

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

I - حركة الدوران حول محور ثابت

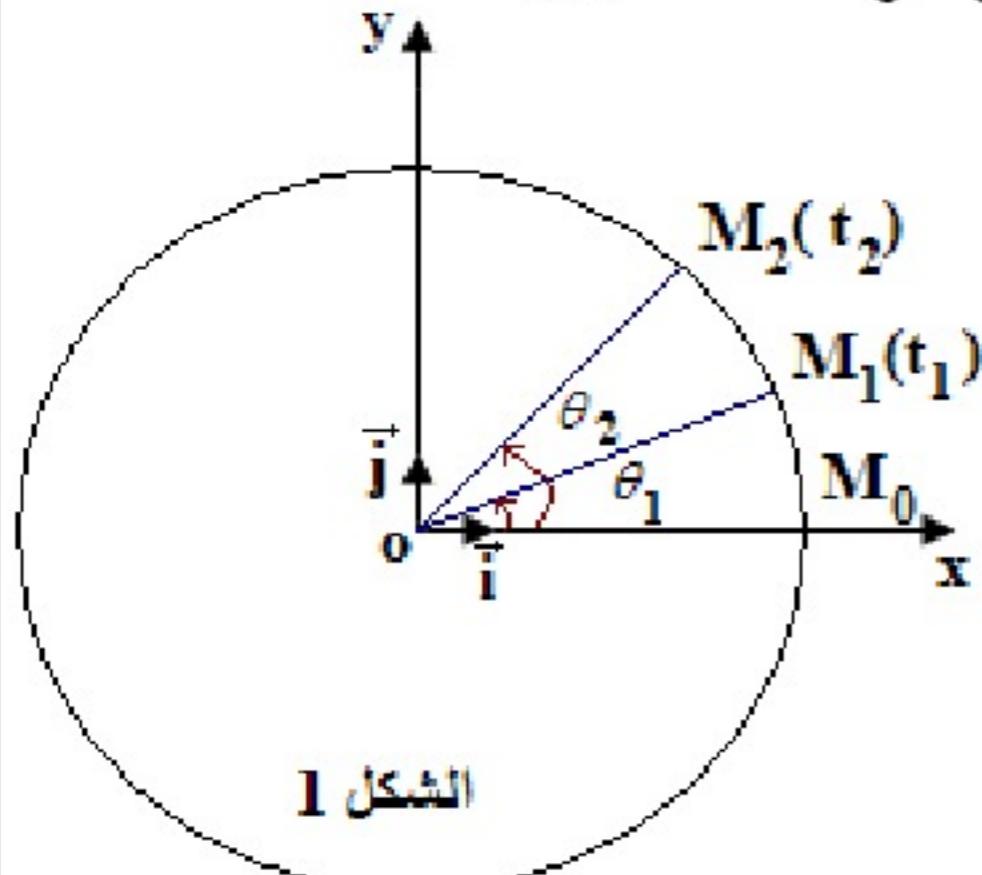
1 - تعريف:

تكون لجسم صلب غير قابل للتشوه حركة دوران حول محور ثابت ، إذا كانت كل نقطة من نقطه في حركة دائرية مركزة على هذا المحور ، باستثناء النقطة التي تتنمي إليه.

2 - معلومة نقطة من جسم صلب في دوران حول محور ثابت.

A - الأقصول الزاوي: **Abscisse angulaire:**

لمعلومة النقطة M من جسم صلب في حالة دوران حول محور ثابت نختار معلمات متعامداً ممنظماً $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ ، بحيث ينطبق محور الدوران (Δ) مع المتجهة \vec{k} وينطبق المستوى $(\vec{O}, \vec{i}, \vec{j})$ مع مسار حركة النقطة M . ويمكن تعين موضع النقطة M في كل لحظة باستعمال الأقصول الزاوي θ .

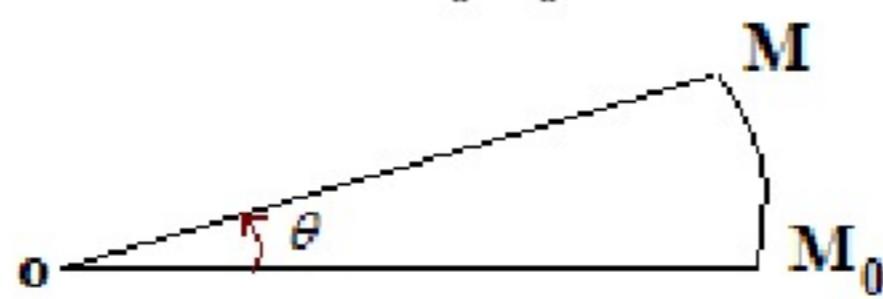


بحيث: $\theta = (\overrightarrow{Ox}, \overrightarrow{OM})$

وحدة قياس الأقصول الزاوي في SI راديان Radian رمزها: rad

B - الأقصول المنحني: **Abscisse curviligne:**

نسمي الأقصول المنحني للنقطة المتحركة M في لحظة t المقدار الجبري s ، حيث: $s = \widehat{M_0 M}$ (أصل الأقصول المنحني) ، وحدة الأقصول المنحني في SI هي المتر m .



C - العلاقة بين الأقصول الزاوي والأقصول المنحني.

$$m \rightarrow s = R \cdot \theta$$

m rad

R : شعاع المسار الدائري للنقطة المتحركة M

II - السرعة الزاوية: **Vitesse angulaire:**

1 - السرعة الزاوية المتوسطة (Moyenne)

موقع النقطة M عند اللحظة t_1 أقصولها الزاوي θ_1 :

موقع النقطة M عند اللحظة t_2 أقصولها الزاوي θ_2 .

خلال المدة $t_2 - t_1 = \Delta t$ تعبير النقطة M القوس $\widehat{M_0 M}$ ويدور الجسم بمتجهة الموضع \overrightarrow{OM} بالزاوية

$$(\widehat{\overrightarrow{OM}_1, \overrightarrow{OM}_2}) = \theta_2 - \theta_1$$

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

$$\boxed{\omega = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}}$$

rad / s rad
 s

2 - 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

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

$: t_i$

3 - العلاقة بين السرعة الخطية V والسرعة الزاوية ω .

نشاط تجاري

الأهداف: - تحديد طبيعة الحركة؟

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

- التوصل إلى المعادلة الزمنية.

العدة التجريبية: منضدة هوائية ولوازمها - خيط غير مرن.

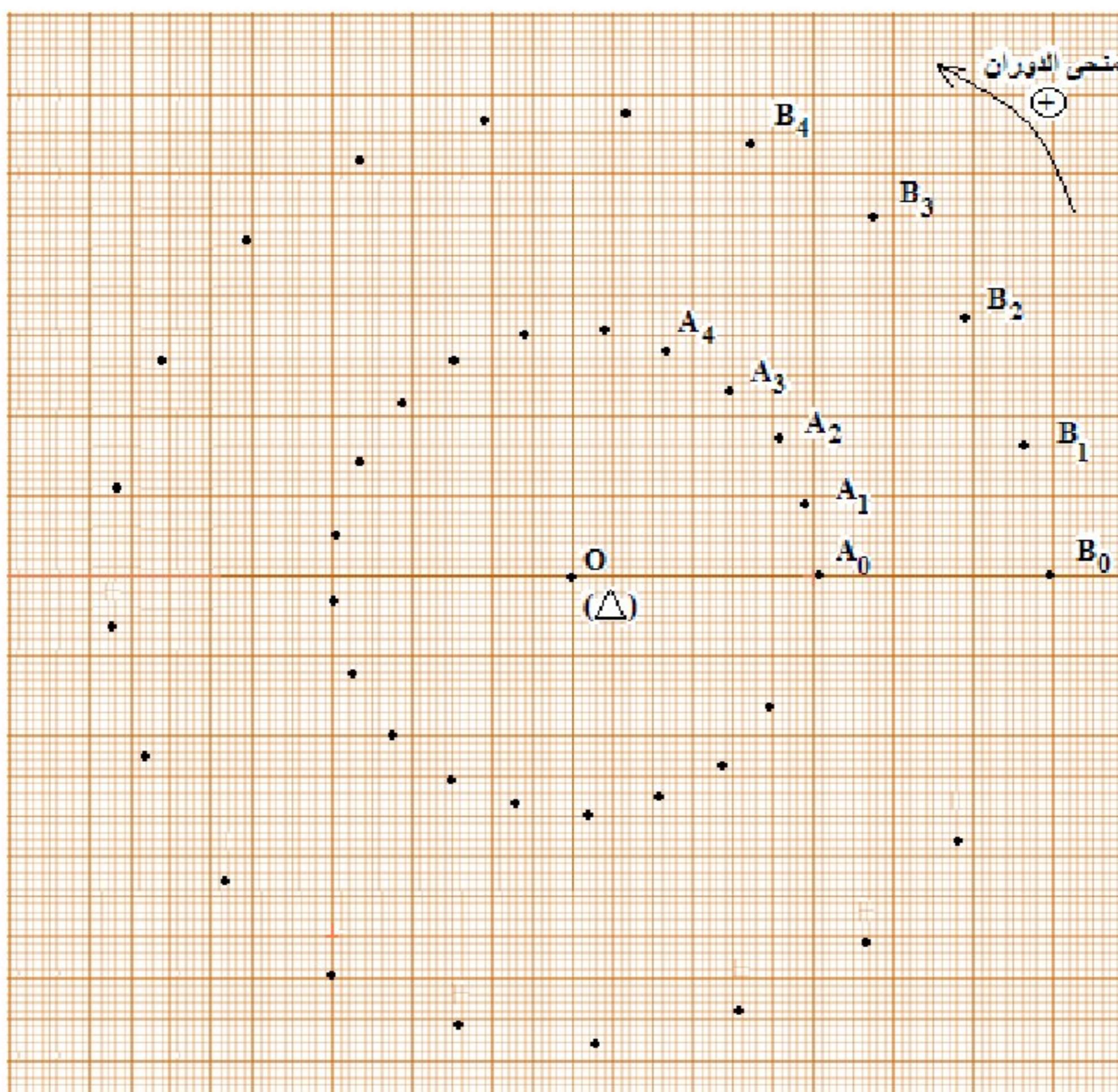
النماولة:

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

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 ومتزاوية قيمتها τ الشكل 2 .



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

استئثار 1 : السرعة الخطية - السرعة الزاوية - طبيعة الحركة

1 - بين أن حركة النقط A و B دائرية.

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

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

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

5 - 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 τ . $\Delta t = t_{i+1} - t_{i-1}$

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

$$7 - \text{نعرف السرعة الزاوية لنقطة } M \text{ في حركة دائرية مركزها } O \text{ عند اللحظة } t_i \text{ بالعلاقة: } \omega_i = \frac{\Delta\theta}{t_{i+1} - t_{i-1}} \text{ حيث } \Delta\theta$$

الزاوية بالراديان (rad) المكسوحة من طرف القطعة OM بين اللحظتين t_{i-1} و t_{i+1} و تسمى زاوية دوران الجسم الصلب.

احسب السرعة الزاوية ω_A للنقطة A و السرعة الزاوية ω_B للنقطة B في مواضع مختلفة. ماذا تستنتج؟

8 - المجموعة المكونة من الحامل الذاتي والمفجر الجانبي في حركة دوران منتظم حول محور ثابت (Δ) يمر من النقطة O اقترح مما سبق تعريفاً لحركة الدوران المنتظم.

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

9 - عين الشعاع R_A لمسار النقطة A والشعاع R_B لمسار النقطة B .

10 - اختر مواضع مختلفة للنقط A و B و احسب لكل مقدار $R \cdot \omega$ وقارنه مع السرعة اللحظية V . ماذا تستنتج؟

استثمار 1

1 - بما أن المسار دائري فإن حركة النقط A و B دائرتين.

2 - المسافات المقطوعة من طرف كل نقطة خلال نفس المدة الزمنية τ متساوية، نستنتج إذن أن السرعة ثابتة وحركة كل نقطة دورانية منتظمة.

3 - حساب السرعة V_A للنقطة A والسرعة V_B للنقطة B :

4 - تمثيل \bar{V}_A و \bar{V}_B حسب السلم:

نلاحظ أن \bar{V}_B أطول من \bar{V}_A ، ومنه نستنتج أن لل نقطتين A و B سرعتين خطيتين مختلفتين.

$$\Delta\theta_A = \dots \quad 5$$

$$\Delta\theta_B = \dots$$

6 - $\Delta\theta_A = \Delta\theta_B$ ، نستنتج أن لجميع نقط الجسم الصلب نفس الأصول الزاوي في نفس اللحظة.

7 -

نلاحظ أن $\omega_A = \omega_B$ ، إذن لل نقطتين A و B نفس السرعة الزاوية.

8 - تكون حركة دوران جسم صلب حول محور ثابت متقطمة إذا بقيت السرعة الزاوية ω لهذا الجسم ثابتة مع مرور الزمن $\omega = C^{te}$.

استثمار 2 :

9 -

10 -

نلاحظ أن $V_B = R_B \cdot \omega_B$ و $V_A = R_A \cdot \omega_A$.

نستنتج أنه بالنسبة لجميع نقط الحامل الذاتي والمفجر الجانبي تتحقق العلاقة: $V = R \cdot \omega$

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 ينجذب الدوار حركة دوران حول محور ثابت بسرعة زاوية قيمتها 25 دورة في الثانية.

1 - عبر عن السرعة الزاوية للدوار بالوحدة rad.s^{-1} .

2 - 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

$$\omega = C^{\text{te}}$$

2 - خصائص الدوران المنتظم:

A - الدور Période T

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

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

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

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

وحدة الدور في SI هي الثانية s .

B - التردد Fréquence f

تردد حركة الدوران المنتظم لجسم صلب هو عدد الدورات التي تنجزها نقطة من هذا الجسم في الثانية:

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

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

وحدة التردد في SI هي الهرتز 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 .

نحدد كل موضع بالأقصول الزاوي θ_i حيث $\theta_i = (\overrightarrow{OX}, \overrightarrow{OA})$

نختار اللحظة التي سُجل فيها الموضع A_2 أصلاً للتاريخ $t = 0$ (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 $\theta = f(t)$ المعادلة الزمنية لحركة النقطة A . أوجد الصيغة الرياضية لهذه المعادلة.

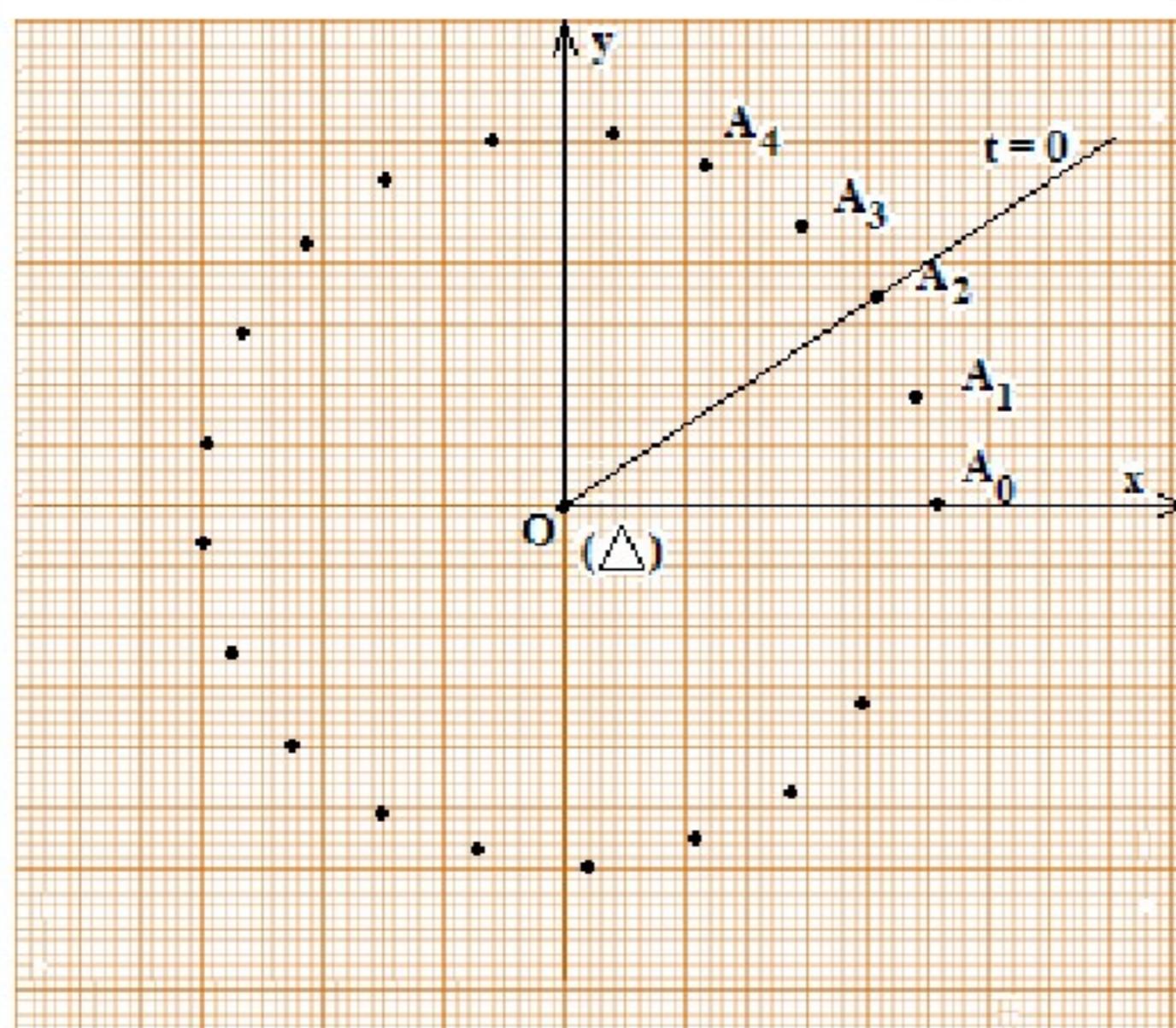
14 - أوجد تعبير هذه المعادلة وأعط المدلول الفيزيائي للمقادير الفيزيائية الواردة فيها.

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

16 - يمكن أن نثبت معادلة زمنية أخرى إذا ما ملمنا النقطة A بقياس طول القوس $S = \widehat{A_0 A_i}$ الذي يمثل الأقصول المنحني للنقطة A_i .

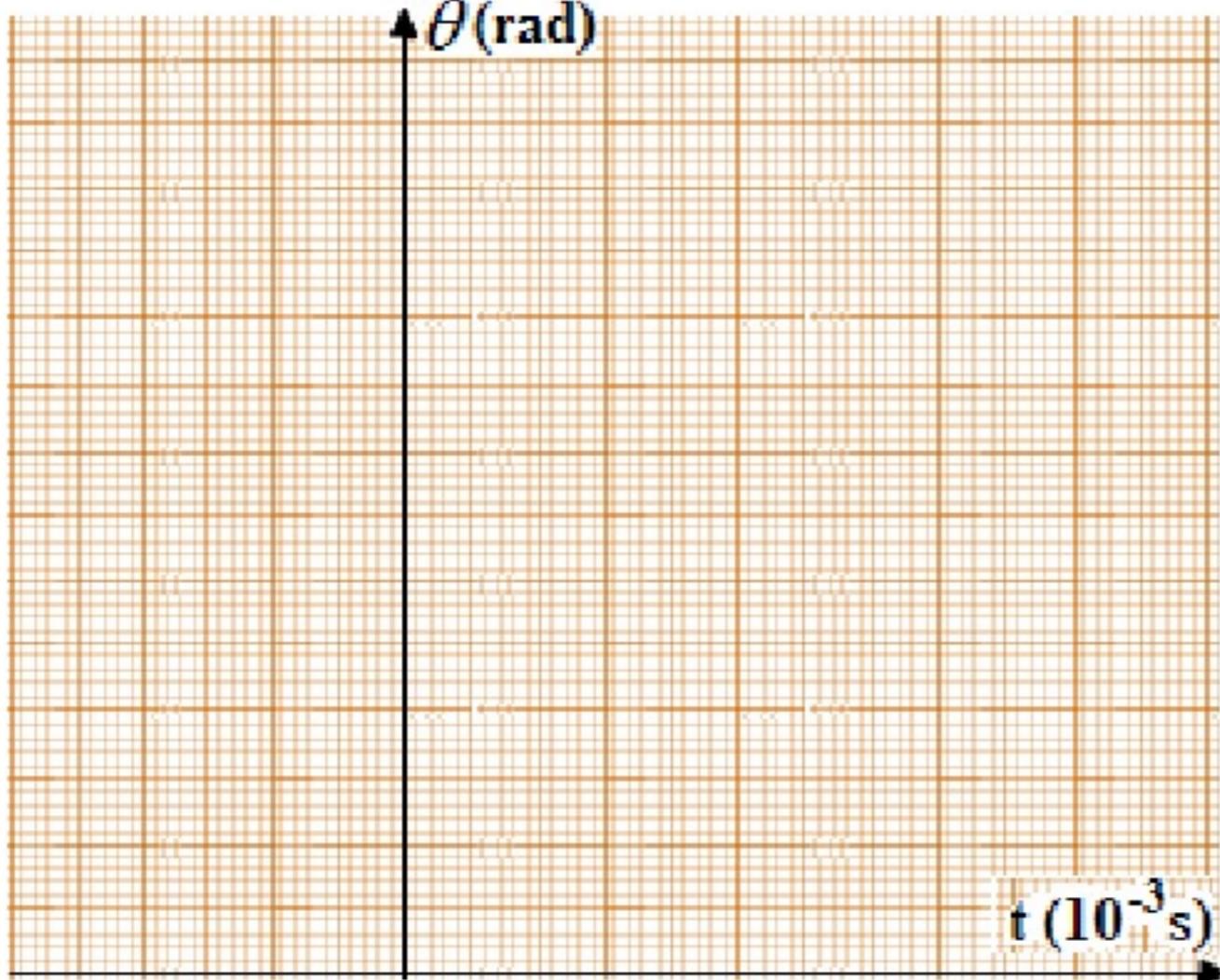
شكل 3 التسجيل بالسلم $\frac{1}{2}$ لحركة النقطة A $\tau = 40\text{ms}$

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



(11)

الموضع	$t (10^{-3}s)$	$\theta(^{\circ})$	$\theta(\text{rad})$
A_7			
A_6			
A_5			
A_4			
A_3			
A_2			
A_1			
A_0			



$$\omega =$$

$$\theta_0 =$$

$$\theta(t) = \dots \cdot t$$

أي:

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

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

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

$$a = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} : \text{المعامل الموجي}$$

لها أبعاد السرعة الزاوية إذن $a = \omega$

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

: b نحسب

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

$$b = \theta_0$$

. $t = 0$ الأقصول الزاوي للنقطة المتحركة A عند

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

ت ع :

المعادلة الزمنية للحركة: (15) إذا تم اختيار لحظة تسجيل A_0 أصلًا لمعلم الزمن:

$$s = R\theta \quad S = \widehat{A_0 A_i} \quad (16)$$

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

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

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

$t = 0$: الأقصول المنحني عند s_0
 V : السرعة الخطية للنقطة المتحركة.

$$s(t) = Vt + s_0$$

والتالي:

ت ع :

$$V =$$

$$s_0 =$$

$$s(t) =$$

تعميم:

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

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

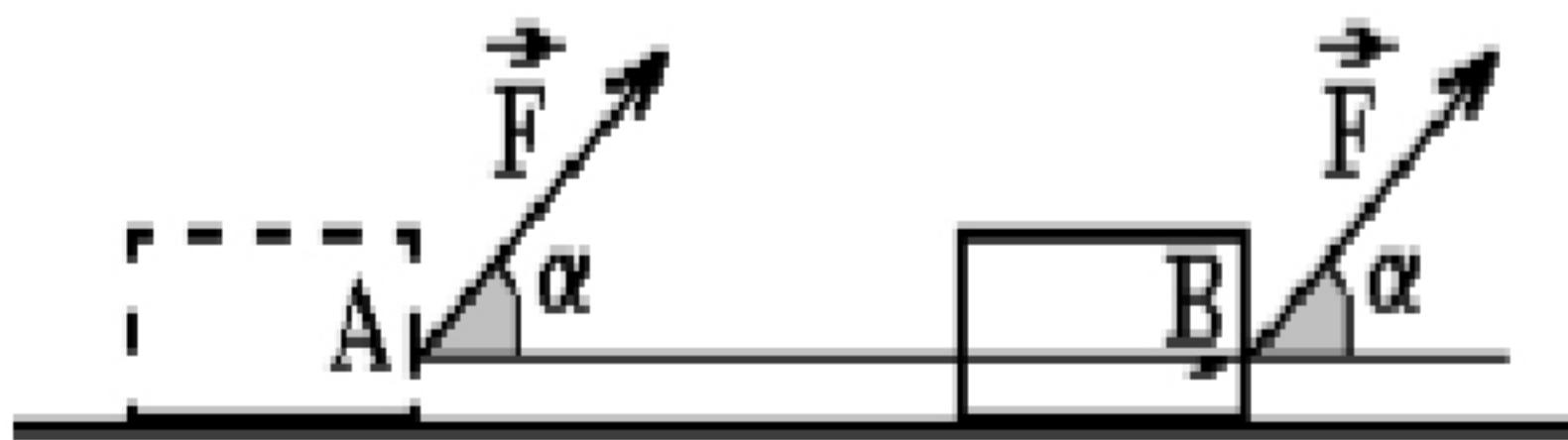
$$s(t) = Vt + s_0$$

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

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 ومتوجهة انتقال نقطة تأثيرها .

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

هام : \overrightarrow{AB} متوجهة انتقال نقطة تأثير القوة \vec{F} بين الموضعين A و B .

يمكن التعبير أيضا عن الشغل بدلالة أحاديثيات متوجهة القوة \vec{F} ومتوجهة
الانتقال \overrightarrow{AB} في معلم متعامد ممنظم (Oxy)

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

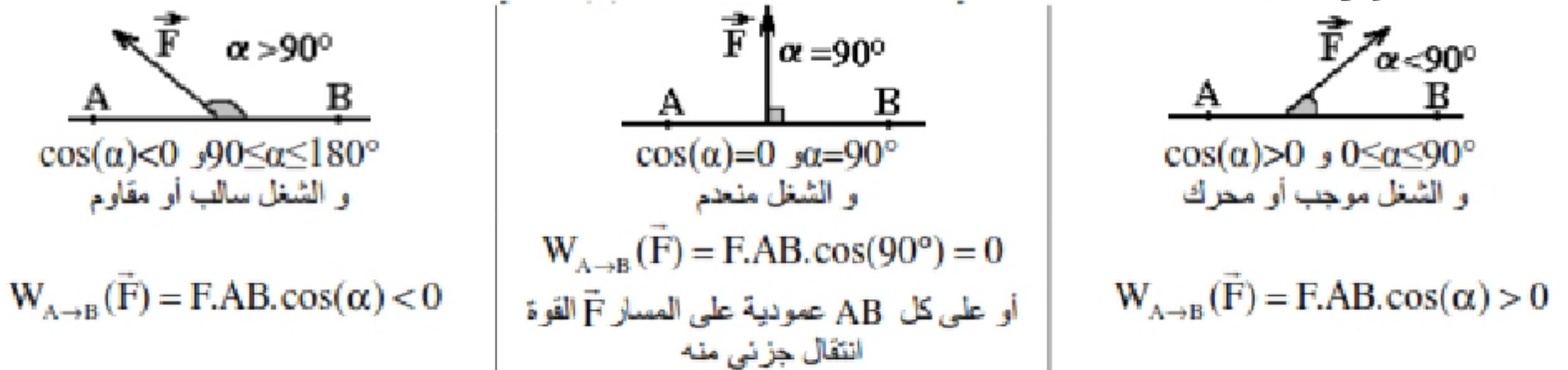
*وحدة الشغل :

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

*الشغيل المحرك والشغيل المقاوم : حسب تعبير الشغيل :

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

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

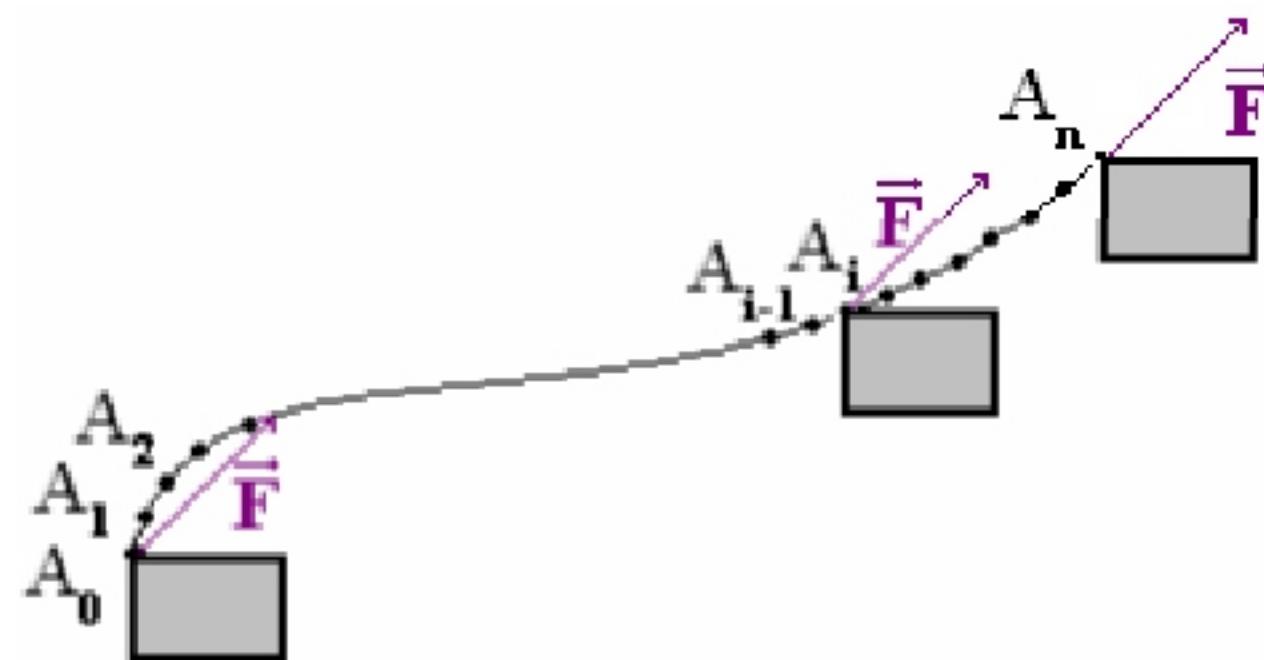


- 1.2 شغيل قوة ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة منحنية :

- الجسم (S) في إزاحة منحنية أي أن مسار حركة نقطة M من الجسم منحنى (غير مستقيم).

- نقسم المسار إلى أجزاء مستقيمية δl متناهية في الصغر

$$\overrightarrow{A_{n-1}A_n}, \dots, \overrightarrow{A_1A_2}, \text{ و } \overrightarrow{A_0A_1}$$



- الشغيل الجزيئي الذي تتحزره القوة \vec{F} خلال الانتقال δl هو :

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

- الشغيل الكلي بين النقطتين A_0 و A_n يساوي مجموع الأشغال الجزيئية بين هاتين النقطتين :

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \sum \delta M(\vec{F}) = \sum \vec{F} \cdot \vec{\delta l} = \vec{F} \sum \vec{\delta l}$$

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} (\overrightarrow{A_0A_1} + \overrightarrow{A_1A_2} + \dots + \overrightarrow{A_{n-1}A_n})$$

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{A_0A_n}$$

استنتاج :

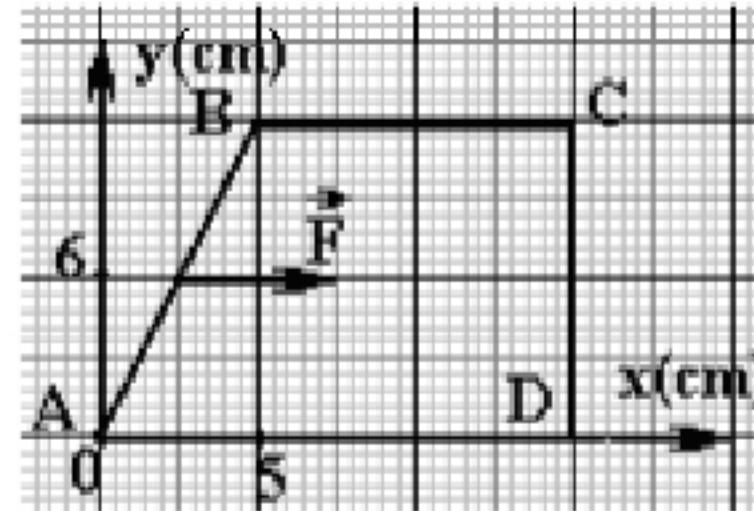
شغل قوة ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة منحنية مستقل عن المسار المتبوع ميساوي الجداء السلمي لمتجهة القوة ومتوجهة نقطة انتقال نقطة تأثيرها بين الموضعين البدئي والنهائي .

تطبيق :

تنقل 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 إلى D .

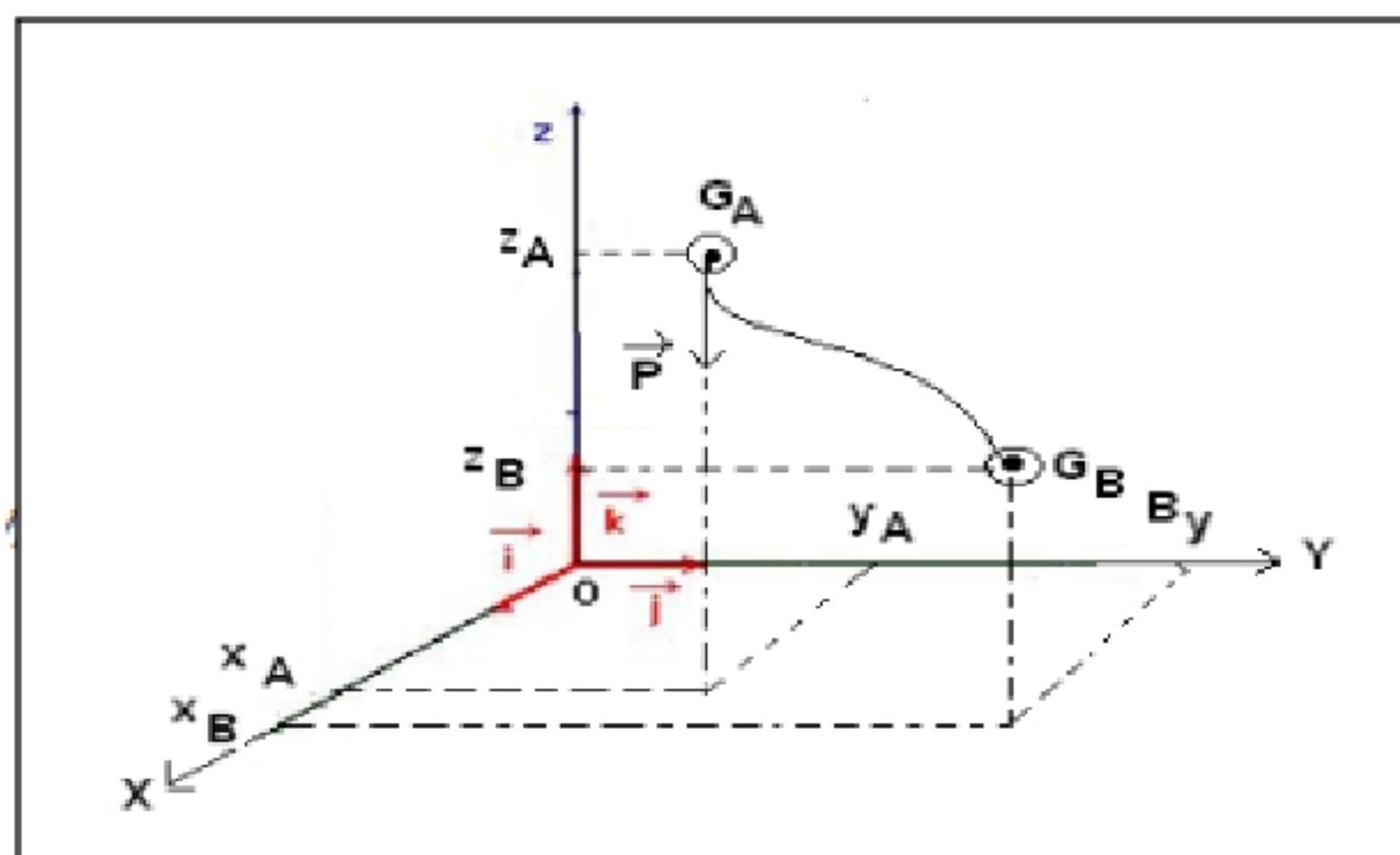


3.1- شغل وزن الجسم :

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \overrightarrow{AB}$$

نختار معلماً متعامداً ممنظمًا حيث المحور Oz رأسياً موجه نحو الأعلى ونحدد الاحداثيات المتجهتين : \overrightarrow{AB} و \vec{P}

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



نحصل على :

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

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

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

استنتاج :

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

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

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

ملحوظة :

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

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

2- شغل مجموعة من القوى في حالة إزاحة مستقيمية :

2.1- تعبير الشغل :

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

$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n) \cdot \overrightarrow{AB}$$

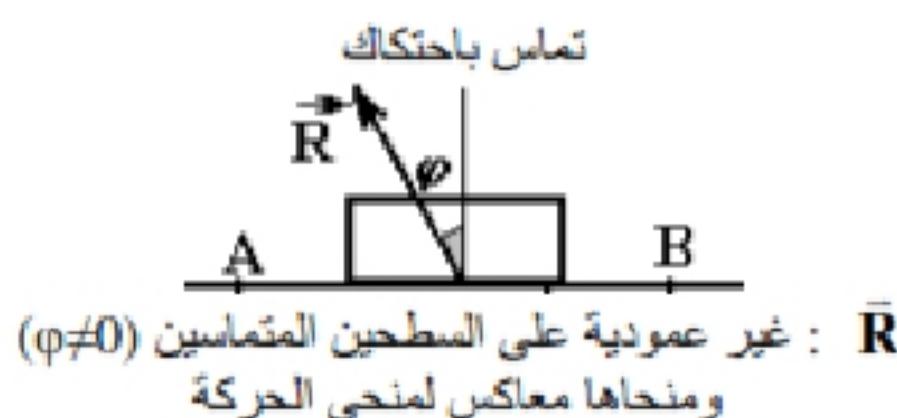
$$W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB}$$

