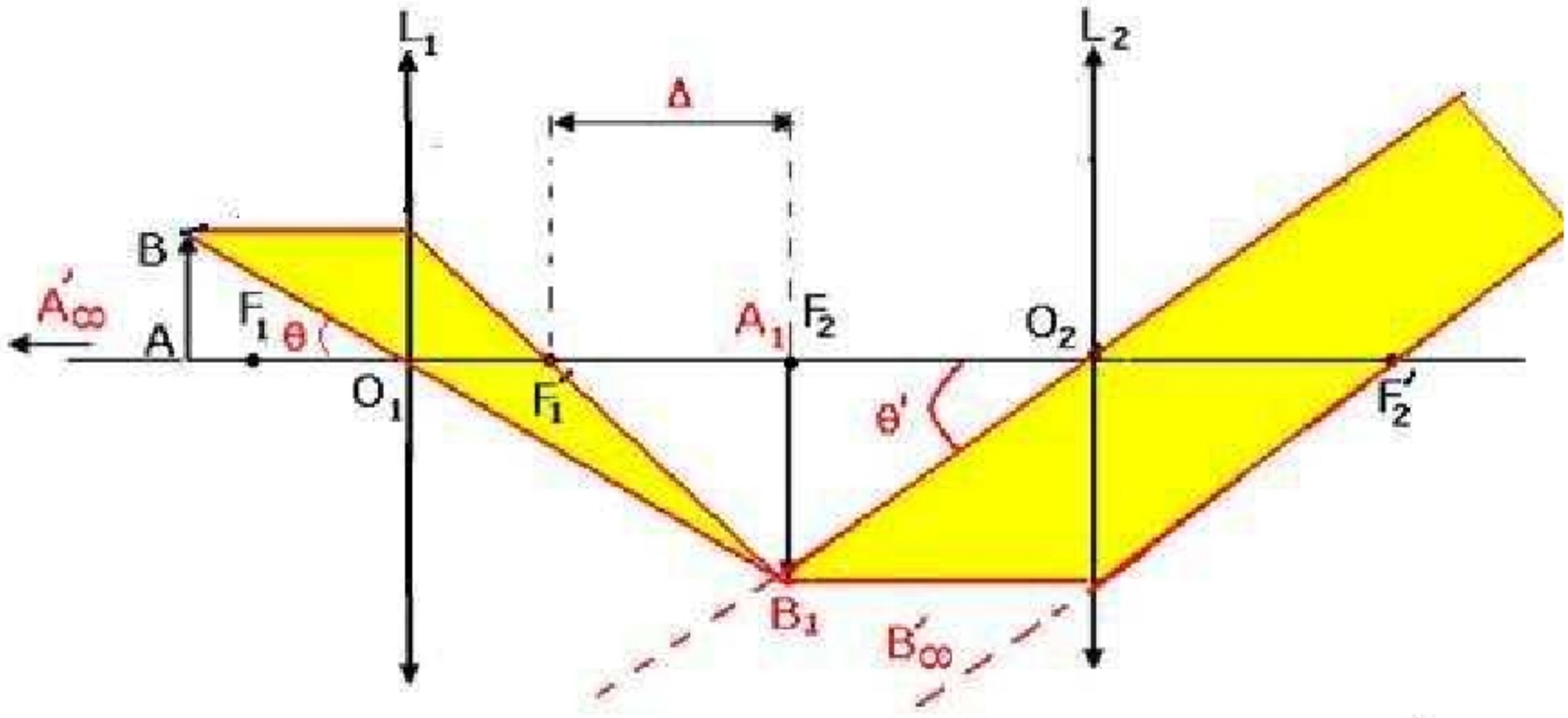
ـ **النظام العيني** : هو نظام بصري مجمع يتألف من عدسات مجمهة ، ويكون هذا النظام قريبا من عين المشاهد . ومسافته البؤرية لا تتعدى بضع سنتمترات ويلعب دور مكبرة .

2 ـ الإنشاء الهندسي للصورة المحصلة بواسطة مجهر :

يعطي النظام الشيئي صورة A_1B_1 لشيء AB وهذه الصورة تمثل الشيء بالنسبة للنظام العيني الذي يعطي بدوره صورة $A'B'$. لكي ترى عين عادية ومجردة الصورة $A'B'$ دون عناء ينبغي أن تتكون هذه الصورة في اللانهاية . وبالتالي فالصورة A_1B_1 توجد في المستوى البؤري الشيء للنظام العيني .

طبيعة الصورة المحصل عليها بواسطة العدسة L_1 : صورة حقيقية ومقلوبة وأكبر من الشيء .

ويعطي النظام العيني ل A_1B_1 صورة $A'B'$ وهمية ومكبرة .
يمكن تحديد موضع وطول الصورة A_1B_1 هندسيا باستعمال السلم المطبق في الإنشاء الهندسي أو حسابيا



علاقتي التوافق والتكبير بالنسبة للعدسة L_1 .

$$\frac{1}{\overline{O_1A_1}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} = \frac{1}{f_1'}$$

$$\gamma = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{A_2B_2}} = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}}$$

و

$$|\gamma| = \frac{A_1B_1}{AB} = \frac{A_1B_1}{O_1I} = \frac{F_1'F_2}{O_1F_1'} = \frac{\Delta}{f_1'}$$

مع أن $\overline{O_1A_1} = \overline{O_1F_1} = f_1' + \Delta$

نسمي Δ بالمجال البصري للمجهر .

<u>قوة تكبير النظام العيني المجهري .</u>

لنعتبر G_2 قوة تكبير النظام العيني .
نعتبر A_1B_1 شيئا بالنسبة للنظام العيني الذي يعطي الصورة $A'B'$ وهي صورة A_1B_1 .
لنعتبر أن θ_1 القطر الظاهري الذي ترى العين المجردة من خلاله A_1B_1 .

$$\theta_1 = \frac{A_1B_1}{d_m}$$

d_m المسافة الدنيا للإبصار المميز $d_m=0,25m$ ونأخذ $d=1/4m$

- القطر الظاهري α' للصورة $A'B'$ يعبر عنه بالعلاقة :

$$\theta' = \frac{A_1B_1}{f_2'} (\tan\theta' \approx \theta' = \frac{A_1B_1}{f_2'})$$

$$G_2 = \frac{\theta'}{\theta_1} = \frac{A_1B_1}{f_2'} \times \frac{d_m}{A_1B_1} = \frac{d_m}{f_2'}$$

$$d_m = \frac{1}{4}m \Leftrightarrow G_2 = \frac{1}{4f_2'}$$

قوة التكبير العياري المجهري

يرمز للتكبير العياري المجهري ب G ويعبر عنه بالعلاقة : $G = \frac{\theta'}{\theta}$

θ القطر الظاهري الذي ترى العين المجردة من خلاله الشيء AB .

$$\theta = \frac{AB}{d_m}$$

التكبير العياري للمجهر G :

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{A_1B_1}{f_2'} \times \frac{d_m}{AB} = \frac{A_1B_1}{AB} \times \frac{d_m}{f_2'}$$

$$|\gamma_1| = \frac{A_1B_1}{AB} = \frac{\Delta}{f_1'} \text{ et } G_2 = \frac{d_m}{f_2'}$$

$$G = |\gamma_1| \times G_2$$

ونكتب كذلك : $G = \frac{\Delta}{4f_1'f_2'}$

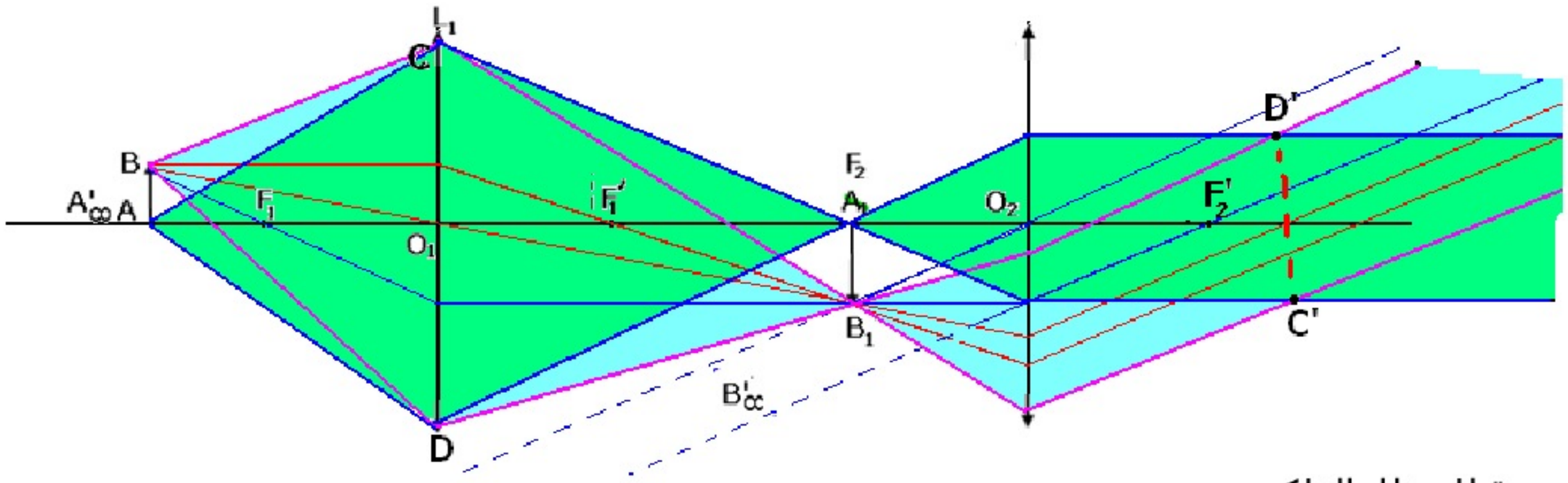
قوة التكبير العياري المجهري يعبر عنه بالعلاقة : $G = |\gamma| G_2$

الدائرة العينية

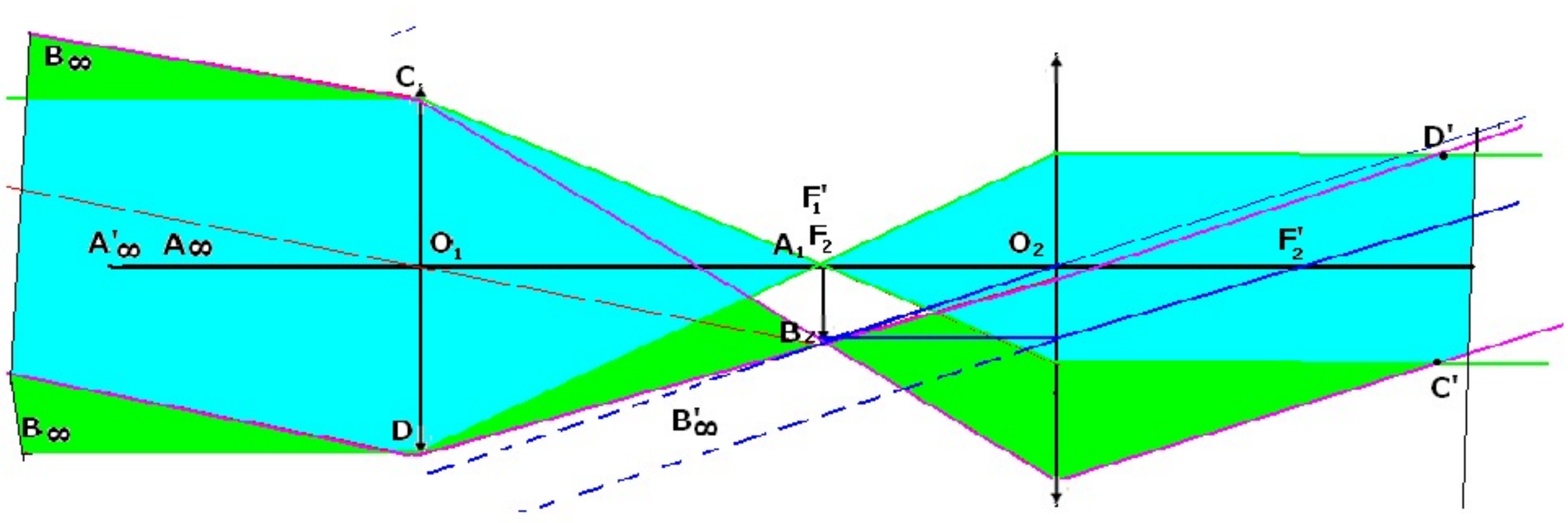
كل الأشعة المنبعثة من الشيء تجتاز أنظمة المجهر ، وعند خروجه نحو العين تمر من دائرة قطرها C′D′ ، تسمى الدائرة العينية .