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

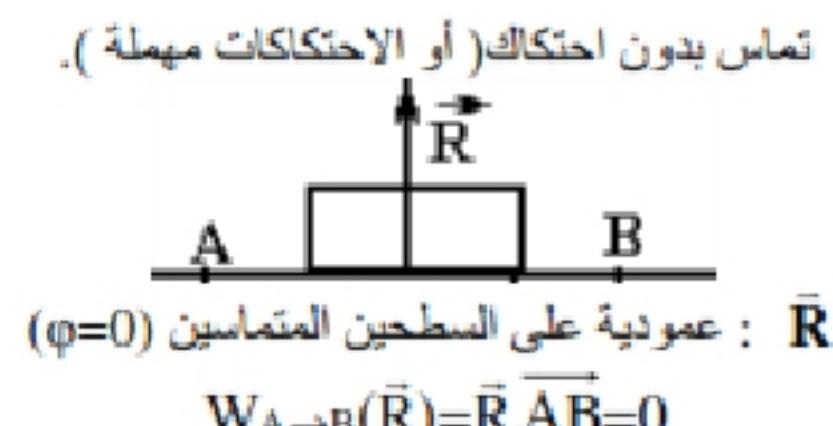
2.2- تطبيق شغل قوى الاحتراك :

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

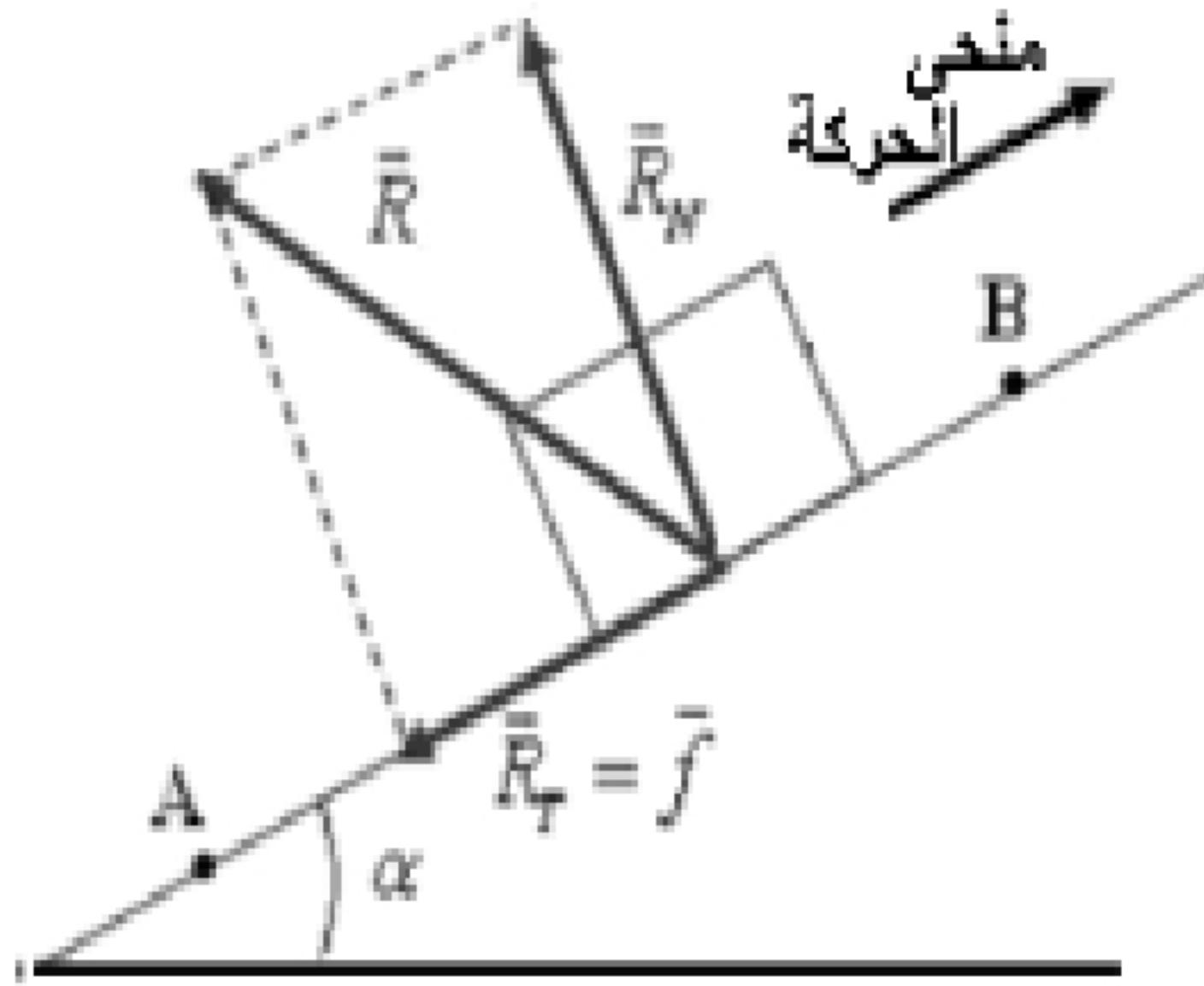
$$W_{A \rightarrow B}(\vec{R}) = \vec{R} \cdot \overrightarrow{AB} = R \cdot AB \cdot \cos(\vec{R}, \overrightarrow{AB})$$



$$W_{A \rightarrow B}(\vec{R}) = \vec{R} \cdot \overrightarrow{AB} = R \cdot AB \cdot \cos(\phi + \frac{\pi}{2}) = -R \cdot AB \cdot \sin(\phi) < 0$$



هام شغل قوى الاحتراك 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

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

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

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

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 لإنجاز هذا الشغل :

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

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

بـ- القدرة اللحظية :

إذا انجزت قوة \vec{F} شغلا δW خلال مدة زمنية جد قصيرة δt ، فإن القدرة اللحظية لهذه

$$\text{القوة هي : } P = \frac{\delta W}{\delta t}$$

$$P = \vec{F} \cdot \frac{\vec{\delta l}}{\delta t} \quad \text{فإن : } \delta W = \vec{F} \cdot \vec{\delta l}$$

$$P = \vec{F} \cdot \vec{V} \quad \text{نستنتج :}$$

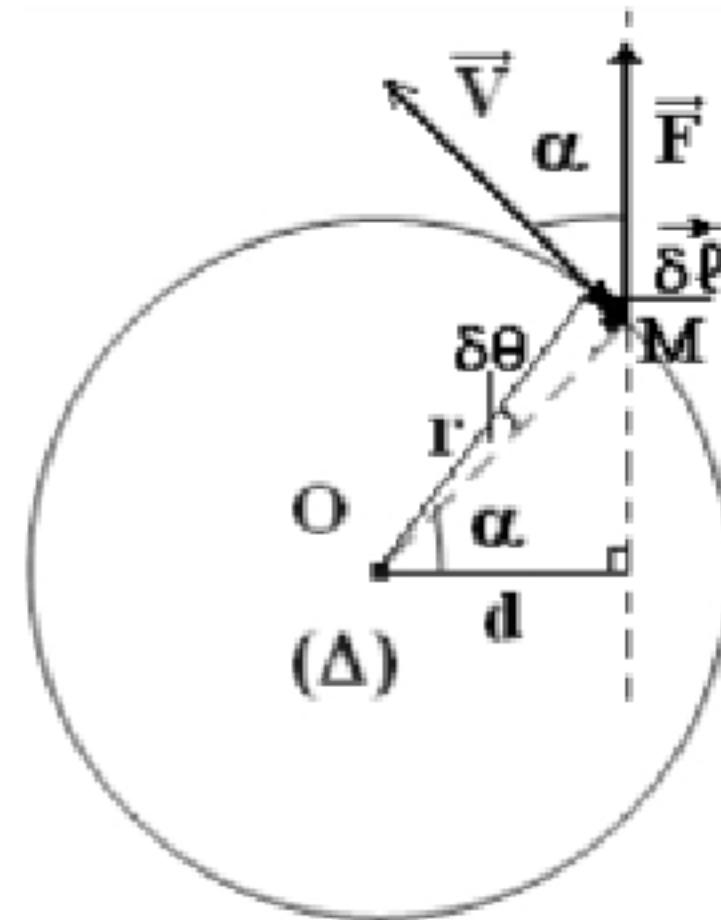
حيث \vec{V} متوجهة السرعة اللحظية لنقطة تأثير القوة \vec{F} .

ملحوظة :

يمكن حساب شغل قوة \vec{F} لها قدرة ثابتة بالعلاقة $W = P \cdot \Delta t$:
يمكن استعمال الوحدة كيلو واط ساعة (kWh) لحساب هذا الشغل .

3.2- جسم صلب في دوران :

أـ- القدرة اللحظية :



القدرة اللحظية للقوة \vec{F} هي:

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

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

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

وبالتالي نحصل على :

$$P = F \cdot R \cos \alpha \cdot \omega$$

أي:

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

ب- شغل قوة عزمها ثابت :
تعبير الشغل الجزئي :

$$\delta W = P \cdot \delta t$$

$$\delta W = M_{\Delta} \cdot \omega \cdot \delta t$$

$$\delta W = M_{\Delta} \cdot \delta \theta$$

الشغل الكلي :

$$W = \sum \delta W = \sum M_{\Delta} \cdot \delta \theta$$

بما أن القوة عزمها ثابت فإن :

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

$$W = M_{\Delta} \cdot \Delta \theta$$

خلاصة :

يساوي شغل قوة عزمها M_{Δ} ثابت مطبقة على جسم صلب في دوران حول محور ثابت Δ ، جداء عزمها وزاوية الدوار $\Delta \theta$:

$$W(\vec{F})_{\theta_1 \rightarrow \theta_2} = M_{\Delta} \cdot \Delta \theta$$

ج- شغل مزدوجة قوتين :

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

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

عزم مزدوجة قوتين يساوي مجموع عزم القوى المكونة للمجموعة :

$$M_C = M\left(\frac{\vec{F}_1}{\Delta}\right) + M\left(\frac{\vec{F}_2}{\Delta}\right) = \pm F \cdot d$$

شغل عزم مزدوجة قوتين عزمها ثابت :

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

الشغل والطاقة الحركية

Le travail et l'énergie cinétique

I - الطاقة الحركية :

1- الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة إزاحة :

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

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

(J) ←
(m.s⁻¹) →
(kg) ←

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

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

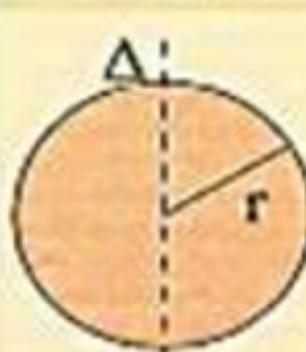
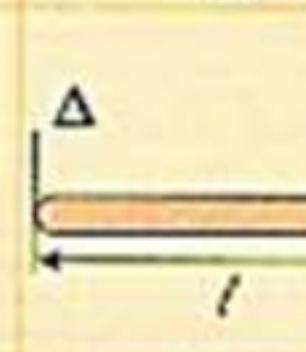
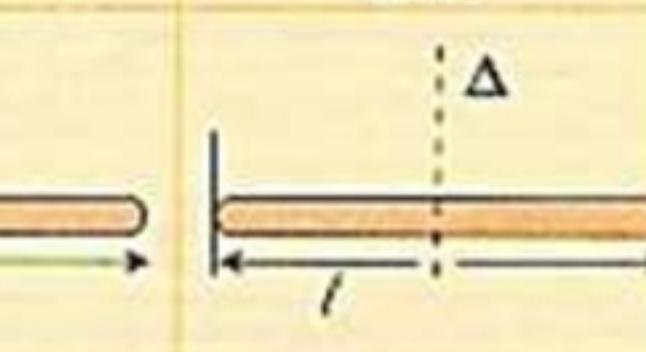
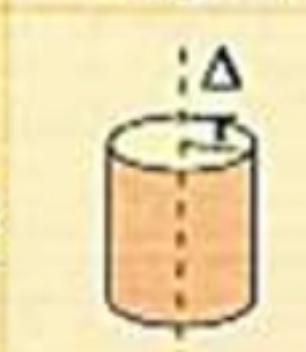
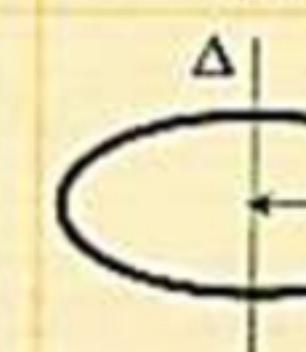
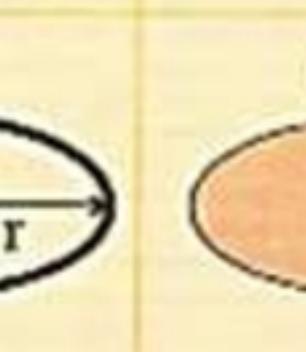
تساوي الطاقة الحركية الحركية لجسم صلب في دوران حول محور ثابت (Δ) ، بسرعة زاوية ω ، المقدار :

$$E_c = \frac{1}{2} J_\Delta \cdot \omega^2$$

(J) ←
(rad.s⁻¹) →
(kg.m²) ←

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

صيغ عزم القصور لبعض الأجسام المتجانسة :

كرة	ساق	ساق	اسطوانة	حلقة	جسم فرمن	الجسم
						
$J_\Delta = \frac{2}{5} m \cdot r^2$	$J_\Delta = \frac{1}{3} m \cdot l^2$	$J_\Delta = \frac{1}{12} m \cdot l^2$	$J_\Delta = \frac{1}{2} m \cdot r^2$	$J_\Delta = m \cdot r^2$	$J_\Delta = \frac{1}{2} m \cdot r^2$	عزم القصور J_Δ

II-مبرهنة الطاقة الحركية :

1- حالة جسم صلب في حركة فوق مستوى مائل :

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

نسجل مواضع مركز قصوره G من خلال مدد زمنية متتالية ومتساوية $\tau = 60 \text{ ms}$. 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
$0,3 \text{ cm}$	$0,9 \text{ cm}$	$1,5 \text{ cm}$	$2,1 \text{ cm}$	$2,7 \text{ cm}$	$3,3 \text{ cm}$	$3,9 \text{ cm}$

- دراسة التسجيل :

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

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

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

4- أجرب 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 (\vec{F}) .
مجموع أشغال هذه القوى بين الموضعين G_3 و G_5 .

6- قارن (\vec{F}) $\Delta E_C = E_{C5} - E_{C3}$ و $\sum W_{G_3 \rightarrow G_5}$. ماذا تستنتج ؟

نعطي : $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

التصحيح:

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

$$v_3 = \frac{G_2 G_4}{2\tau} = \frac{3,6 \cdot 10^{-2}}{2 \times 60 \cdot 10^{-3}} = 0,3 \text{ m.s}^{-1} \quad 1-\text{عند الموضع } v_3 :$$

$$v_5 = \frac{G_4 G_6}{2\tau} = \frac{6,0 \cdot 10^{-2}}{2 \times 60 \cdot 10^{-3}} = 0,5 \text{ m.s}^{-1} \quad 2-\text{عند الموضع } v_5 :$$

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

$$E_{C3} = \frac{1}{2} m \cdot v_3^2 = \frac{1}{2} \times 0,7 \times 0,3^2 = 3,15 \cdot 10^{-2} \text{ J} \quad \text{-في الموضع } G_3 :$$

$$E_{C5} = \frac{1}{2} m \cdot v_5^2 = \frac{1}{2} \times 0,7 \times 0,5^2 = 8,75 \cdot 10^{-2} \text{ J} \quad \text{-في الموضع } G_5 :$$

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 :

$$W_{G_3 \rightarrow G_5} (\vec{R}) = \vec{R} \cdot \overrightarrow{G_3 G_5} = 0$$

لأن $\overrightarrow{G_3 G_5} \perp \vec{R}$

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

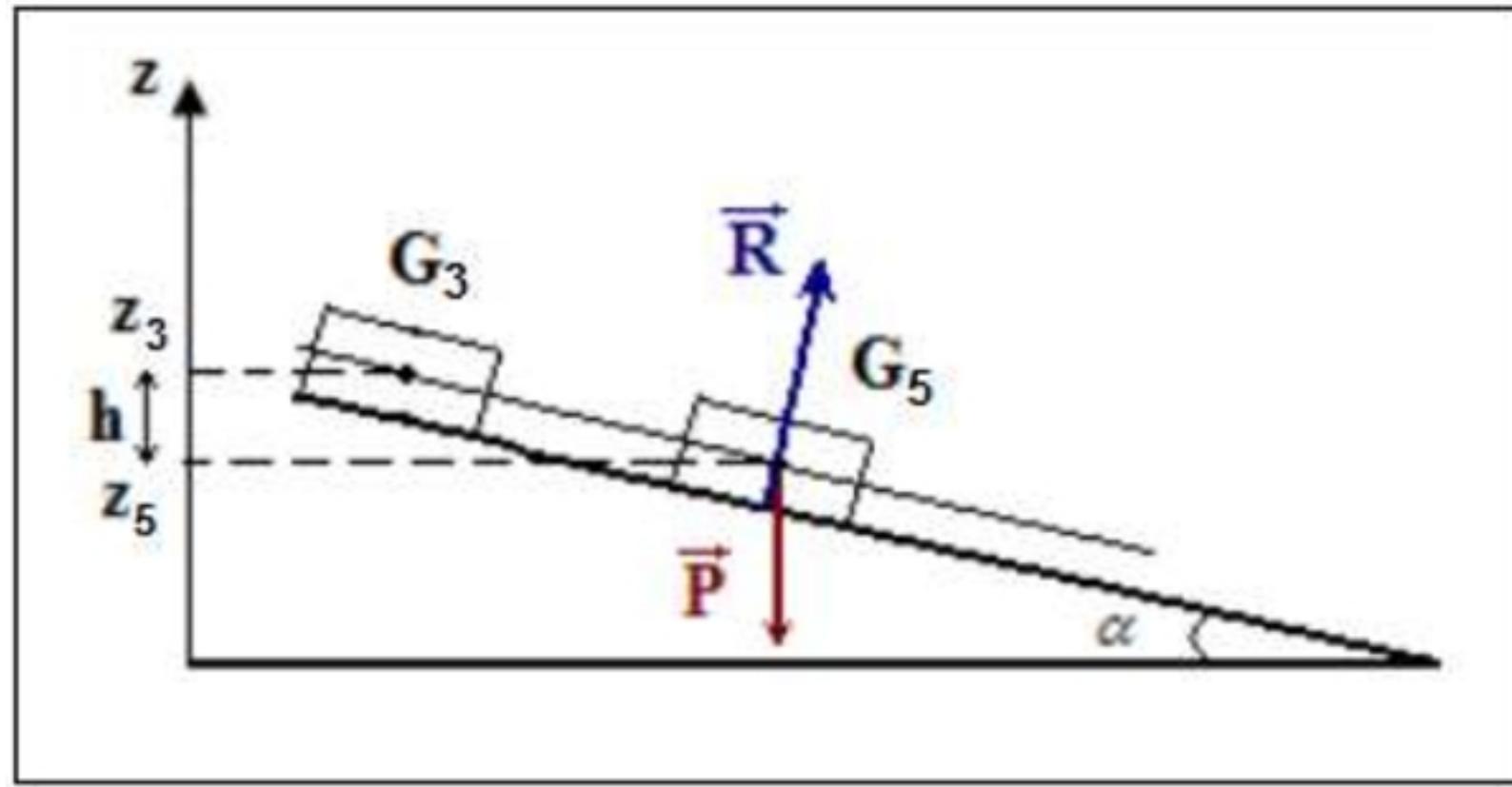
$$\sin \alpha = \frac{h}{G_3 G_5} \quad \text{مع} : h = z_3 - z_5$$

$$W_{G_3 \rightarrow G_5} (\vec{P}) = m \cdot g \cdot G_3 G_5 \cdot \sin \alpha$$

$$\text{ت.ع} : W_{G_3 \rightarrow G_5} (\vec{P}) = 0,7 \times 9,8 \times 4,8 \cdot 10^{-2} \sin(10^\circ) = 5,71 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$

ومنه مجموع أشغال القوى هو :

$$\sum W_{G_3 \rightarrow G_5} (\vec{F}) = W_{G_3 \rightarrow G_5} (\vec{R}) + W_{G_3 \rightarrow G_5} (\vec{P}) = 5,71 \cdot 10^{-2} \text{ J}$$



6-تغیر الطاقة الحركية :

$$\Delta E_C = E_{C5} - E_{C3} = 8,75 \cdot 10^{-2} - 3,15 \cdot 10^{-2} = 5,60 \cdot 10^{-2} J$$

نستنتج أن :

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

2-نص مبرهنة الطاقة الحركية :

في معلم غاليلي ، يساوي تغیر 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.

$$\Delta E_C = E_{C2} - E_{C1} = \sum_i W_{1 \rightarrow 2} (\vec{F}_i)$$

في حالة الإزاحة :

$$\Delta E_C = \frac{1}{2} m \cdot V_2^2 - \frac{1}{2} m \cdot V_1^2 = \sum_i W_{1 \rightarrow 2} (\vec{F}_i)$$

في حالة الدوan :

$$\Delta E_C = \frac{1}{2} J_{\Delta} \cdot \omega_2^2 - \frac{1}{2} J_{\Delta} \cdot \omega_1^2 = \sum_i W_{1 \rightarrow 2} (\vec{F}_i)$$

الشغل وطاقة الوضع الثقالية

الطاقة الميكانيكية

١-طاقة الوضع الثقالية :

١-مفهوم طاقة الوضع الثقالية :

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

٢-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 $(\vec{R}(O, \vec{k}))$ (موجه نحو الأعلى) .

حيث :

$$E_{pp} = m \cdot g \cdot z + cte$$

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 0 . $E_{pp} = 0$.

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

$$E_{pp} = m \cdot g \cdot z + cte$$

$$0 = m \cdot g \cdot z_0 + cte$$

$$cte = -m \cdot g \cdot z_0$$

$$E_{pp} = m \cdot g \cdot z - m \cdot g \cdot z_0$$

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

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

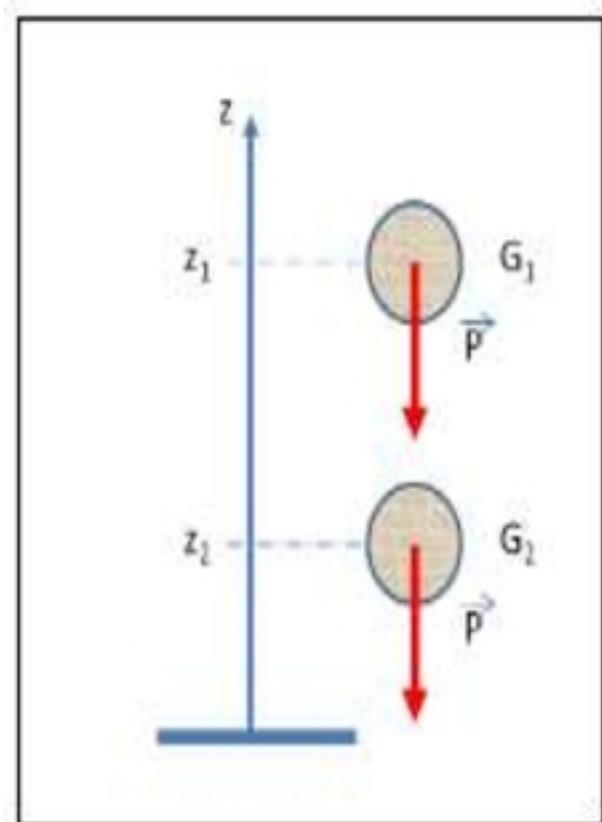
عند $z = 0$ يكون $E_{pp} = 0$ ومنه $cte = 0$ أي :

$$E_{pp} = m \cdot g \cdot z$$

<p>الحالة المرجعية</p> $E_{pp} = m \cdot g(z - z_0)$	<p>الحالة المرجعية</p> $E_{pp} = m \cdot g \cdot z$
---	--

3-تغير طاقة الوضع الثقالية :

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



$$\Delta E_{pp} = E_{pp2} - E_{pp1}$$

$$\Delta E_{pp} = m \cdot g(z_2 - z_1)$$

شغل وزن الجسم خلال الإنتقال من G_1 الى G_2 هو :

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

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

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

ملحوظة:

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

في حالة صعود الجسم : $z_1 > z_2$ 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 :

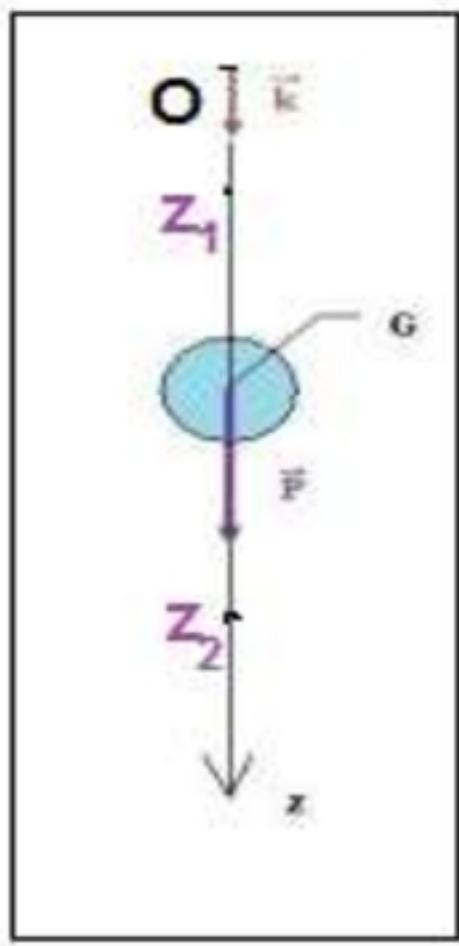
$$E_m = E_C + E_{pp}$$

وحدتها في النظام العالمي للوحدات الجول (J) .

2-احفاظ الطاقة الميكانيكية :

1-السقوط الحر :

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

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

نعلم أن :

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

وبالتالي نكتب :

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

أي:

$$\Delta E_m = 0$$

استنتاج : يكافيء 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-انزلاق جسم صلب بدون احتكاك فوق مستوى مائل :

ينتقل مركز قصور جسم صلب كتلته m فوق مستوى x_1 من الموضع G_1 اقصوله x_1 إلى الموضع G_2 اقصوله 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 :

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

نعلم أن :

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

وبالتالي نكتب :

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

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

ومنه :

$$\Delta E_m = 0$$

استنتاج : يكافيء تغير الطاقة الحركية تغير طاقة وضعه الثقالية .

خلاصة :

أثناء انزلاق جسم صلب بدون احتكاك فوق مستوى مائل ، تحول طاقة وضعه الثقالية الى طاقة حركية والعكس صحيح

، في حين تبقى طاقته الميكانيكية ثابتة : $E_m = E_C + E_{PP} = \text{cte}$

3-عدم احفاظ الطاقة الميكانيكية :

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

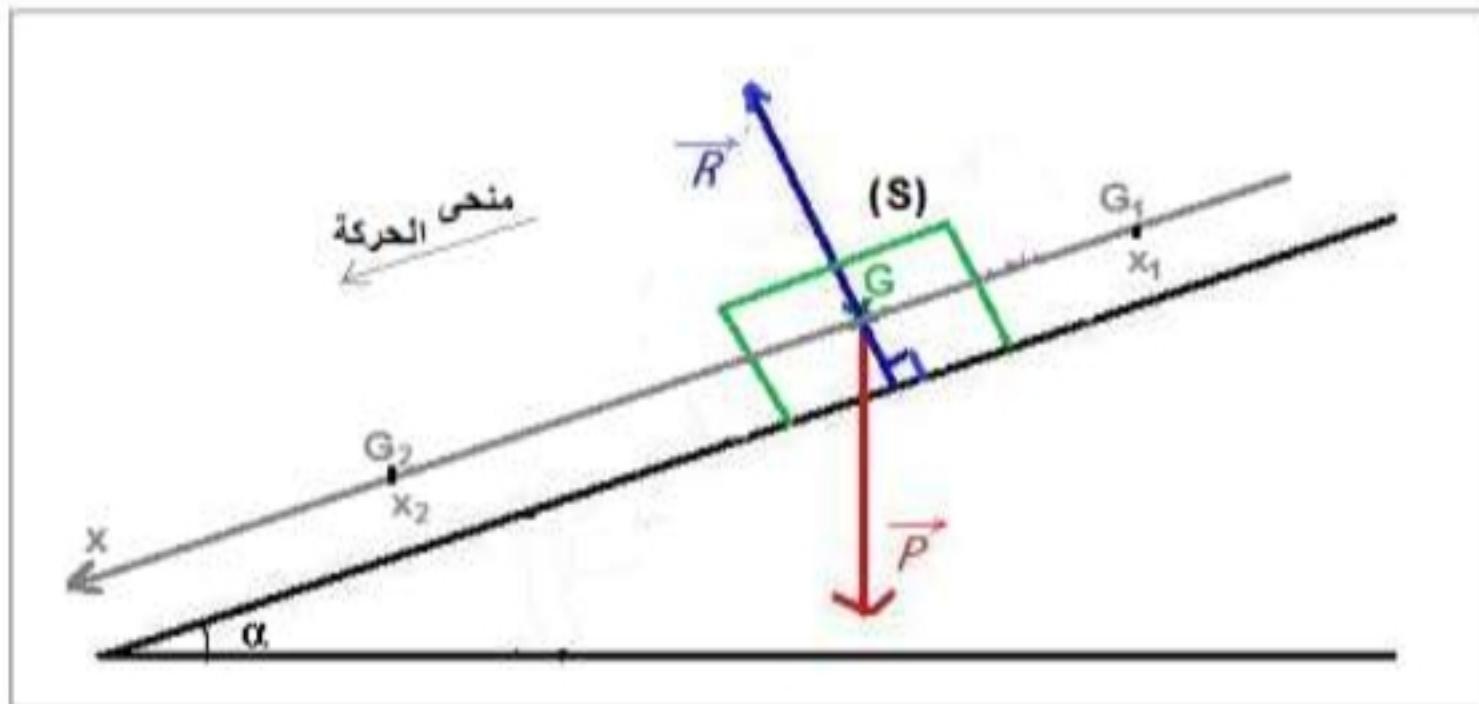
$$\Delta E_m = W(\vec{R})_{G_1 \rightarrow G_2} \neq 0$$

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

$$\Delta E_m = W(\vec{f})_{G_1 \rightarrow G_2} = -f \cdot G_1 G_2 < 0$$

$$E_{m_2} < E_{m_1}$$

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



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 :

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

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 ما قبل 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 المتزلق 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 إلى الرجوع إلى حالتة البدئية قاذفا السهم .

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

خلاصة :

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

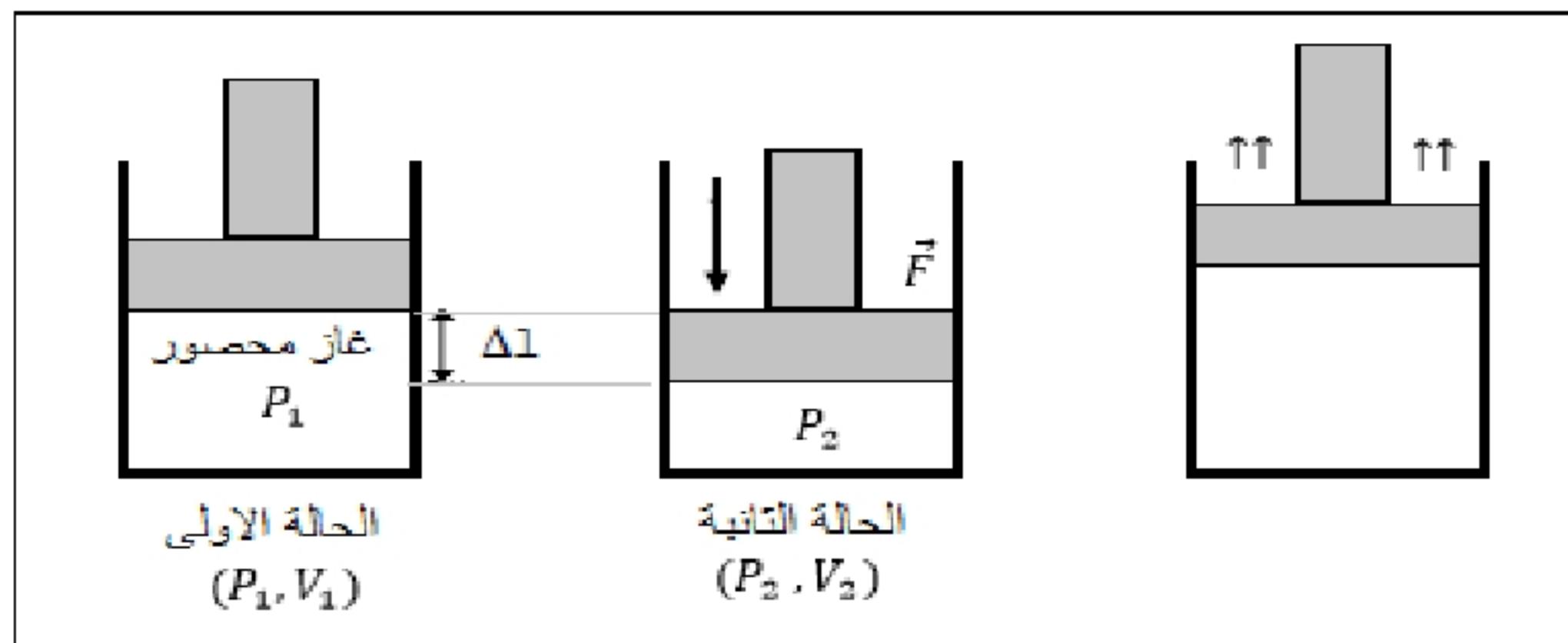
4-ضغط الغاز :

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 إلى وضعه البدئي ، مما يدل على أن كمية الغاز كانت تتوفّر 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 تنجذب القوة \vec{F} يكتب :

لدينا P_2 ضغط الغاز في الحالة الثانية إذن :

وبالتالي :

$$W(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{\Delta l} = F \cdot \Delta l$$

$$F = P_2 \cdot S$$

5-خلاصة :

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

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

• ارتفاع الضغط

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

II-الطاقة الداخلية :

1-تعريف :

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

$$U = \xi_C + \xi_p$$

وحدة الطاقة في (J.S) هي الجول J .

2-الطاقة الحركية المجهريّة :

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

3-طاقة الوضع المجهريّة :

3-1-طاقة الوضع المجهريّة :

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

3-2-طاقة الرابط :

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

III-تغير طاقة الداخلية :

1-تبادل الطاقة مع المحيط الخارجي :

1-1-انتقال الطاقة بالحرارة :

ينتج تسخين الماء في وعاء تزايد في ارتجاج جزيئاته ، فتتزايـد الطاقة الحركية المجهريّة وبالتالي تـزايد الطاقة الداخلية U للماء . في هذه الحالة يساوي تغيير الطاقة الداخلية ΔU كمية الطاقة التي تم تبادلها وتسمى كمية الحرارة ، يرمز لها ب Q ويعبر عنها بالجول ، حيث $\Delta U = Q$.

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* :

3- نص المبدأ :

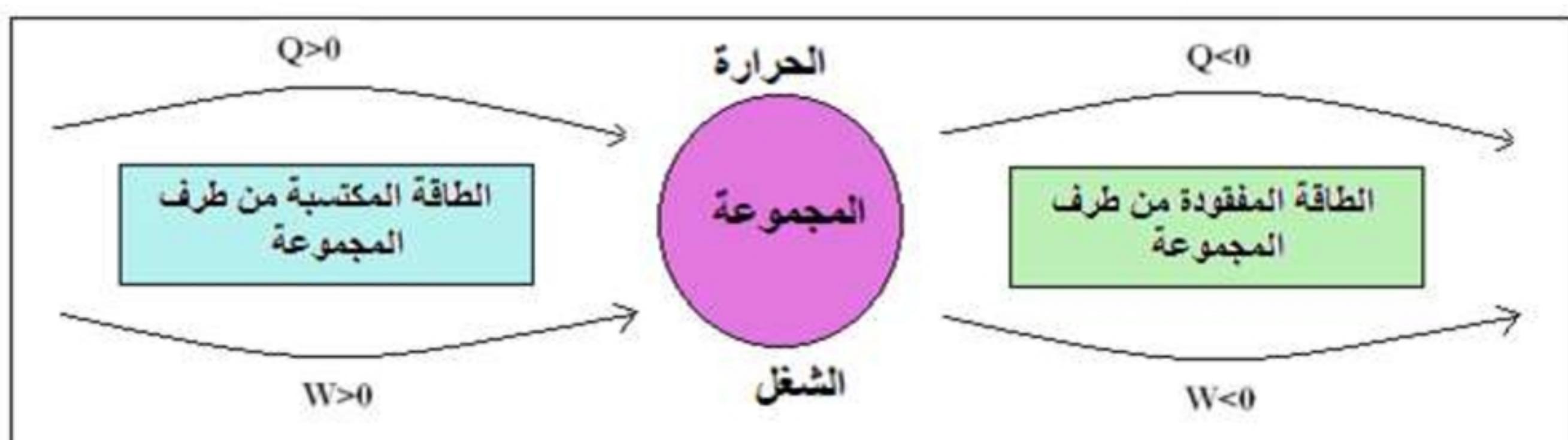
تغير الطاقة **الداخلية** لمجموعة أثناء تحول ما ، يساوي مجموع الطاقات المتبادلة مع المحيط الخارجي :

$$\Delta U = Q + W$$

4- 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 حالة المعاكسة .



5- 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 -الانتقال الحراري

Energie thermique--transfert thermique

I-الانتقال الحراري

1-تعريف :

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

2-طرق الإنتقال الحراري :

- الإنتقال بالتوصيل :

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

- الإنتقال بالحمل :

نضيف قطعا من نشاره الخشب الى كمية من الماء في حوجلة ، ثم نسخن الماء . عندما يبدأ الماء يسخن نلاحظ هبوط نشاره 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 :

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 الكتليلية

1-كمية الحرارة : الطاقة الحرارية

كمية الحرارة هي الكيفية التي تنتقل بها الطاقة والتي 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 :

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

c : ثابتة تتعلق بطبيعة الجسم وتسمى الحرارة الكتليلية للجسم وحدتها ($J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$) أو ($J \cdot kg^{-1}$)

2-الحرارة الكتليلية و السعة الحرارية :

تعريف 1:

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

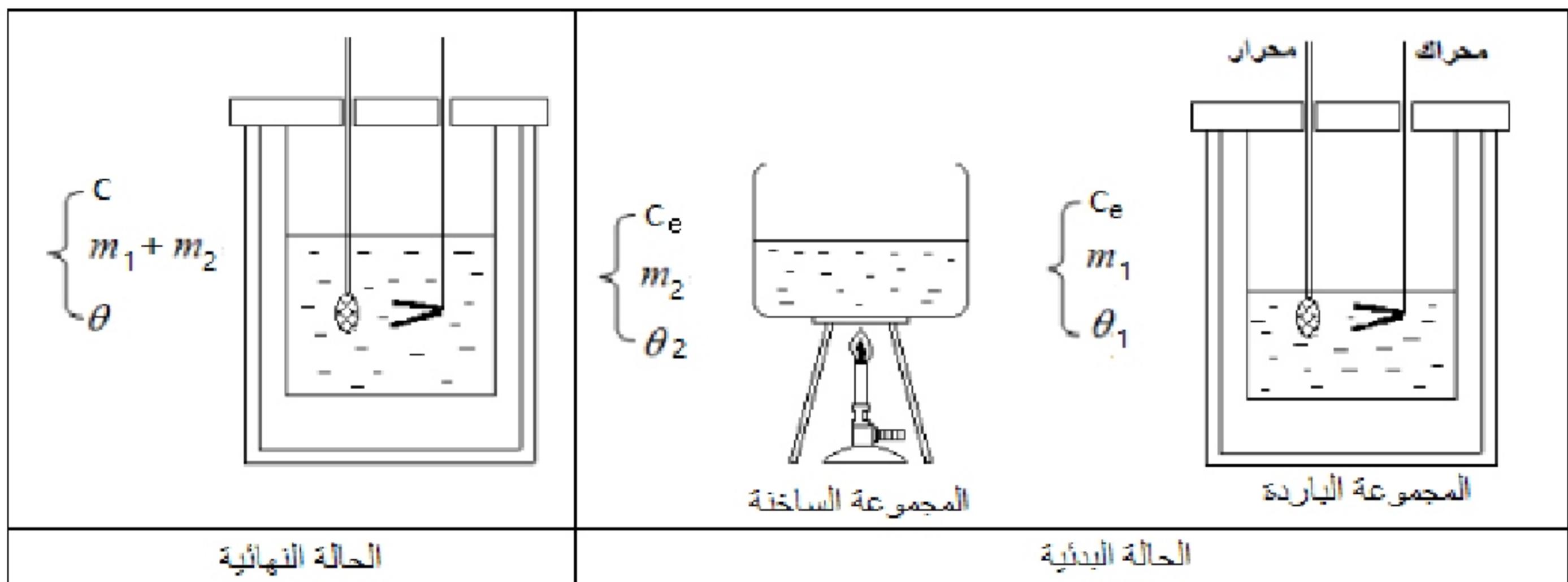
تعريف 2:

نسمى الجداء $m \cdot c = \mu$ 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 وجيبة تستقر درجة الحرارة عند القيمة θ نقول أنها حصلنا على توازن حراري داخل المسعر .



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

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

c_e : الحرارة الكتليلية للماء ، μ : السعة الحرارية للمسعر .

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

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

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

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

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

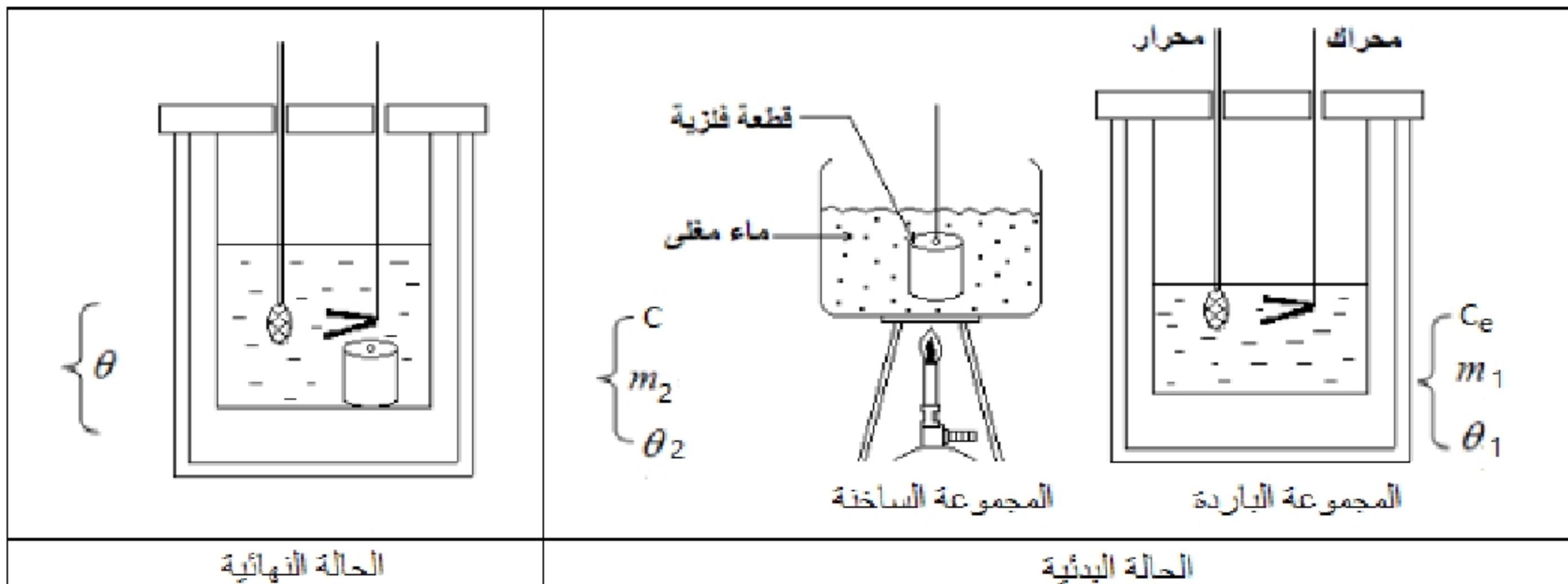
$$\mu_c = \frac{m_2 \cdot c_e (\theta_2 - \theta)}{\theta - \theta_1} - m_1 \cdot c_e$$

3-2-تعين الحرارة الكتيلية لفلز :

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

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

نخرج الجسم الفلزي من الماء المغلبي ويدخل في حينه في المسurer الذي يتم غلقه . يحرك الماء قليلا . وعند اسقراط درجة الحرارة الخليط ، نسجل درجة الحرارة النهائية θ .



❖ تكتسب المجموعة الباردة المكونة من المسurer والماء كمية الحرارة Q_1 :

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

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

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

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

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

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

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

III- الحرارة الكامنة للتغير الحالة الفيزيائية للجسم الخالص :

1- الانصهار والتجمد :

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

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

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

- ✓ التجمد هو الظاهرة العكسية للانصهار ، بحيث $L_s' = m \cdot L_s$ حيث L_s : الحرارة الكامنة للتجمد وهي مرتبطة بالحرارة الكامنة لانصهار بالعلاقة : $L_s = -L_f$

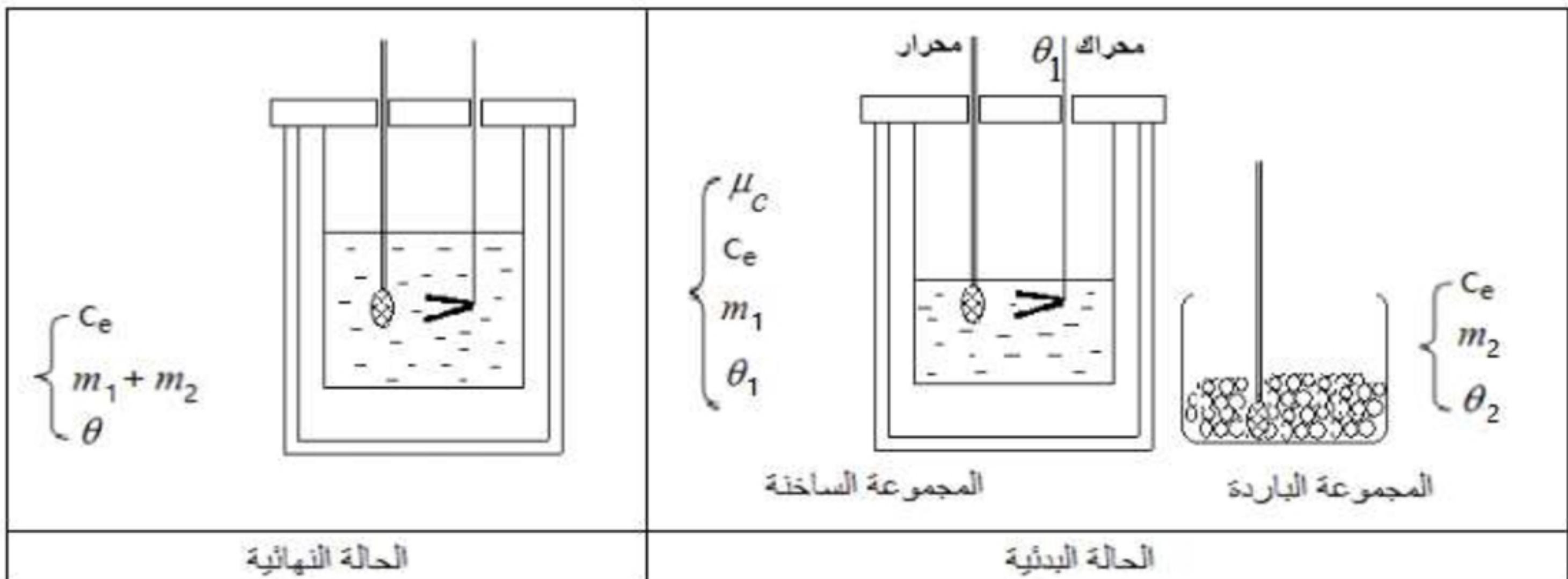
2- التبخير والتكاشف :

- ✓ التبخر هو ظاهرة تحول جسم خالص من الحالة السائلة الى الحالة الغازية عند درجة حرارة ثابتة θ_v لتكن Q كمية الحرارة التي يجب توفيرها لسائل لتحويله كليا الى بخار عند درجة حرارة معينة ، بحيث يكون ضغط البخار المشبع ثابتا : $m \cdot L_v = Q$ حيث L_v : الحرارة الكامنة للتبخير .

- ✓ التكاشف هو الظاهرة العكسية للتقطير ، بحيث : $m \cdot L_\ell = Q'$ أي : $-L_v = L_\ell$

3- تطبيق : تعين الحرارة الكامنة لانصهار الجليد :

- نترك مكعبات جليد تنصهر جزئيا في إناء ، ثم ندخلها بعد تجفيفها بورق الترشيح في مسurer يحتوي على ماء كتلته m_1 و درجة حرارته θ_1 . نحدد كتلة الجليد m_2 بقياس كتلة المسurer قبل وبعد إدخال الجليد .
نحرك الخليط وعند التوازن الحراري تستقر درجة الحرارة في المسurer عند القيمة θ .



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

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

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

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

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

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

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

أهمية القياسات الكيميائية

١-أهمية القياس في الكيمياء

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

١-القياس من أجل الإخبار

يسجل الصانع التركيبة الغذائية للمنتج على العلبة لإخبار المستهلك بنوع و كتلة (أو تركيز) العناصر المكونة لهذا المنتوج .

ملحوظة : غالبا ما تكون النقادير المسجلة على اللصيقات عبارة عن تراكيز كتليلية .

$$C_m = \frac{m}{V}$$

m : كتلة المذاب ب (g)

V : حجم محلول ب (L)

C_m : التركيز الكتلي ب (g. L⁻¹)

٢-القياس من أجل المراقبة والحماية

تطلب سلامة البيئة وحمايتها ، ومراقبة جودة المواد الغذائية والزراعية ، قياسات عديدة ومتعددة (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 التترات NO_3^- القيمة 50 mg. L^{-1} وتركيز المبيدات القيمة $0,5 \mu\text{g. L}^{-1}$.

٢-القياس من أجل التصرف

تمكن القياسات المنجزة أثناء تحليل مادة معينة من اختيار المعالجة الازمة لتصحيح الوضع المختل .

مثال : الوثيقة جانبه تمثل نتائج التحاليلات الطبية لشخص .

المادة	النتائج	القيم المرجعية
تحلوون 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 مقدار معين مستمر ، مثل مراقبة جودة الماء . بينما تمكّن القياسات بأخذ عينات من تتبع مقدار معين بشكل متقطع مثل التحليلات الطبية .

3-قياسات مدمرة وقياسات غير مدمرة

عندما تكون المادة المدروسة قليلة أو غالبة الثمن ، يتم استعمال تقنيات قياس تستهلك كميات ضئيلة ، وتسمى تقنيات غير مدمرة مثلا لقياس تركيز الأيونات الموجودة في الدم تستعمل 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

1-المادة الصلبة والسائلة

1-كمية المادة : Quantité de la matière :

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

$$n = \frac{N}{N_A}$$

مقدار بدون وحدة
 mol mol^{-1}

$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} mol^{-1}$: تسمى ثابتة أفووكادرو قيمتها :

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 :

$$n = \frac{m}{M}$$

mol g
 $g \cdot mol^{-1}$

تطبيق 1:

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

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

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

3-العلاقة بين الحجم وكمية المادة :

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

$$n = \frac{\rho \cdot V}{M}$$

mol $g \cdot mL^{-1}$
 mL
 $g \cdot mol^{-1}$

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

تطبيق 2:

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

نكتب : $V = \frac{n \cdot M}{\rho}$ ت.ع :

تساوي الكثافة d لجسم صلب أو سائل بالنسبة للماء ، خارج كتلته الجممية ρ الى كتلة الحجمية ρ_{eau} للماء :
 $\rho_{eau} = 1 g \cdot ml^{-1}$ حيث $d = \rho / \rho_{eau}$ أي : $d = \frac{\rho}{\rho_{eau}}$

العلاقة السابقة تصبح :

$$n = \frac{d \cdot \rho_{\text{'eau}} \cdot V}{M}$$

الحالة المادة الغازية

1-الحجم المولي :

الحجم المولي هو الحجم الذي يشغله مول واحد من جزيئات الغاز ، في ظروف معينة لدرجة الحرارة والضغط يرمز له بـ V_m

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

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

$$n = \frac{V}{V_m}$$

3-قانون بويل - ماريוט :

عند درجة حرارة ثابتة ، يكون جداء حجم كمية غاز في ضغطها ثابتة : $P \cdot V = K$.
تناسب الثابتة K مع كمية مادة الغاز حيث : $K = n \cdot A$ مع A ثابتة تتعلق بدرجة الحرارة .

4-درجة الحرارة المطلقة :

درجة الحرارة المطلقة لغاز ، نرمز لها بـ T ووحدتها الكافيين K تربطها بدرجة الحرارة المئوية العلاقة :

$$T(K) = \theta(\text{ }^\circ\text{C}) + 273,15$$

5-معادلة الحالة للغازات الكاملة :

تتصرف جميع الغازات ، تحت ضغط منخفض ، كغاز مثالي يسمى الغاز الكامل .
الغاز الكامل هو الذي يخضع لقانون بويل - ماريوت .

معادلة الحالة للغازات الكاملة هي :

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

حيث :

P : ضغط الغاز بـ (Pa)

V : حجم الغاز بـ (m^3)

n : كمية مادة الغاز بـ (mol)

T : درجة الحرارة بـ (K)

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

6-كثافة غاز بالنسبة لغاز :

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

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

باعتبار حجم الهواء يساوي حجم الغاز يساوي الحجم المولي V_m نكتب :

M : الكتلة المولية لغاز .

تبقى هذه العلاقة صحيحة أيا كانت درجة الحرارة والضغط .

تطبيق 3 :

أحسب كثافة غاز CO_2 ثنائي أوكسيد الكربون واستنتج .
الكتلة المولية : $M = M(C) + 2M(O) = 12 + 16 \times 2 = 44 \text{ g. mol}^{-1}$
نستنتج أن غاز CO_2 أثقل من الهواء . $d = \frac{44}{29} = > 1$

التركيز وال محليل الإلكتروني

La concentration et les solutions électrolytiques

1- الجسم الصلب الأيوني :

1- البلورات الأيونية :

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

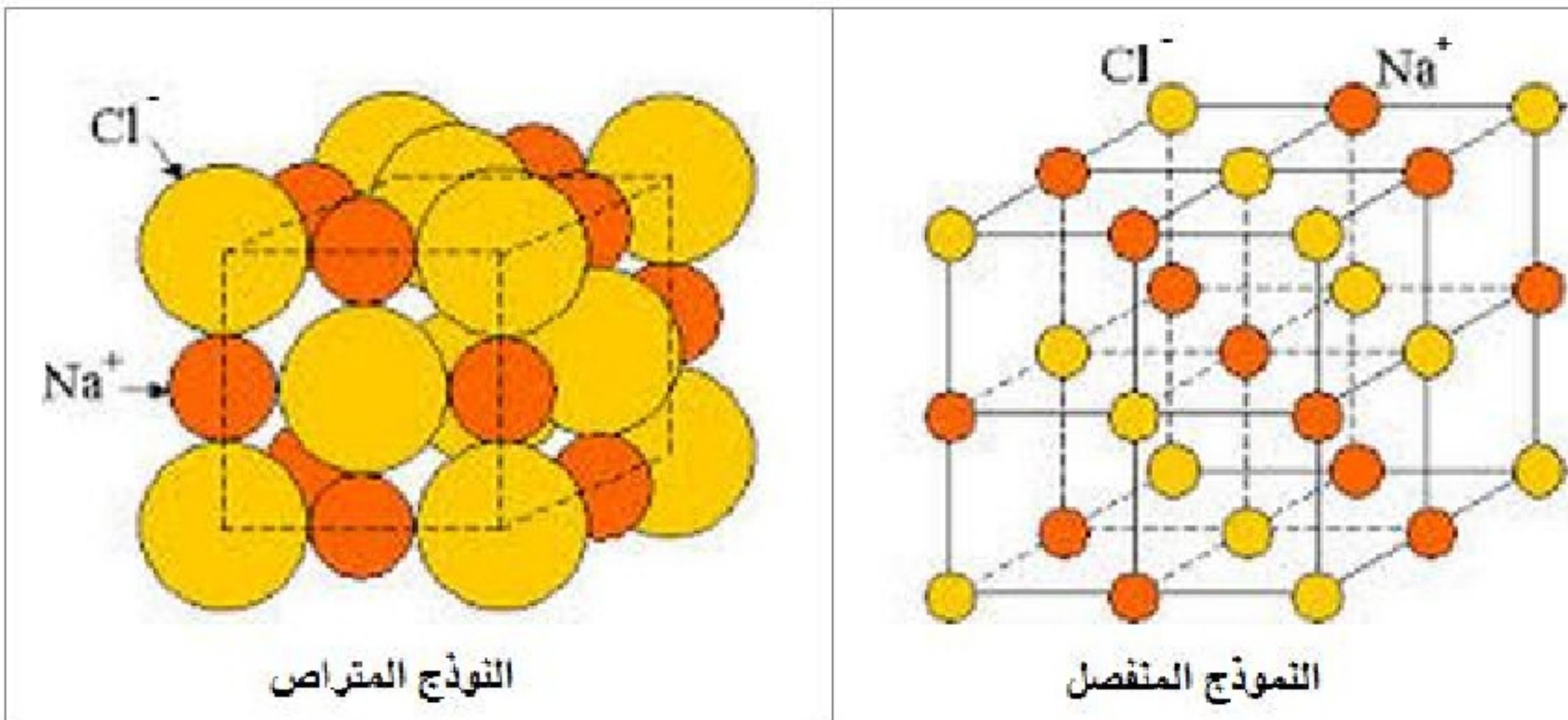
يتميز التأثير الكهربائي بين الأيون والأنيونات المجاورة بطابع تجاذبي الشيء الذي يحقق تماسك الجسم الصلب .

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

نرمز لصيغة جسم صلب أيوني متكون من الأنيونات $X_m Y_n$ و Y^{n-} بالصيغة $X_n Y_m$ وتسمى بالصيغة الإحصائية .

مثال :

بلور كلور الصوديوم صيغته الإحصائية $NaCl$

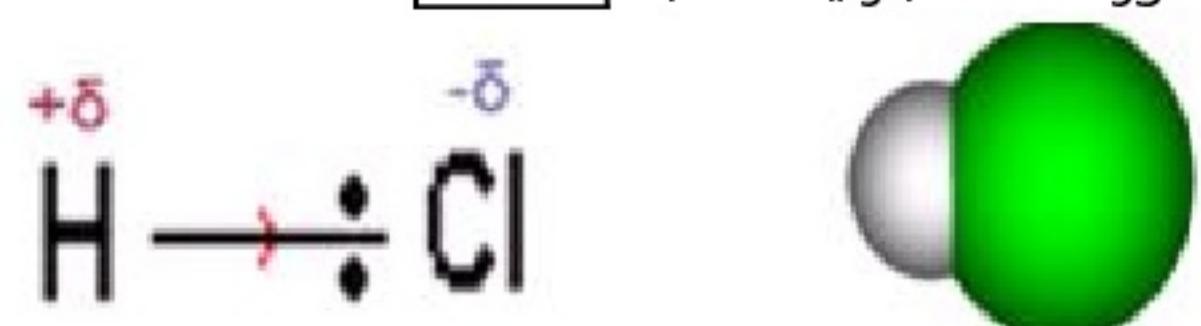


2- الجزيئاتقطبية :

في الجزيئ المكونة من ذرتين مختلفتين ، الزوج الإلكتروني المشترك يكون منجذبا نحو الذرة الأكثر كهرسلبية وبالتالي نقول إن الرابطة مستقطبة و الجزيء قطبي .

2-1-قطبية جزيئات كلورور الهيدروجين :

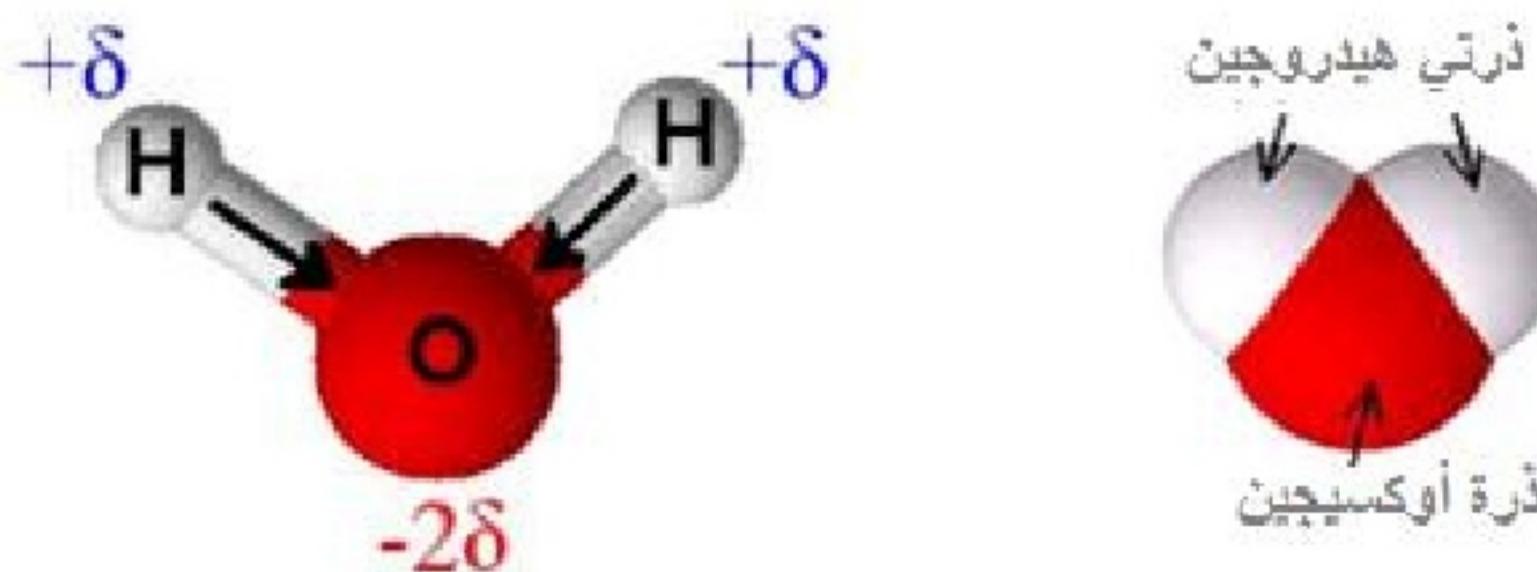
تتوفر جزيئ كلورور الهيدروجين HCl على رابطة تساهمية بسيطة ، تجذب ذرة الكلور (كهرسالبة) الزوج الإلكتروني المشترك أكثر من ذرة الهيدروجين فتظهر شحنة جزئية موجبة $+δ e$ على ذرة الهيدروجين في حين تظهر على ذرة الكلور شحنة جزئية سالبة $-δ e$.



لا ينطبق مرجع الشحنة الموجبة مع مرجع الشحنة السالبة وبذلك فإن جزيئ كلورور الهيدروجين قطبي .

2-2-قطبية جزيئه الماء :

ت تكون جزيئه الماء من ذرة أوكسجين وذرتي هيدروجين مرتبتين برابطة تساهمية بسيطة . بما أن الكلور أكثر كهرسلبية من الهيدروجين ، فإن الرابطة التساهمية $H - O$ مستقطبة . وبما أن مرجح الشحن السالبة لا ينطبق مع مرجح الشحن الموجبة ، فإن الجزيئه قطبية .



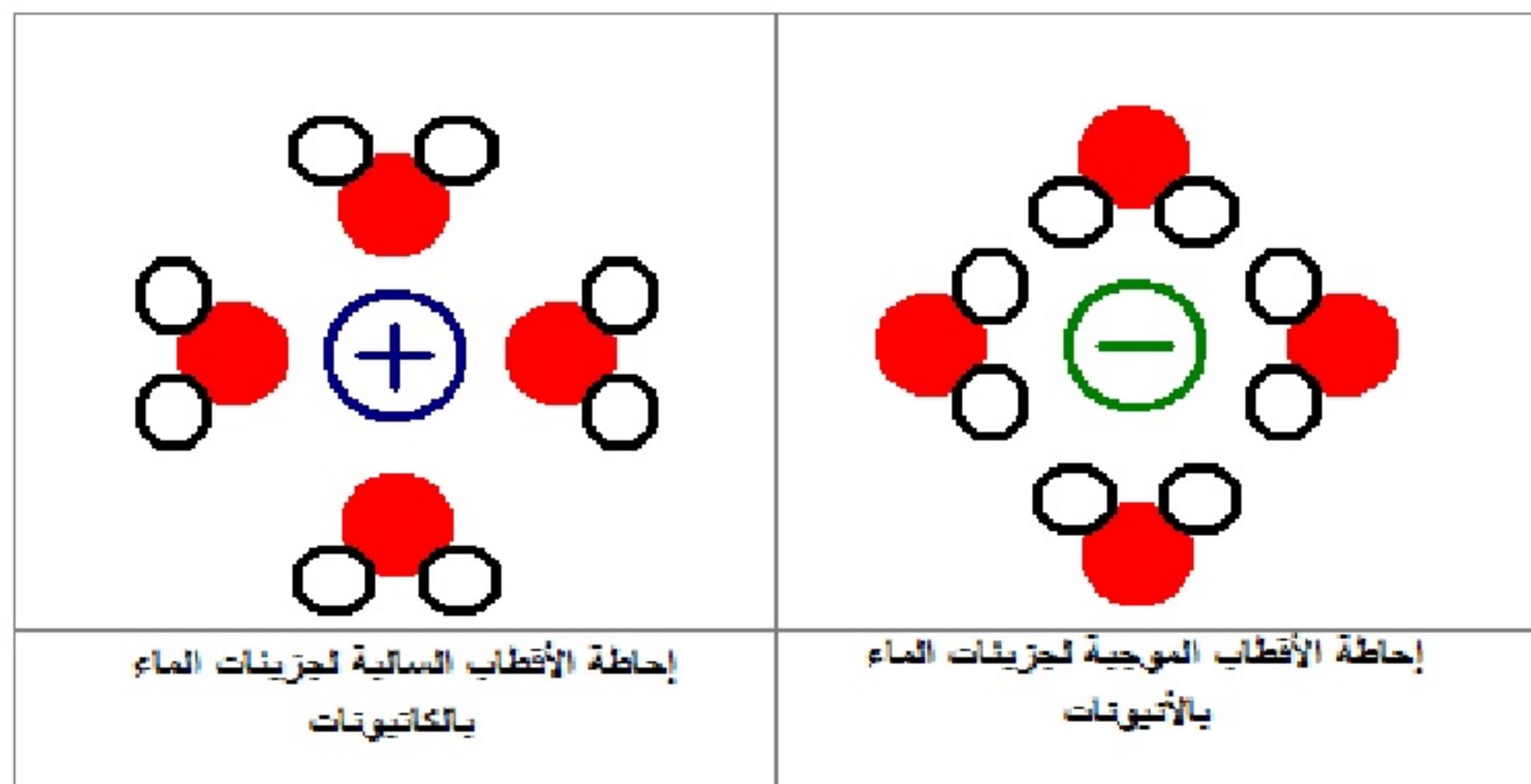
II - المحاليل المائية الإلكتروليتية :

1-تعريف :

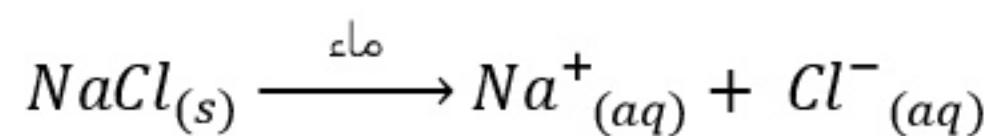
- نحصل على محلول بإذابة **مذاب** (جسم صلب أو سائل أو غاز) في **المذيب** (سائل). وعندما يكون المذيب هو **الماء** يسمى محلول **محلولاً مائياً**.
- **المحلول الإلكتروليتي** (أو الأيوني) هو محلول مائي يحتوي على أيونات و بالتالي فإنه يوصل التيار الكهربائي .
- النوع الكيميائي الذي ينتج ذوبانه في الماء تكون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

2- ذوبان كلورور الصوديوم الصلب في الماء :

يحدث تأثير بيني بين جزيئات الماء القطبية والأيونات في البلور مما يجعلها تتفاكم وتتصبح محاطة بجزيئات الماء نقول انها مميحة نرمز للمحلول $(Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)})$.



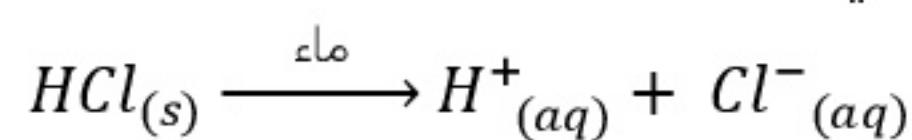
معادلة ذوبان كلورور الصوديوم تكتب :



3- ذوبان كلورور الهيدروجين في الماء :

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

معادلة ذوبان كلورور الهيدروجين في الماء :



III- التركيز المولى :

1- التركيز المولى لمحلول :

$$mol \cdot L^{-1} \quad c = \frac{n}{V} \quad mol$$

c --- n --- V --- L

التركيز المولى لمحلول هو تركيز المذاب ، يعبر عنه ب :

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

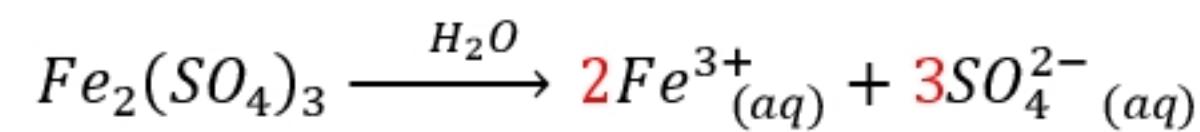
2- التركيز المولى الفعلى للأيونات :

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

$[X]$ --- $n(X)$ --- V --- L

التركيز المولى الفعلى للأيون X في محلول هو :

مثال محلول كبريتات الحديد III $Fe_2(SO_4)_3$ تركيزه c
❖ معادلة الذوبان :



❖ التركيز المولى الفعلى للأيونات :

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

3- العلاقة بين التركيز الكتلى والتركيز المولى :

التركيز الكتلى c_m يكتب :

$$g \cdot L^{-1} \quad c_m = \frac{m}{V} \quad g$$

c_m --- m --- V --- L

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

$$g \cdot L^{-1} \quad c_m = c \cdot M \quad mol \cdot L^{-1}$$

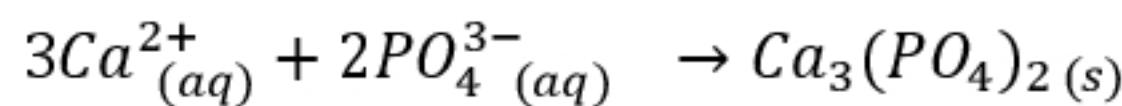
c_m --- c --- M --- $g \cdot mol^{-1}$

تبعد حول كيميائي Suivi d'une transformation chimique

I - التقدم الأقصى لتفاعل كيميائي

1-تجربة :

نضيف إلى حجم $V_1 = 20\text{mL}$ من محلول S_1 لنترات الكالسيوم ($\text{Ca}_{\text{aq}}^{2+} + 2\text{NO}_3^-$) تركيزه $C_1 = 0.2 \text{ mol/L}$ لترات الكالسيوم .
 حجما $V_2 = 15\text{mL}$ من محلول S_2 لفوسفات الصوديوم ($3\text{Na}_{\text{aq}}^+ + \text{PO}_4^{3-}$) تركيزه $C_2 = 0.2 \text{ mol/L}$. يحدث تفاعل و يتكون راسب أبيض هو فوسفات الكالسيوم $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.
 معادلة التفاعل :



2-الجدول الوصفي :

كمية مادة أيونات الكالسيوم البدئية: $n_i(\text{Ca}^{2+}) = C_1 \cdot V_1 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 4 \text{ mmol}$

كمية مادة أيونات الفوسفات البدئية: $n_i(\text{PO}_4^{3-}) = C_2 \cdot V_2 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 3 \text{ mmol}$

العلاقة بين كميات المدة المتفاعلة وكمية المادة الناتجة هي:

$$\frac{n(\text{Ca}^{2+})}{3} = \frac{n(\text{PO}_4^{3-})}{2} = \frac{n(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)}{3} = x$$

يسمى x تقدم التفاعل و يسمح بتحديد كميات المادة للمتفاعلات و النواتج.
 الجدول الوصفي لتقدير التفاعل :

$3\text{Ca}_{\text{aq}}^{2+} + 2\text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2(s)$			معادلة التفاعل	
كميات المادة ب (mmol)			تقدير التفاعل	حالة المجموعة
4	3	0	0	الحالة البدئية
$4 - 3x$	$3 - 2x$	x	x	خلال التحول
$4 - 3x_{\text{max}}$	$3 - 2x_{\text{max}}$	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: $x_{\text{max}} = 1.33 \text{ mmol}$ و بذلك: $4 - 3x_{\text{max}} = 0$

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

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

4- الخليط الاستوكيومترى :

تعريف :

يكون الخليط البدىء التفاعلى استوكيومترى، إذا كانت كميات مادة المتفاعلات متوفرة حسب المعاملات الاستوكيومترية لمعادلة التفاعل، تختفى في هذه الحالة جميع المتفاعلات عند نهاية التفاعل.

تطبيق :

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

$$\frac{n_i(\text{Ca}^{2+})}{3} = \frac{n_i'(\text{PO}_4^{3-})}{2} = x_{\max}$$

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

الحجم اللازم V' هو:

$$n_i' = c_2 \cdot V' \Rightarrow V' = \frac{n_i'}{c_2} = \frac{2,66}{0,2} = 13,3 \text{ mL}$$

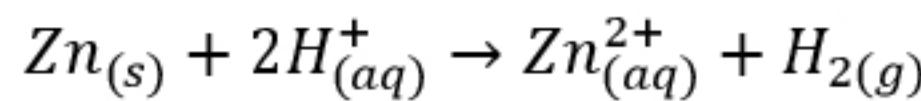
II - تحديد ضغط الغاز الناتج عن تفاعل كيميائى

1-تجربة :

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

الضغط البدىء في الحوجلة هو الضغط الجوى $P_0 = 1025 \text{ hPa}$

معادلة التفاعل:



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

$$n_i(\text{H}^+) = C \cdot V = 2 \times 10.10^{-3} = 2.10^{-2} \text{ mol} \quad \text{كمية مادة H}^+ \text{ البدىء:}$$

أ-الجدول الوصفي لتقدم التفاعل :

				معادلة التفاعل	
				تقدير التفاعل	حالة المجموعة
كميات المادة ب (mmol)					
3	20	0	0	0	الحالة البدىء
$3 - x$	$20 - 2x$	x	x	x	خلال التحول
$3 - x_{\max}$	$20 - 2x_{\max}$	x_{\max}	x_{\max}	x_{\max}	الحالة النهائية

ب-تحديد المتفاصل المحد والتقدم الأقصى :

ليكن Zn هو المتفاصل المحد فإن : $x_{\max}(\text{Zn}) = 3 \text{ mmol}$ $n_f(\text{Zn}) = 3 - x_{\max}(\text{Zn}) = 0$ أي: $x_{\max}(\text{H}^+) = 10 \text{ mmol}$ $n_f(\text{H}^+) = 20 - 2x_{\max}(\text{H}^+) = 0$ أي: $x_{\max} = 3 \text{ mmol}$ فإن المتفاصل المحد هو Zn والتقدم الأقصى هو بما أن : $(x_{\max}(\text{Zn}) < x_{\max}(\text{H}^+))$

ج-استنتاج (V_f(H₂) الحجم النهائي لغاز ثنائي الهيدروجين :
لدينا :

$$V_f(H_2) = n_f(H_2) \cdot V_m = x_{max} \cdot V_m \Rightarrow V_f(H_2) = 3 \cdot 10^{-3} \times 24 = 7,2 \cdot 10^{-2} L = 72 mL$$

د-حصيلة المادة في الحالة النهائية :

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

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

يشغل غاز H₂ الحجم المتبقى من الحوجلة ويساوي : V(H₂) = 500 - 10 = 490 mL = 490 · 10⁻⁶ m³

معادلة الحالة للغازات الكاملة تكتب :

$$P \cdot V(H_2) = n_f(H_2) \cdot R \cdot T \Rightarrow P = \frac{n_f(H_2) \cdot R \cdot T}{V(H_2)} \Rightarrow P(H_2) = \frac{3 \cdot 10^{-3} \times 8,314 \times (20 + 273)}{490 \cdot 10^{-6}} = 14914 Pa$$

الضغط النهائي داخل الحوجلة هو :

$$P_f = P(H_2) + P_{atm} = 14914 + 1038 \cdot 10^2 hPa = 118714 Pa$$

قياس المواصلة

ا- انتقال الأيونات

تجربة :

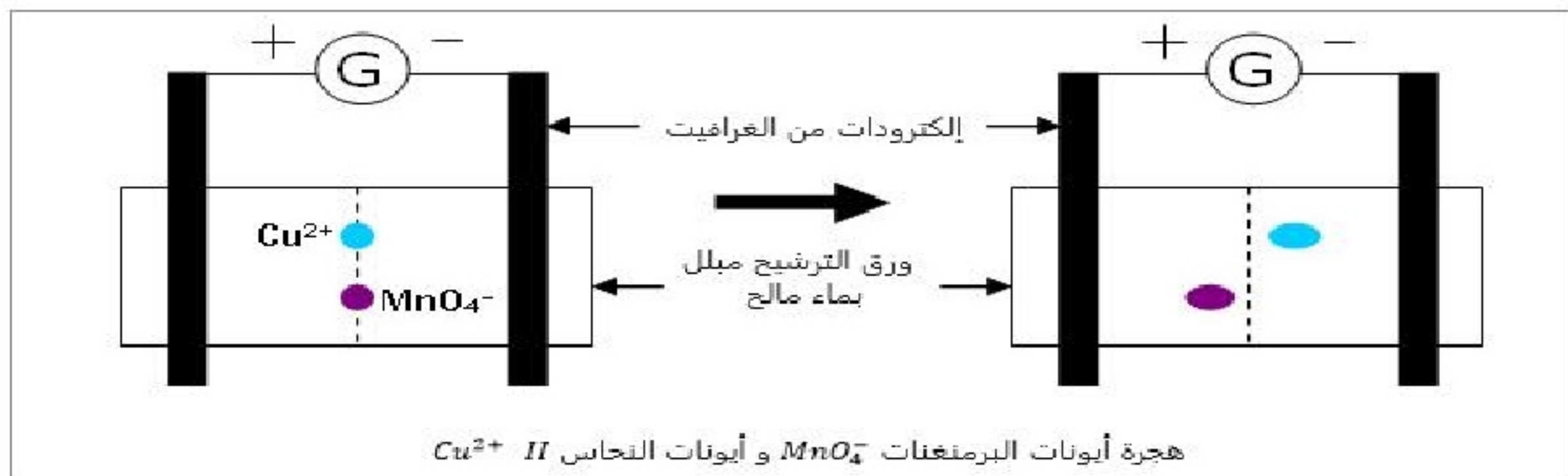
نربط طفي قطعة ورق ترشيح مبلل بمحلول كلورور البوتاسيوم، بمولد لتوتر مستمر $E=24V$. نضع قليلا من خليط للبلورات كبريتات النحاس $CuSO_4$ || ثبائي كرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$.