- الدائرة العينية هي صورة النظام الشيئي L_1 بواسطة النظام العيني .
- الدائرة العينية تكون دائما قريبة من المستوى البؤري الصورة للنظام العيني .
- الدائرة العينية هي الموضع الذي يجب أن يكون فيه بؤبؤ العين لاستقبال أكثر ما يمكن من الضوء .

بالنسبة للمجهر :



بالنسبة للمنظار الفلكي :



توسع الكيمياء العضوية

I-الكيمياء العضوية ومجالاتها

1-تعريف :

الكيمياء العضوية هي الكيمياء التي تهتم بمركبات الكربون الطبيعية والإصطناعية وتسمى ايضا كيمياء المركبات الكربونية .

2- المصادر الطبيعية للمركيات العضوية :

أ-التركيب الضوئي :

تستعمل النباتات غاز ثنائي أوكسيد الكربون الموجود في الهواء والماء لتركيب جزيئات مواد عضوية مغدية ، مثل السكريات . ويسمى هذا التحول التركيب الضوئي ، لكونه يحدث بتاثير الطاقة الموجودة في اشعة الشمس على مادة الكلوروفيل(اليخضور) الموجود في النباتات .

مثال :

يتم التركيب الضوئي لمادة الغليكوز وفق معادلة التفاعل التالي :

$$6CO_2 + 6H_2O \longrightarrow 6C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

ب-التركيب البيوكيميائي :

هو التحول الكيميائي للمواد الغدائية داخل الكائنات الحية ، بواسطة الخلايا والأنسجة وذلك لإنتاج جزيئات عضوية متنوعة مثل الفيتامينات و الهرمونات و الدهنيات والبروتينات ....

ج-الهيدروكربورات المستحاثية :

إن البترول والغاز الطبيعي مواد تكونت في باطن الأرض نتيجة لتحلل بطيء دام ملايين السنين لكائنات عضوية بحرية ، من النباتات والحيوانات ، وذلك بمعزل من الهواء ، وتحت تأثير بكتيريا خاصة .

II-الكربون العنص الأساسي للكيمياء العضوية :

تبين دراسة المركبات العضوية أنها تحتوي بالأساس على عنصر الكربون والهيدروجين مثل الهيدروكربورات . كما أننا نجد بالإضافة الى هذان العنصران عنصر الأوكسيجين O والذي نجده في بعض المركبات ، كالكحولات والذهنيات والسكريات ونجد عنصر الأزوت N في مواد عضوية كالبروتينات وبنسب اقل نجد عناصر كيميائية أخرى كالكبريت Sوالفوسفو P و الهالوجينات .

1-عدد الروابط الممكنة لذرات المركبات العضوية :

يمثل الجدول أسفله عدد الروابط التساهمية الممكنة لمختلف الذرات التي تساهم في تكوين المركبات العضوية ، حيث تخضع ذرة الهيدروجين للقاعدة الثنائية في حين تخضع باقي الذرات للقاعدة الثمانية .

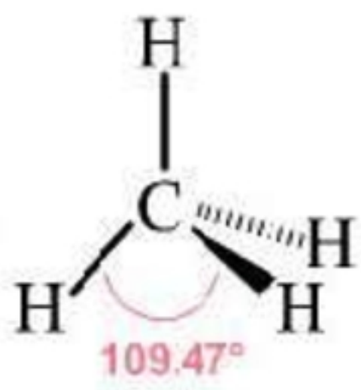
العنصر الكيميائي	رمزه	عدده الذري	بنيته الإلكترونية	عدد الروابط التساهمية	نموذج لويس
الكربون	C	6	$(K)^2(L)^4$	4	H•
الهيدروجين	H	1	$(K)^1$	1	:Cl|
الأوكسجين	O	8	$(K)^2(L)^6$	2	•Ö•
الأزوت	N	7	$(K)^2(L)^5$	3	•N•
الفوسفور	P	15	$(K)^2(L)^8(M)^5$	3	•P•
الكبريت	S	16	$(K)^2(L)^8(M)^6$	2	•S|
الهالوجينات	F	9	$(K)^2(L)^7$	1	|F•
	$C\ell$	17	$(K)^2(L)^8(M)^7$		|Cl•

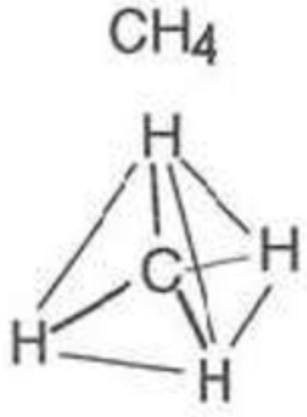
2-الروابط التساهمية الممكنة لذرة الكربون :

يمكن أن تأخذ البنية الهندسية حول ذرة الكربون ثلاثة اشكال ممنكة حسب نوع الروابط التي تكونها ذرة الكربون مع الذرات الأخرى في الجزيئة .

أ-أربعة روابط تساهمية بسيطة :

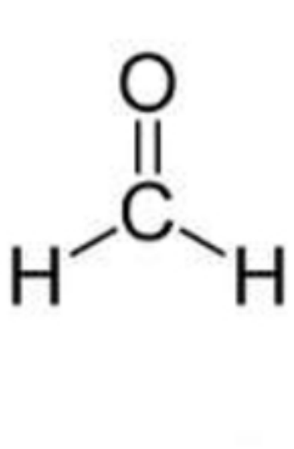
في جزيئة الميثان CH_4 تكون للجزيئة شكل "رباعي أوجه منتظم " توجد ذرة الكربون في مركز تماثله وذرات الهيدروجين في رؤوسه الأربعة .

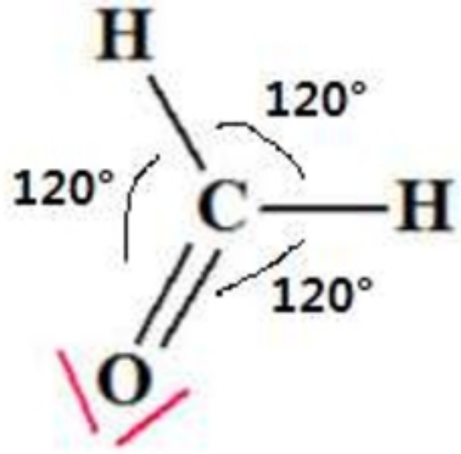


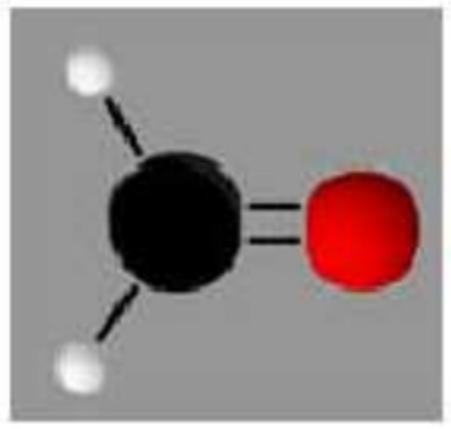


ب-رابطة تساهمية ثنائية ورابطتين تساهميتين بسيطتين :

في جزيئة الميثانال CH_2O تكون ذرة الكربون رابطة تساهمية ثنائية مع ذرة الكربون ورابطتين تساهميتين مع ذرتي هيدروجين . تكون الجزيئة مستوية وذات شكل مثلثي حيث تساوي الزاوية بين رابطتين متجاورتين $120°$.







ج-رابطة تساهمية ثلاثية ورابطة تساهمية بسيطة :

جزيئة الاسيتيلين C_2H_2 خطية حيث تنتمي مراكز الذات الأربعة لنفس المستقيم .

III-أهمية الكيمياء العضوية :

إضافة الى المركبات العضوية التي نستمدها من النباتات والحيوانات مباشرة ، تعرف الكيمياء العضوية الصناعية انتشارا واسعا في مختلف مجالات الحياة. والدليل على ذلك العدد الهائل الموجود في حياتنا اليومية من مواد ومركبات عضوية مصنعة واصطناعية منها :

-المواد العطرية

-مواد الصيدلة

-مشتقات البترول

-المواد البلاستيكية

الجزيئات العضوية والهياكل الكربونية

I-الجزيئات العضوية

1-السلسلة الكربونية والمجموعة المميزة

نسمي السلسلة الكربونية أو المجموعة المميزة لجزيئة عضوية ، السلسلة المكونة من ذرات الكربون المرتبطة فيما بينها بواسطة روابط تساهمية بسيطة أو ثنائية أو ثلاثية .

يدخل في تركيب بعض الجزيئات بالإضافة الى ذرات الكربون والهيدروجين ، مجموعات ذرات أخرى مثل: الأوكسيجين O و الأزوت N و الكلور $C\ell$ .... تكسبها خاصيات متميزة . تسمى هذه المجموعات المجموعة المميزة .

أمثلة:

المجموعة المميزة للأحماض الكربوكسيلية : $-COOH$.

المجموعة المميزة للكحولات : $-OH$.

2-تنوع السلاسل الكربونية :

2-1-السلاسل الكربونية المشبعة وغير المشبعة :

السلسلة الكربونية التي تكون فيها ذرات الكربون روابط تساهمية بسيطة فقط تسمى سلسلة كربونية مشبعة . وفي حالة احتواء السلسلة الكربونية على ذرتي كربون ، على الأقل ، ترتبطان فيما بينهما برابطة تساهمية ثنائية أو ثلاثية ، نقول إنها سلسلة كربونية غير مشبعة .