ملاحظة :

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

استنتاج :

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



II- موصولة محلول أيوني

1- تجربة :

نغمي صفحيتين فلزيتين متوازيتين لهما نفس الأبعاد في محلول لكلورور الصوديوم ($Na_{aq}^+ + Cl_{aq}^-$) ، و نصلهما بمولد لتيار المتناوب (GBF).

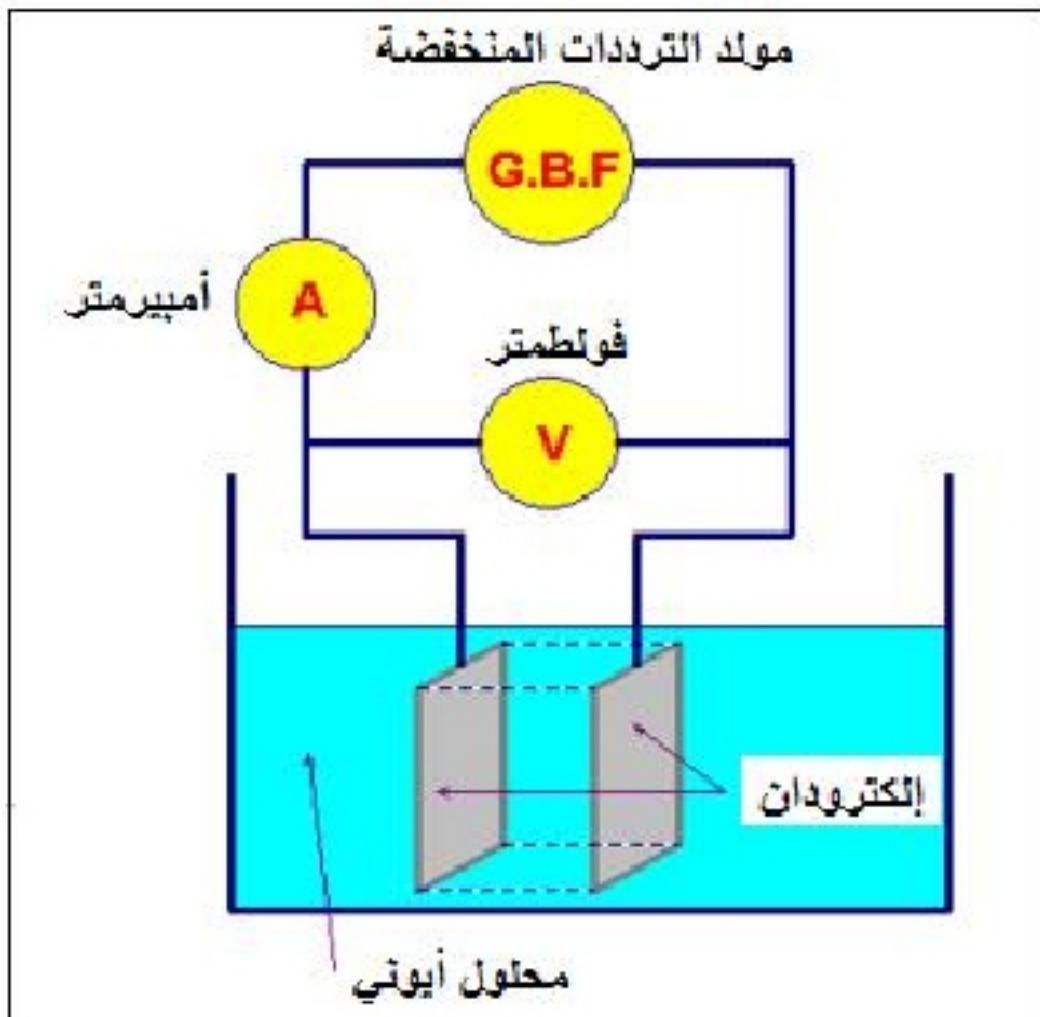
نغير التوتر الفعال بين مربطي الصفحيتين و نقيس في كل مرة القيمة الفعالة لكل من التوتر و شدة التيار.

- النتائج التجريبية :

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

• ملاحظة :

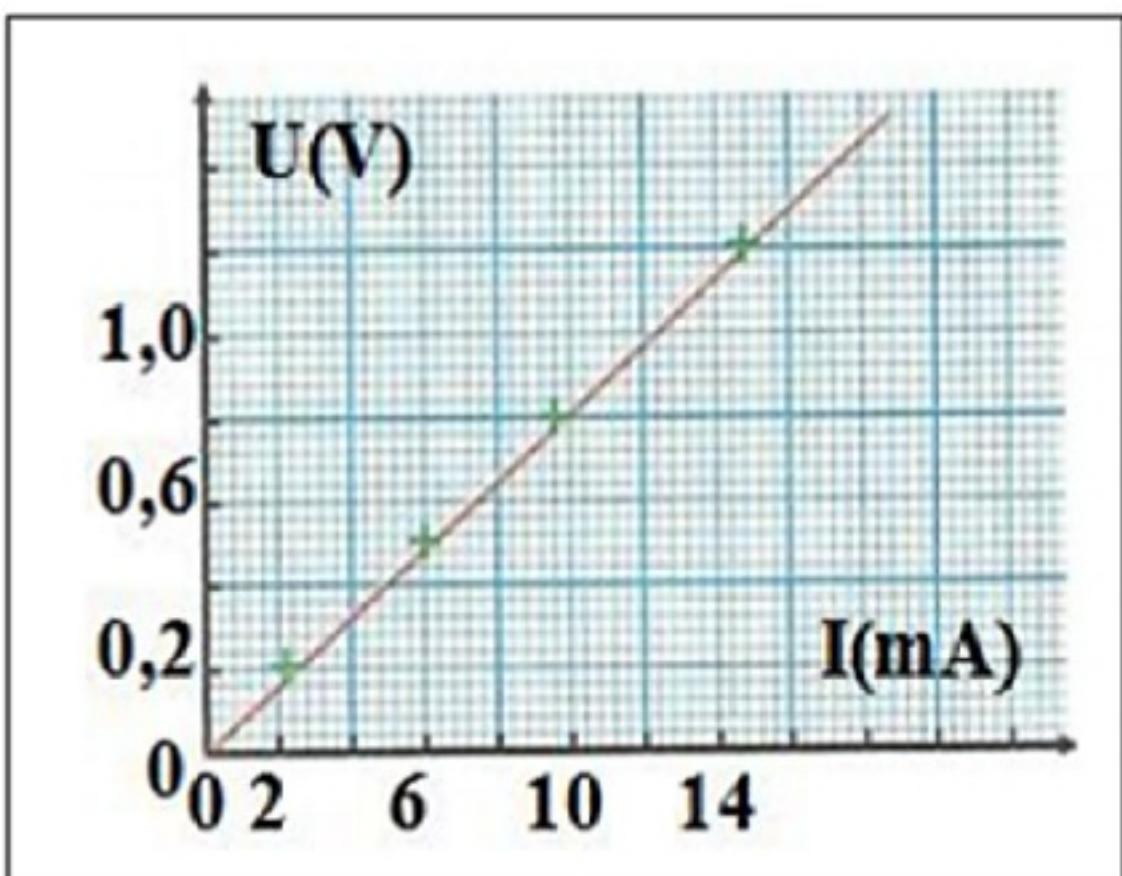
التوتر الفعال بين الصفحيتين متناسب مع شدة التيار الفاعلة المار في محلول :



نكتب :

$$I = G \cdot U \quad \text{أو} \quad U = R \cdot I$$

حيث R مقاومة الجزء من المحلول بين الصفيحتين وحدتها الأوم (Ω)
و G مواصلة هذا الجزء وحدتها السيemens (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 لصحيحتي خلية المواصلة وتناسب عكسيا مع المسافة L الفاصلة بينهما :

$$S \cdot m^{-1}$$

$$G = \sigma \cdot \frac{S}{L} \quad m^2$$

معامل التنساب σ يميز طبيعة المحلول ويسمى موصلية المحلول $S \cdot m^{-1}$.

ملحوظة :

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

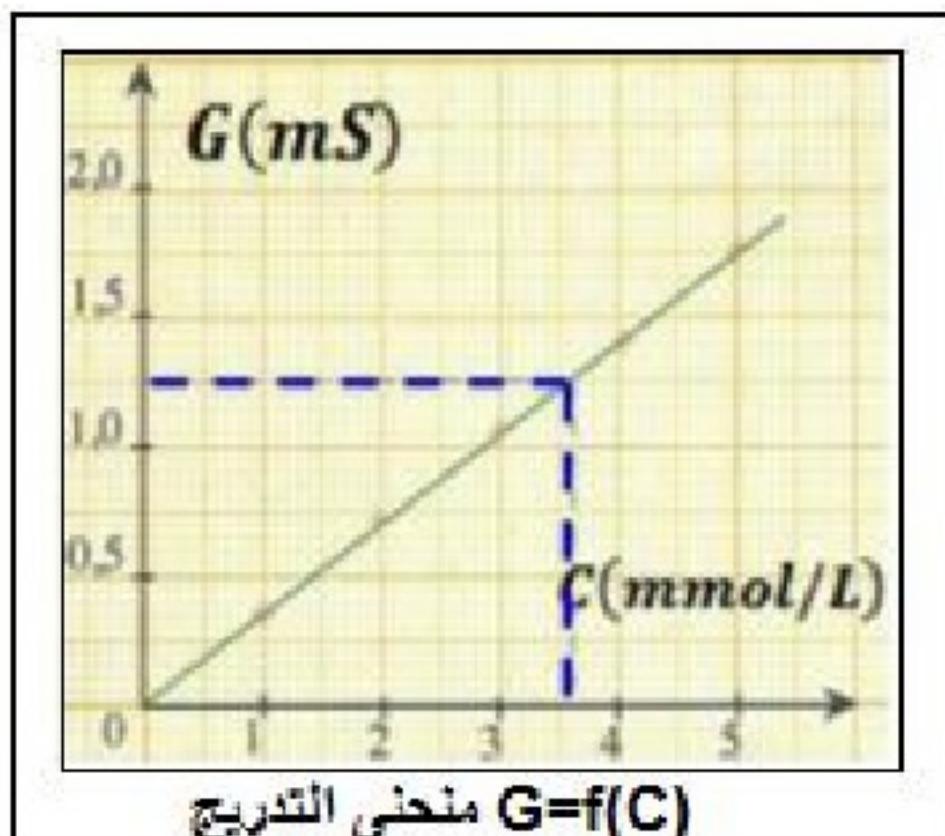
III-الموصلية المولية الأيونية

1-تأثير تركيز المحلول على المواصلة :

-تجربة :

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

النتائج التجريبية :



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

ملاحظة : المواصلة تتناسب اطرادا مع تركيز المحلول .

خلاصة : مواصلة محلول تركيزه C يعبر عنها ب :

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 :

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

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

3-تطبيق :

نعتبر محلولا مائيا لكلور الصوديوم تركيزه $c = 2,0 \cdot 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$.
حدد σ موصلية هذا محلول .



حسب تعبير موصلية محلول : $\sigma = \lambda_{Na^+} \cdot [Na^+] + \lambda_{Cl^-} \cdot [Cl^-] = c(\lambda_{Na^+} + \lambda_{Cl^-})$:
تطبيق عددي :

$$\lambda_{Cl^-} = 7,6 \cdot 10^{-3} S \cdot m^2 \cdot mol^{-1} \quad \text{و} \quad \lambda_{Na^+} = 5,0 \cdot 10^{-3} S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$$

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

$$c = 2,0 \cdot 10^{-2} mol \cdot L^{-1} = 2,0 \cdot 10^{-2} \times 10^3 mol \cdot m^{-3} = 2,0 \cdot 10^1 mol \cdot m^{-3}$$

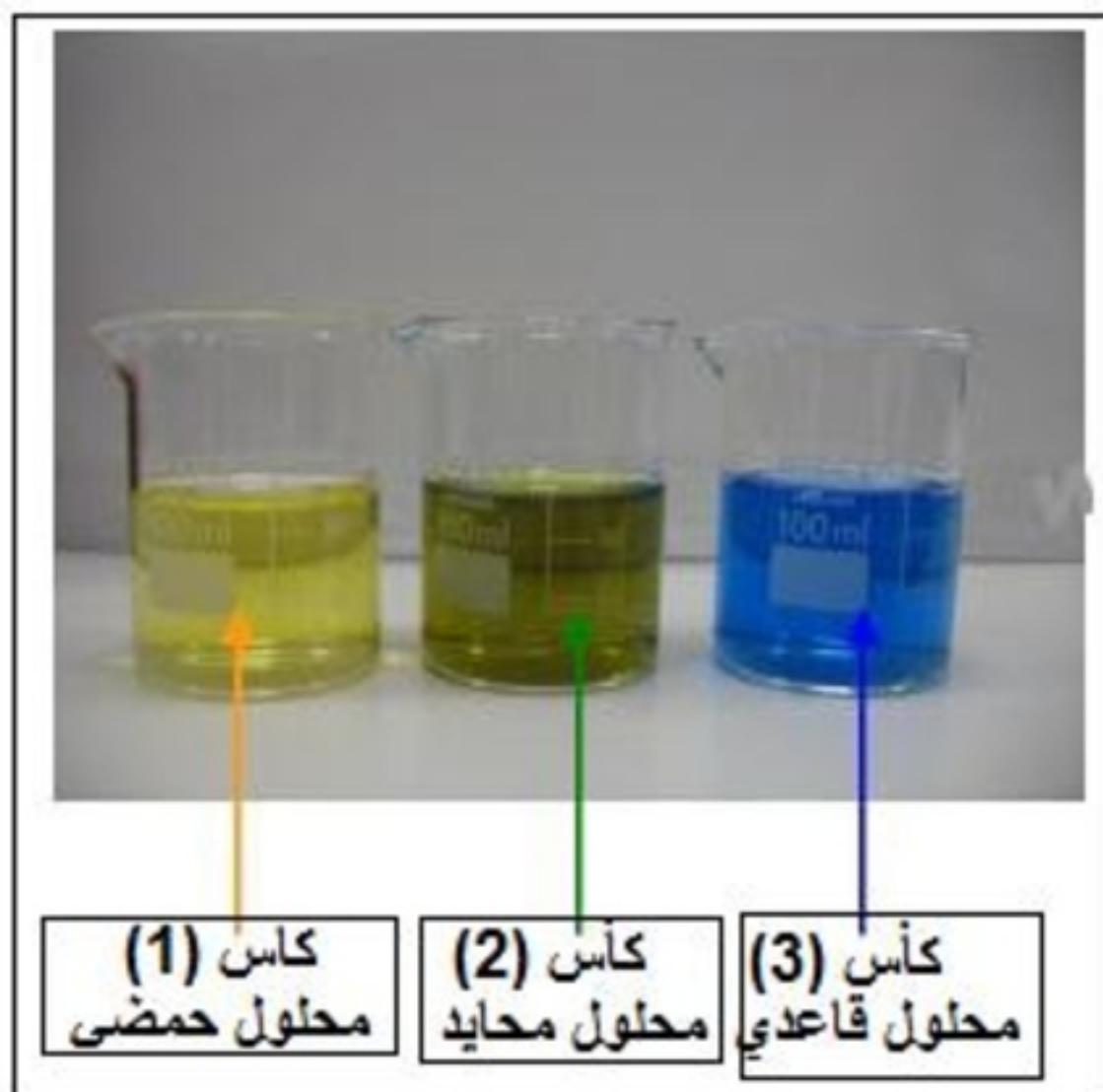
$$\sigma = 2,0 \cdot 10^1 \times (5,0 \cdot 10^{-3} + 7,6 \cdot 10^{-3}) \Rightarrow \sigma = 2,5 \cdot 10^1 S \cdot m^{-1}$$

التفاعلات حمض-قاعدة les réactions acido – basiques

ا-التفاعلات حمض-قاعدة

1-تجربة :

نضع في ثلاثة كؤوس 1, 2, 3 قطرات من أزرق البروموتيمول و نضيف إليها ماء مقطار. نضيف إلى الكأس 1 قليلاً من حمض الكلوريدريك، في حين نضيف إلى الكأس 3 قليلاً من هيدروكسيد الصوديوم.



ملاحظة :

يأخذ المحلول في الكأس 2 لوناً أخضراء في حين يأخذ في الكأسين 1 و 3 على التوالي اللونين الأصفر والأزرق.

استنتاج :

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

- في الكأس 1 : يحتوي محلول حمض الكلوريدريك ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$) على أيونات الأوكسونيوم التي تتفاعل مع أيونات أزرق البروموتيمول In^- مما ينتج عنه تكون النوع HIn فيأخذ المحلول لوناً أصفراء.

معادلة التفاعل :



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

معادلة التفاعل:



ملاحظة :

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

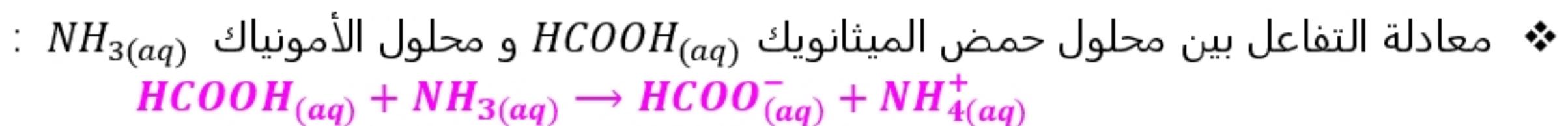
تعريف :

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

2-أمثلة :

- ❖ معادلة التفاعل بين محلول كلورور الأمونيوم ($\text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$) و محلول هيدروكسيد الصوديوم ($\text{Na}^+_{(aq)} + \text{HO}^-_{(aq)}$) علماً أن الأيونات Cl^- و Na^+ لا تتفاعل (أيونات غير نشطة).





II - الأحماض والقواعد حسب برونشتيد

1- الحمض حسب برونشتيد :

نسمى **حمض** برونشتيد كل نوع كيميائي قادر على فقدان بروتون H^+ واحد على الأقل .

أمثلة :

- أيون الأمونيوم NH_4^+ حمض برونشتيد :
- أيون الأوكسونيوم H_3O^+ حمض برونشتيد :
- جزيئة حمض الكيبريتيك H_2SO_4 ثانوي حمض يحرر بروتونين :

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

2- القاعدة حسب برونشتيد :

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

أمثلة :

- أيون الهيدروكسيد HO^- قاعدة حسب برونشتيد :
- جزيئة الامونياك NH_3 قاعدة حسب برونشتيد :
- أيون الهيدروجينوكربونات HCO_3^{2-} قاعدة حسب برونشتيد :

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

3- الأمفوليات :

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

مثال :

جزيء 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 :

ت تكون مزدوجة قاعدة/حمض التي نرمز لها ب HA/A^- من حمض HA وقاعدة مرافقة A^- مرتبطة بنصف المعادلة البروتونية التالية : $\text{HA} \rightleftharpoons \text{A}^- + \text{H}^+$ أمثلة :

نصف معادلة المزدوجة	المزدوجة قاعدة/حمض	اسم القاعدة	اسم الحمض
$\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}_{(aq)}^- + \text{H}^+$	$\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}/\text{CH}_3\text{COO}_{(aq)}^-$	أيون الإيثانوات	حمض الإيثانويك
$\text{NH}_4_{(aq)}^+ \rightleftharpoons \text{NH}_3_{(aq)} + \text{H}^+$	$\text{NH}_4_{(aq)}^+/\text{NH}_3_{(aq)}$	الأمونياك	أيون الأمونيوم
$\text{H}_2\text{O}_{(aq)}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{H}^+$	$\text{H}_2\text{O}_{(aq)}^+/\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	الماء	أيون الأوكسونيوم

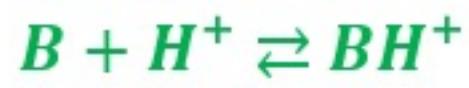
تعريف :

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

المعادلة الكيميائية :



-نصف معادلة المزدوجة HA/A^- :



-نصف معادلة المزدوجة BH^+/B :



-المعادلة الحصيلة للتفاعل :

تطبيق :

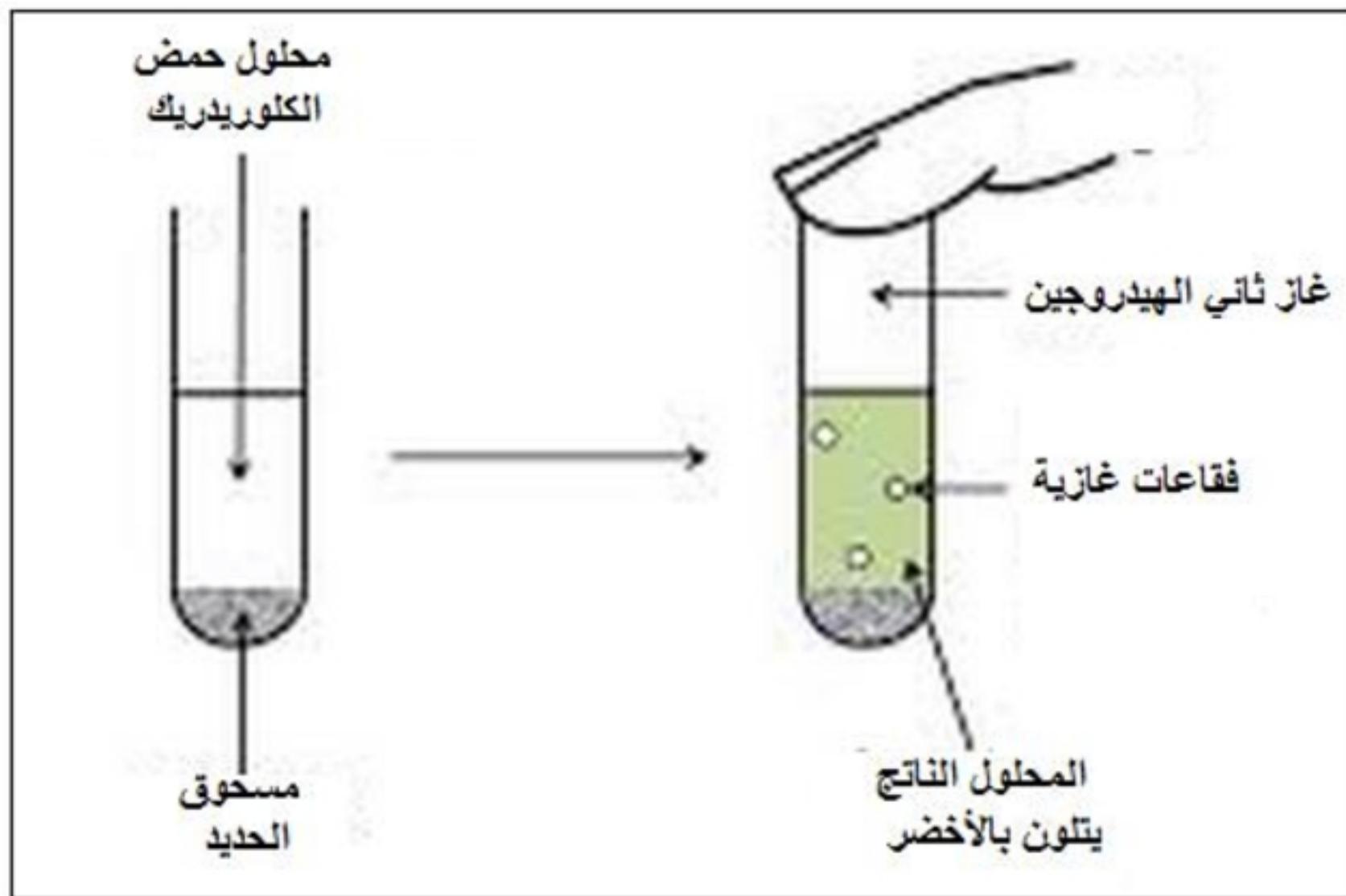
تفاعل محلول كلورو الأمونيوم $(\text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)})$ مع محلول هيدروكسيد الصوديوم $(\text{Na}^+_{(aq)} + \text{HO}^-_{(aq)})$	تفاعل غاز كلورور الهيدروجين $\text{HCl}_{(g)}$ مع غاز الأمونياك $\text{NH}_3_{(g)}$
المتفاعلان هما : $\text{HO}^-_{(aq)}$ و $\text{NH}_4^+_{(aq)}$	المتفاعلان هما : $\text{NH}_3_{(g)}$ و $\text{HCl}_{(g)}$
المزدوجتان المتدخلتان هما : $\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-$ و $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$	المزدوجتان المتدخلتان هما : $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ و HCl/Cl^-
نصفي المعادلتين : $\text{NH}_4^+_{(aq)} \rightleftharpoons \text{NH}_3_{(aq)} + \text{H}^+$ $\text{HO}^-_{(aq)} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_{(l)}$	نصفي المعادلتين : $\text{HCl}_{(g)} \rightleftharpoons \text{Cl}^- + \text{H}^+$ $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NH}_4^+$
المعادلة الحصيلة :	المعادلة الحصيلة :
$\text{NH}_4^+_{(aq)} + \text{HO}^-_{(aq)} \rightleftharpoons \text{NH}_3_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$	$\text{HCl}_{(g)} + \text{NH}_3_{(g)} \rightarrow (\text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-)_{(s)}$

تفاعلات الأكسدة - اختزال

Les réactions d'oxydo – réduction

ا- التفاعل أكسدة-اختزال

١- 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 ثاني الهيدروجين H_2 .
- اختفاء الحديد و تكون أيونات الحديد Fe^{2+} , يمكن الكشف عنها باستعمال محلول الصودا, بحيث يتكون راسب أخضر هو هيدروكسيد الحديد $Fe(OH)_2$.

استنتاج :

حدث تفاعل بين أيونات الأوكسونيوم و فلز الحديد حسب المعادلة:



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



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



تعريف :

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

2-أمثلة :

-يحدث تفاعل بين محلول كبريتات النحاس $\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$ مع فلز الزنك Zn ، فينتج عنه تكون أيونات الزنك Zn^{2+} و فلز النحاس Cu .

معدلة التفاعل :



-يتفاعل فلز النحاس Cu مع نترات الفضة $\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$ فينتج عنه تكون فلز الفضة Ag و أيونات النحاس Cu^{2+} .
معادلة التفاعل :



II-المزدوجة مؤكسد-مختزل :

1-تعريف :

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

الاختزال هو اكتساب لإلكترونات من طرف نوع كيميائي 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 تفاعله مع فلز الزنك حسب نصف المعادلة: $\text{Cu}_{(aq)}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}_{(s)}$

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

يمكن لهذا التحول أن يحدث في الاتجاهين معا، نقول أن النوعين Cu^{2+} و Cu يكونان مزدوجة مختزل / مؤكسد

$\text{Cu}_{(aq)}^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cu}_{(s)}$ ونصف معادلتها الإلكترونية تكتب : Cu^{2+}/Cu نرمز لها ب :

تعريف :

ت تكون مزدوجة مختزل/مؤكسد رمزها Ox/Red من مؤكسد Ox و مختزل Red مرافق مرتبطان بنصف المعادلة

الإلكترونية : $\text{Ox} + ne^- \rightleftharpoons \text{Red}$

أمثلة :

اسم المؤكسد	اسم المختزل	نصف معادلتها الإلكترونية	المزدوجة
أيون الحديد III	أيون الحديد II	$Fe^{3+}_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+}_{(aq)}$	$Fe^{3+}_{(aq)}/Fe^{2+}_{(aq)}$
أيون الفضة	فلز الفضة	$Ag^+_{(aq)} + e^- \rightleftharpoons Ag_{(s)}$	Ag^+/Ag
ثنائي اليود	أيون اليودور	$I_2(aq) + 2e^- \rightleftharpoons I^-_{(aq)}$	$I_2(aq)/I^-_{(aq)}$
فلز الألومنيوم	أيون الألومنيوم	$Al^{3+}_{(aq)} + 2e^- \rightleftharpoons Al_{(s)}$	$Al^{3+}_{(aq)}/Al_{(s)}$

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 الكبرتيك. نضيف إلى الأنابيب قطرة قطرة محلول برمونغناط البوتاسيوم ($K^+ + MnO_4^-$).

ملاحظة :

يفقد محلول برمونغناط البوتاسيوم لونه البنفسجي مما يدل على احتفاء أيونات البرمنغناط MnO_4^- و تكون أيونات المنغنيز Mn^{2+} العديمة اللون .

استنتاج :

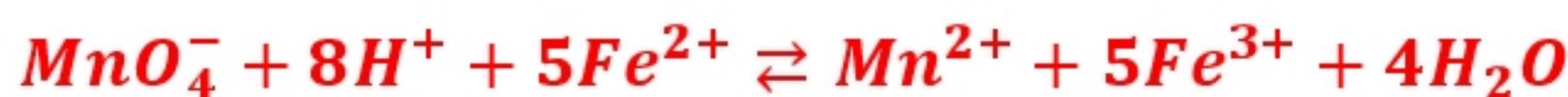
- تتحول أيونات الحديد II Fe^{2+} إلى أيونات الحديد III Fe^{3+} نصف معادلة الأكسدة :



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



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



المعايير المباشرة *Les dosages directs*

١- مبدأ المعايرة :

١-تعريف:

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

٢-نقطة التكافؤ:

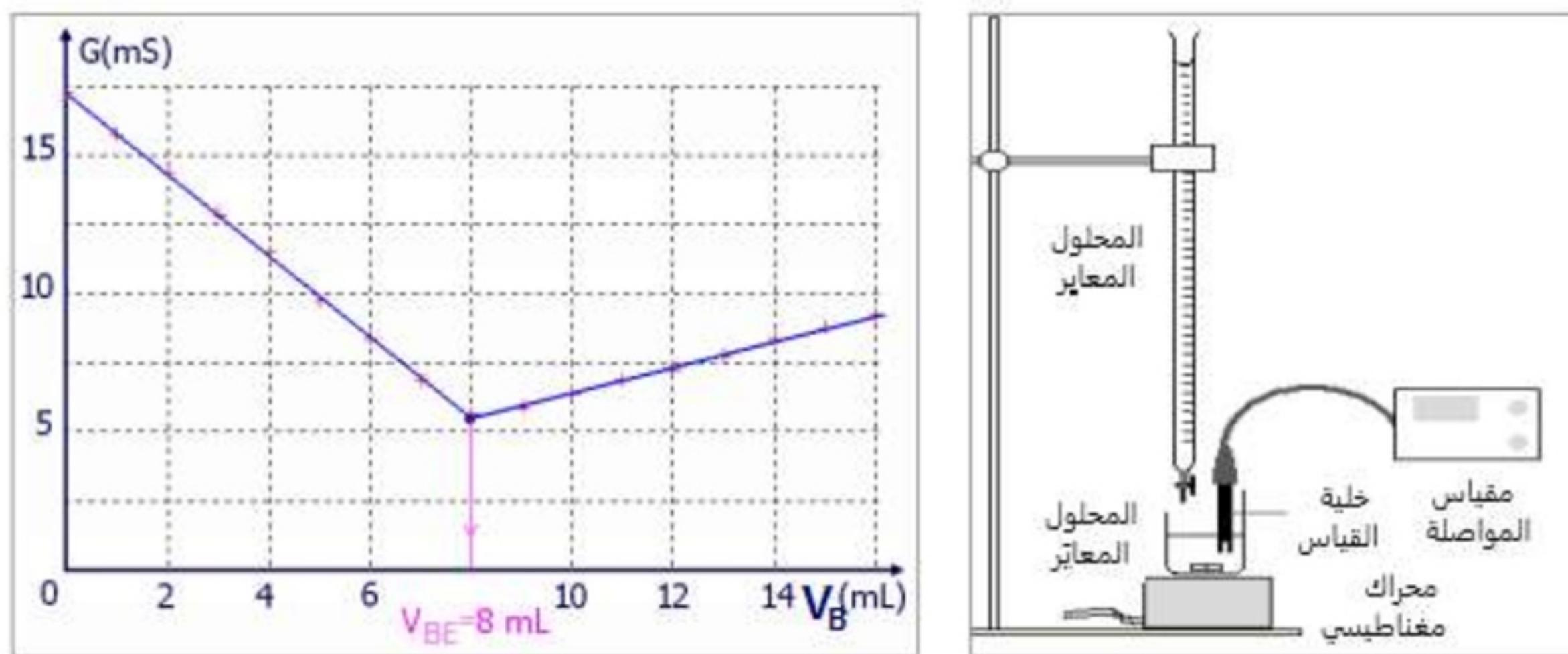
- يحصل التكافؤ عندما يمزج النوعان المعاير و المعاير بحسب موافقة للمعاملات التناصبية ، حيث يختفي النوعان المتفاعلان معا وكليا .
- تمثل حالة التكافؤ نقطة تحول ابتداء منها تتغير طبيعة المتفاعل المحد :
 - قبل التكافؤ يكون المتفاعل المحد هو النوع المعاير .
 - بعد التكافؤ يصبح المتفاعل المحد هو النوع المعاير .
- تحدد علاقة التكافؤ بإنشاء الجدول الوصفي لتقديم تفاعل المعايرة .
- يمكن تعين التكافؤ بطرق مختلفة :
 - تغيير لون الخليط المتفاعل .
 - تغيير لون كاشف ملون تمت إضافته مسبقا إلى الوسط التفاعلي .
 - استغلال منحنى تطور المواصلة G للوسط التفاعلي .

٣- معايرة حمض-قاعدة

١-تحليل المنحنى:

- أثناء المعايرة تتفاعل أيونات الهيدروكسيد مع أيونات الأوكسونيوم الموجودة في الكأس فتحتفي هذه الأخيرة ، مما يقلص موصليّة الخليط، و رغم ازدياد أيونات الصوديوم في الخليط فإن موصليّته G تنقص و السبب أن لها موصليّة مولية أيونية ضعيفة مقارنة مع أيونات الأوكسونيوم $\lambda_{\text{Na}^+} < \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}$.

- عند إضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم بفراط تكون أيونات الأوكسونيوم قد تفاعلت كلباً وأيونات الهيدروكسيد التي لم تتفاعل تسبب ازدياد موصولة الخليط من جديد.



2-حدول التقدم:

معادلة التفاعل			
كميات المادة (mol)			الحالة المجموعة
$C_A \cdot V_A$	$C_B \cdot V_B$	بوفرة	الحالة البدئية
$C_A \cdot V_A - x$	$C_B \cdot V_B - x$	بوفرة	خلال التحول
$C_A \cdot V_A - x_E$	$C_B \cdot V_B - x_E$	بوفرة	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 ،

$$C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{BE} \quad \text{ومنه علاقة التكافؤ تكتب :} \quad n_i(H_3O^+) = n_E(HO^-)$$

3-تطبيق:

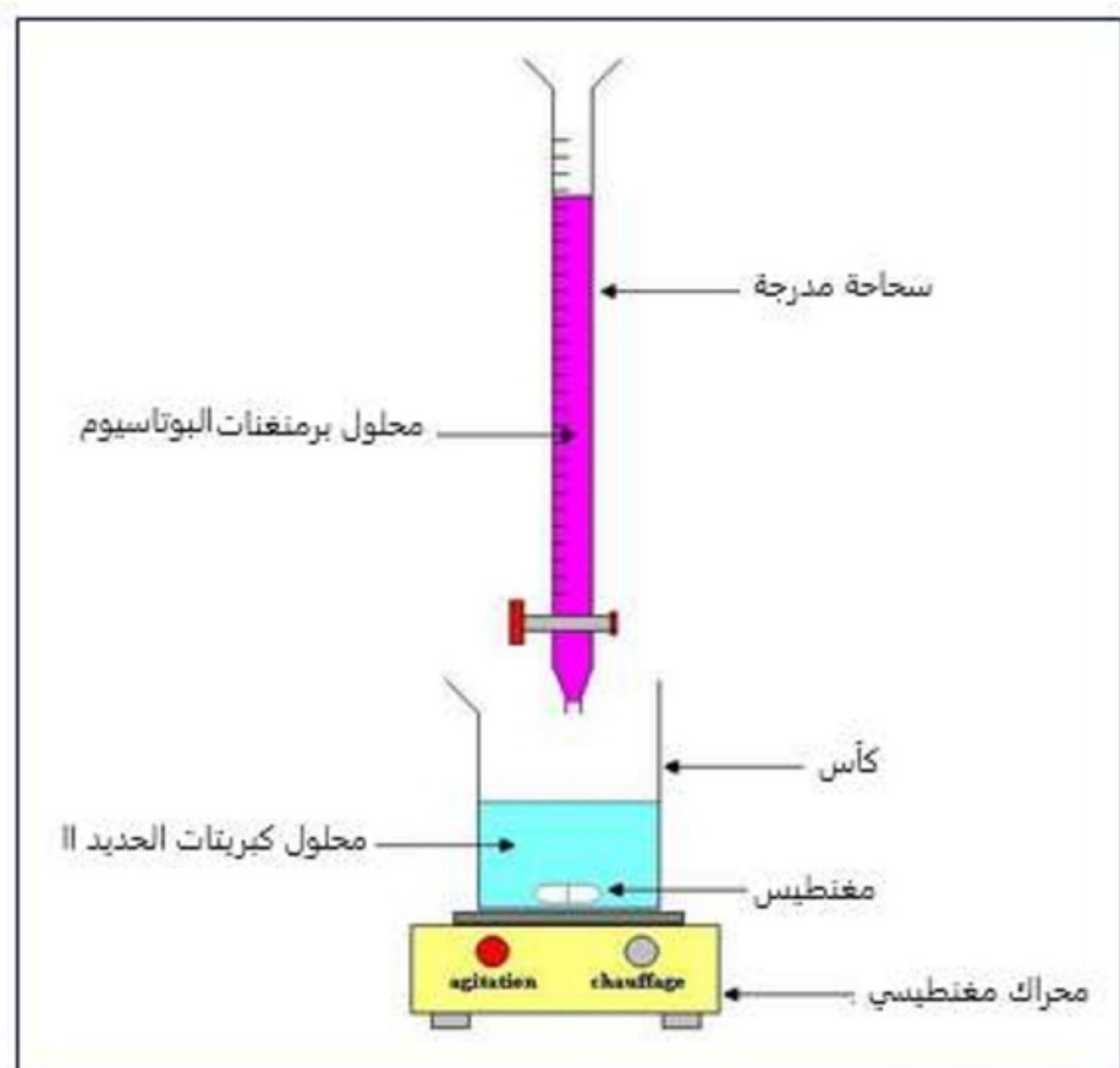
- تحديد تركيز C_A تركيز محلول حمض الكلوريدريك تركيزه $L = 10 \text{ mL}$.
- نعطي : $C_B = 2.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ تركيز محلول هيدروكسيد الصوديوم .
- مبيانيا نقطة التكافؤ توافق أدنى قيمة للموصولة (تقاطع الجرذين المستقيميدين) حيث يستنتج حجم التكافؤ V_{BE} بإسقاط هذه النقطة نجد $V_{BE} = 8 \text{ mL}$.

$$C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{BE} \Rightarrow C_A = \frac{C_B \cdot V_{BE}}{V_A} \Rightarrow C_A = \frac{2.10^{-2} \times 8}{10} = 1.6.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

II - معايرة أكسدة - اختزال

1- تحرية:

- نصب في كأس ، بواسطة ماصة معيارية، حجما $V_{red} = 20 \text{ mL}$ من محلول كبريتات الحديد $(\text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-})$ تركيزه C_{red} مجهول. نضيف قطرات من حمض الكبريتيك المركز، ثم نضع الكأس فوق المحراك المغناطيسي.
- نملأ ساحة مدرجة بمحلول برمونجنات البوتاسيوم تركيزه معروف $C_{ox} = 2.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.
- نضيف، تدريجيا، محلول برمونجنات البوتاسيوم حتى أول قطرة يتتحول عندها لون الخليط من أخطر فاتح إلى بنفسجي فاتح (أنظر الكؤوس الثلاث) حجم التكافؤ هو $V_{oxE} = 15 \text{ mL}$.