أمثلة :

جزيئة ذات سلسلة مشبعة : $CH_3-CH_2-CH_3$

جزيئة ذات سلسلة غير مشبعة : $CH_3-CH=CH_2$

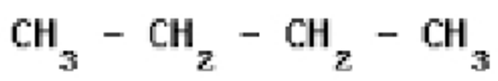
2-2-السلاسل الكربونية الخطية والمتفرعة والحلقية :

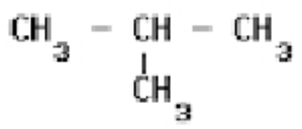
-تكون السلسلة الكربونية خطية عندما تكون ذرات الكربون مرتبطة فيما بينها ، الواحدة تلو الأخرى في خط واحد ، حيث تكون كل ذرة مرتبطة مع ذرتي كربون أخرى ، على الأكثر .

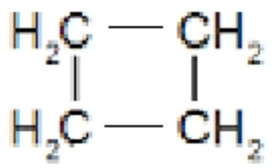
-تكون السلسلة الكربونية متفرعة عندما تحتوي على ذرة كربون ، واحدة على الأقل ، مرتبطة مع أكثر من ذرتي كربون أخرى .

-تكون السلسلة الكربونية حلقية عندما تكون بها حلقة مكونة من ذرات كربون .

أمثلة :

جزيئة ذات سلسلة كربونية خطية : 

جزيئة ذات سلسلة كربونية متفرعة : 

جزيئة ذات سلسلة كربونية حلقية : 

2-3-تمثيل الجزيئات العضوية :

❖ الصيغة الإجمالية :

تدل على عدد وطبيعة مختلف الذرات المكونة لها ، كما تمكن من تحديد الكتلة المولية ، ولا تشير الى بنية الجزيئة .

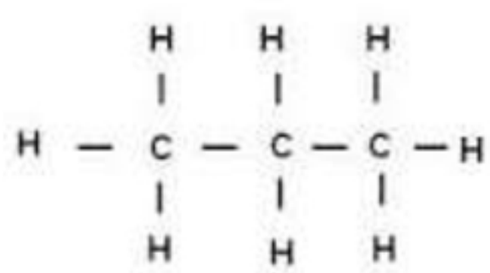
مثال :

الصيغة الإجمالية للبروبان : C_3H_8

❖ الصيغة المنشورة المستوية :

تبين كيفية تسلسل الذرات وطبيعة الروابط بينها .

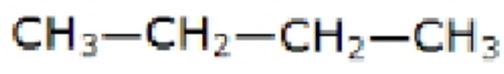
مثال :

الصيغة المنشورة للبروبان : 

❖ الصيغة نصف المنشورة :

تشتق من الصيغة المنشورة دون تمثيل الروابط بين ذرات الهيدروجين وذرات الكربون .

مثال :

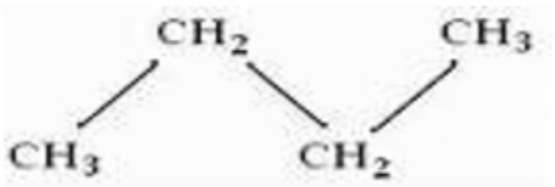
الصيغة نصف المنشورة للبوتان : 

❖ التمثيل الطبولوجي :

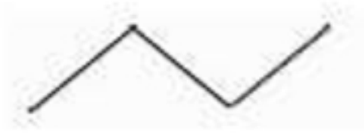
-ترسم السلسلة الكربونية على شكل خط متعرج ، أي على شكل خط منكسر يحمل تفرعات .

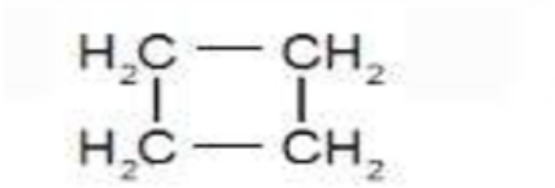
-لا تمثل ذرات الهيدروجين المرتبطة بذرات الكربون ، بحيث يوافق ، اصطلاحا ، كل طرف لقطعة في التمثيل بذرة كربون

أمثلة :

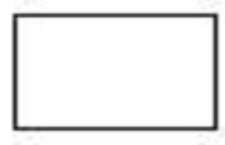


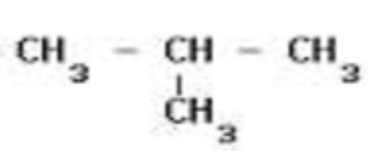
تكافئ





تكافئ





تكافئ

2-4-تماكب التكوين :

نسمي متماكبات التكوين الجزيئات التي تتوفر على نفس الصيغة الإجمالية ، لكن هياكلها الكربونية مختلفة .

نميز ثلاث أنواع من التماكب :

❖ تماكب السلسلة :

تختلف متماكبات السلسلة في تسلسل ذرات الكربون :

أمثلة :

❖ تماكب الموضع :

تختلف متماكبات الموضع سواء باختلاف موضع الرابطة المتعددة (ثنائية أو ثلاثية) أو باختلاف المجموعة المميزة في السلسلة الكربونية .

أمثلة :

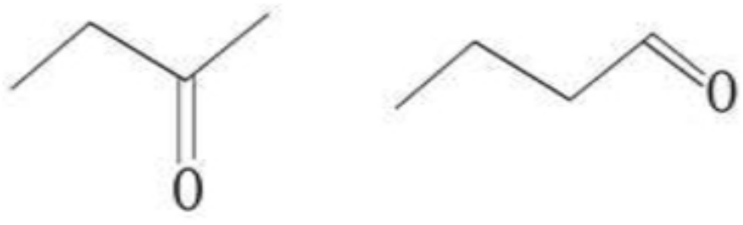
متماكبات C_4H_8 :

متماكبات C_4H_9OH :

❖ تماكب الوظيفة :

لا تتوفر متماكبات الوظيفة على نفس المجموعة المميزة لكن لها نفس الصيغة الإجمالية :

مثال : C_4H_8O



II-الألكانات :

1-تعريف :

الألكانات هيدروكربورات سلسلاتها الكربونية مفتوحة ومشبعة . صيغتها الإجمالية C_nH_{2n+2} (n عدد ذرات الكربون)

2-تسمية الألكانات :

2-1-الالكانات الخطية :

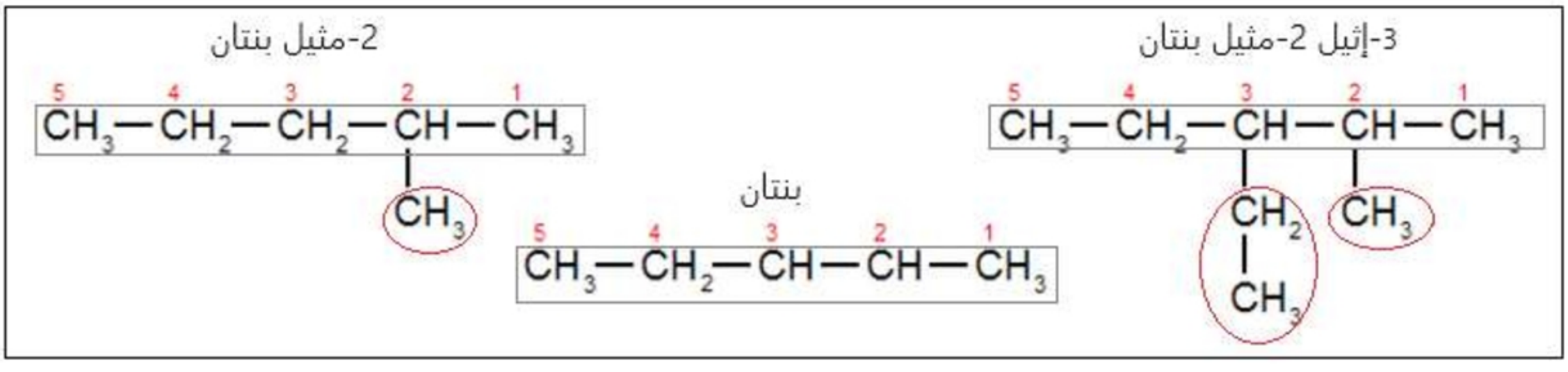
يتكون إسم الألكان من بادئة ، للإشارة الى عدد ذرات الكربون بالسلسلة متبوعة بالمقطع (ان $-ane$) .

n	1	2	3	4	5	6	7	8
إسم الالكان	ميثان	إيثان	بروبان	بوتان	بنتان	هكسان	هبتان	أوكتان

2-2-الألكانات المتفرعة :

يتكون اسم الألكان المتفرع من اسم الألكان الموافق لأطول سلسلة كربونية (السلسلة الرئيسية) واسم مجموعة الألكيل الموافقة للتفرع مع وضع عدد أمام هذا الإسم يشير الى موضع مجموعة الألكيل في السلسلة الرئسية المرقمة من أحد طرفيها على أن يكون رقم أول ذرة كربون يحمل أصغر رقم ممكن .

مثال :



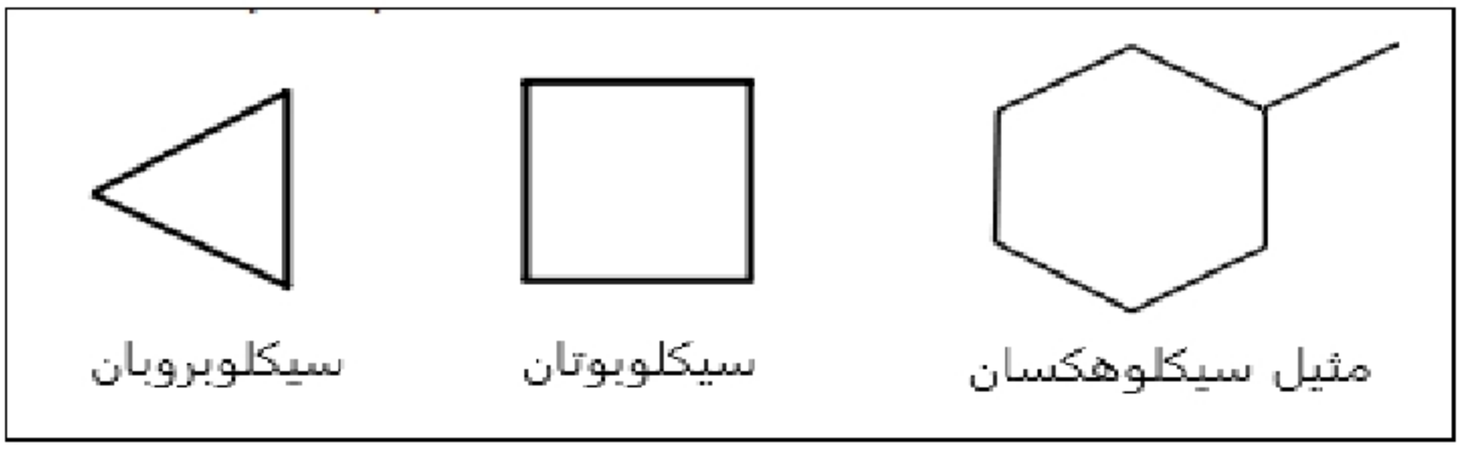
2-3-الألكانات الحلقية :

السيكلو ألكانات أو الألكانات الحلقية هي هيدروكربورات حلقية مشبعة ، صيغتها الإجمالية C_nH_{2n} .