2- جدول التقدم:

معادلة التفاعل						التقدم	حالة المجموعة
كميات المادة ب (mol)							
$\text{MnO}_4^-_{(aq)}$	$5\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$	$+ 8\text{H}^+_{(aq)}$	$\rightarrow \text{Mn}^{2+}_{(aq)} + 5\text{Fe}^{2+}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$	0	0	0	البدئية
$n_t(\text{MnO}_4^-)$	$n_t(\text{Fe}^{2+})$	بوفرة					
$n_t(\text{MnO}_4^-) - x$	$n_t(\text{Fe}^{2+}) - 5x$	بوفرة	x	$5x$	بوفرة	x	خلال التحول
$n_t(\text{MnO}_4^-) - x_E$	$n_t(\text{Fe}^{2+}) - 5x_E$	بوفرة	x_E	$5x_E$	بوفرة	x_E	النهائية

3-علاقة التكافؤ:

- عند نقطة التكافؤ تختفي كل من أيونات الحديد Fe^{2+} و أيونات البرمنغيات MnO_4^- المضافة :

$$n_i(\text{Fe}^{2+}) - 5x_E = 0 \quad \text{و} \quad n_i(\text{MnO}_4^-) - x_E = 0$$

$$n_i(\text{Fe}^{2+}) = C_{Red} \cdot V_{Red} \quad \text{و} \quad n_i(\text{MnO}_4^-) = C_{Ox} \cdot V_{Ox.E} \quad \text{مع :}$$

$$C_{Red} \cdot V_{Red} = 5 \cdot C_{Ox} \cdot V_{Ox.E} \quad \text{نستنتج :}$$

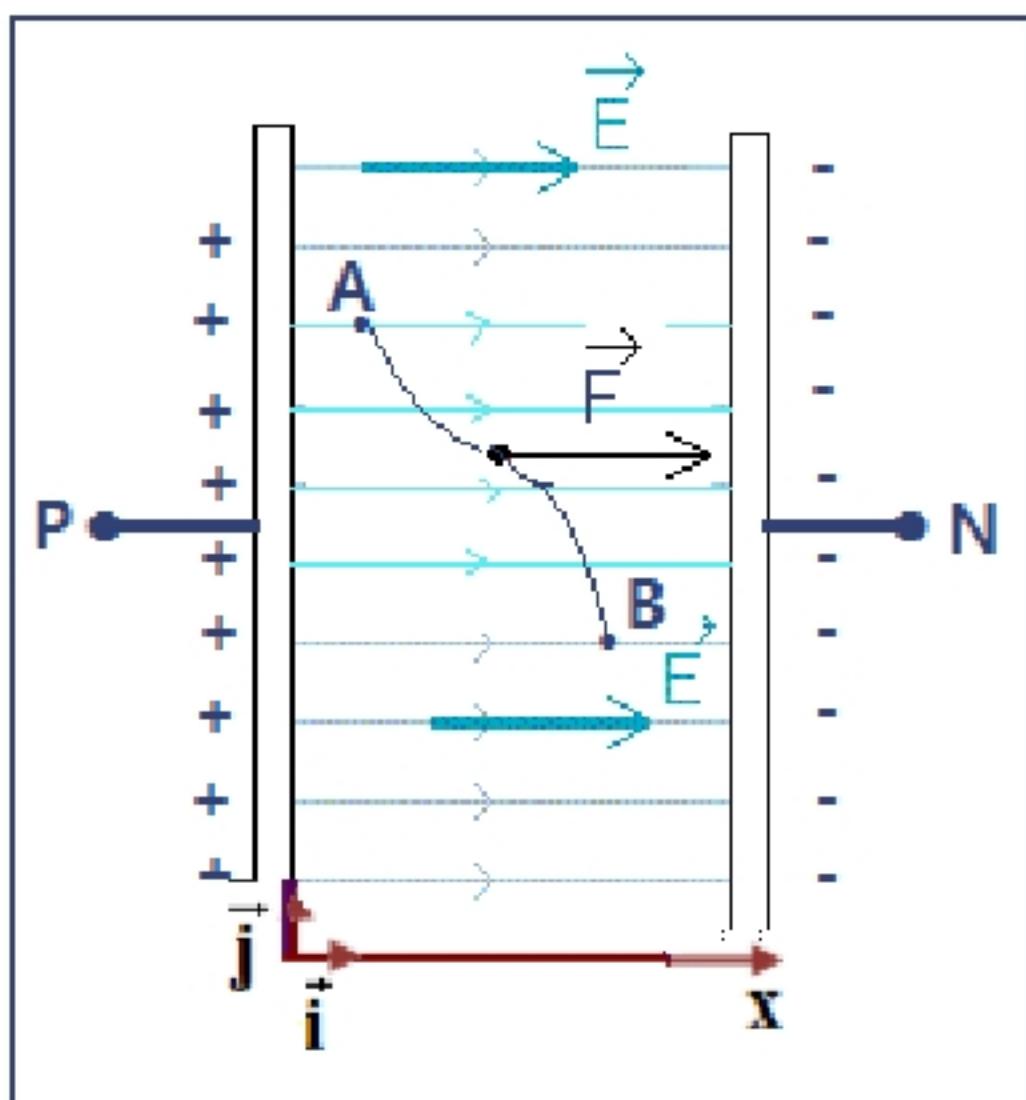
تطبيق عددي :

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

طاقة الوضع الكهربائية energie potentielle électrostatique

خاص بالعلوم رياضية

I-شغل قوة كهربائية في مجال كهربائي منتظم :



1-نشاط تجاري:

تحرك شحنة q من نقطة A الى نقطة B داخل حيز من الفضاء حيث يوجد مجال كهربائي منتظم متوجّه \vec{E} (أنظر الشكل) لدراسة حركة الشحنة q نختار معلماً متعامداً $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{0})$ حيث المتجهين \vec{i} و \vec{E} لهما نفس الاتجاه ومنحنيان متعاكسان (أنظر الشكل).

$$\vec{E} \Big|_0^{-E} \quad \overrightarrow{AB} \Big|_{y_B - y_A}^{x_B - x_A}$$

2-شغل القوة الكهربائية \vec{F} :

$$W(\vec{F}) = -qE(x_B - x_A) \quad | \quad A \rightarrow B$$

$$W(\vec{F}) = qE(x_B - x_A) \quad | \quad A \rightarrow B$$

$$W(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} \quad | \quad A \rightarrow B$$

$$W(\vec{F}) = q \cdot \vec{E} \cdot \overrightarrow{AB} \quad | \quad A \rightarrow B$$

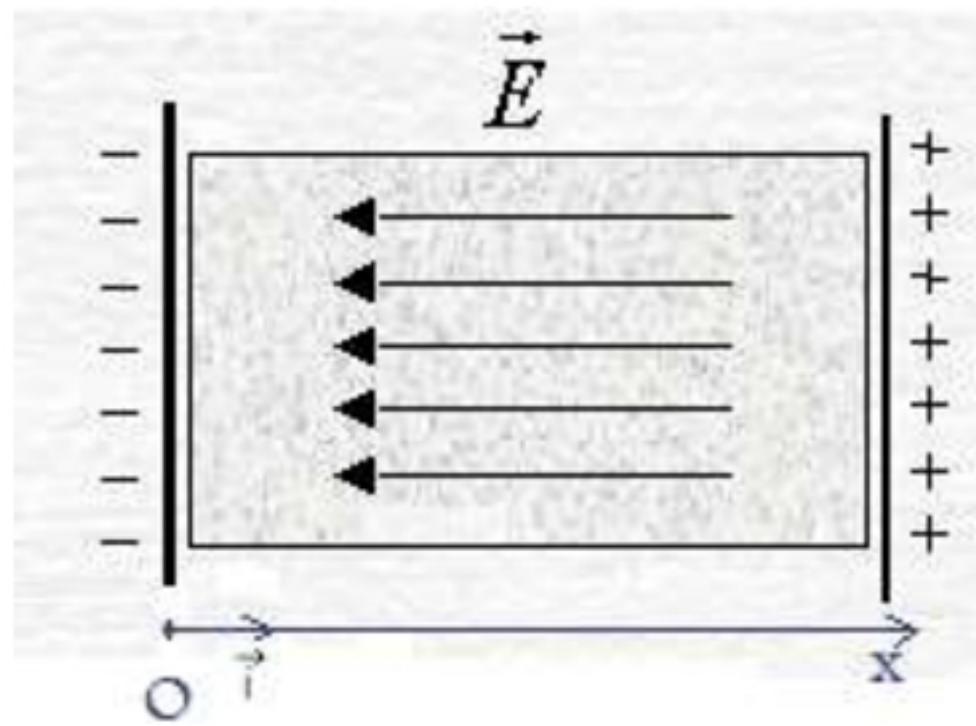
شغل القوة الكهربائية المطبقة على شحنة كهربائية في مجال كهربائي منتظم مستقل عن المسار الذي تسلكه للانتقالها من الموضع البديهي الى الموضع النهائي . نقول إن القوة الكهربائية محفوظية .

$$(V/m)$$

$$(J) \leftarrow W(\vec{F}) = qE(x_i - x_f) \quad | \quad i \rightarrow f$$

$$(C) \quad (m)$$

II-طاقة الوضع الكهربائية :



1-تعريف طاقة الوضع الكهربائية :

طاقة الوضع الكهربائية لشحنة q موجودة في نقطة M من مجال كهرباكن منتظم متوجهه \vec{E} يعبر عنها بالعلاقة :

$$E_{pe} = q \cdot E \cdot x + C$$

حيث C ثابتة نحددها باختيار الحالة المرجعية ، عندما نعتبر أصل الجهد

الكهرباكن الصفيحة ذات الجهد الأدنى ، نكتب : $E_{pe} = q \cdot E \cdot x$

2-الجهد الكهرباكن :

الجهد الكهرباكن في نقطة M أقصولها x من مجال كهرباكن هو :

$$V = E \cdot x + V_0$$

V_0 ثابتة نحددها باختيار الحالة المرجعية .

✓ الجهد في النقطة A يعبر عنه بالعلاقة : $V_A = E \cdot x_A + V_0$

✓ الجهد في النقطة B يعبر عنه بالعلاقة : $V_B = E \cdot x_B + V_0$

3-فرق الجهد الكهرباكن :

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

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

$$V_A - V_B = E \cdot (x_A - x_B)$$

ملحوظة :

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

$$W(\vec{F}) = q \cdot E \cdot (x_A - x_B)$$

$$A \rightarrow B$$

$$W(\vec{F}) = q(V_A - V_B)$$

$$A \rightarrow B$$

بصفة عامة :

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

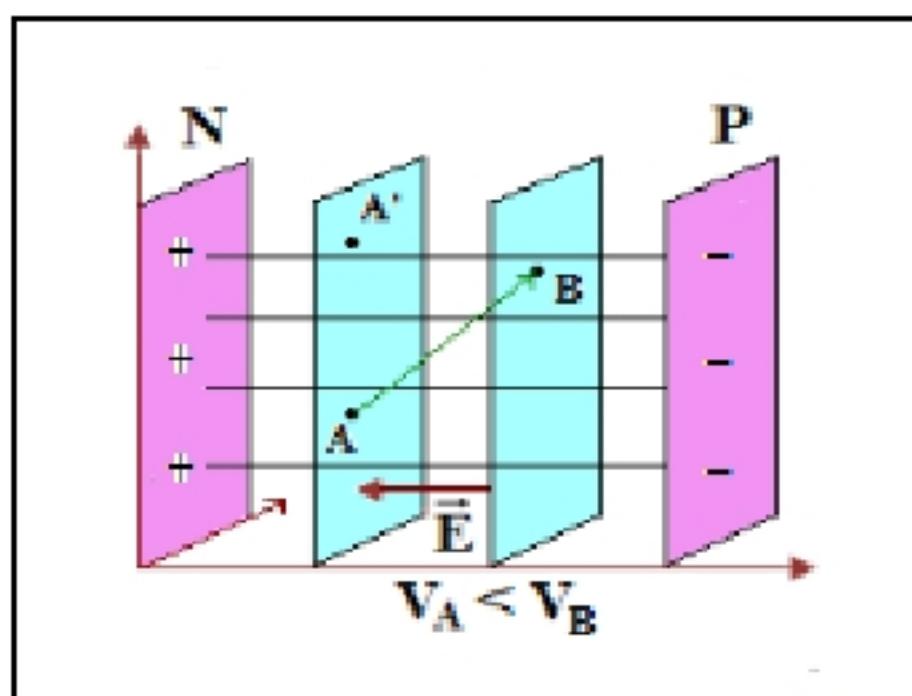
$$\vec{E} \cdot \overrightarrow{AB} = V_A - V_B = U_{AB} \Leftarrow \begin{cases} W(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} \\ A \rightarrow B \\ W(\vec{F}) = q \vec{E} \cdot \overrightarrow{AB} \\ A \rightarrow B \end{cases}$$

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 كهرباكن منتظم الجداء السلمي لمتجه المجال الكهرباكن \vec{E} و متجه الانتقال \overrightarrow{AB} .

4-المستوى المتساوي الجهد :



نعتبر نقطتان A و A' توجدان على نفس المستوى المتوازي للصفائحتين وهو مستوى عمودي على خطوط المجال الكهرباكن.

فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين A و A' يكتب :

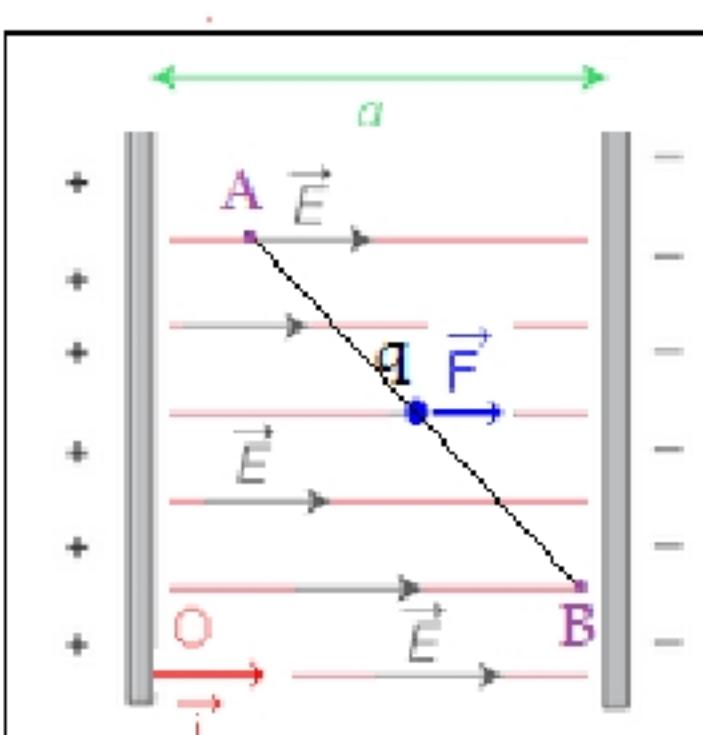
$$V_A - V_{A'} = \vec{E} \cdot \overrightarrow{AA'} = E \cdot AA' \cos(\vec{E} \cdot \overrightarrow{AA'})$$

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

$$V_A = V_{A'}$$

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

III-احفاظ الطاقة الكلية لدقيقة مشحونة :



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

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

$$\Delta E_c = \frac{W(\vec{F})}{A \rightarrow B} + \frac{W(\vec{P})}{A \rightarrow B}$$

نهمل وزن الدقيقة P أمام القوة الكهرباكنة F .

$$\begin{cases} \Delta E_c = W(\vec{F}) \\ A \rightarrow B = A \rightarrow B \\ W(\vec{F}) = -\Delta E_{pe} \\ A \rightarrow B = A \rightarrow B \end{cases} \Rightarrow E_{CB} - E_{CA} = -(E_{peB} - E_{peA}) \Rightarrow E_{CB} + E_{CA} = E_{peA} + E_{peB} = \text{Cte}$$

نسمى المجموع $E_C + E_{pe}$ الطاقة الكلية للدقيقة المشحونة التي تخضع فقط لقوة كهرباكنة .
إذن : $\zeta_B = \zeta_A$ أي انحفاظ الطاقة الكلية للشحنة الكهربائية .

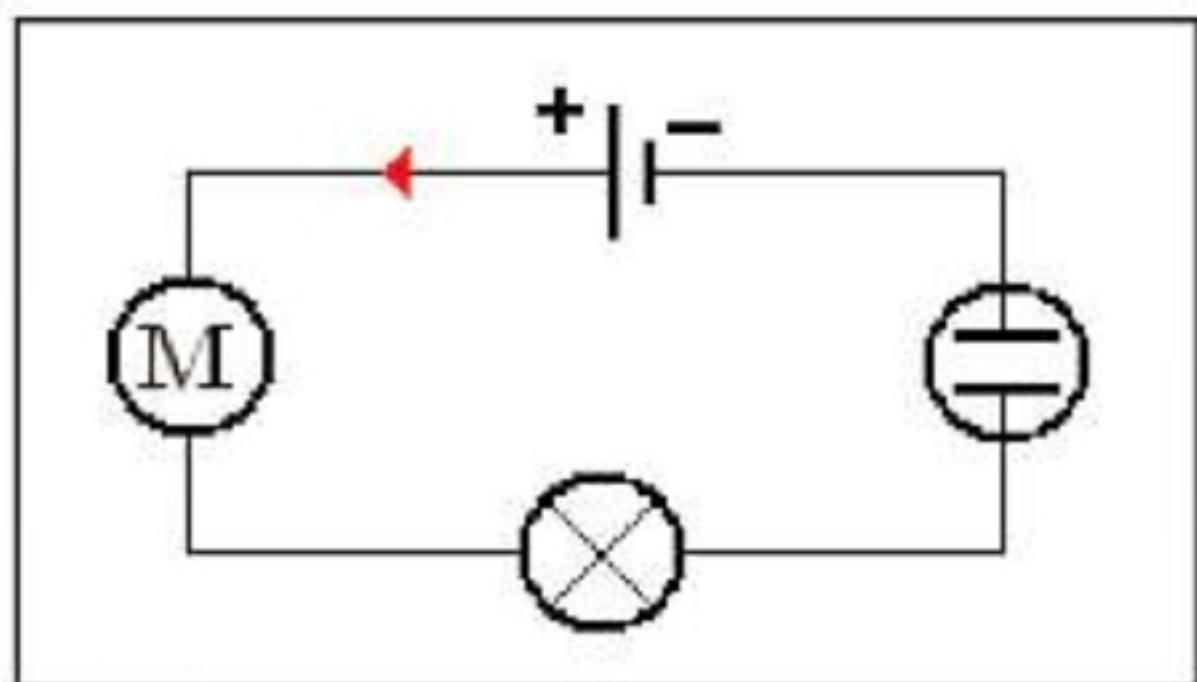
انتقال الطاقة في دارة كهربائية

transfert d'énergie dans un circuit électrique

الطاقة الكهربائية المكتسبة من طرف مستقبل :

1- انتقال الطاقة على مستوى مستقبل :

تكون الدارة الكهربائية الممثل جانبه من مولد و محرك و محلل ومصباح .
عند غلق الدارة يتوجه 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 .

تحوّل الطاقة الكهربائية الممنوحة من طرف المولد الى :

- طاقة حرارية وطاقة إشعاعية في المصباح .
- طاقة ميكانيكية وطاقة حاربة في المحرك .
- طاقة كيميائية وطاقة حرارية في المحلل .

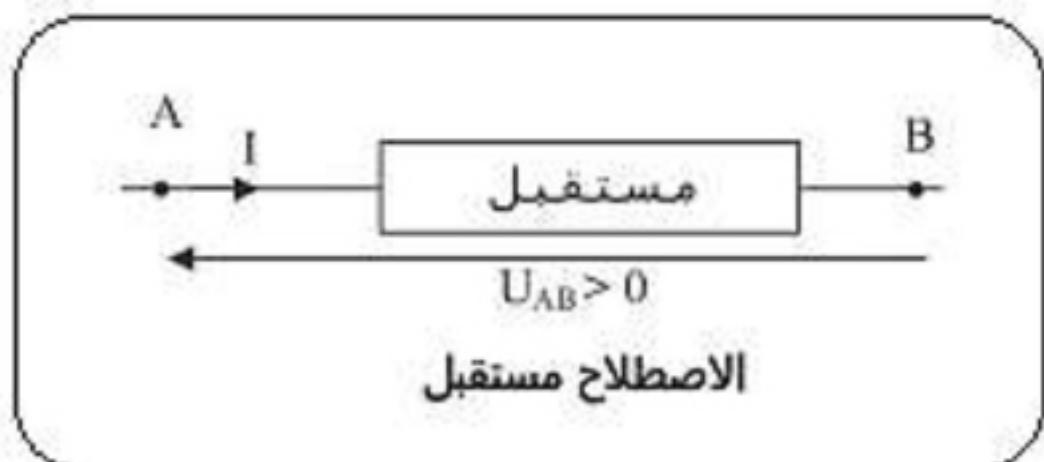
2-تعريف المستقبل :

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

أمثلة :

الموصل الأولي	المحلل الكهربائي	المحرك	المصباح	المستقبل
-طاقة حرارية	-طاقة كيميائية -طاقة حرارية	-طاقة ميكانيكية -طاقة حرارية	-طاقة إشعاعية -طاقة حرارية	أشكال الطاقة

3-اصطلاح مستقبل :

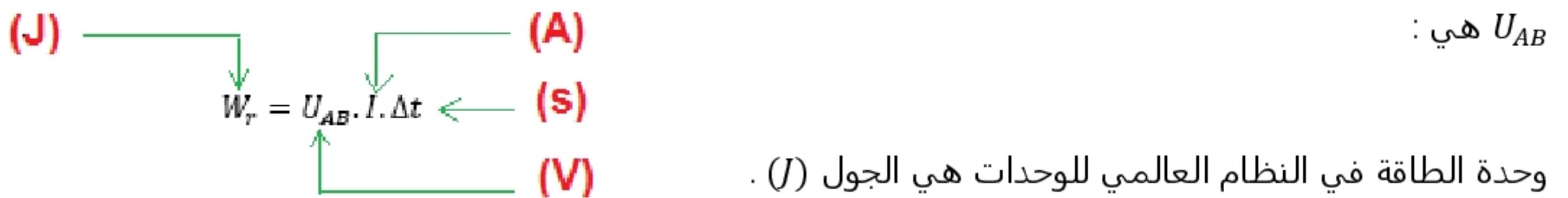


في اصطلاح مستقبل ، نعتبر التوتر U_{AB} موجبا إذا كان منحى التيار الكهربائي من A نحو B .

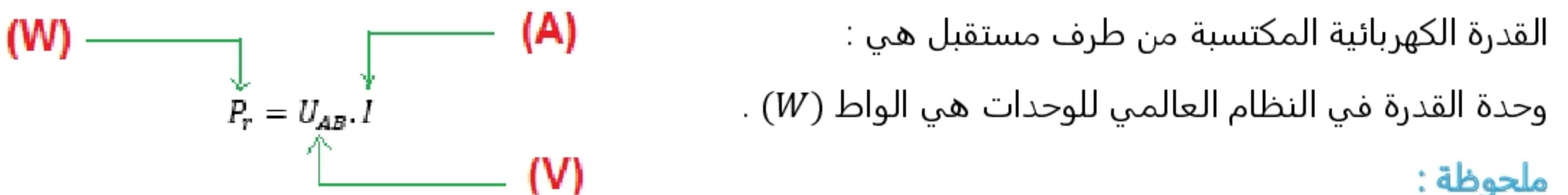
في الإصطلاح مستقبل يمثل سهما التوتر والتيار في منحى متعاكسين .

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



5- القدرة الكهربائية المكتسبة من طرف مستقبل :



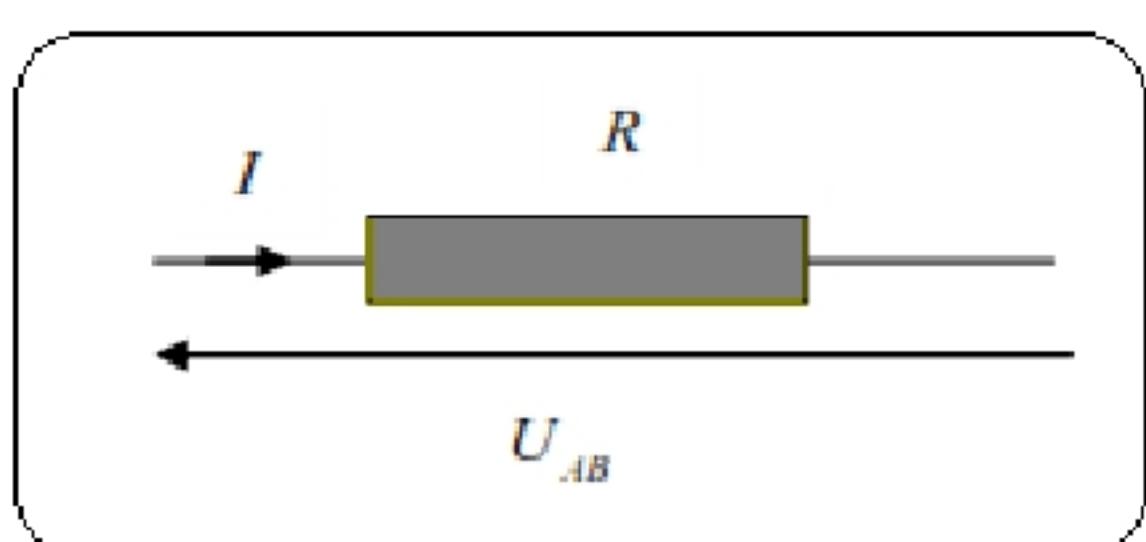
نستعمل كوحدة لقياس الطاقة الكهربائية :

الواط-ساعة ($Watt - heure$) بحيث : $1Wh = 3,6 \cdot 10^3 J$

ا)-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 كلياً أو جزئياً إلى طاقة حرارية .



2-قانون جول :

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

باعتبار موصل أومي مقاومته R يجتازه تيار كهربائي شدته I .

الطاقة التي يكتسبها الموصى الأزمى خلال المدة Δt هي :

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

$$W_r = R \cdot I^2 \cdot \Delta t \quad \text{ومنه : } U_{AB} = R \cdot I$$

تحول الطاقة الكهربائية المكتسبة كلياً إلى طاقة حرارية ، وبالتالي الطاقة المبددة بمفعول جول في الموصى الأومي

هي :

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

القدرة المبددة بمفعول جول هي :

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

ملحوظة :

- ❖ يكون مفعول جول مرغوباً فيه في بعض الحالات كمسخن الماء ومجفف الشعر ومواء
- ❖ في حالات أخرى يكون غير مرغوباً فيه ، لأنّه يسبب في ضياع الطاقة ، وبالتالي يكون سبباً في ضعف أداء الأجهزة الكهربائية .

III- انتقال الطاقة على مستوى مولد :

1-تعريف مولد :

المولد ثنائي قطب يحول إلى طاقة كهربائية شكلًا آخر من أشكال الطاقة التي يكتسبها .

أمثلة :

العمود يحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية .

المنوب يحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية .

2-الطاقة والقدرة الممنوحة من طرف مولد :

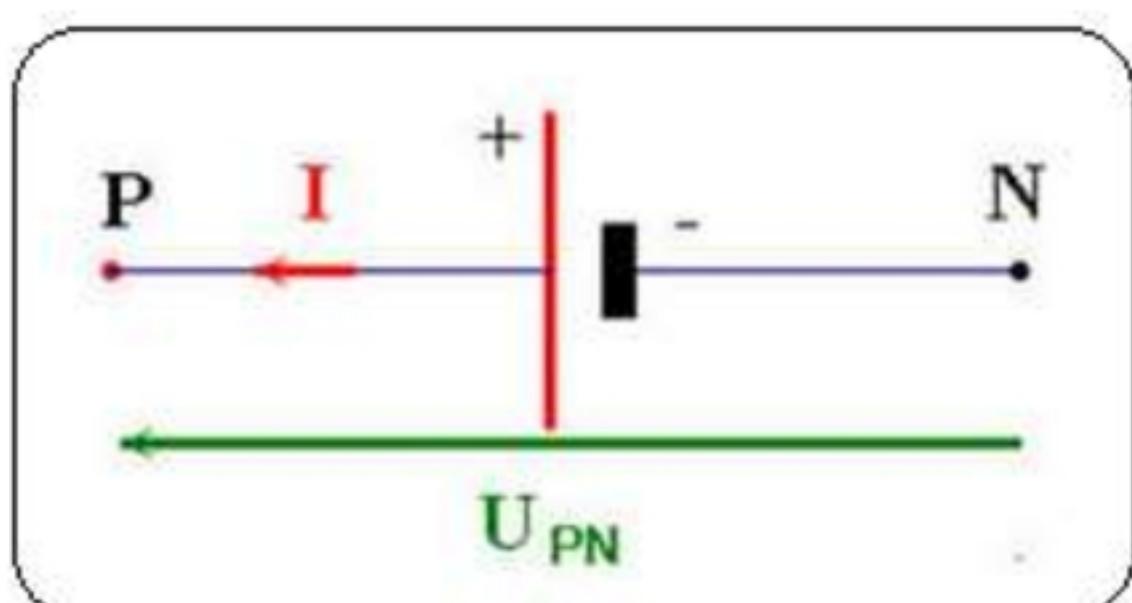
الطاقة الكهربائية الممنوحة من طرف المولد لباقي الدارة خلال المدة

الزمنية Δt هي :

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

القدرة الكهربائية الممنوحة من طرف المولد لباقي الدارة هي :

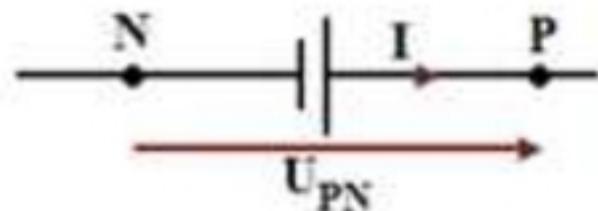
$$P_e = U_{PN} \cdot I$$



التصرف العام للدارة الكهربائية *Comportement global d'un circuit électrique*

ا-توزيع الطاقة الكهربائية على مستوى مولد :

1-مميزة المولد :



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

1.1-اصطلاح مولد :

2.1-قانون أوم بالنسبة لمولد :

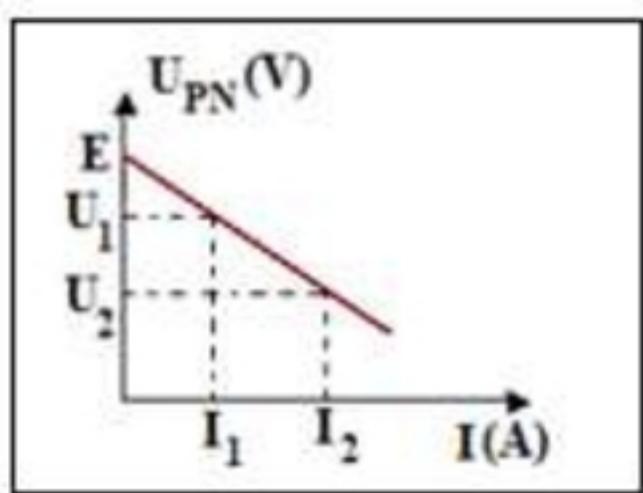
مميزة المولد $(I) = f(I)$ عبارة عن دالة تآلفية تناصصية معادلتها تكتب :

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

E : القوة الكهرومتحركة 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 :

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

التوتر U_{PN} بين مربطي المولد هو :

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

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

$$E \cdot I \cdot \Delta t = U_{PN} \cdot I \cdot \Delta t + r \cdot I^2 \cdot \Delta t$$

ومنه فإن :

-المقدار $E \cdot I \cdot \Delta t$: يمثل الطاقة الكلية الممنوعة من

طرف المولد نرمز لها ب : W_g .

-المقدار $U_{PN} \cdot I \cdot \Delta t$: يمثل الطاقة الكهربائية

المكتسبة من طرف الدارة الخارجية (أي الطاقة

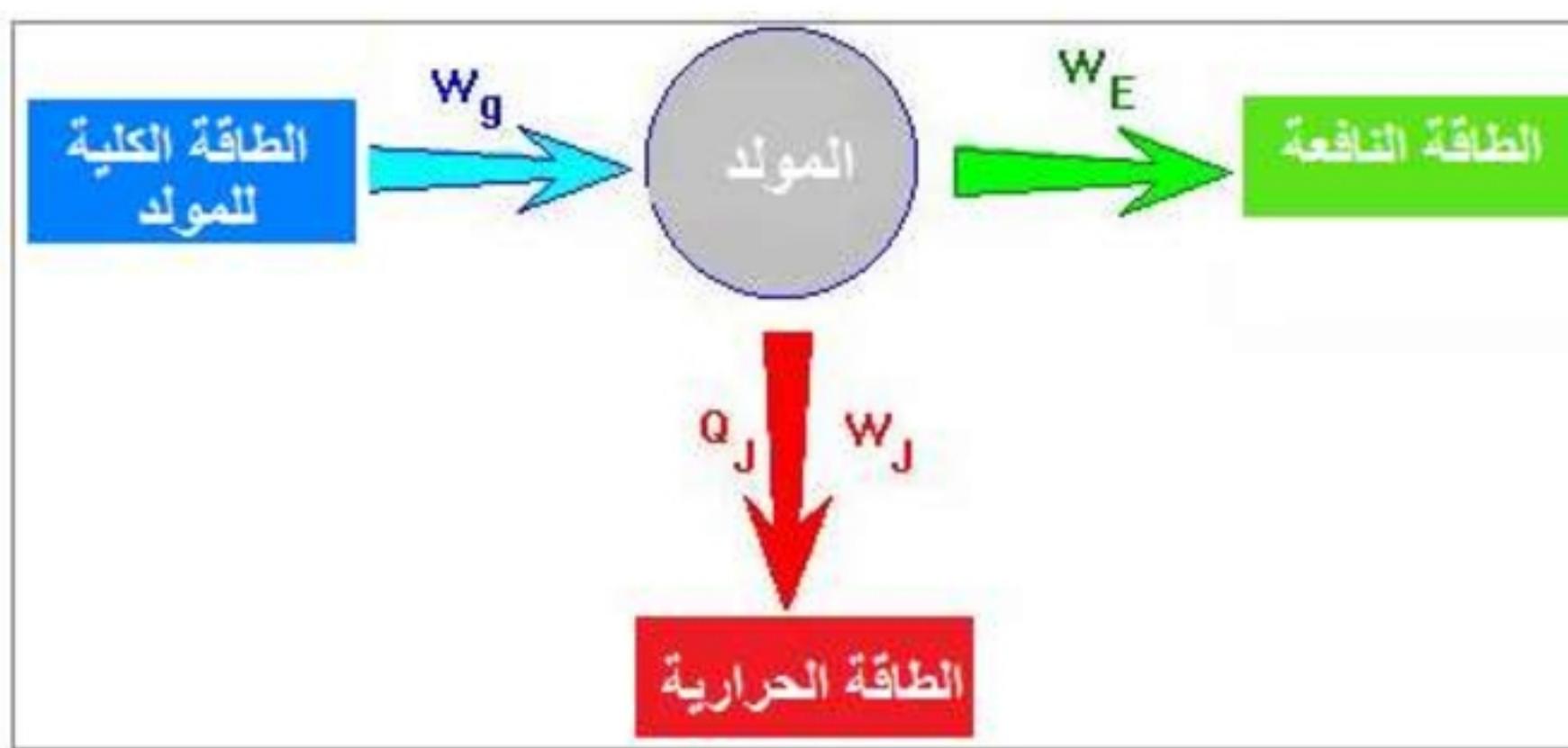
النافعة) نرمز لها ب : W_u .

-المقدار $r \cdot I^2 \cdot \Delta t$: يمثل الطاقة الكهربائية المبددة

بمفعول جول داخل المولد التي يرمز لها ب : W_{th} .

وبالتالي نكتب :

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



3-حصيلة القدرة :

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

$$P_g = P_u + P_{th}$$
 أي:

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

و $P_u = U_{PN} \cdot I$ القدرة النافعة .

و $P_{th} = r \cdot I^2$ القدرة المبذدة بمفعول جول .

4-مردود المولد :

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

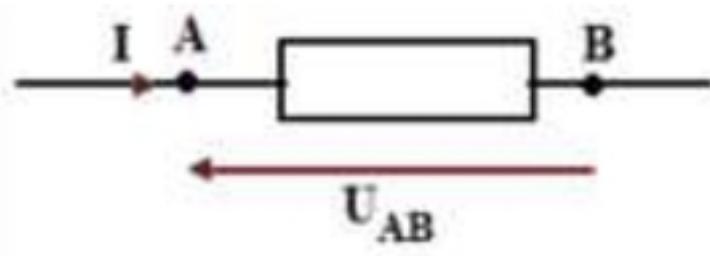
$$\rho = \frac{W_u}{W_g} = \frac{U_{PN} \cdot I \cdot \Delta t}{E \cdot I \cdot \Delta t} = \frac{U_{PN}}{E}$$

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

المردود أقل 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 :

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

E' : القوة الكهرومagnetica المضادة للمستقبل .

r' : المقاومة الداخلية للمستقبل .