يشتق اسم السيكلو ألكان من اسم الألكان الذي له نفس عدد ذرات الكربون مسبوقا بالبادئة "سيكلو " " $cyclo$ " .

-إذا كانت الجزيئة تحتوى على تفرعات نطبق نفس القواعد المطبقة على الألكانات .

مثال :



III-الألكينات والمشتقات الإثيليتية

1-تعريف :

الألكينات هي هيدروكربورات غير مشبعة ذات سلاسل كربونية مفتوحة وتحتوي على ذرتي كربون تربط بينهما برابطة تساهمية ثنائية صيغتها الإجمالية C_nH_{2n} (حيث n عدد ذرات الكربون) .

نسمي المشتقات الإيثيلينية كل المركبات العضوية التي تحتوي جزيئاتها ،على الأقل ،على رابطة تساهمية ثنائية واحدة .

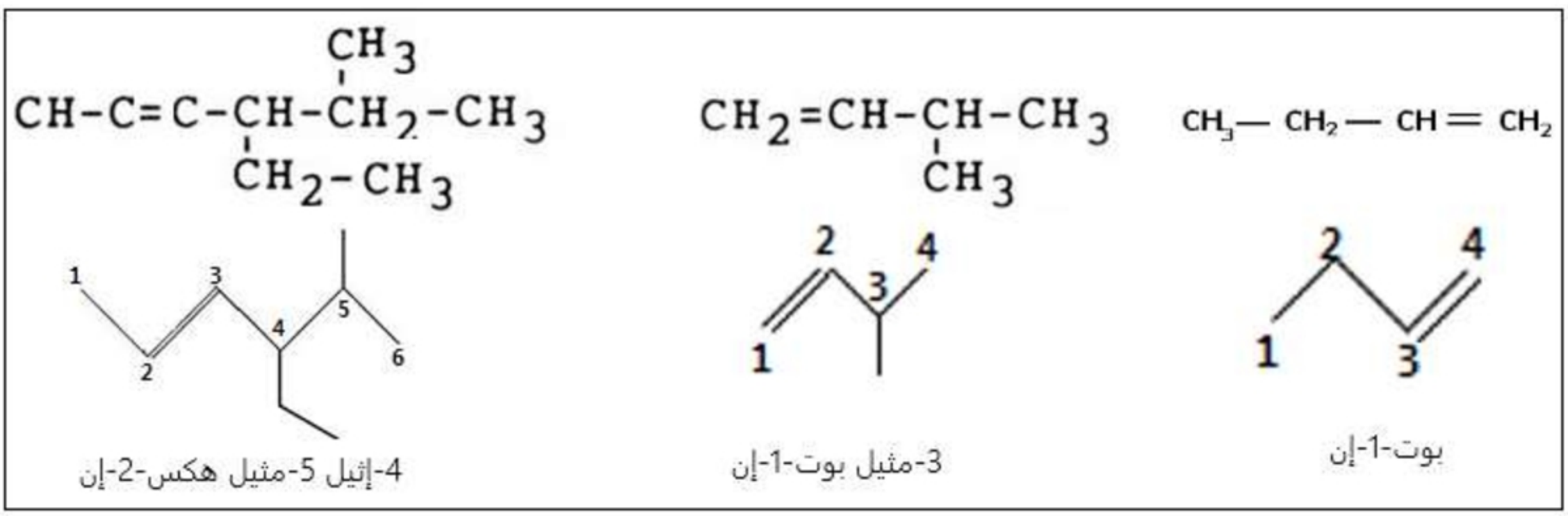
2-تسمية الألكينات :

-يشتق اسم الألكين انطلاقا من اسم الألكان الموافق مع استبدال المقطع (ان- ane) بالمقطع (إن- éne) .

-ترقم أطول سلسلة التي تضم الرابطة الثنائية $C = C$ ، حيث يعطى أصغر رقم ممكن لموضع الرابطة في السلسلة ، ثم يحدد اسم وموضع التفرعات .

-تتم إضافة رقم يدل على موضع الرابطة الثنائية قبل المقطع (إن-éne) .

أمثلة :



3-التماكب Z و E :

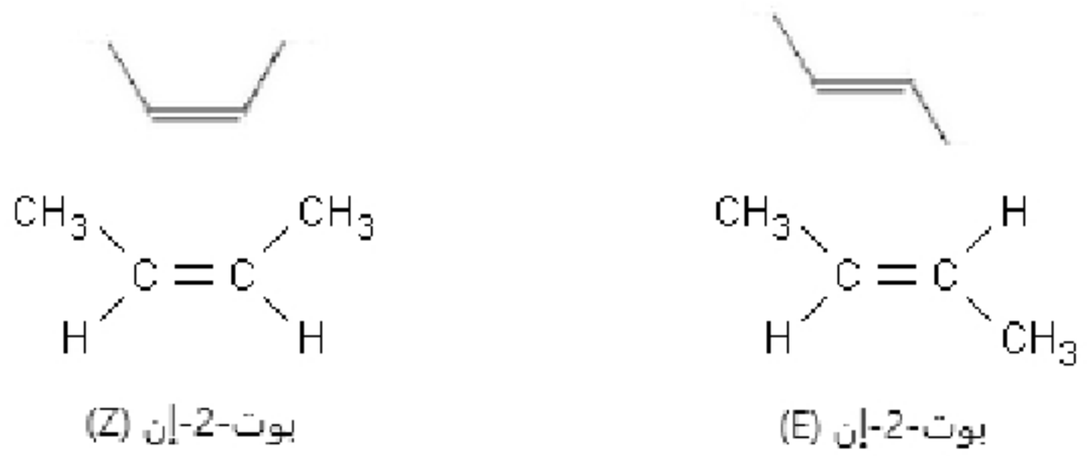
-يؤدي وجود الرابطة الثنائية في ألكين الى وجود متماكبات التجسيم ، نظرا لكون هذه الرابطة تحول دون إمكانيات الدوران حول محورها .

-إذا كانت ذرتا الهيدروجين متموضعتين في نفس الجهة من محور الرابطة الثنائية ،سمى المتماكب Z .

-إذا كانتا متموضعتين كل منهما في جهة ، فيتعلق الأمر بالمتماكب E.

بصفة عامة :

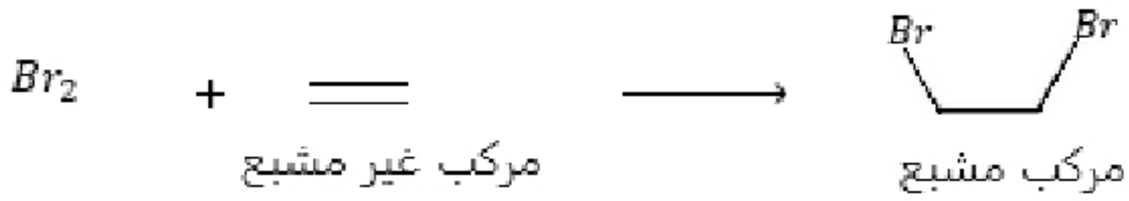
أمثلة :



4-رائز الكشف عن الألكينات :

يتم الكشف عن وجود ألكين باستعمال رائز ماء البروم (Br_2) ، حيث يفقد هذا الأخير لونه البرتقالي عند تفاعله مع الألكين .

مثال :



تغيير الهيكل الكربوني

I-إنتاج المحروقات :

تختص كيمياء البترول في تحويل البترول الخام الذي يكون غير قابل للإستعمال مباشرة ، الى منتوجات ملائمة لطلبات المستهلكين ، كما هو الشأن بالنسبة للغازات المستعملة كالمحروقات (البروبان و البوتان) والغازوال و وقود المحركات أو الكيروزيل المستعمل في مفاعلات الطائرات والزيوت والمذيبات والمواد الأولية للصناعة الكيميائية .

خلال عمليات المعالجة يتم تقليص أو إطالة أو تفريع أو إعادة تكوين السلسلات الكربونية .

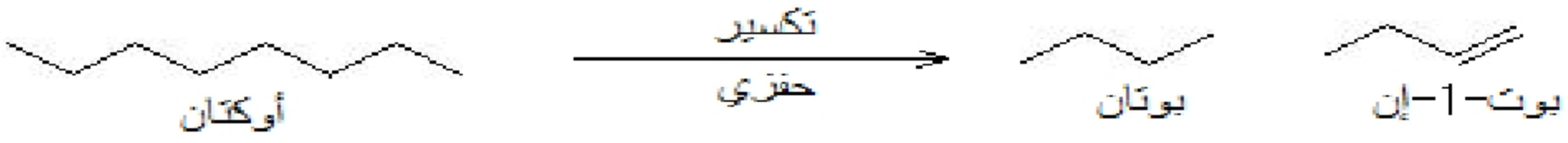
II- تقنيات تحويل الهيكل الكربوني :

1-تقليص السلسلة الكربونية :

1-1-التكسير الحفزي :

التكسير الحفزي طريقة صناعية يتم خلالها تفتيت السلاسل الكربونية الطويلة وتحويلها الى هيدروكربورات ذات سلسلة كربونية قصيرة . ويسمى التكسير حفزيا إذا تم بحضور حفاز .

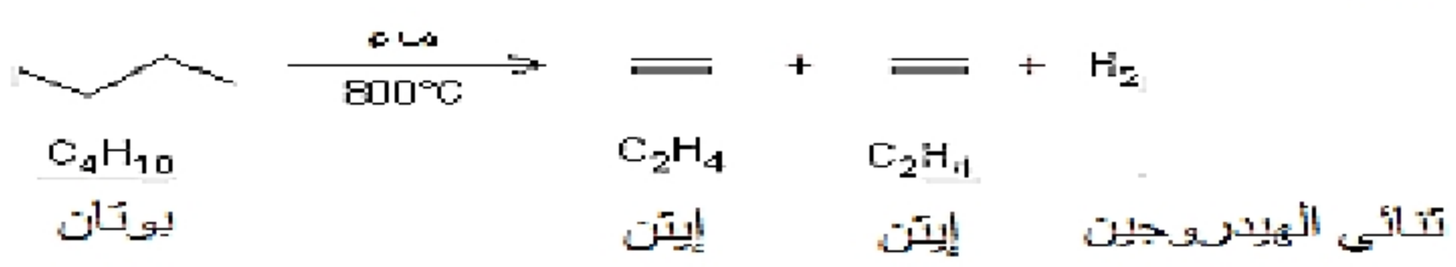
مثال : التكسير الحفزي للأوكتان



1-2-التكسير بوجود بخار ماء :

يتم التكسير بوجود بخار الماء بدون حفاز وعند دجة حرارة تقارب $800°C$ وهو موجه أساسا لتحضير الألكينات الخفيفة مثل الإيثن والبروبن .

مثال : تكسير البوتان بوجود بخار الماء



2-إعادة التكوين

خلال عملية التكوين يكون للناتج املحصل عليه نفس عدد ذرات المتفاعل لكن تسلسل هذه الذرات مختلف .

2-1-التفريع :

يمكن للتفرع من تحويل ألكان خطي الى ألكان متماكب متفرع .