2-الحصيلة الطاقية للمستقبل :

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

حسب قانون أوم بالنسبة للمستقبل :

$$U_{AB} \cdot I \cdot \Delta t = E' \cdot I \cdot \Delta t + r' \cdot I^2 \cdot \Delta t \quad (2)$$
 نحصل على :

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

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



و المقدار $W_{th} = r' \cdot I^2 \cdot \Delta t$ يمثل الطاقة المبددة بمحض 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

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

أي: $P_r = P_u + P_{th}$

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

و $P_u = E' \cdot I$ القدرة النافعة .

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

4-مردود المستقبل :

هو خارج قسمة الطاقة النافعة W_u على الطاقة المكتسبة W_r :

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

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

III-دراسة الطاقية لدارة بسيطة :

1-الحصيلة الطاقية في دارة بسيطة :

نعتبر دارة تتكون من مولد (E, r) و مستقبل (M, r') و موصل أومي مقاومته R .

حسب قانون إضافية التوترات :

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

حسب قانون أوم :

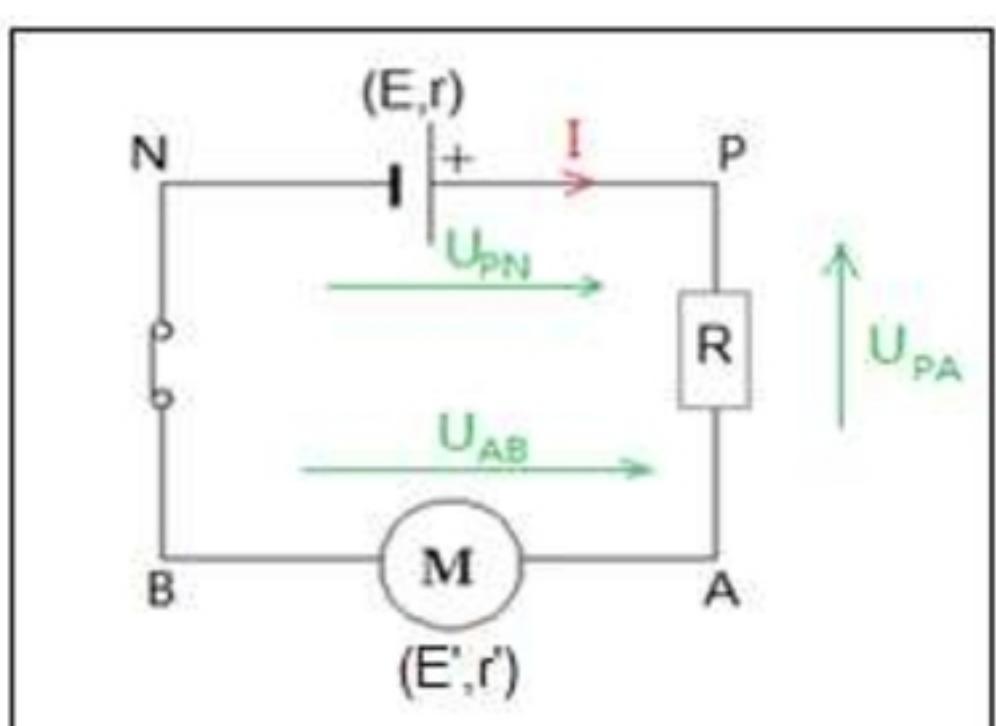
$$E - rI = E' + r'I + RI$$

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

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

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

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



2-المردود الكلي للدارة :

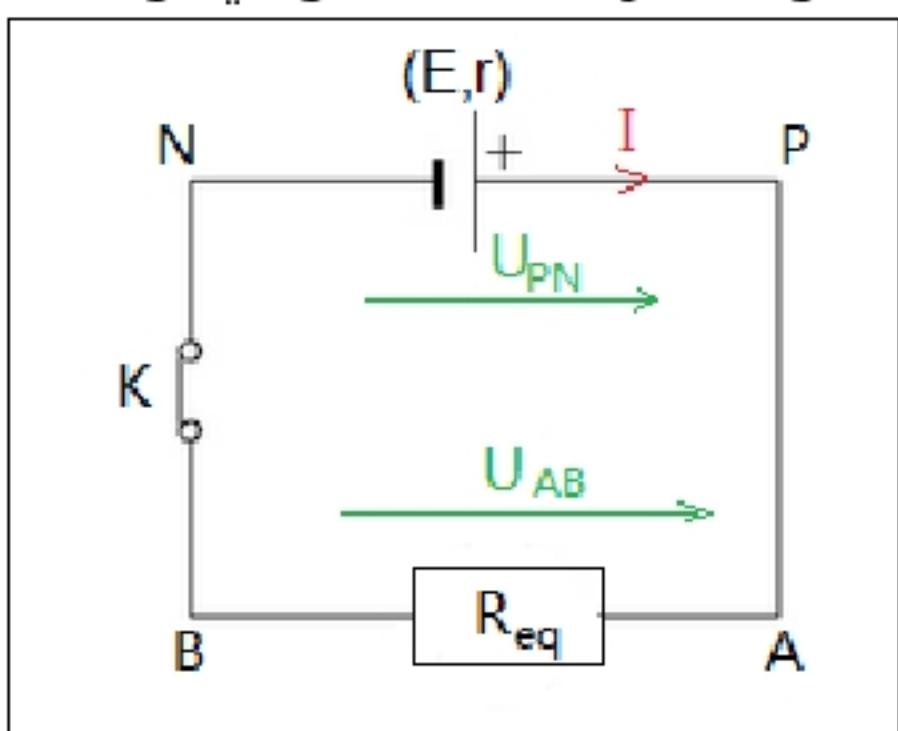
هو خارج قسمة الطاقة النافعة للمستقبل على الطاقة الكلية للمولد :

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

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

1-شدة التيار في دارة مقاومية :

نعتبر مولدا كهربائيا (E, r) مركبا على التوالى مع موصل أومي مكافئ لموصلات أومية مركبة على التوالى أو على



. R_{eq} التوازي ومقاومته .

حسب قانون أوم :

- بالنسبة للمولد : $U_{PN} = E - r \cdot I$

- بالنسبة ثانوي القطب $U_{AB} = R_{eq} \cdot I$: AB

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

2-تأثير القوة الكهرومagnetica E والمقاومة المكافئة R_{eq} على الطاقة الممنوعة من طرف المولد :

الطاقة الممنوعة من طرف المولد خلال المدة Δt هي :

$$W_e = R_{eq} \cdot I^2 \cdot \Delta t \quad \text{و} \quad I = \frac{E}{r+R_{eq}} \quad \text{فإن} \quad U_{AB} = U_{PN} = R_{eq} \cdot I$$

$$W_e = \frac{R_{eq}}{(r+R_{eq})^2} \cdot E^2 \cdot \Delta t \quad \text{إذن :}$$

تناسب الطاقة الممنوعة من طرف مولد خلال المدة Δt مع مربع القوة الكهرومagnetica E .

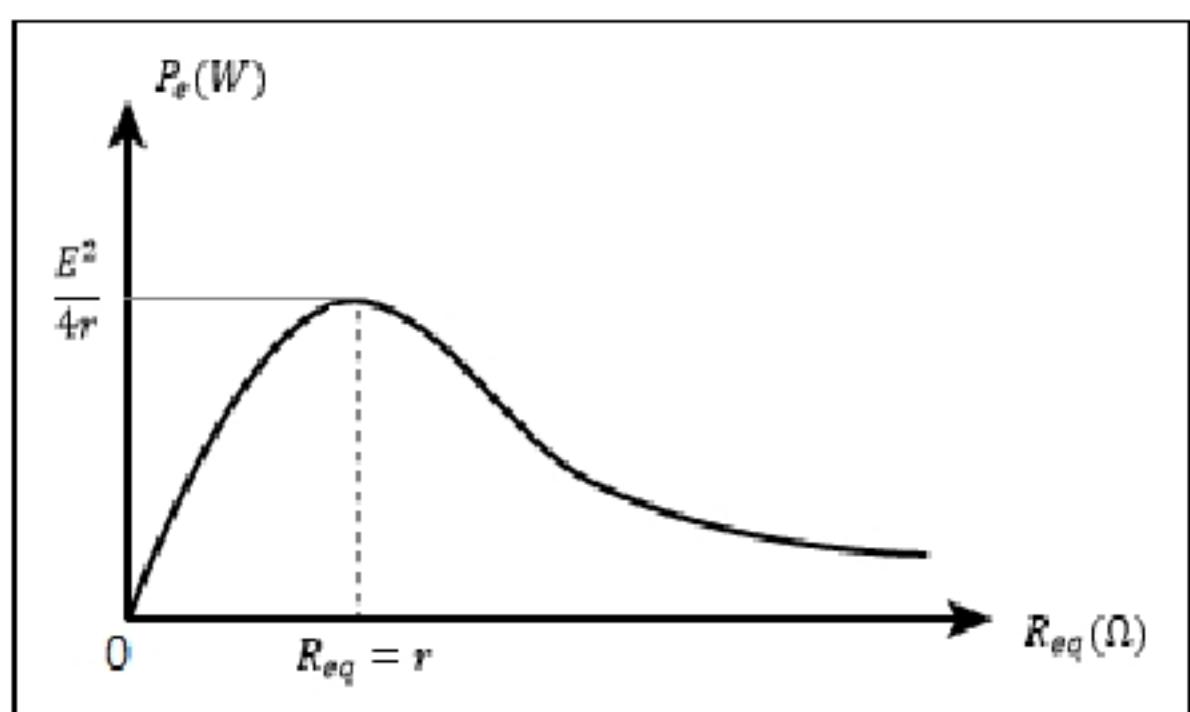
ملحوظة :

القدرة الكهربائية الممنوعة من طرف المولد تكتب :

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

يمثل التمثيل المباني للدالة $P_e = f(R_{eq})$ أن القدرة P_e تكون قصوية

عند ما تأخذ المقاومة المكافئة القيمة r



$$P_{e max} = \frac{E^2}{4r} \quad \text{أي :}$$

3-حدود اشتغال الموصى الأومي :

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

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

$$\begin{cases} I_{max} = \sqrt{\frac{P_{max}}{R}} \\ U_{max} = \sqrt{R \cdot P_{max}} \end{cases} \quad \text{ومنه:} \quad P_{max} = U_{max} \cdot I_{max} = R \cdot I_{max}^2$$

المجال المغناطيسي *Champ magnétique*

I-المغناط :

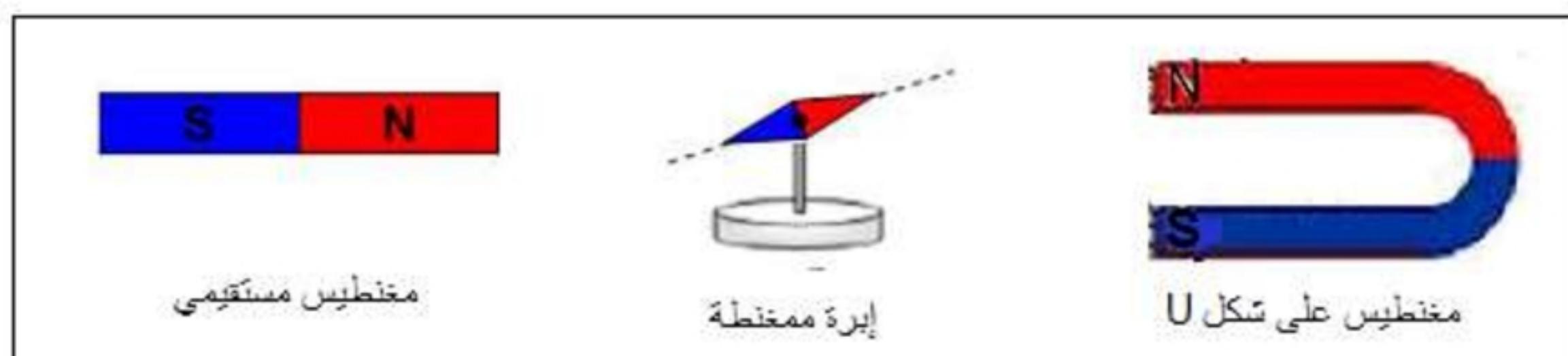
1-تعريف :

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

2-قطبا المغناطيس :

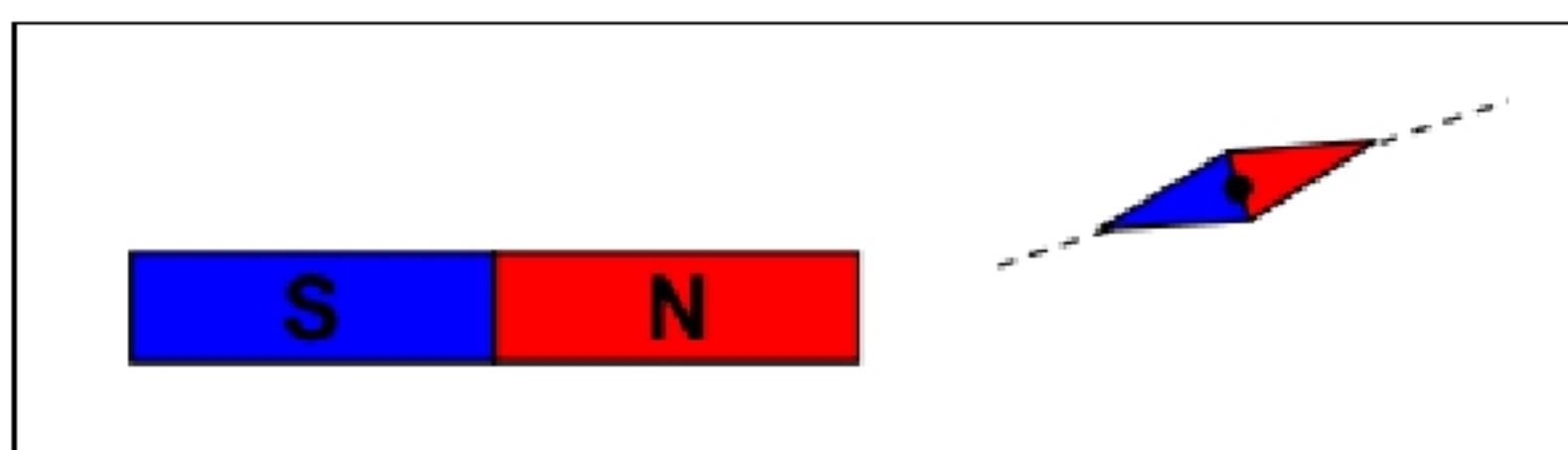
يتكون كل مغناطيس على قطب شمالي وقطب جنوبى لا يمكن فصلهما .

أمثلة :



II-إبراز وجود المجال المغناطيسي :

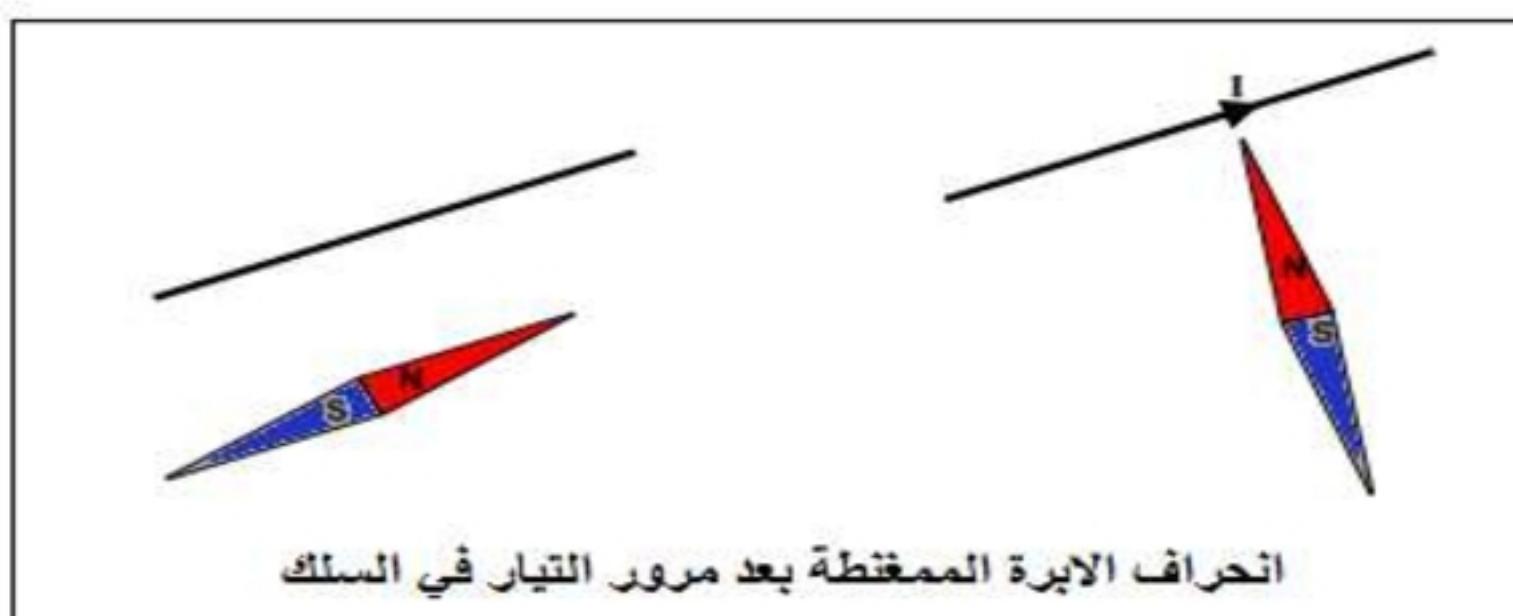
1-تأثير مغناطيس على إبرة ممغنطة :



✓ يحدث المغناطيس مجالاً مغناطيسياً في الحيز الذي يحيط به ، يمكن الكشف عنه بواسطة إبرة ممغنطة .

✓ عند تقريب مغناطيسين من بعضهما ، يتنافر القطبان المتشابهان ، بينما يتجاذب القطبان المختلفان .

2-تأثير تيار كهربائي على إبرة ممغنطة :

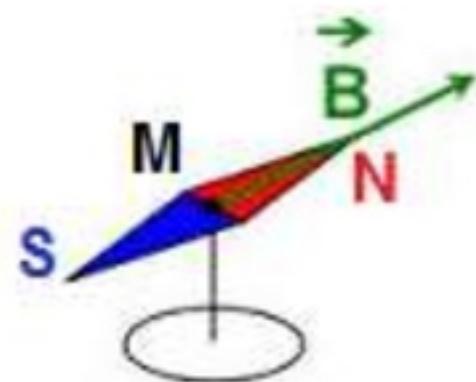


يحدث سلك يمر فيه تيار كهربائي مستمر ، مجالاً مغناطيسياً في الحيز المحيط به ، ويمكن إبرازه بواسطة إبرة ممغنطة ، حيث يتعلق انحرافها بمنحنى التيار الكهربائي المار في السلك .

III-متجهة المجال المغنتيسي :

عند وضع إبرة ممغنطة يمكنها الدوران حول محور رأسي ، في نقطة من مجال مغنتيسي ، فإنها تأخذ منحى واتجاهها معينين ، ولتمييز المجال المغنتيسي في نقطة نقرته بمتجه رمزها \vec{B} . ومنه فإن المجال المغنتيسي مقدار متوجه .

1-مميزات متجهة المجال المغنتيسي :



مميزات متجهة المجال المغنتيسي ($B(M)$) في نقطة M هي :

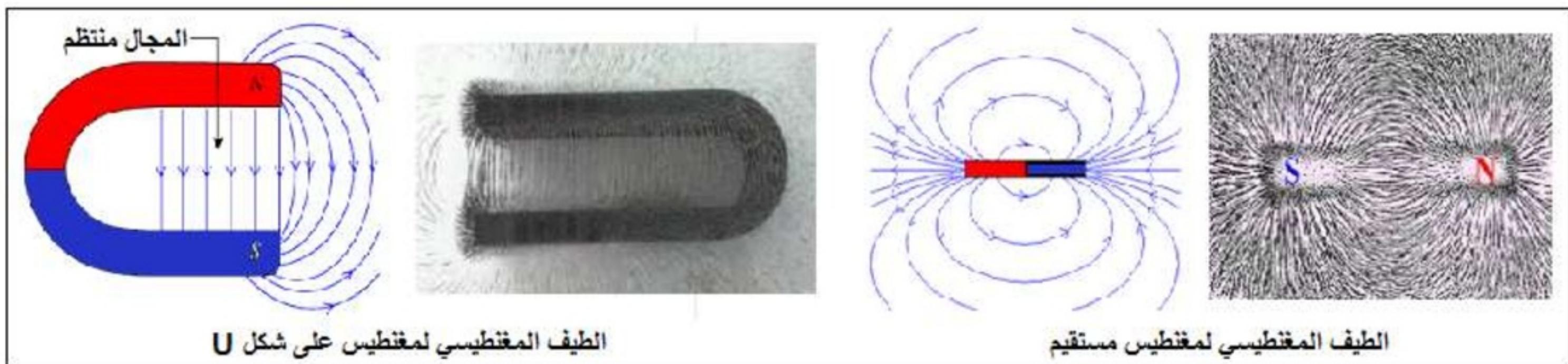
- ❖ الأصل : النقطة M
- ❖ الإتجاه : اتجاه إبرة ممغنطة موضوعة في النقطة M
- ❖ المنحى : من القطب الجنوبي S نحو القطب الشمالي N
- ❖ المنظم : تقادس بواسطة جهاز التيسلا متر ، وحدته في النظام العالمي للوحدات هي التسلا رمزها هو T .

2-الأطياف المغنتيسية :

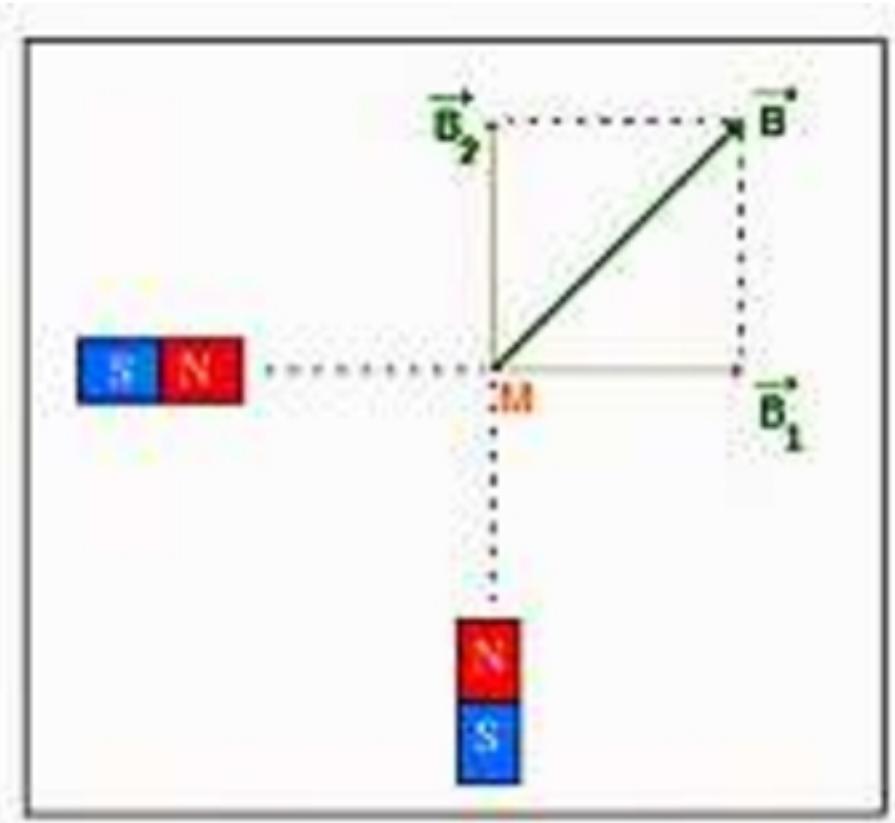
1-خطوط المجال المغنتيسي:

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

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



2-المجال المغناطيسي المنتظم :



يكون المجال المغناطيسي منتظاماً عندما تتحفظ متتجة المجال \vec{B} بنفس الاتجاه ونفس المنحى ونفس المنظم في كل نقطة من نقط المجال .
خطوط المجال المغناطيسي في هذه الحالة مستقيمات متوازية .

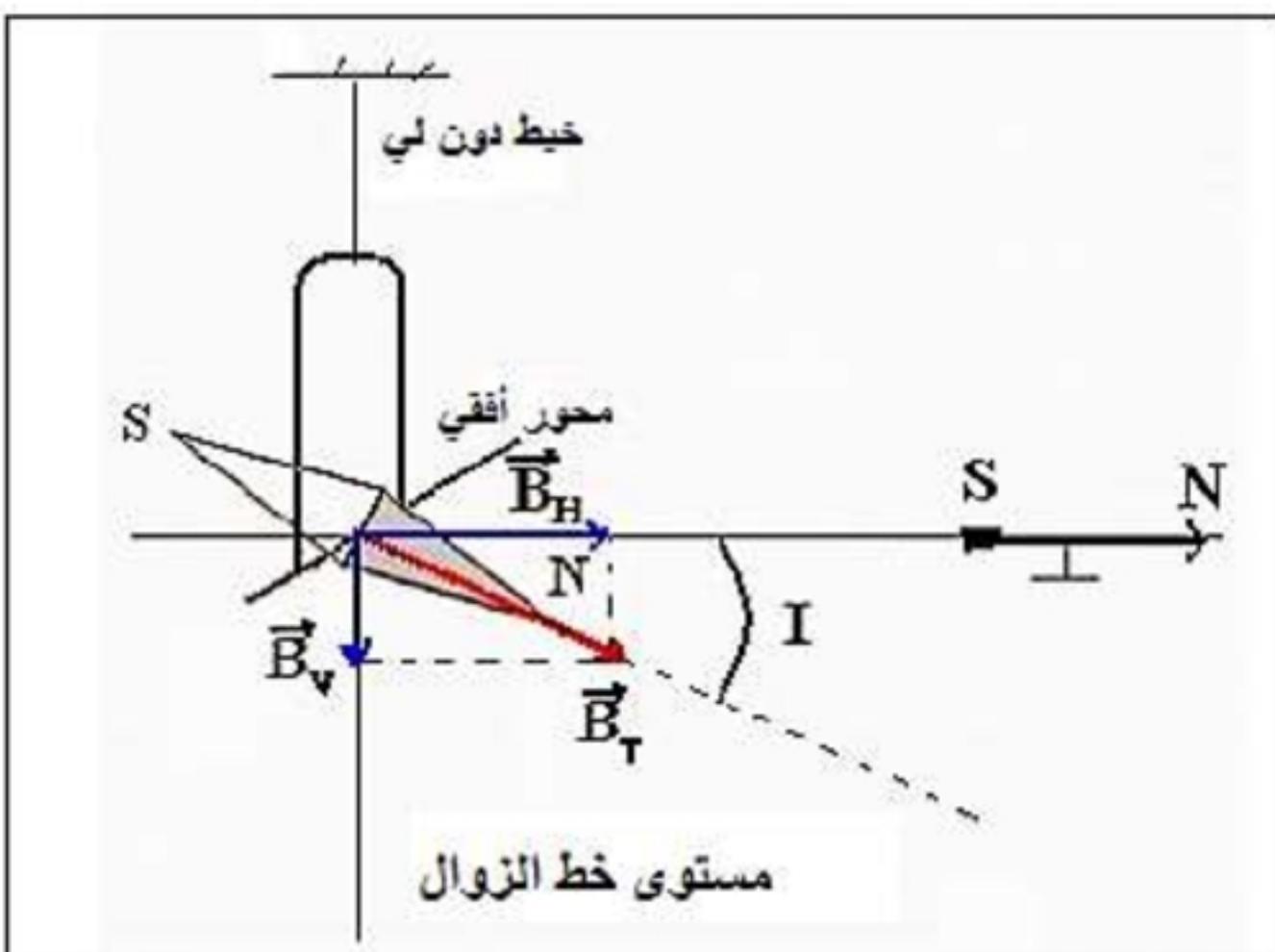
IV-تراكم مجالات مغناطيسية :

المجال المغناطيسي \vec{B} الناتج من طرف عدة مصادر يساوي المجموع المتجهي للمجالات المغناطيسية المحدثة من طرف كل مصدر على حدة .

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

٦-المجال المغناطيسي الأرضي :

تشير إبرة ممغنطة معزولة إلى نفس الاتجاه ، مما يدل على وجود مجال مغناطيسي أرضي \vec{B}_T .
هذا المجال ليس أفقياً بل يكون زاوية مع المستوى الأفقي
تسمى زاوية الميل I (inclinaison) .
ويسمى المستوى الذي يحتوي الإبرة ، مستوى خط الزوال
المغناطيسي .

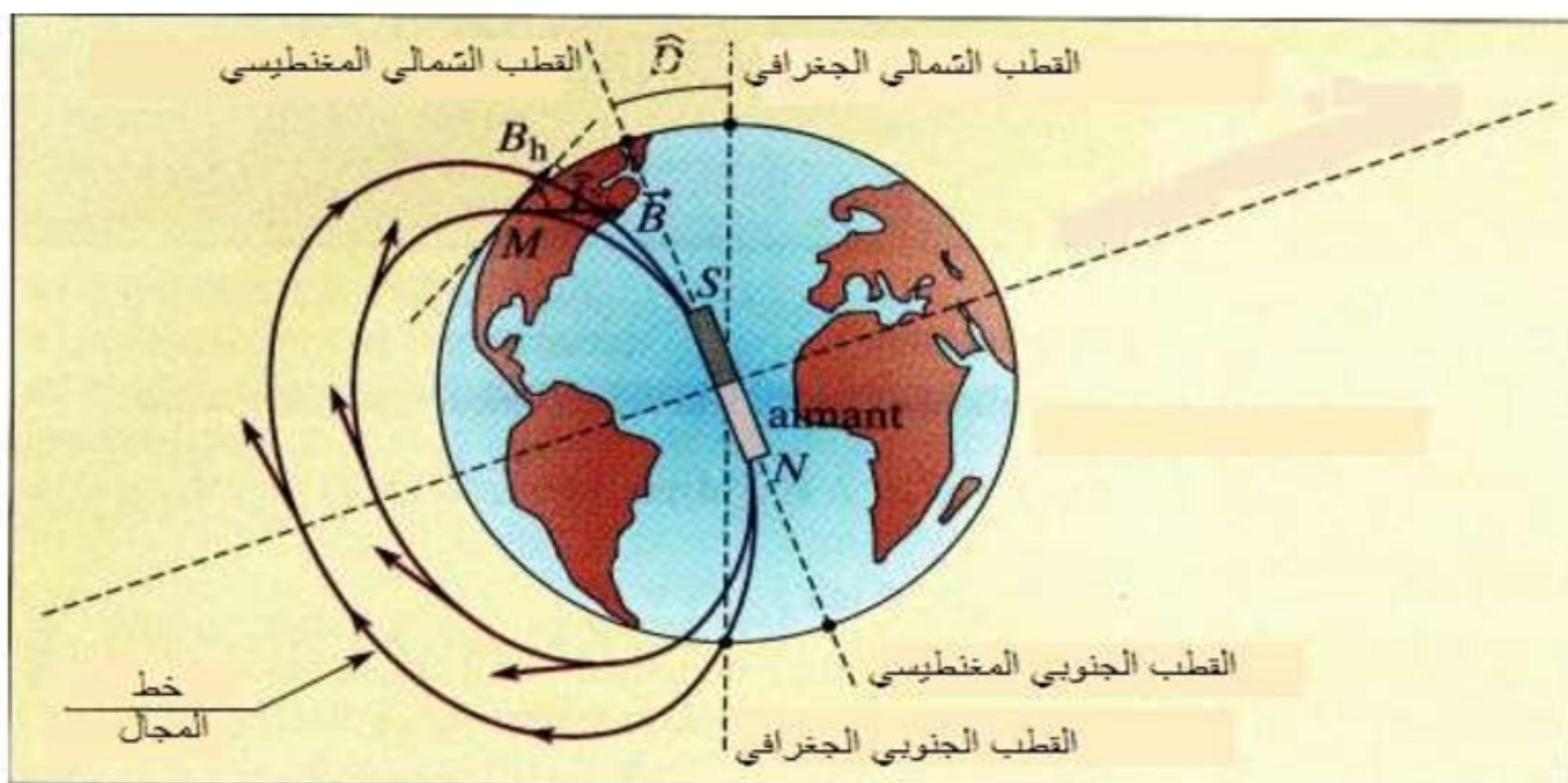


نكتب : $I = (\vec{B}_H, \vec{B}_T)$ مع $\cos I = \frac{B_H}{B_T}$ و $\vec{B}_T = \vec{B}_H + \vec{B}_V$

\vec{B}_H : المركبة الأفقية للمجال المغناطيسي الأرضي ♦♦♦

منها بواسطة إبرة البوصلة ، وقيمتها هي :

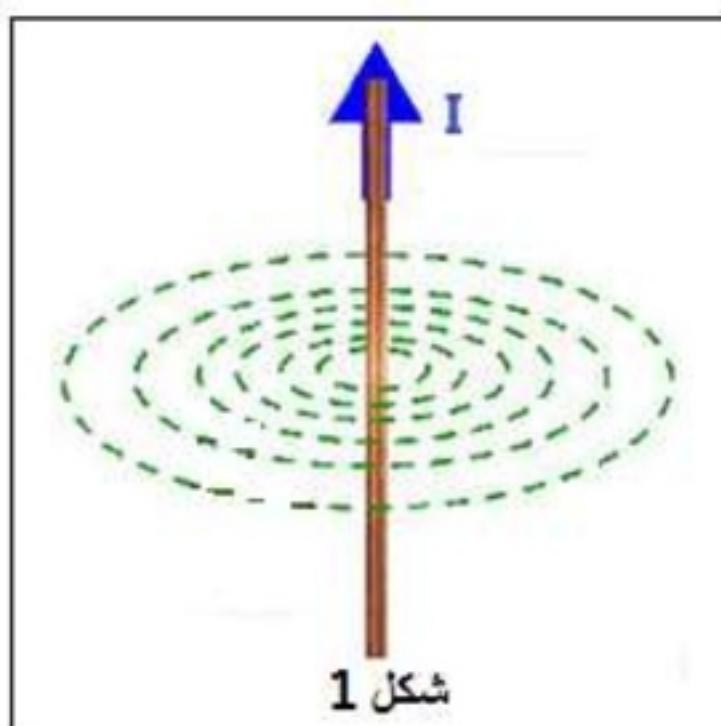
$$2.10^{-5} T$$



\vec{B}_V : المركبة الرأسية للمجال ♦
 المغناطيسي الأرضي : في اتجاه
 مركز الأرض ، منحاجها انجدابي
 مركزي في النصف الشمالي
 للأرض و نابذ في النصف
 الجنوبي للأرض .

المجال المغناطيسي المحدث من طرف تيار كهربائي

Champ magnétique créé par un courant électrique



1- المجال المغناطيسي لموصل مستقيم :

1- طيف المجال المغناطيسي لموصل مستقيم

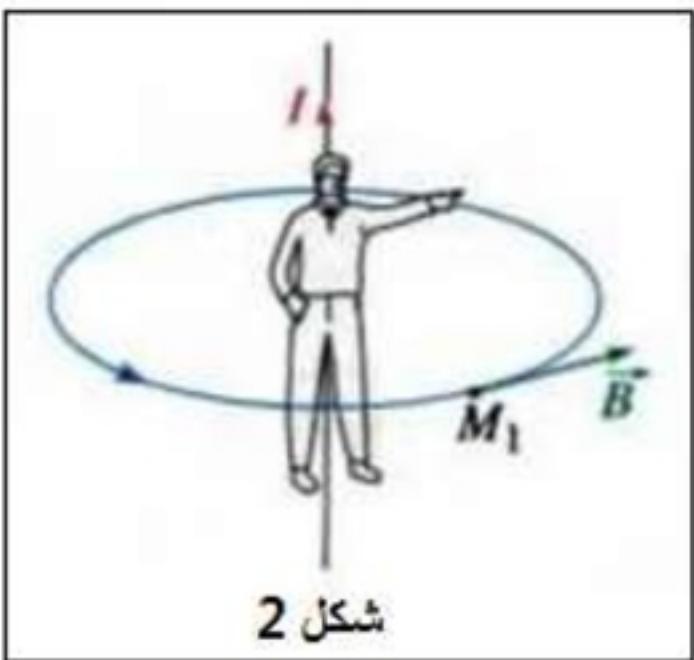
طيف المجال المغناطيسي الذي يحده موصل مستقيم عبارة عن دوائر ممركزة حول الموصل (الشكل 1).