مثال تفريع الهبتان

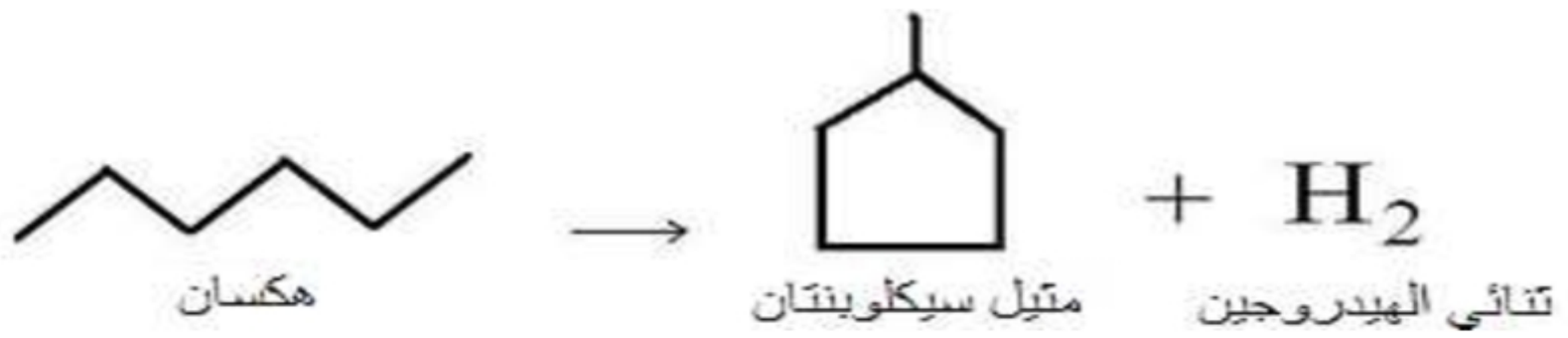
ملحوظة :

الهيدروكربورات ذات السلسلة المتفرعة سريعة الاشتعال ، وذلك تعتبر وقودا جيدا مقارنة بمتماكباتها ذات السلسلة الخطية .

2-2-التحليق :

يمكن التحليق من تحويل ألكان خطي الى ألكان حلقي مع تحرير ثنائي الهيدروجين

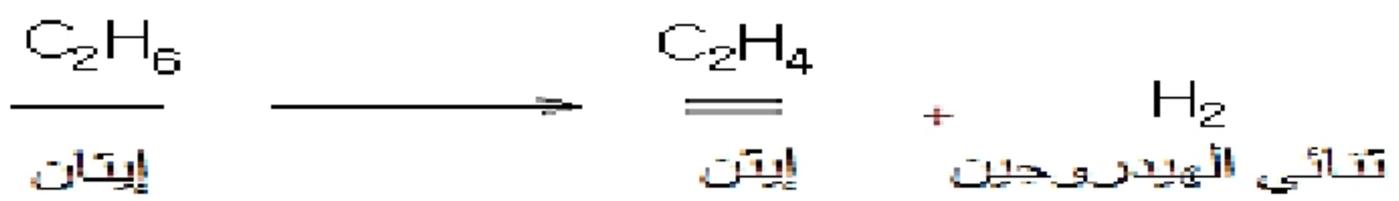
مثال تحليق الهكسان :



2-3-إزالة الهيدروجين :

تمكن إزالة الهيدروجين من تحويل رابطة تساهمية بسيطة $C-C$ الى رابطة تساهمية ثنائية $C=C$.

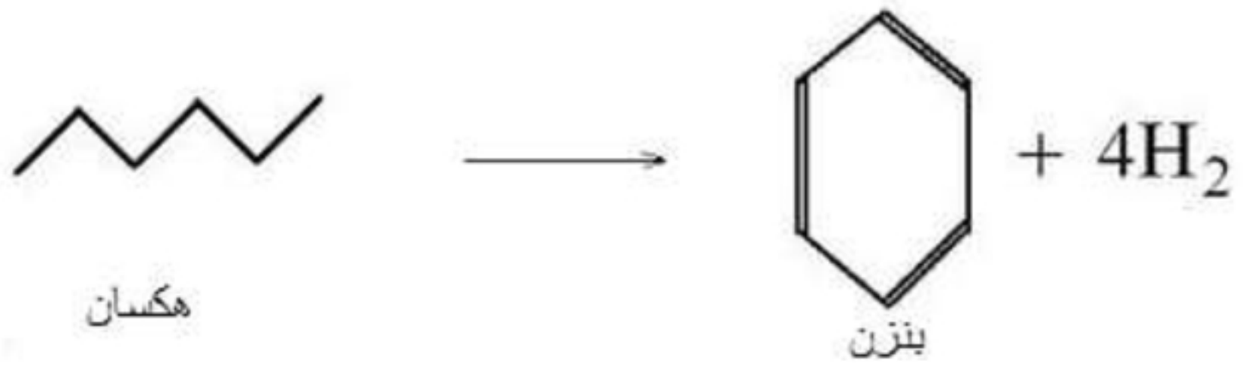
مثال :



ملحوظة :

قد تكون إزالة الهيدروجين مصحوبة بعملية تحليق .

مثال :



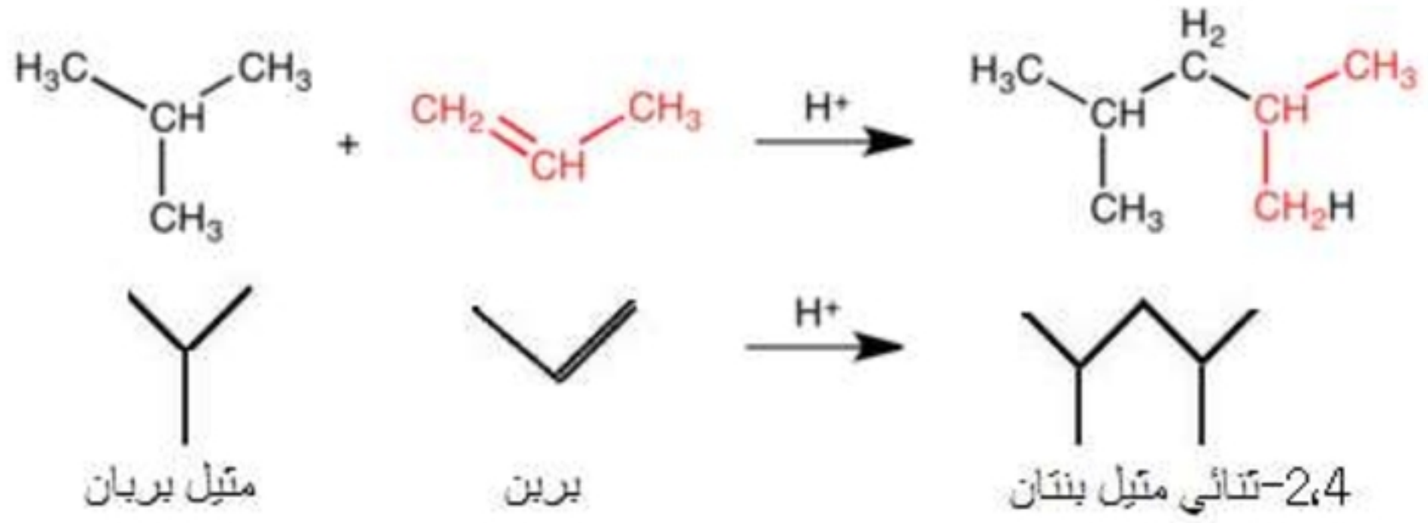
3-إطالة السلسلة الكربونية :

3-1-بواسطة الألكلة alkylation :

الألكلة هي استبدال ذرة هيدروجين في السلسلة بألكيل .

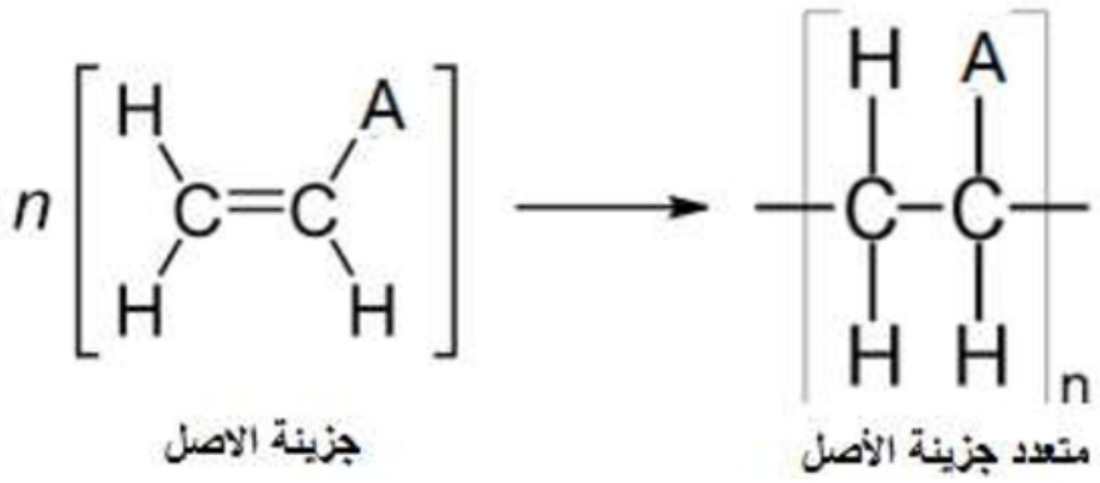
ويمكن أن تتم عن طريق ضم ألكان وألكين خفيفين للحصول على ألكان أثقل ، وهي العملية العكسية للتكسير .

مثال :

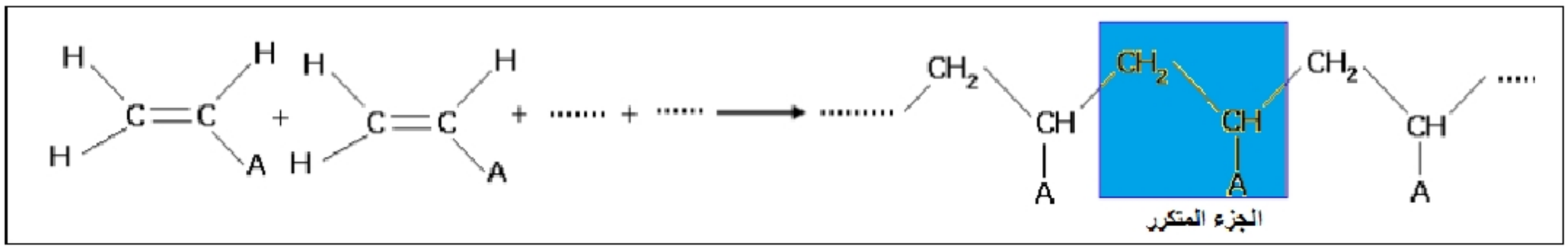


3-2-بالإضاف المتعددة :

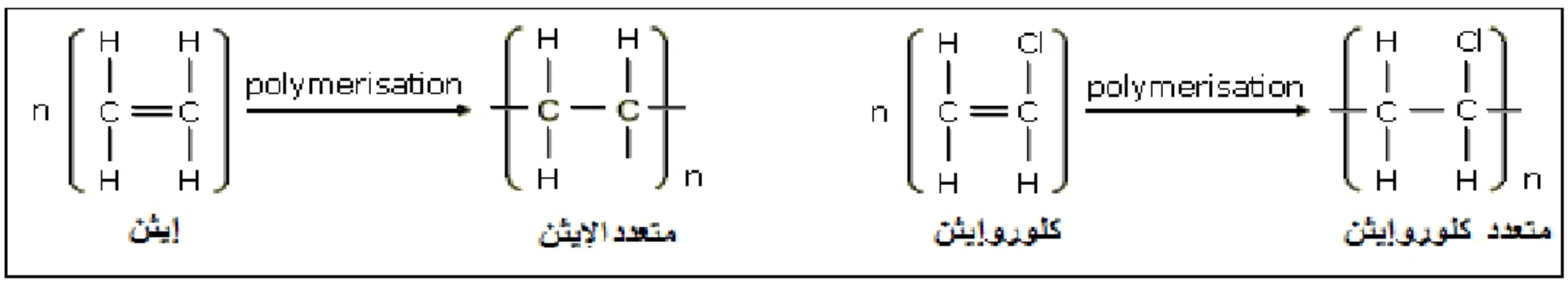
الإضافة المتعددة هي إضافة متكررة عدة مرات لنفس الجزيئة الأصل غير المشبعة ، وينتج عن ذلك جزيئات عملاقة تسمى متعددة الجزيئة الاصل .