2- منجي متوجه المجال المغناطيسي \vec{B}

لتحديد متوجه المجال المغناطيسي نطبق إحدى القاعدتين :

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

يجتاز التيار الكهربائي الملاحظ من الرجلين الى الراس عندما ينظر الى النقطة M من المجال المغناطيسي ، فإن



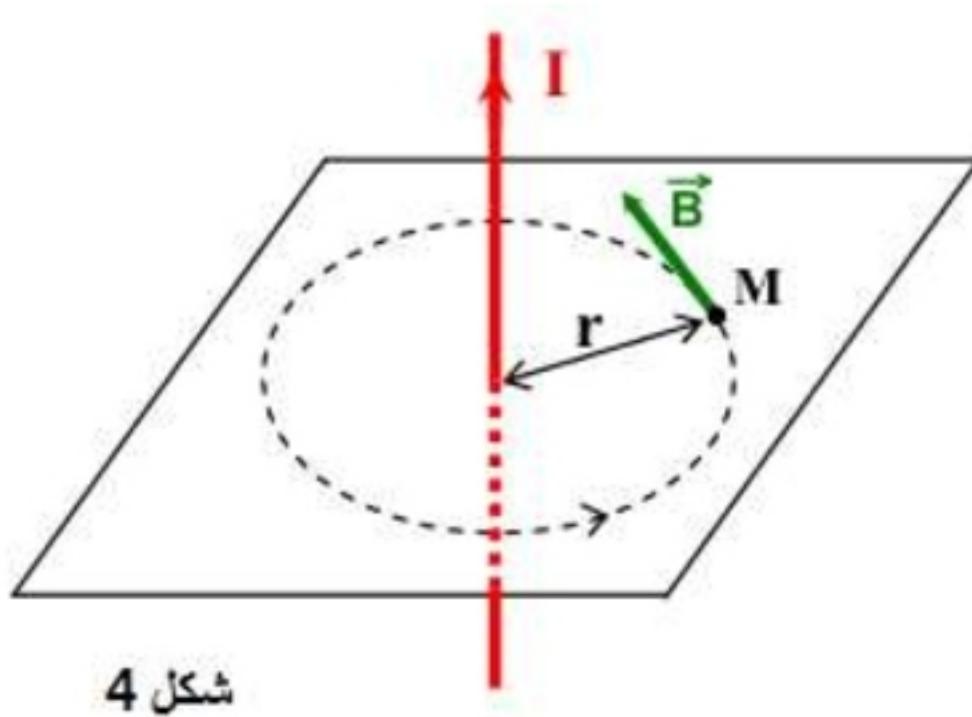
ذراعه اليسرى تشير الى منحي \vec{B} (شكل 2)

ب- قاعدة اليد اليمنى :

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

3- شدة المجال المغناطيسي :

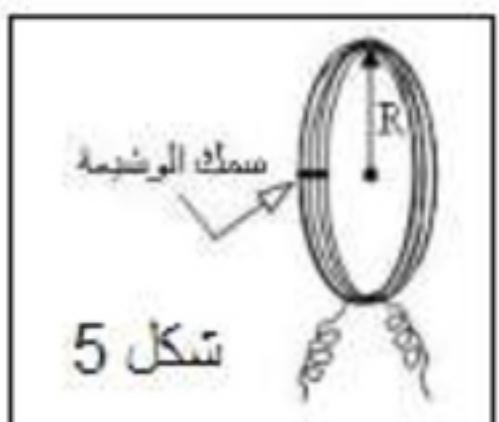
يعبر عن شدة المجال المغناطيسي الذي يحده موصل مستقيم ، يمر فيه تيار كهربائي مستمر شدته I ، في نقطة M توجد في مستوى عمودي على الموصل المستقيم وتبعد عنه بمسافة r العلاقة :



$$(T) \quad B = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I}{r} \quad (A) \quad (m)$$

. (PERMÉABILITÉ) $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ (SI)

II-المجال المغناطيسي لوشيعة مسطحة



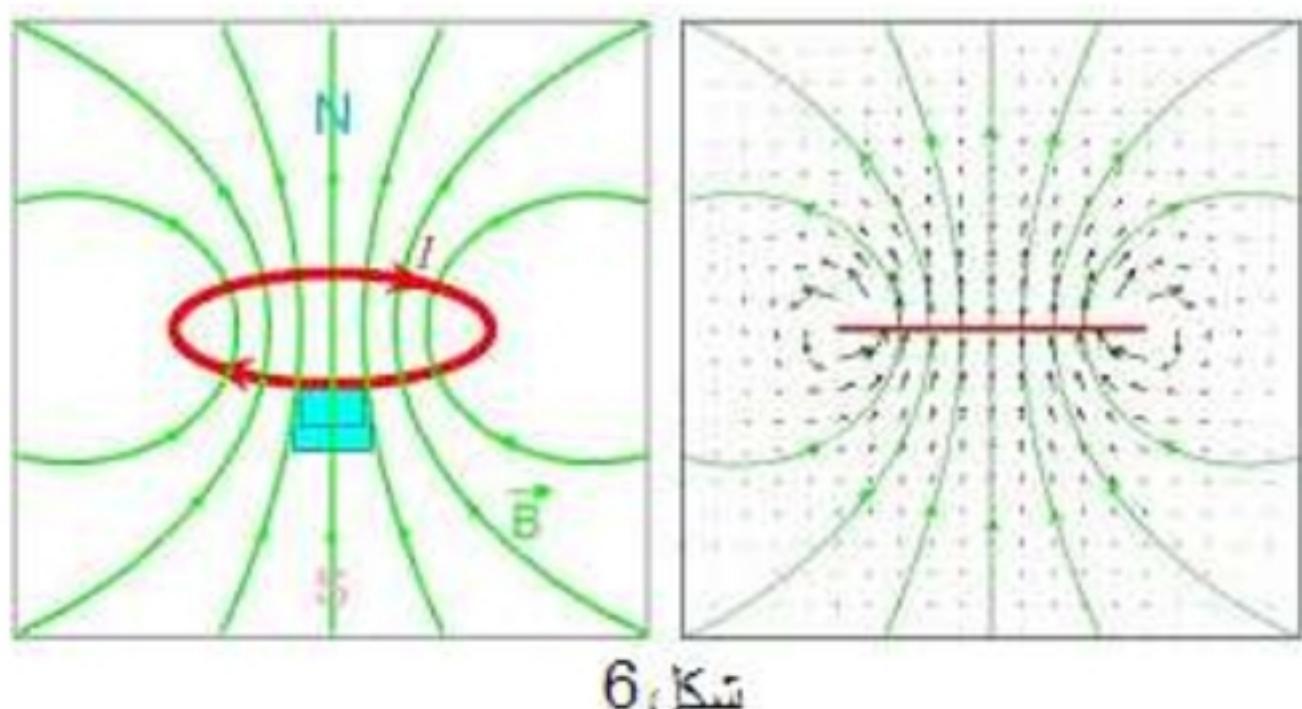
شكل 5

١-تعريف

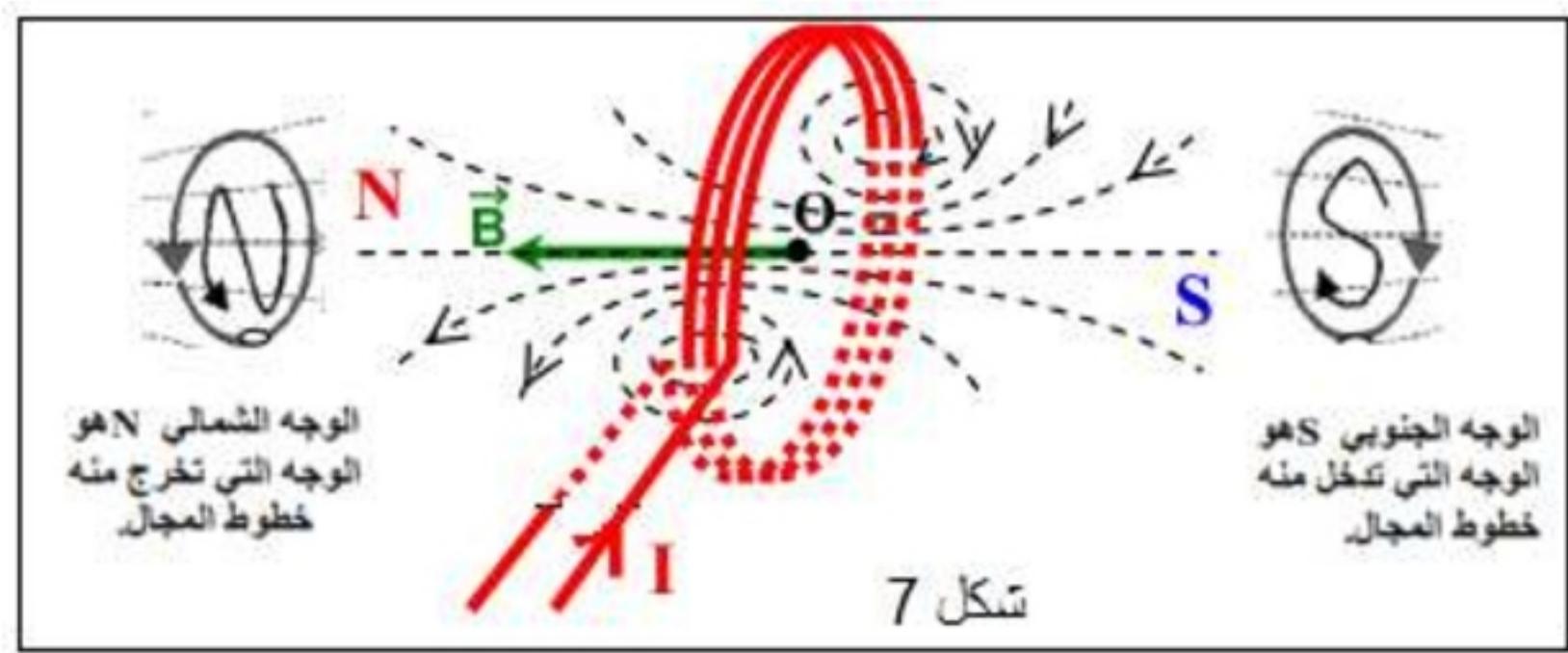
الوشيعة المسطحة تتكون من سلك موصل ملفوف بانتظام حول أسكواحة عازلة وتميز ببعد لفاتها N وبشعاع R أكبر بكثير من سمكها (شكل 5).

٢-طيف المجال المغناطيسي

خطوط المجال المغناطيسي عبارة عن خطوط مستقيمية ، تقربيا ، قرب مركز الوشيعة ، وعمودية على مستواها ، وتنحنى كلما ابتعدنا عن المركز لتصير دائرة قرب الأسلاك الموصلة (الشكل 6).



شكل 6



شكل 7

٣-منحي متوجه المجال المغناطيسي

يمكن معرفة منحي \vec{B} بتطبيق قاعدة ملحوظ أمبير أو قاعدة اليد اليمنى .
للوشيعة وجهان : شمالي وجنوبي . خطوط المجال تدخل من الوجه الجنوبي وتخرج من الوجه الشمالي (شكل 7).

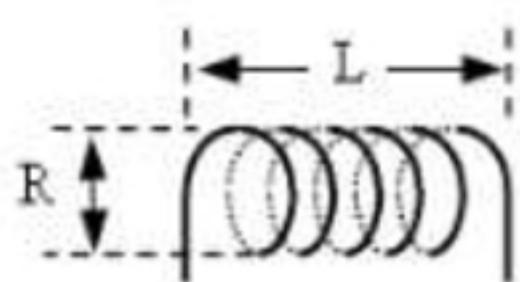
٤-شدة المجال المغناطيسي في مركز الوشيعة

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

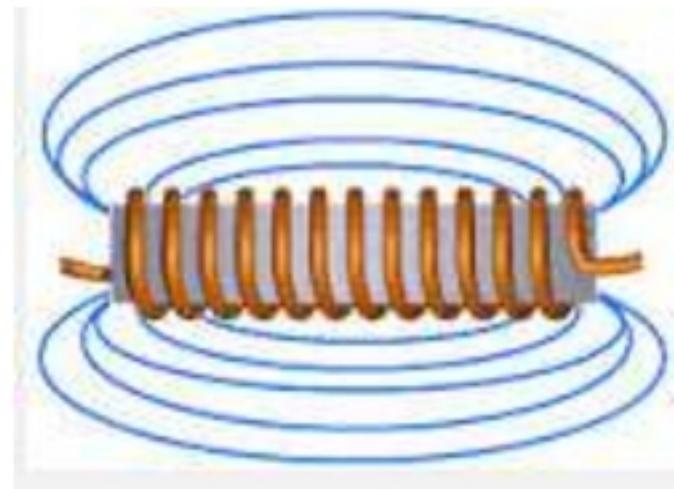
$$B = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{N \cdot I}{R}$$

III-المجال المغناطيسي المحدث من طرف ملف لولبي

1-تعريف

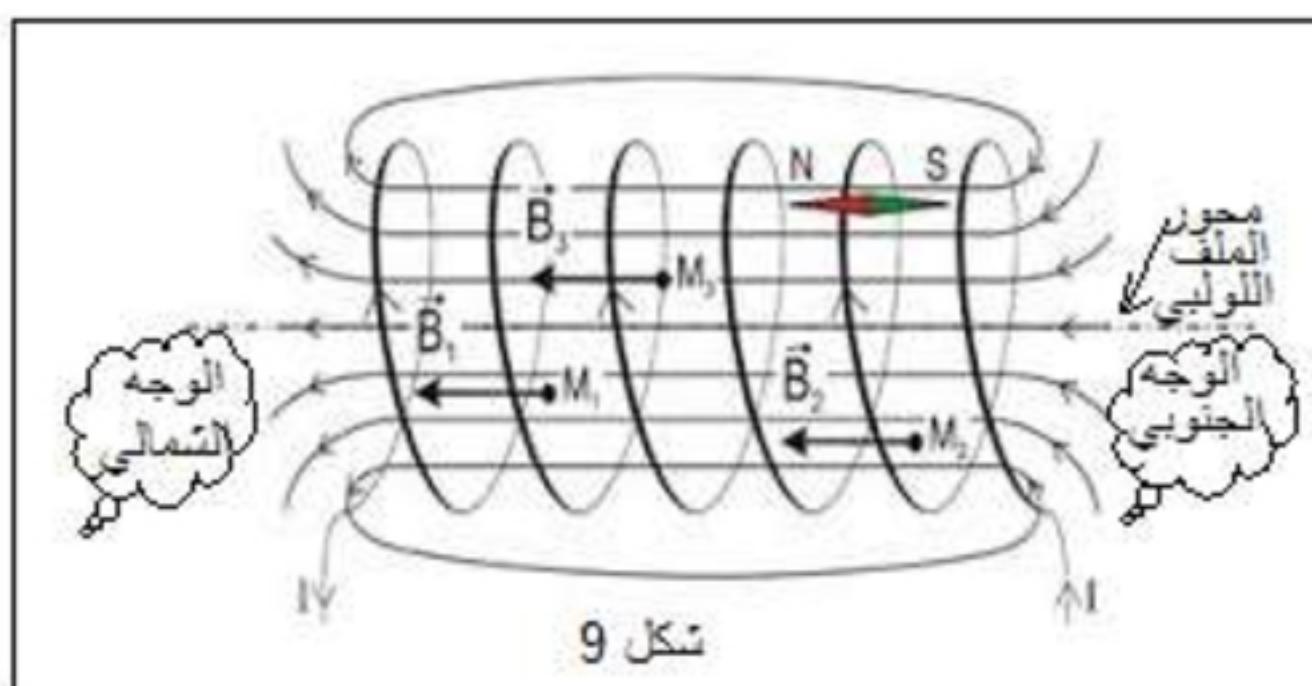


الملف اللولبي وشيعة طولها L كبير بالنسبة لشعاعها R ($L \geq 10R$). يمكن للفات أن تكون متصلة بينها أو غير متصلة.



- ✓ داخل الملف اللولبي، خطوط المجال المغناطيسي مستقيمية ومتوازية لمحور الملف. يكون المجال المغناطيسي إذن منتظاما.
- ✓ خارج الملف اللولبي ، طيف المجال المغناطيسي يشبه الطيف المغناطيسي لمغناطيس مستقيم.

2-طيف المجال المغناطيسي



تمكّن إبرة ممغنطة من تحديد منحى متّجهة المجال المغناطيسي \vec{B} أو استعمال إحدى القاعدتين . خطوط المجال تخرج من الوجه الشمالي N للملف اللولبي وتدخل إلى الوجه الجنوبي S .

3-شدة المجال المغناطيسي

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

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

$$(T) \xrightarrow[B = \mu_0 \cdot n \cdot I]{(A)} (m^{-1})$$

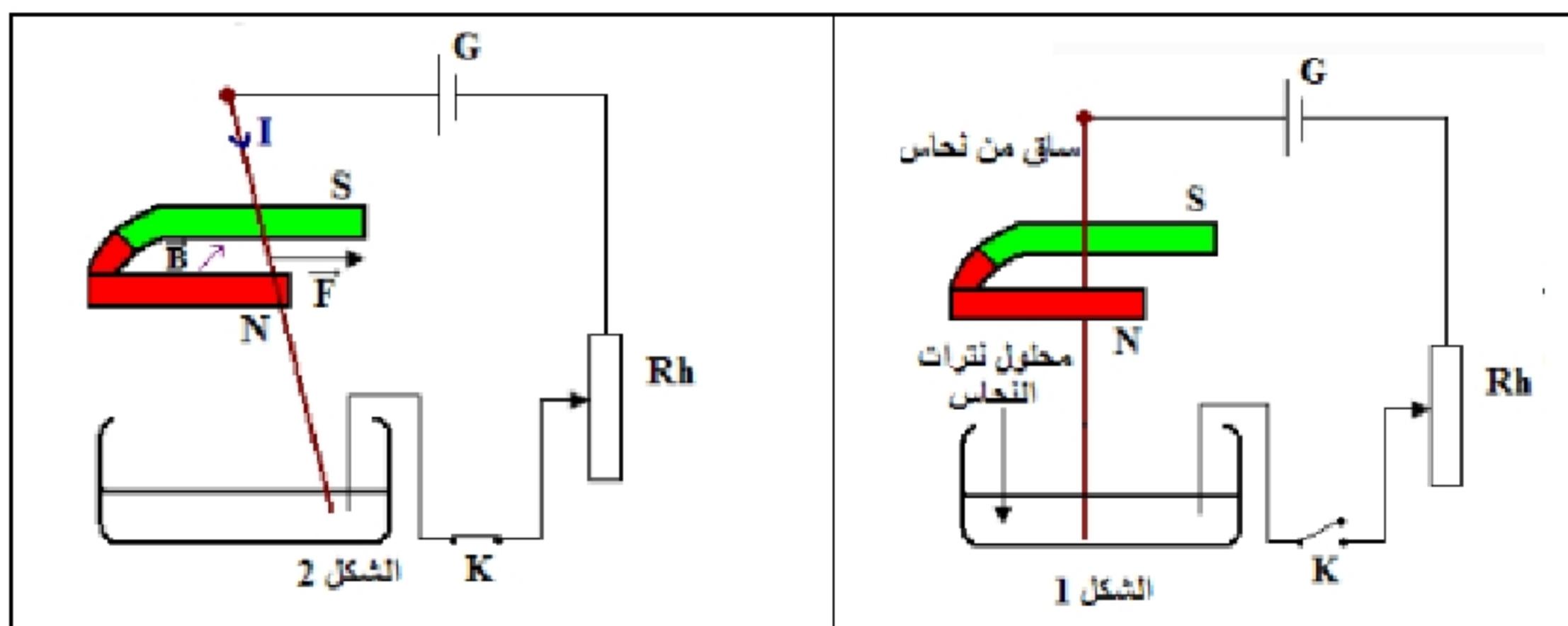
مع : $n = \frac{N}{L}$ حيث n عدد اللفات في وحدة الطول .

القوى الكهرومغناطيسية - قانون بلاص Forces électromagnétiques lois de laplace

I- الإبراز التجريبي لقوة بلاص

1- قانون بلاص

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 المغناطيسي .

1-3- استنتاج :

ينتُج عن التيار الكهربائي والمجال المغناطيسي قوة مغناطيسية تسمى : قوة بلاص (Force de Laplace)

2- نص قانون بلاص

عندما يوجد جزء من موصل طوله ℓ يمر فيه تيار كهربائي شدته I ، ومغمور داخل مجال مغناطيسي \vec{B} ، فإنه يخضع لتأثير قوة كهرومغناطيسية \vec{F} تسمى بقوة بلاص ، يتعلق منحاها بمنحى التيار الكهربائي ومنحى متوجة المجال المغناطيسي بحيث :

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

تمثل \wedge الجداء المتجهي .

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

شدة قوة بلاص : $F = I \cdot \ell \cdot B \sin \alpha$

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

3-مميزات قوة بلاص

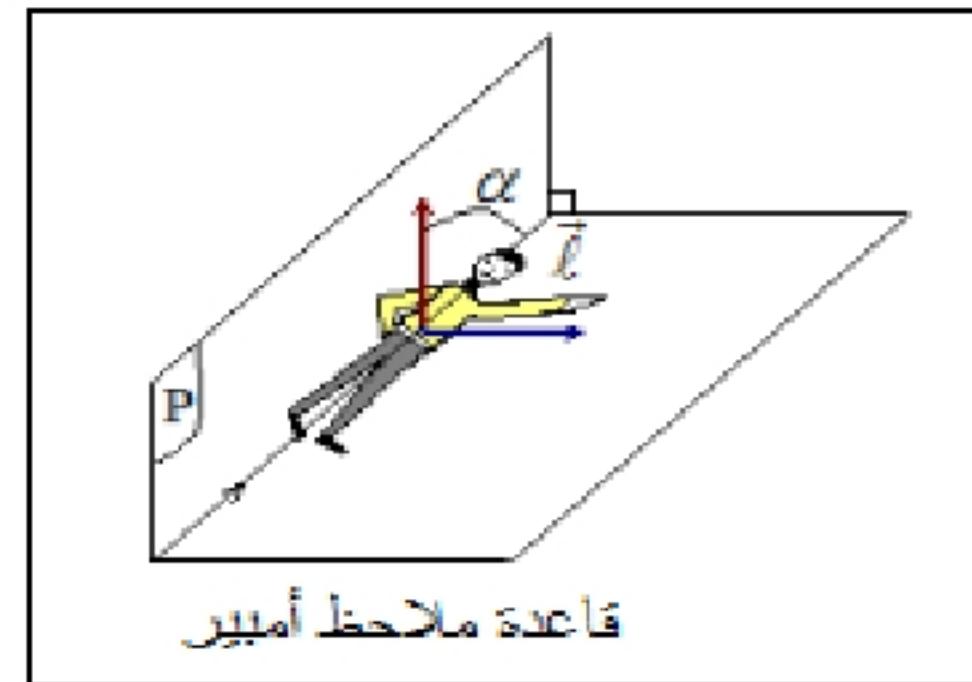
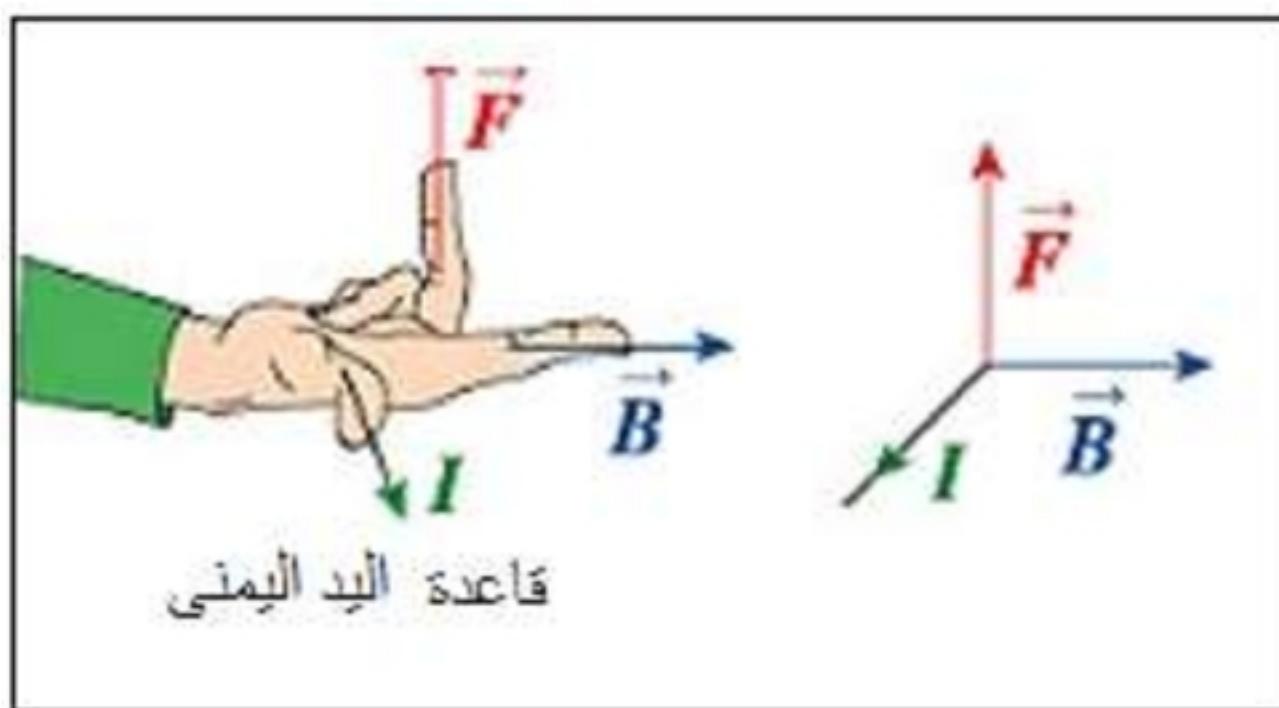
- ❖ نقطة التأثير: منتصف جزء الموصل الذي يوجد في المجال المغناطيسي.
- ❖ خط التأثير: المستقيم العمودي على المستوى الذي يحدده الموصل المستقيم والمتجهة \vec{B} .
- ❖ المنحى: نحصل عليه بتطبيق قاعدة ملاحظ أمبير أو قاعدة الأصابع الثلاث لليد اليمنى.
- ❖ الشدة: $F = I \cdot \ell \cdot B | \sin\alpha |$

قاعدة ملاحظ أمبير

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

قاعدة الأصابع الثلاث لليد اليمنى :

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



II-تطبيقات قانون بلاص

1-مكبر الصوت الكهروديناميكي

أ-الوصف:

يتكون مكبر الصوت الكهروديناميكي من الأجزاء التالية :

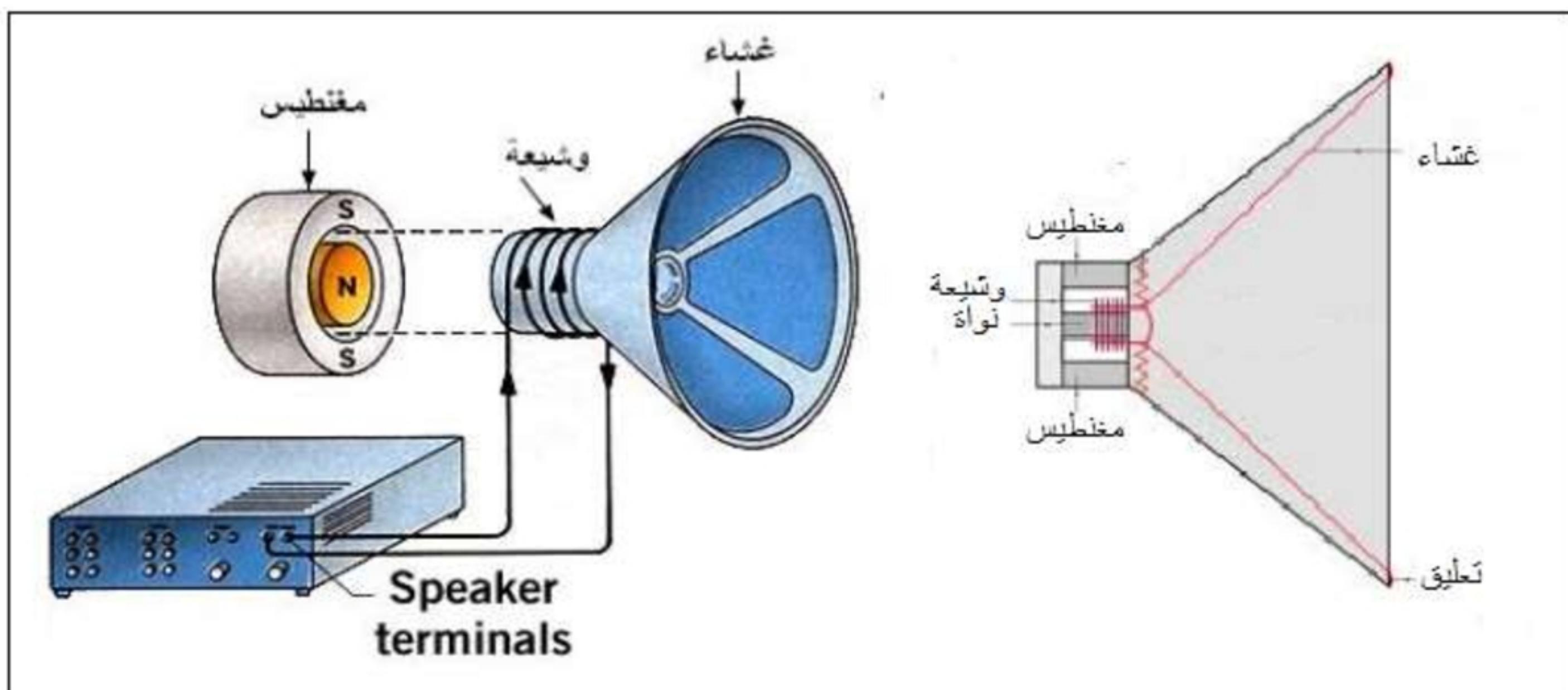
- ✓ **مغنتيس**: ذي شكل دائري يحدث مجالاً مغناطيسياً شعاعياً.
- ✓ **وشيعة**: يمكنها الحركة طول القطب الشمالي للمغنتيس.
- ✓ **غشاء**: من ورق مقوى رقيق مرتبط بالوشيعة ..

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 إلى إشارات صوتية ، عكس الميكروفون ، إذن مكبر الصوت جهاز محول .



2-المotor الكهربائي المغدي بالتيار

أ-الوصف :

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

✓ **الساكن** : وهو عبارة عن كهر مغناطيسي يحدث مجالاً مغناطيسياً شعاعياً .

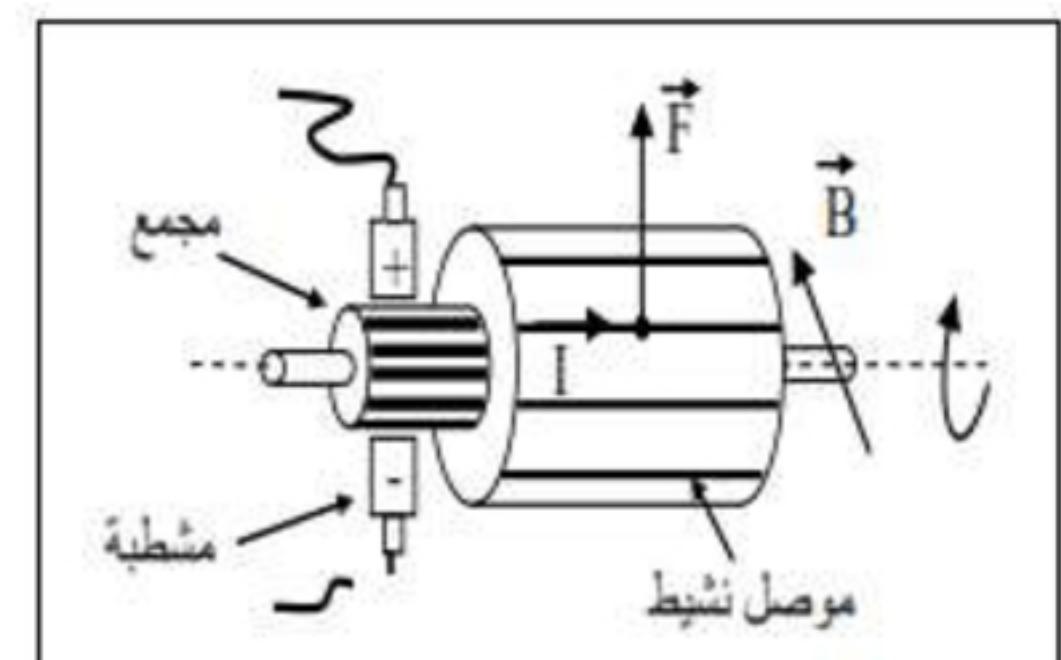
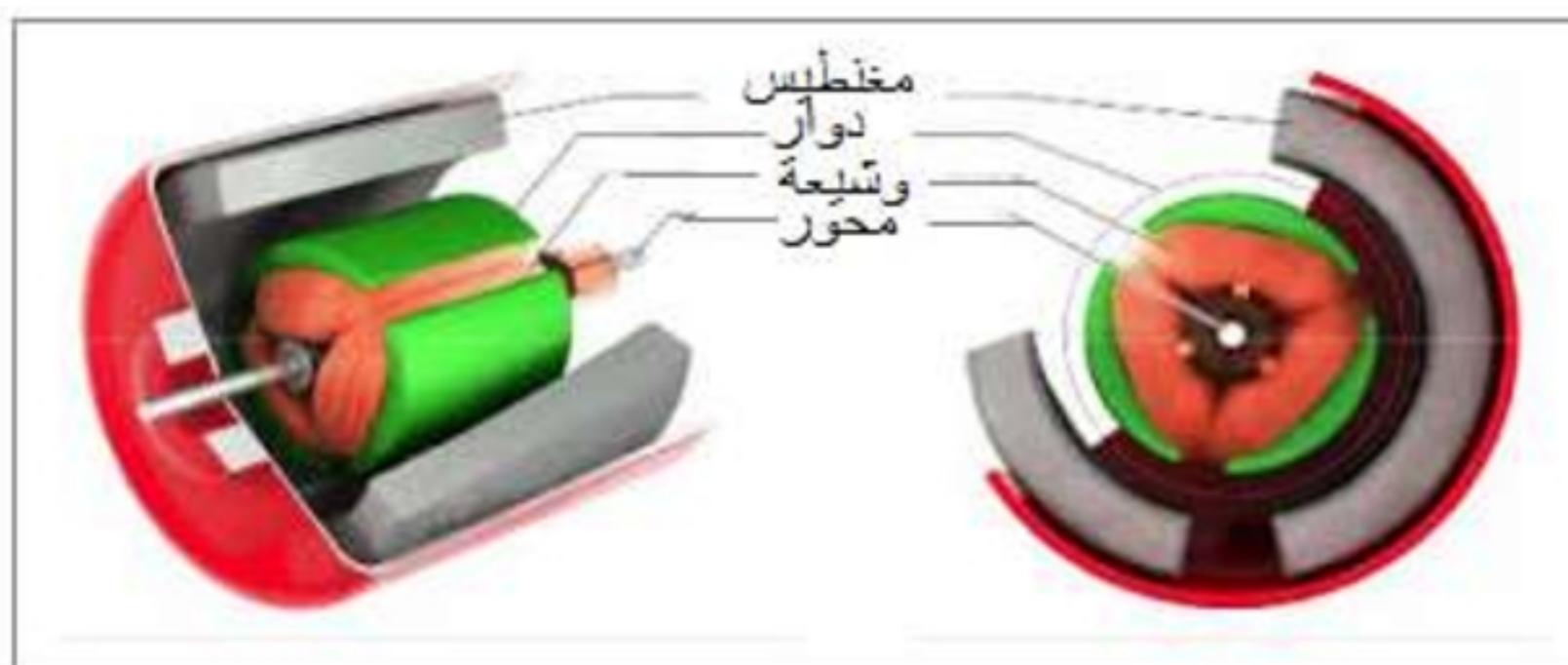
✓ **الدوار** : هو جزء من المترد ، وهو عبارة عن أسطوانة من حديد قابلة للدوران حول محورها لف على سطحها الخارجب عدد كبير من الموصلات النحاسية .

ب-مبدأ الإشتغال :

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

: ملحوظة

تزويد الدارة بالتيار الكهربائي يتم عبر المجمع بواسطة مشطبين .



شروط قابلية رؤية شيء *conditions de visibilité d'un objet*

I - رؤية شيء



1- مفهوم الشيء الضوئي :

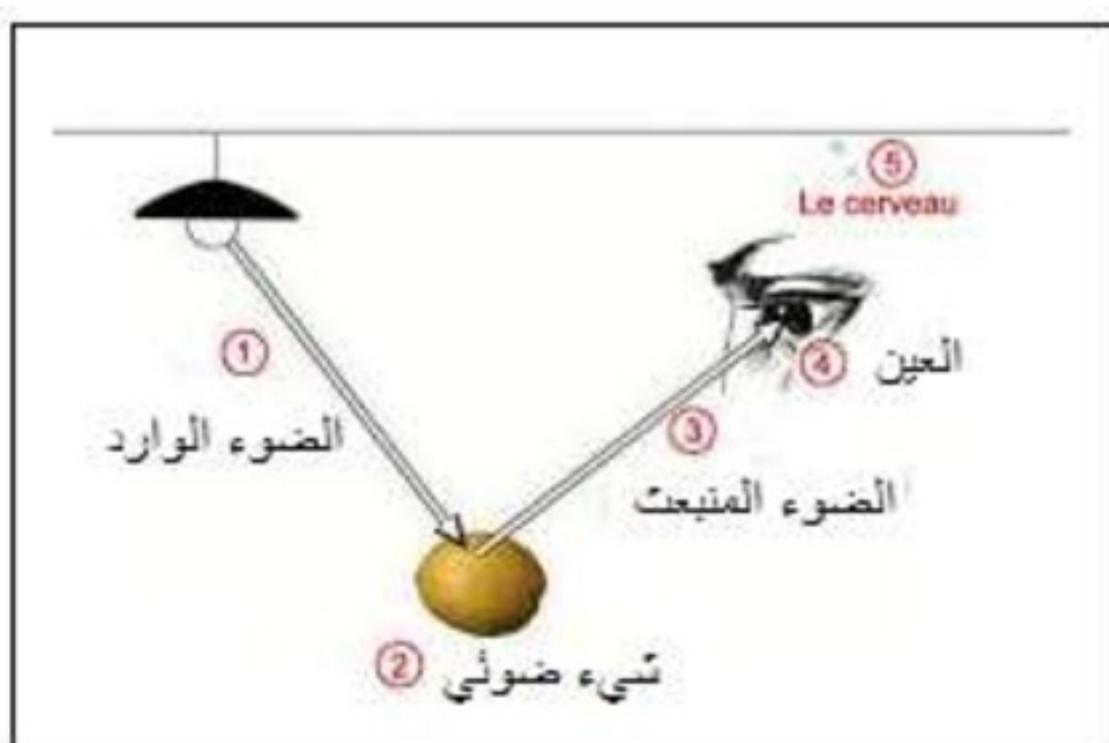
الشيء الضوئي هو كل شيء باعث للضوء وهو نوعان :

❖ **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 جزءاً منه في جميع الاتجاهات ، كالقمر والورق الشفاف

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

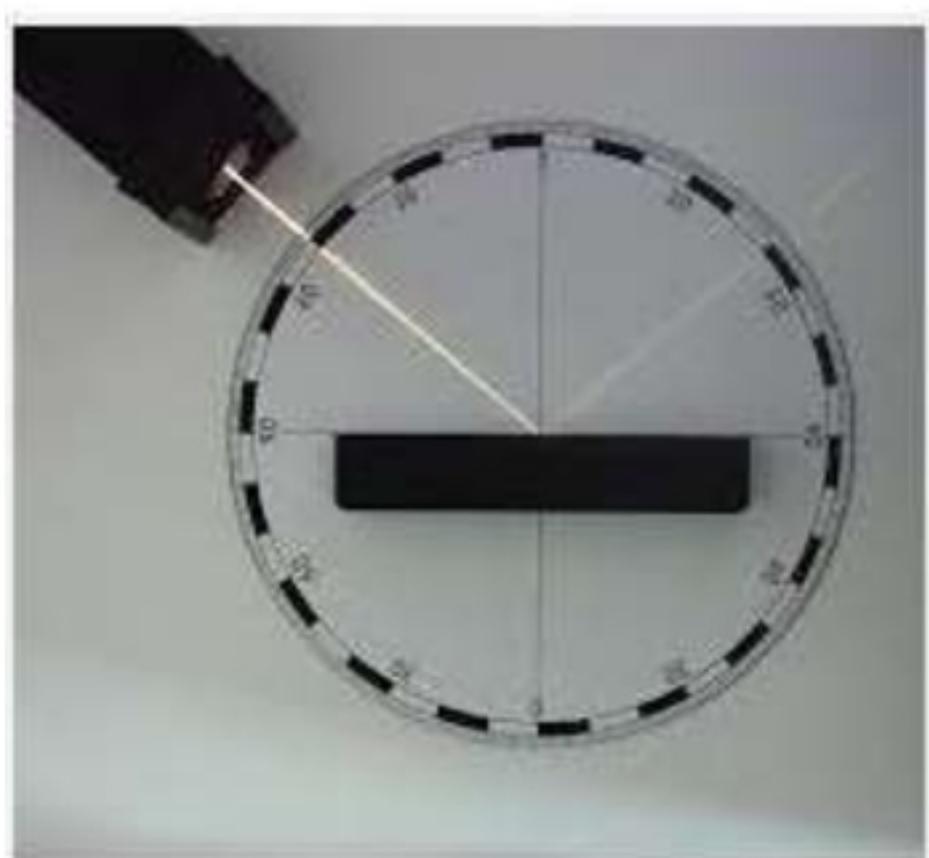


2- شروط قابلية رؤية الشيء :

لا يمكن رؤية الشيء إلا إذا كان منبعاً للضوء (الشمس ، المصابح) أو مضاءً ويشتت جزءاً من الضوء الذي يستقبله . (القمر الجдан ، الأشجار ...) (الضوء لا يرى ولكن ترى الأشياء المضاءة) وأن يصل الضوء المنبعث من الشيء إلى 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 انتشار الضوء ابتداءً من نقطة الشيء .