يسمى n عدد جزيئات الأصل التي يحتوي عليها البوليمير ويسمى بدرجة البلمرة أو معامل البلمرة .



أمثلة :



المجموعات المميزة في الكيمياء العضوية

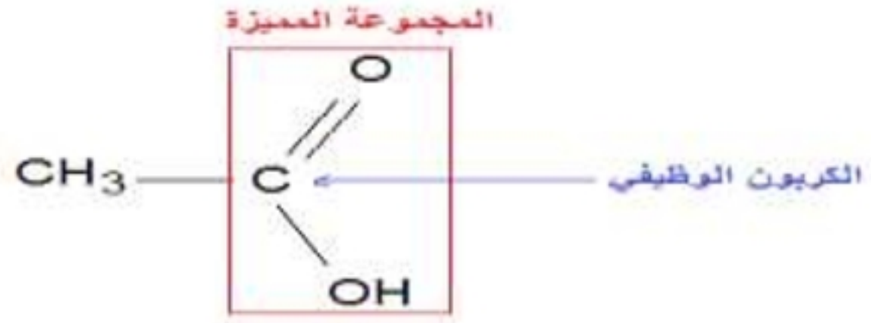
I-مجموعات المركبات العضوية

1-المجموعات المميزة والكربون الوظيفي :

نصنف المركبات العضوية الى مجموعات لها خاصيات كيميائية متشابهة . وتتميز كل مجموعة باحتواء جزيئاتها على نفس المجموعة المميزة $groupe\ caractéristique$.

نسمي ذرة الكربون التي تحمل المجموعة المميزة أو التي تشكل جزءا من المجموعة المميزة الكربون الوظيفي .

أمثلة :



2-المركبات العضوية الأوكسيجينية :

2-1-الكحولات :

أ-تعريف :

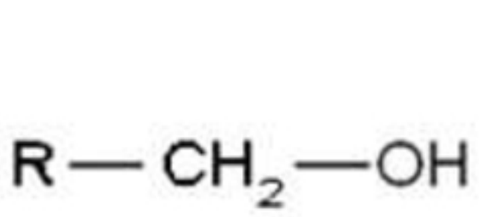
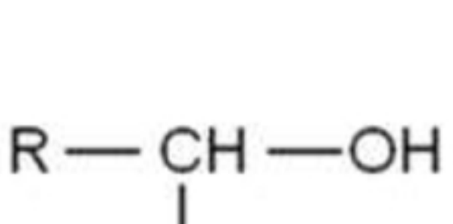
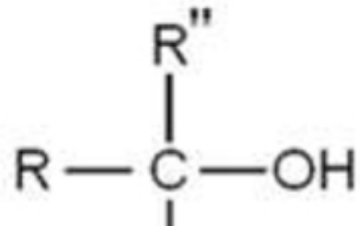
تضم جزيئة الكحولات المجموعة الهيدروكسيلية $-OH$ مرتبطة بالسلسلة الكربونية .

الصيغة الإجمالية العامة للكحولات تكتب $C_nH_{2n+1}OH$ مع $C_nH_{2n+1}-$ جدر ألكيلي .

ب-أصناف الكحولات :

يوافق صنف الكحول عدد ذرات الكربون المرتبطة بالكربون الوظيفي ، و يترتب عن ذلك وجود ثلاثة اصناف :

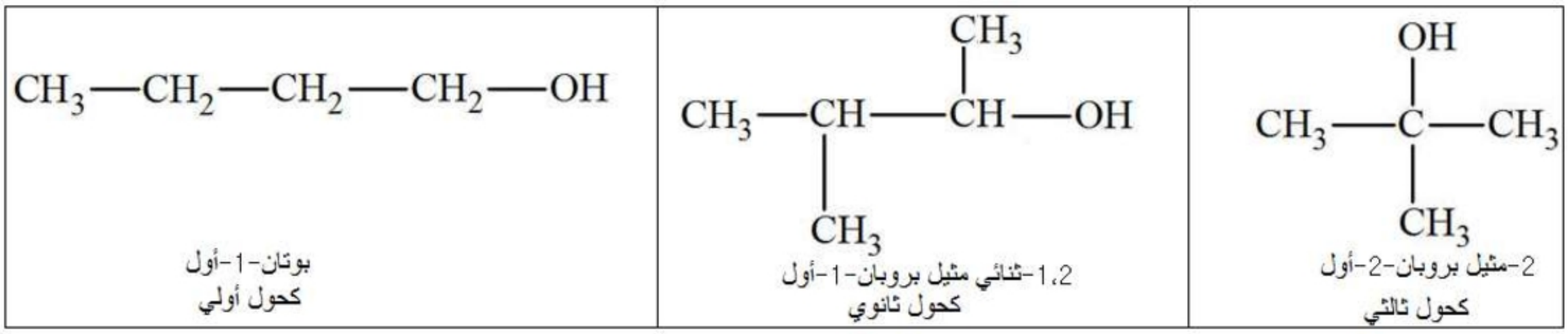
- ❖ كحول أولي : إذا كان الكربون الوظيفي مرتبطا بذرة كربون واحدة أو مرتبط بذرات هيدروجين فقط .
- ❖ كحول ثانوي : إذا كان الكربون الوظيفي مرتبطا بذرتي كربون .
- ❖ كربون ثالثي : إذا كان الكربون الوظيفي مرتبطا بثلاث ذرات كربون .

		
كحول أولي	**كحول ثانوي**	**كحول ثالثي**

ج-تسمية الكحولات :

يسمى الكحول باسم الالكان الذي له نفس الهيكل الكربوني ، مع إضافة المقطع (أول-ol) الى نهاية الإسم مسبوقة برقم يدل على قم الكربون الوظيفي في السلسلة الكربونية الأساسية ويحمل أصغر رقم ممكن .

أمثلة :



2-2-المركبات الهالوجينية :

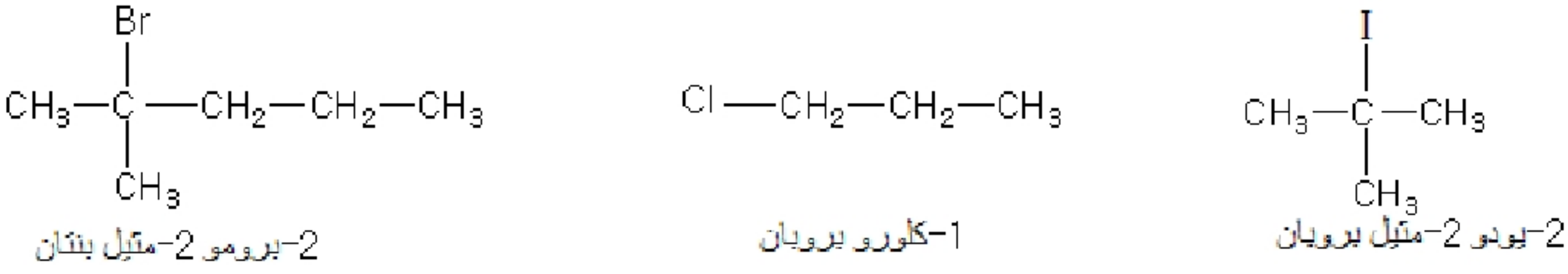
أ-تعريف :

تحتوي المركبات الهالوجينية على المجموعة المميزة هالوجينو $(-X)$ حيث X ذرة هالوجين (I ، Br ، $C\ell$ ، F) .

ب- تسمية المركبات الهالوجينية :

يشتق اسم المركب الهالوجيني من اسم الألكان الموافق مسبوقا بإحدى المقاطع فلورو ، كلورو ، برومو ، يودو ويكون المقطع مسبوقا برقم الكربون الوظيفي .

أمثلة :



ج-رائز المركبات الهالوجينية :

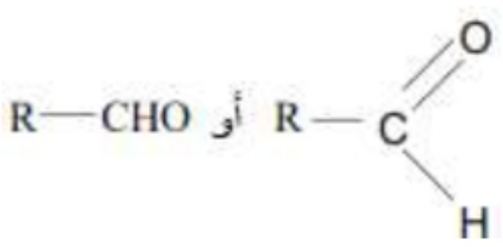
يتم الكشف عن المركبات الهالوجينية باستعمال محلول نترات الفضة الذي يعطي راسبا أبيض يسود تدريجيا عند تعريضه الى الأشعة الظوئية .

2-3-المركبات الكربونيلية :

المركبات الكربونيلية تتميز بتوفرها على مجموعة الكربونيل :

وتنقسم الى مجموعتين عضويتين هما الألدهيدات والسيتونات .

أ-الألدهيدات : *les aldéhydes*



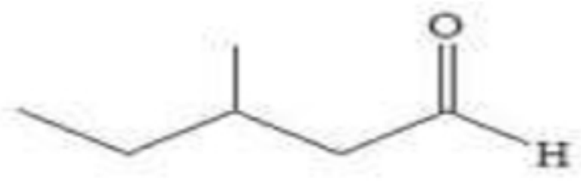
الألدهيد مركب عضوي كربونيلي يرتبط كربونه الوظيفي بذرة هيدروجين ، صيغته العامة :

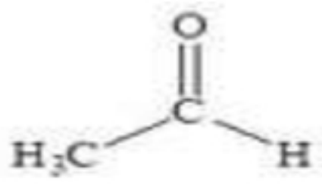
R : جدر ألكيلي .

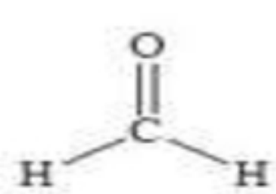
تسمية الألدهيدات :

نسمي الألدهيد باسم الالكان الموافق له ، مع إضافة المقطع (ال –al) واعتبار ذرة الكربون أول ذرة عند ترقيم الهيكل الكربوني للألدهيد .

أمثلة :

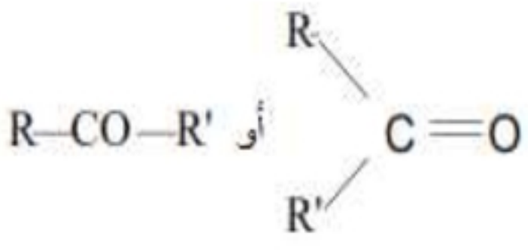

3–مثيل بنتانال


إيثانال


ميثانال

ب-السيتونات : *Les cétones*

تعريف :



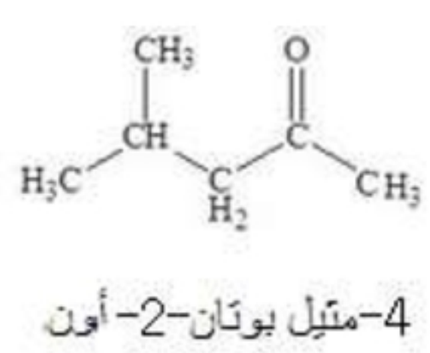
السيتون مركب عضوي كربونيلي يرتبط كربونه الوظيفي بذرتي كربون . صيغته العامة :

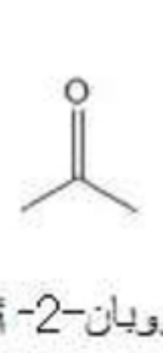
حيث R و R' جدران ألكيليان .

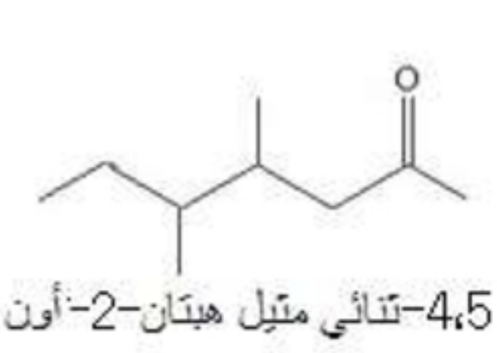
تسمية السيتونات :

يسمى السيتون باسم الألكان الموافق له ، مع إضافة المقطع (أون-one) عند نهاية الإسم مإعطائه أصغر رقم ممكن يدل على موضع مجموعة الكربونيل في السلسلة .

أمثلة :


4–مثيل بوتان–2– أون


بروبان–2– أون


4،5–ثنائي مثيل هبتان–2–أون

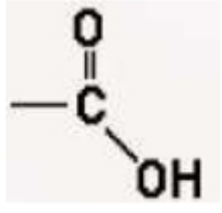
ج-روائز الكشف عن مجموعة الكربونيل :

الرائز $DNPH$ (2،4-ثنائي نتروفنيل هيدرازين) يعطي راسب أصفر برتقالي يمكن من إبراز وجود المجموعة الكربونيلية .

رائز الالدهيد يعطي راسب أحمر آجوري مع محلول فهلين ومع التسخين .

2-4-الأحماض الكربوكسيلية :

أ تعريف :

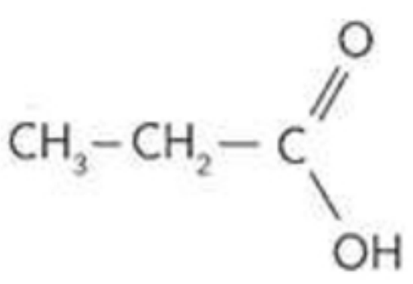
تحتوي الأحماض الكربوكسيلية على المجموعة المميزة  التي تسمى كربوكسيل .

صيغتها العامة هي : $R-COOH$ حيث R جدر ألكيلي

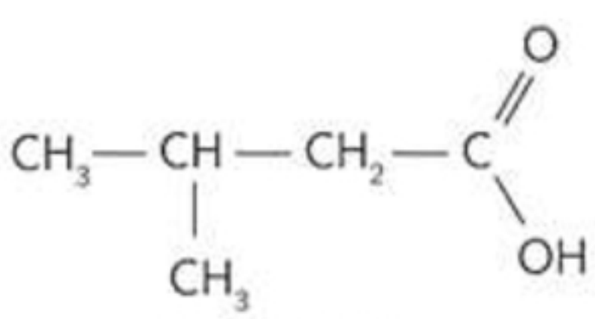
ب-تسمية الأحماض الكربوكسيلية :

لتسمية الحمض الكربوكسيلي نرقم أطول سلسلة كربونية انطلاقا من الكربون الوظيفي .يتم إضافة المقطع (ويك –oique) الى نهاية الاسم وبدأ الإسم بلفظ حمض .

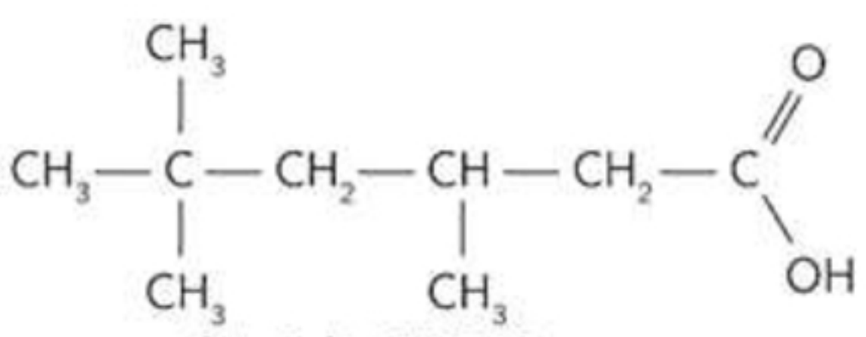
أمثلة :



حمض البروبانويك



حمض 3-ميثيل بوتانويك



حمض 3،5،5-ثلاثي ميثيل هكسانويك

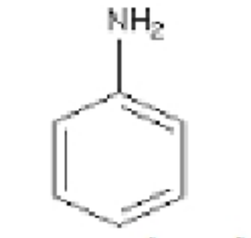
ج-رائز الأحماض الكربوكسيلية :

يعطي الكاشف أزرق البروموتيمول (BBT) لون أصفر مع محاليل الاحماض الكربوكسيلية . مما يبين الميزة الحمضية لهذه المحاليل .

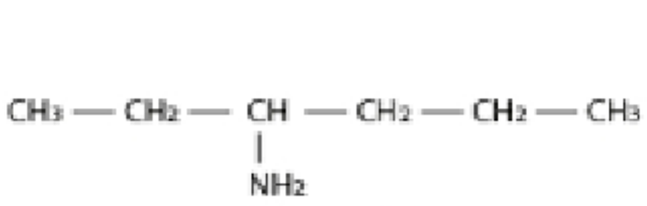
2-5-الأمينات: *les amines*

أ-تعريف :

الأمينات هي مركبات عضوية أزوتية ، تشتق من جزيئة الأمونياك NH_3 باستبدال ذرة هيدروجين أو أكثر بجدر ألكيلي وتكون عطرية (أروماتية) ، إذا كانت ذرة الأزوت مرتبطة بمجموعة أريلية .



أمين أروماتية



أمين أليفاتية

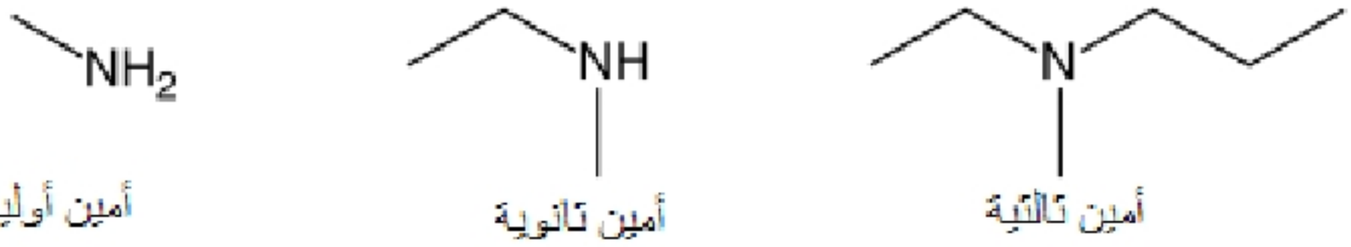
ملحوظة :

المحاليل المائية للأمينات قاعدية $pH > 7$.

ب-أصناف الأمينات :

نميز ثلاثة أصناف من الأمينات وذلك حسب عدد المجموعات الكربونية المرتبطة مباشرة بذرة الأزوت .

- أمين أولية : عندما تكون ذرة الأزوت مرتبطة مباشرة بمجموعة كربونية واحدة.
- أمين ثانوية : عندما تكون ذرة الأزوت مرتبطة مباشرة بمجموعتين كربونيتين .
- أمين ثالثية : عندما تكون ذرة الأزوت مرتبطة مباشرة بثلاث مجموعات كربونية .



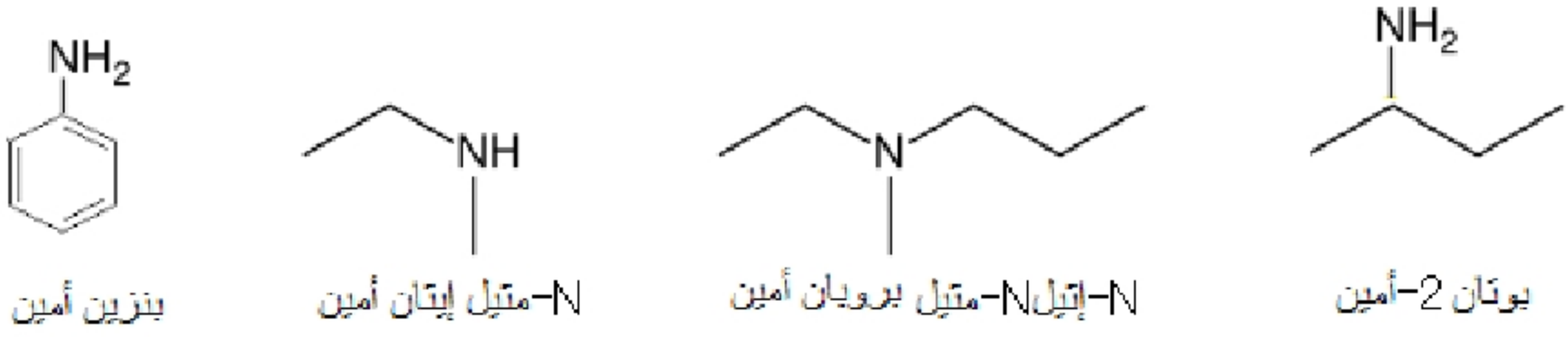
أمين أولية　　أمين ثانوية　　أمين ثالثية

ج-تسمية الأمينات :

يشتق اسم الأمين من اسم الألكان الموافق بإضافة (أمين : amine) في نهاية الإسم مسبوقا برقم الكربون الوظيفي في السلسلة الكربونية .

تتم تسمية الأمينات الثانوية والثالثية ، باستعمال اسم الأمين المتوفرة على أطول سلسلة من ذرات الكربون ، مع تقديم الحرف N أمام الجدور الألكيلية المعوضة لذرة الهيدروجين .

أمثلة :



بنزين أمين　　N-متيل إيتان أمين　　N-إتيلN-متيل بروبان أمين　　بوتان 2-أمين

II-تفاعلية الكحولات :

1-أكسدة الكحولات :

1-1-الأكسدة الكاملة والأكسدة المعتدلة للكحولات :

الأكسدة الكاملة بواسطة ثنائي الأوكسجين (الإحتراق) :

الأكسدة الكاملة لمادة عضوية بواسطة ثنائي الأوكسجين هو التفاعل الذي تتحول خلاله هذه المادة الى ثنائي أوكسيد الكربون CO_2 والماء نكتب معادلة هذا التفاعل بالمعادلة التالية :

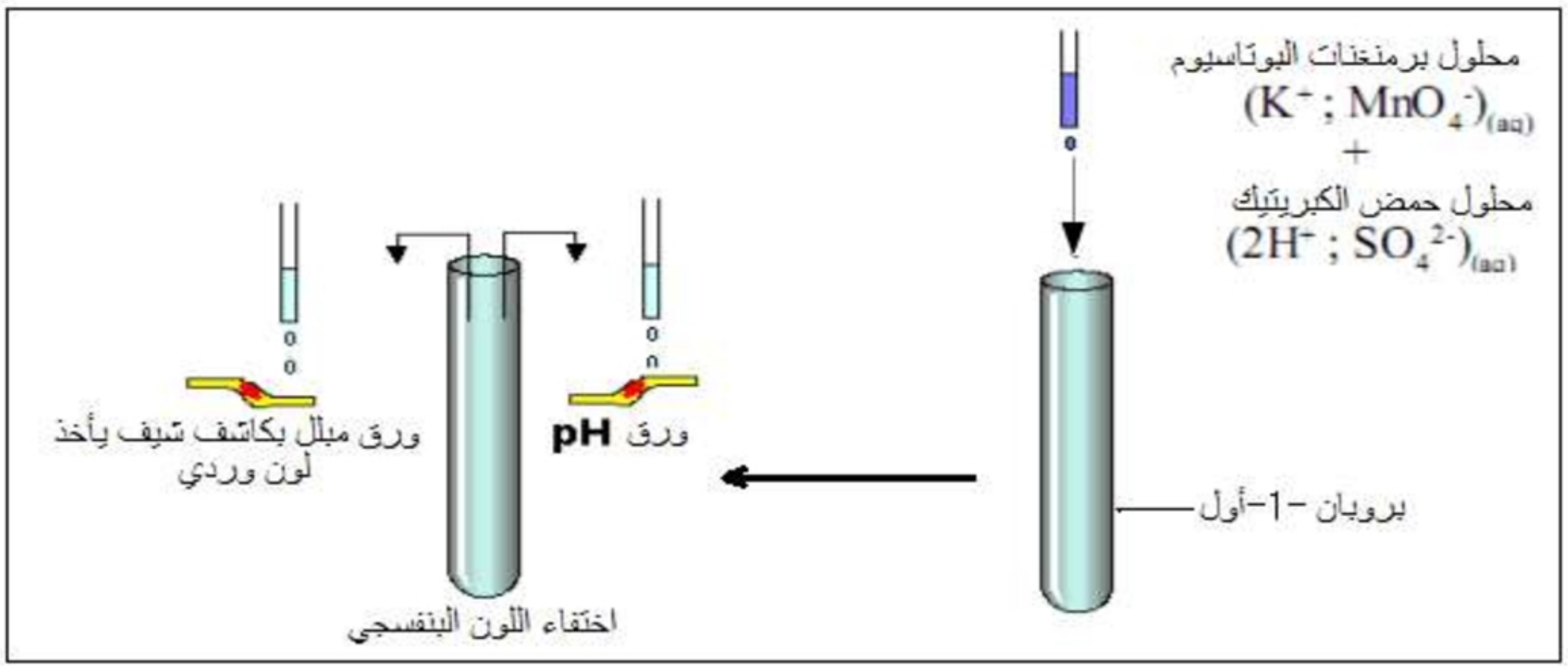
$$C_nH_{2n+1} - OH + \frac{3n}{2}O_2 \longrightarrow nCO_2 + (n+1)H_2O$$

الأكسدة المعتدلة للكحولات في محلول مائي :

الأكسدة المعتدلة هي الأكسدة التي لا تتحطم أثناءه الهيكل الكربوني لجزيئة عضوية ، حيث لا يحدث تكسير للروابط $C-C$ ، في حين تتأكسد ذرة الكربون الوظيفي نتيجة تغيير المجموعة المميزة .

1-2-أكسدة الكحولات الأولية :

تجربة :



أكسدة الإيثانول :

تتحول أيونات البرمنغنات البنفسجية اللون الى أيونات المنغنيز العديمة اللون وفق نصف المعادلة التالية :

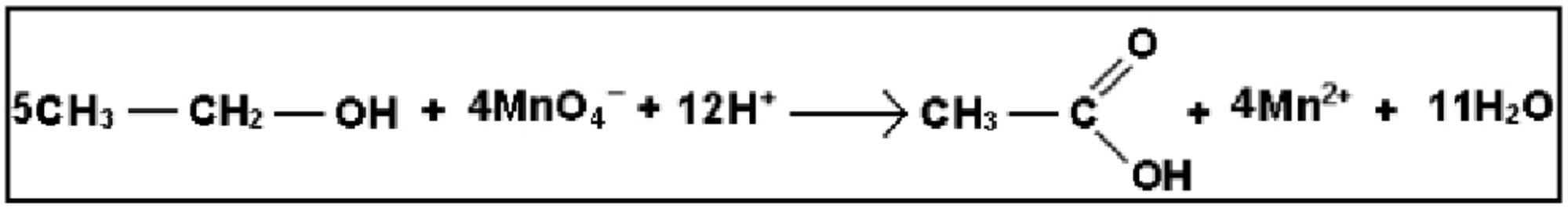
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \xrightarrow{\text{معادلة اختزال}} Mn^{2+} + 4H_2O$	①

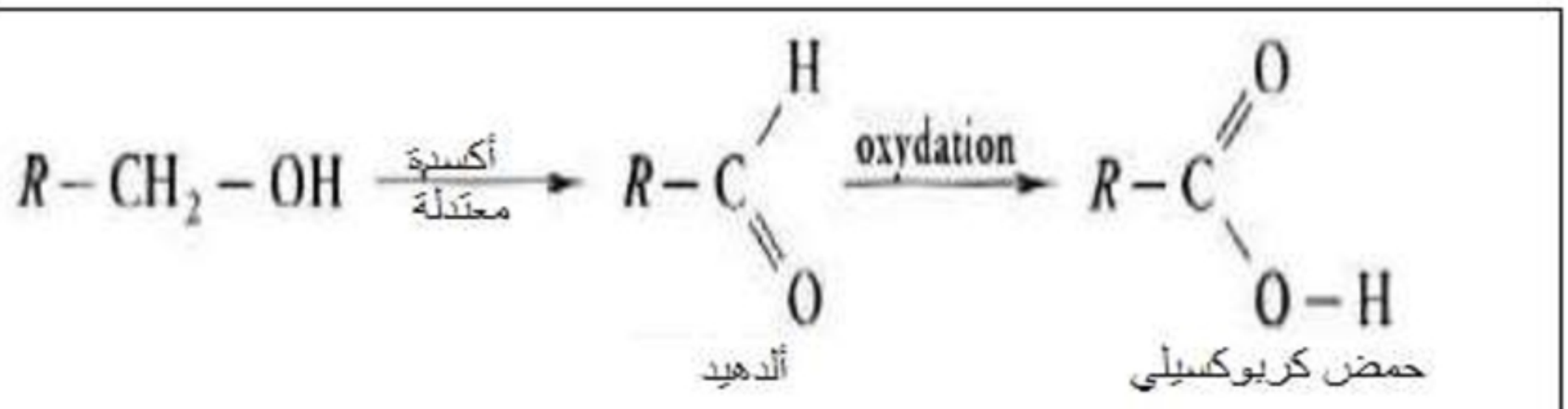
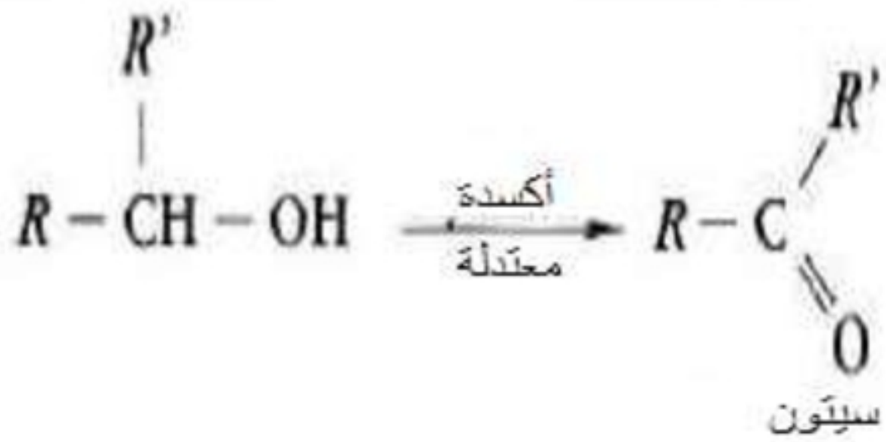
يتأكسد الإيثانول على مرحلتين :

$CH_3-CH_2-OH \xrightarrow[\text{معتدلة}]{\text{أكسدة}} CH_3-C(=O)-H + 2H^+ + 2e^-$	②
$CH_3-C(=O)-H + H_2O \xrightarrow[\text{معتدلة}]{\text{أكسدة}} CH_3-C(=O)-OH + 2H^+ + 2e^-$	③
$CH_3-CH_2-OH + H_2O \xrightarrow{\text{أكسدة}} CH_3-C(=O)-OH + 4H^+ + 4e^-$	③+②

- عند تقريب ورق مبلل بكاشف شيف من الأنبوب ، نلاحظ أنه يأخذ لونا ورديا . مما يدل على وجود ألدهيد بالمحلول : يتعلق الأمر بالإيثانال .
- يبرز ورق pH وجود حمض كربوكسيلي وهو حمض الإيثانويك .

معادلة التفاعل نحصل عليها بإضافة المعادلة $(1)\times 4$و $((3)+(2))\times 5$ على المعادلة التالية :



كحول أولي	
كحول ثانوي	
كحول ثالثي	

2-تفاعل الإستبدال :

يتفاعل كحول مع محلول حمضي HX مركز حيث X هالوجين $(X = Cl\ ،Br،I,F)$ لإعطاق مشتق هالوجيني عن طريق تفاعل الإستبدال ، حيث يتم تعويض مجموعة الهيدروكسيل $OH-$ في الكحول بهالوجين X حسب المعادلة :

$$R-OH+HCl\longrightarrow CH_3-\underset{\underset{R}{|}}{CH}-CH_3+H_2O$$

أمثلة :

$$CH_3-CH-CH_3+HCl\longrightarrow CH_3-\underset{\underset{Cl}{|}}{CH}-CH_3+H_2O$$