نسمى كلاً من هذه المستقيمات **شعاعاً ضوئياً** *rayon lumineux* .

II - ظاهرة انعكاس وانتشار الضوء

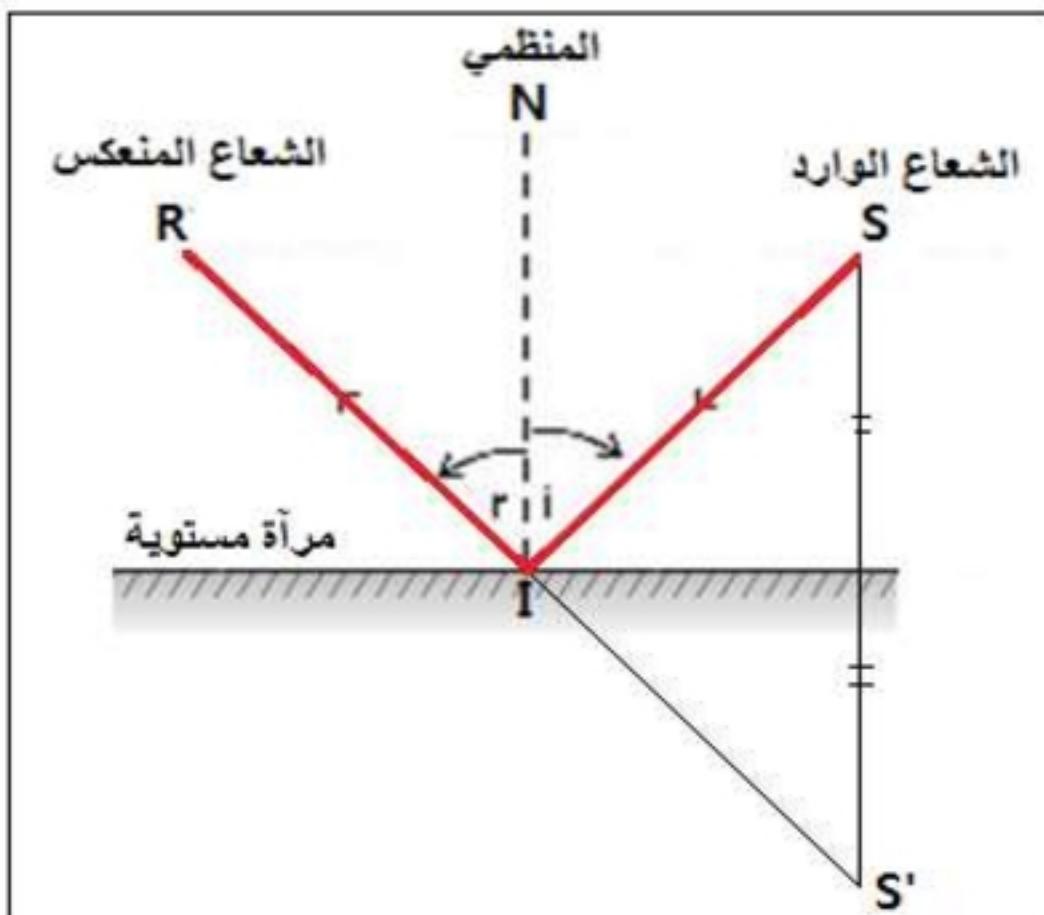
phénomène de réflexion et de réfraction

1- انعكاس الضوء :

1-1- نشاط تجريبي :

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

أ-املأ الجدول التالي :



60	50	40	30	20	10	0	$i(^{\circ})$
						0	$r(^{\circ})$

ب-ماذا تمثل 'S' بالنسبة للمنبع النقطي S ؟

ج-استنتج قانون ديكارت للانعكاس .

2-استثمار :

أ-انظر الجدول اسفله

60	50	40	30	20	10	0	$i(^{\circ})$
60	50	40	30	20	10	0	$r(^{\circ})$

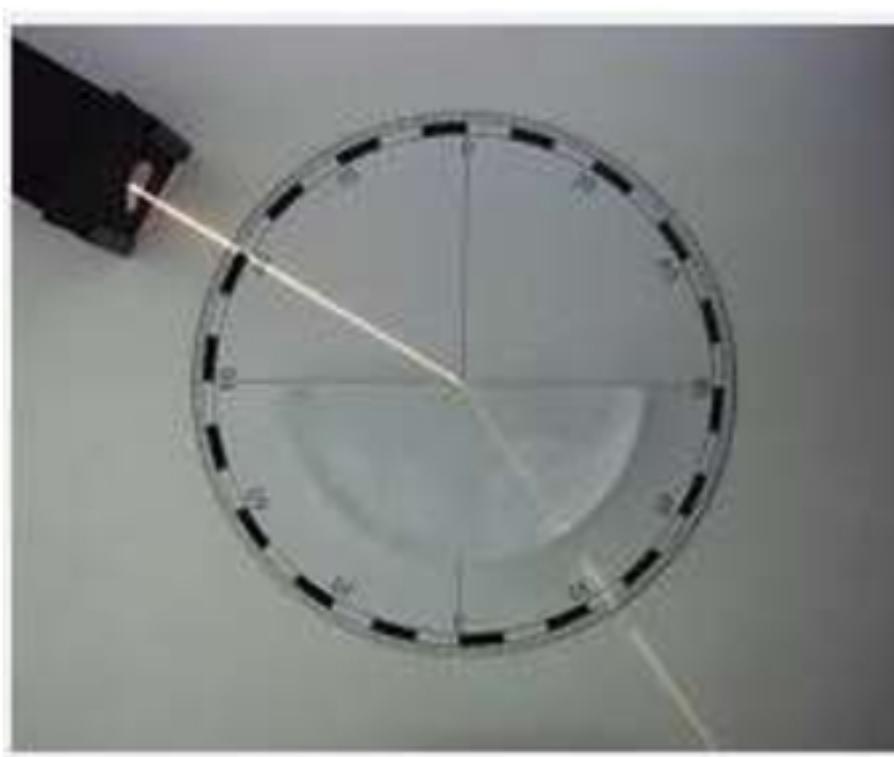
ب-تمثل 'S' صورة وهمية بالنسبة للمرآة المستوية ويبدو وكأن الشعاع المنعكس R يرد من 'S' .

ج-قانون ديكارت للانعكاس :

- القانون الأول : الشعاع الوارد والشعاع المنعكس يوجدان في نفس المستوى (مستوى الورود) .

- القانون الثاني : زاوية الورود تساوي زاوية الانعكاس : $i = r$.

2- انكسار الضوء : *réfraction de la lumière*



60	50	40	30	20	10	0	$i_1(^{\circ})$
						0	$i_2(^{\circ})$
						-	$\frac{\sin i_1}{\sin i_2}$

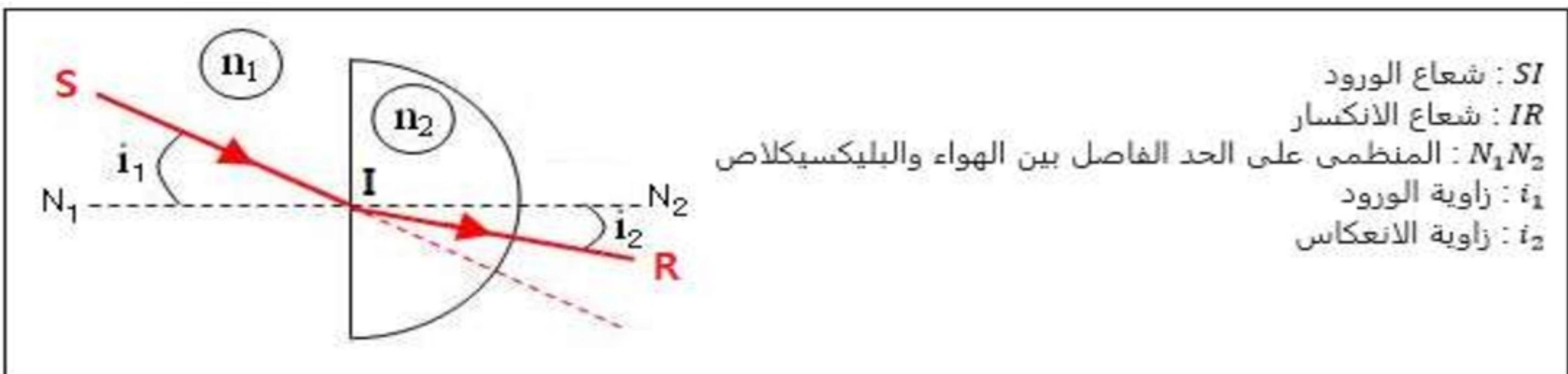
ب- عرف ظاهرة انكسار الضوء واستنتاج العلاقة بين i_1 و i_2 علماً أن : $\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1}$

ج-استنتاج قانون ديكارت للانكسار .

2-استثمار :

أ-جدول النتائج :

60	50	40	30	20	10	0	$i_1(^{\circ})$
35	30,5	25	19	13	6,5	0	$i_2(^{\circ})$
1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	-	$\frac{\sin i_1}{\sin i_2}$



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

$$\text{لدينا : } \frac{\sin i_1}{\sin i_2} = n_{1/2}$$

معامل الانكسار النسبي $n_{1/2}$:

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

معامل الانكسار المطلق 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 .

$$n_1 \cdot \sin i_1 = n_2 \cdot \sin i_2 \quad \text{نستنتج العلاقة : } \frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{أي :}$$

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

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

ج-قانون 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 : $n_1 \cdot \sin i_1 = n_2 \cdot \sin i_2$

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 :



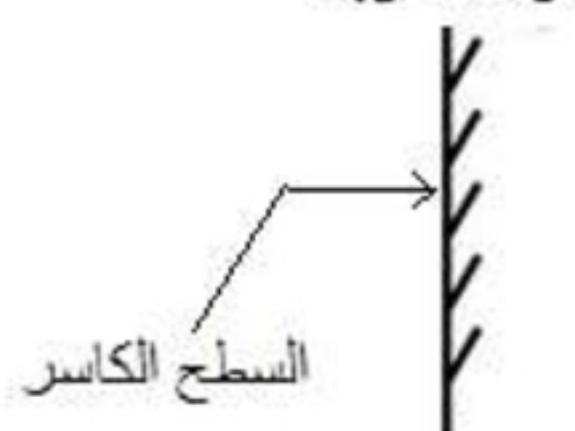
1-المراة المستوية :

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

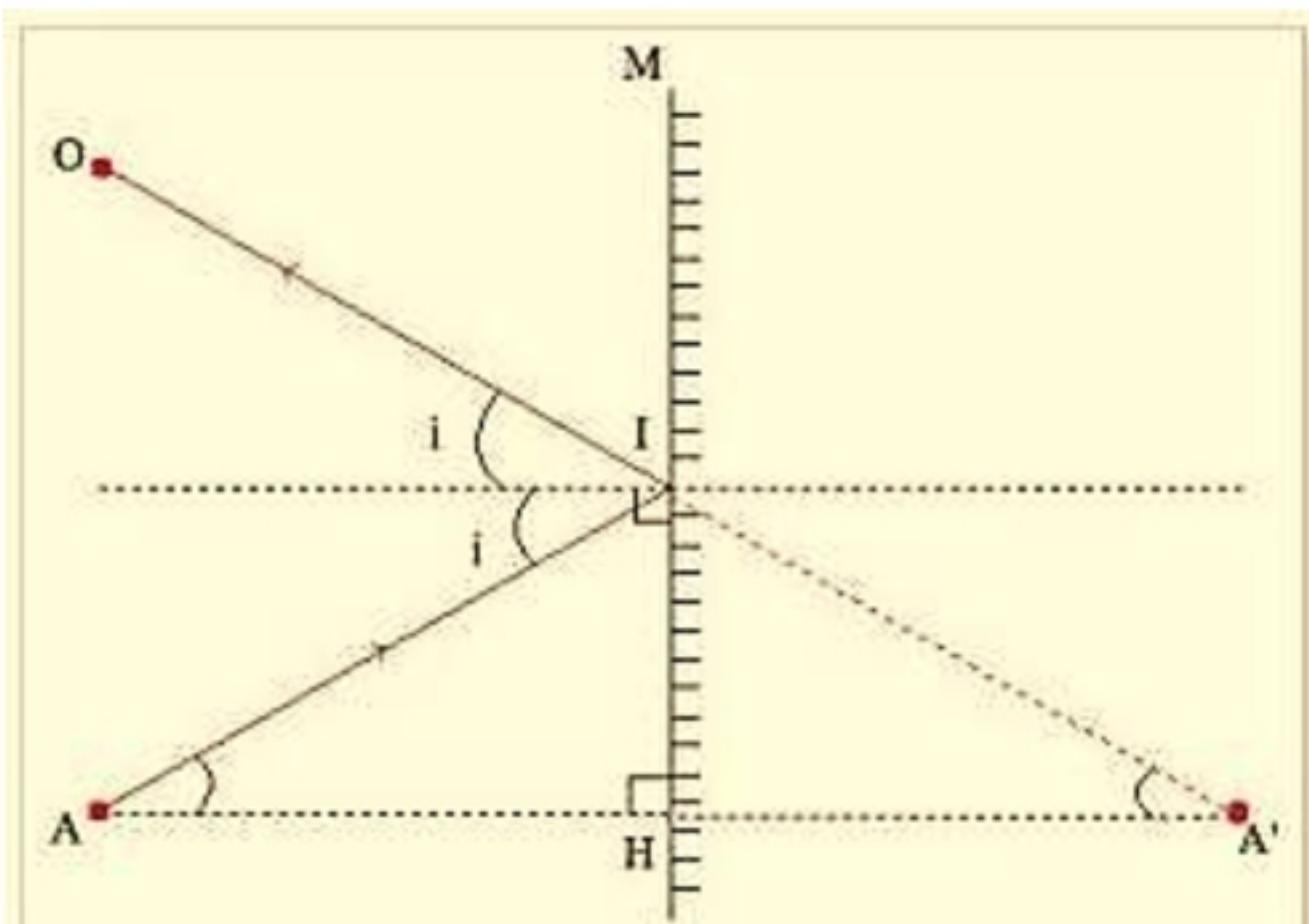
أمثلة :

سطح ماء ساكن ، صفيحة زجاجية مصقوله ، صفيحة فلزية مستوية ومصقوله الخ ...

تمثيل المرأة المستوية



2- مشاهدة الصورة :



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

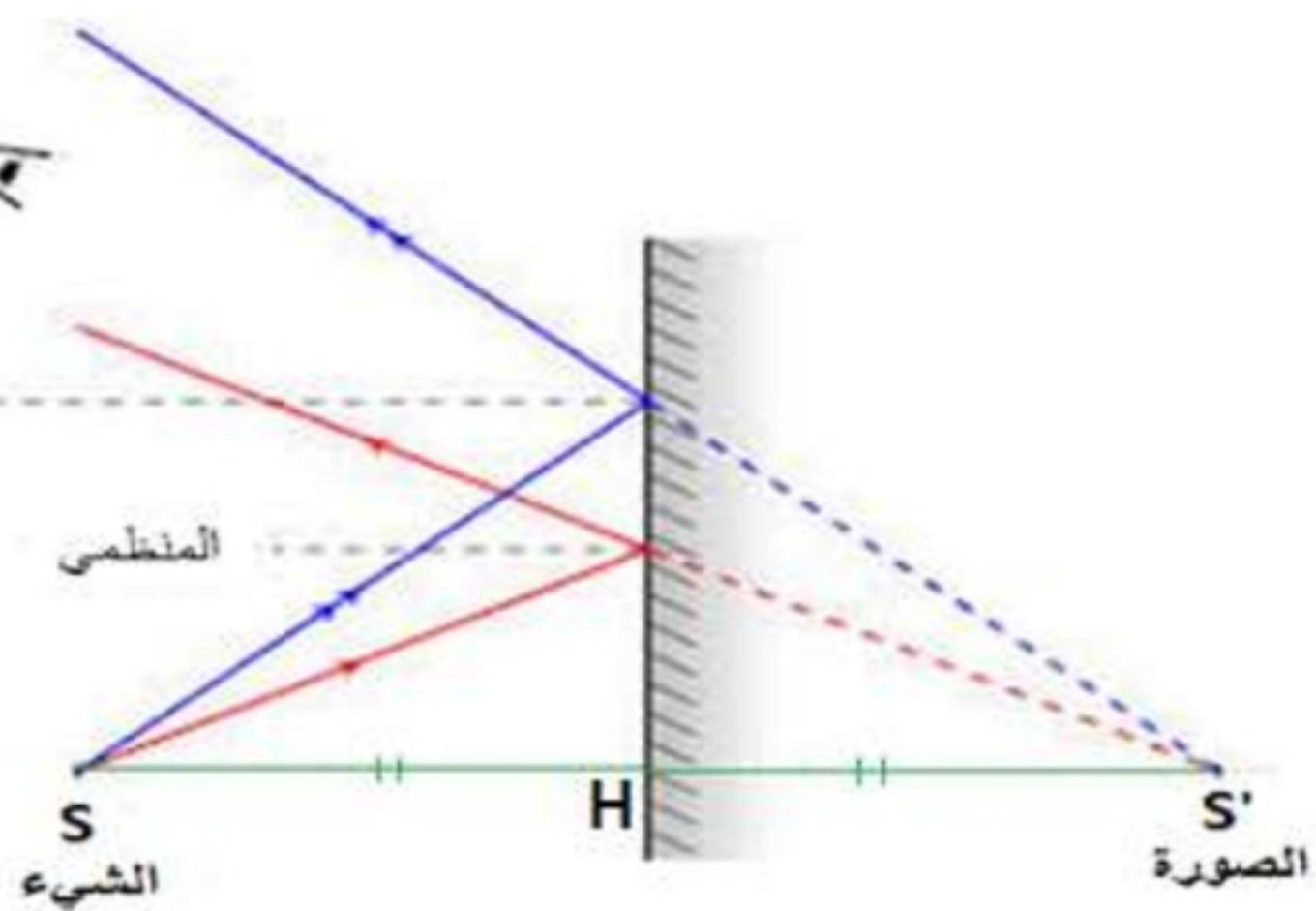
ملحوظة :

- عندما ترى عين الملاحظ النقطة S مباشرة ، تمثل النقطة S الشيء بالنسبة للعين .
- عندما ترى عين الملاحظ النقطة S' من خلال المرأة ، 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 طرفيتين :

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



4-أبعاد الصورة :

1-تجربة الشمعتين :

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

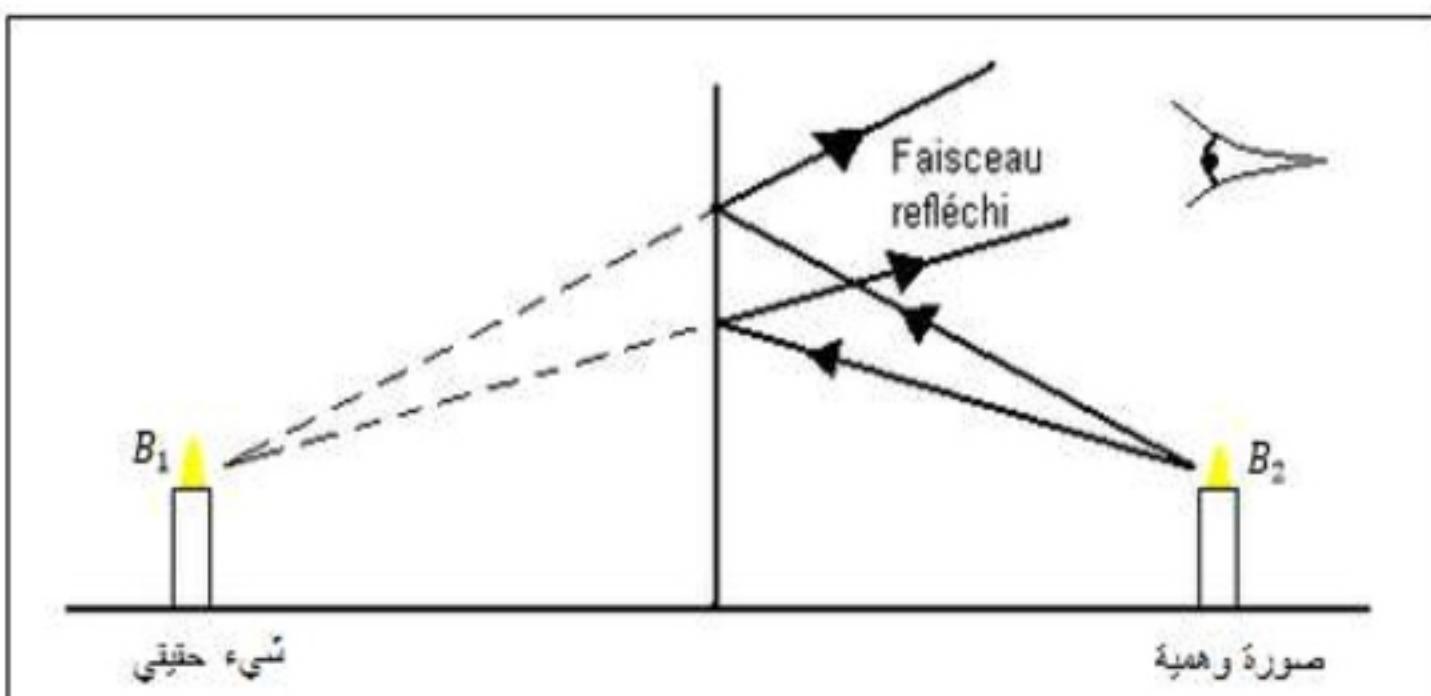
ثبت الصفيحة الزجاجية رأسيا ونونقد إحدى الشمعة B_1 ونضعها أمام المرآة المستوية ، فنشاهد صورتها B'_1 المحصل عليها بواسطة الصفيحة الزجاجية .

نضع الشمعة B_2 الغير مشتعلة وراء الصفيحة الصورة في موضع B'_1 ، فنلاحظ الشمعة في موضع B'_2 تبدو وكأنها 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 و صورتها B'_1 المحصل عليها بواسطة المرآة المستوية . ماذا تستنتج ؟



2-استئمار :

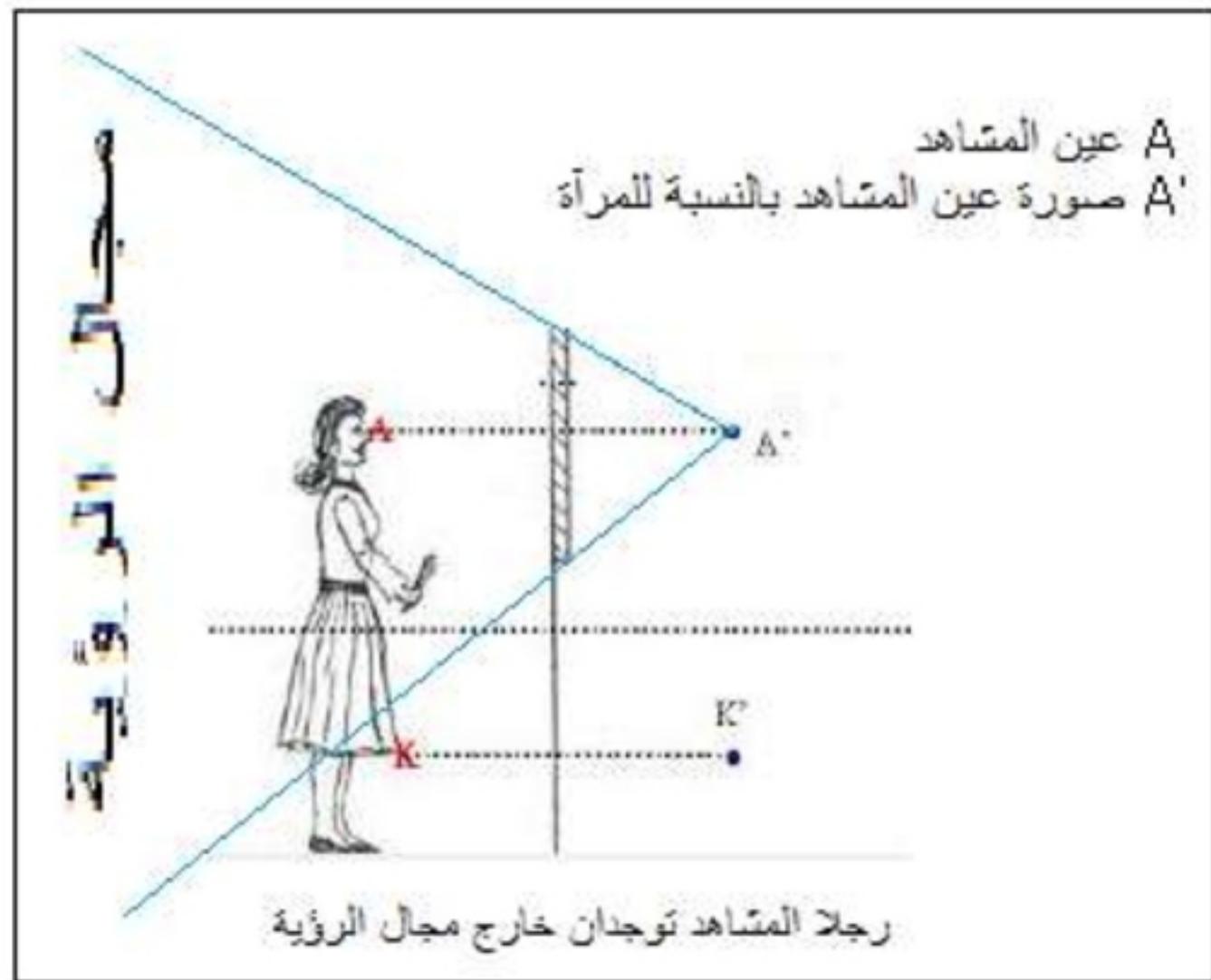
أ-تمثل الشمعة B_1 شيء ضوئي بالنسبة للصفيحة الزجاجية .

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 :

المراة المستوية تعطي لشيء موضع أمامها صورة وهمية لها نفس ابعاد الشيء .



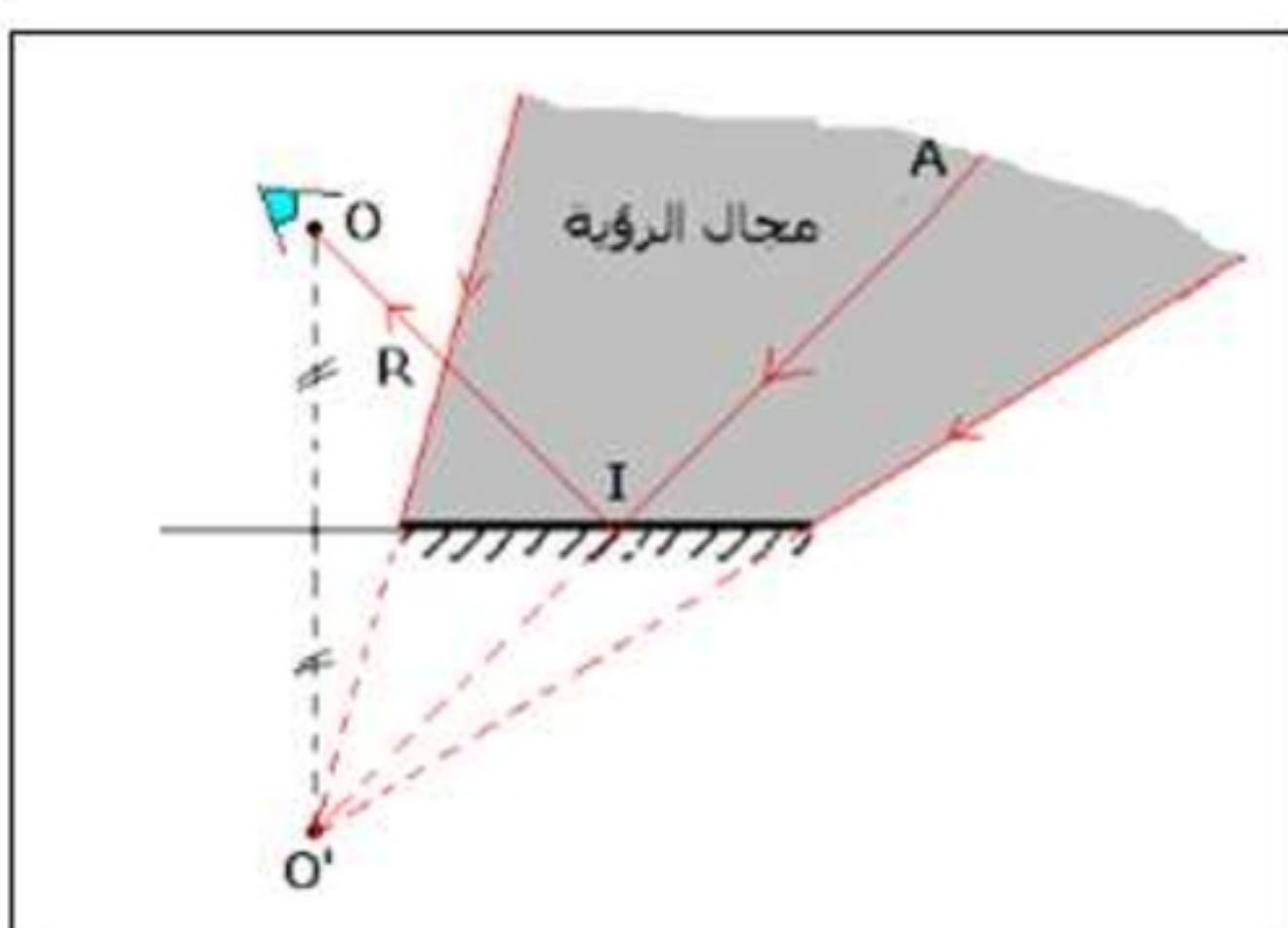
II- مجال الرؤية لمراة مستوية :

1- إبراز مجال الرؤية لمراة مستوية :

عندما يقف شخص أمام مرآة ويبقى ثابتا في مكانه فإنه لا يرى صورة رجليه عبر المرأة لأنهما خارج مجال الرؤية .

يمكن تغيير مجال رؤية المرأة لكي يتمكن المشاهد رؤية قدميه :

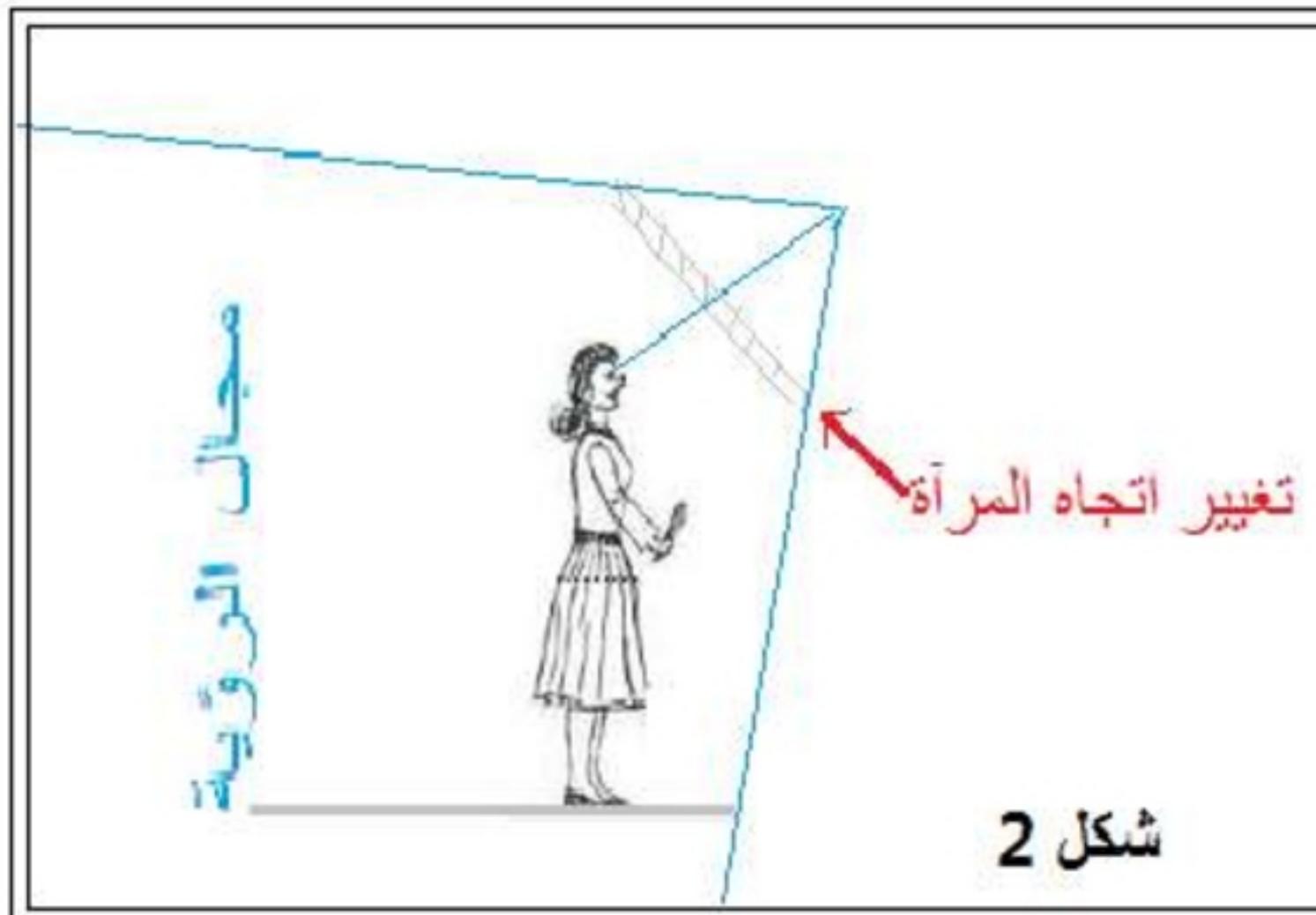
- ✓ إما باقتراب المشاهد من المرأة (أنظر شكل 1) .
- ✓ أو بتغيير اتجاه المرأة (أنظر شكل 2) .



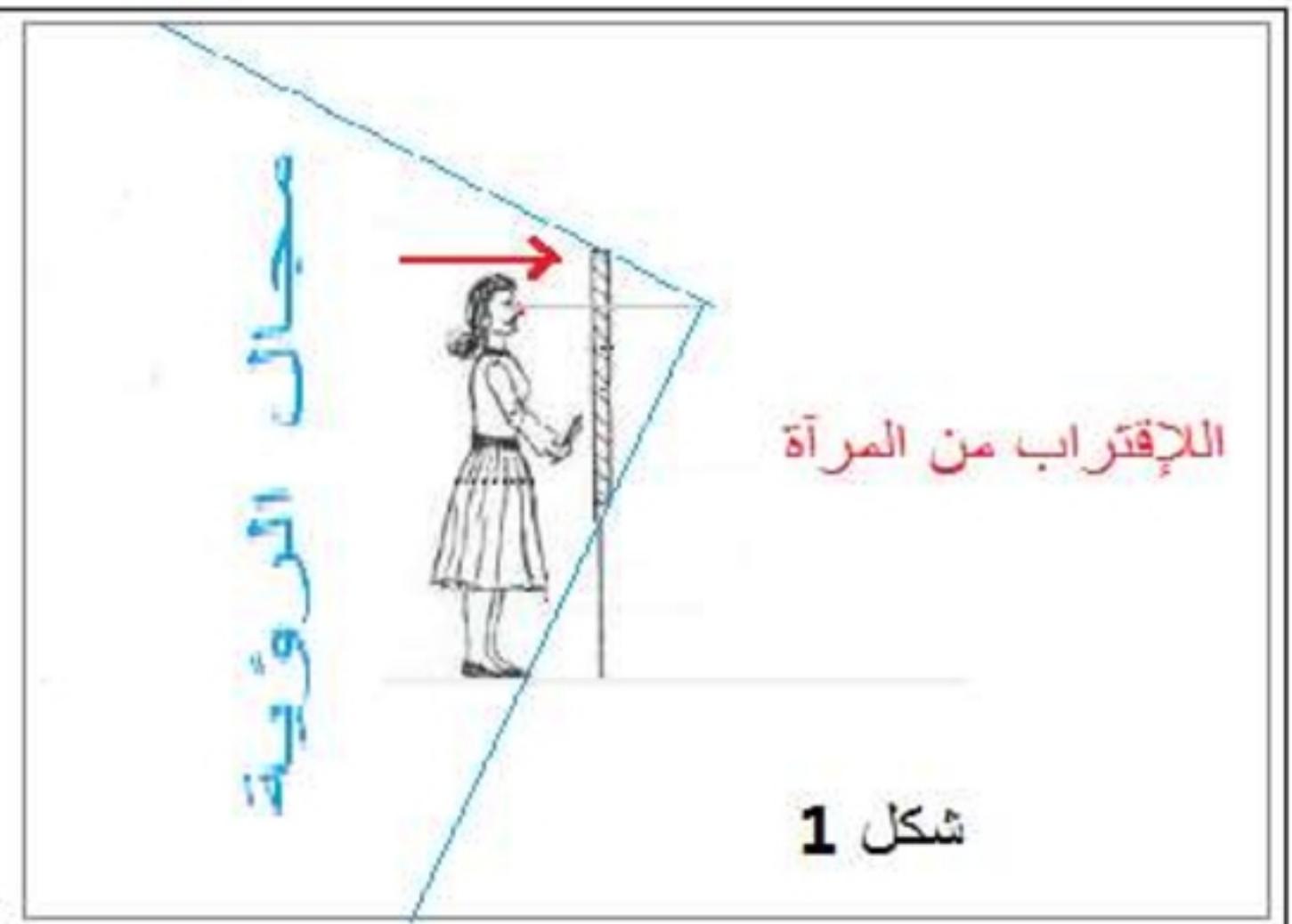
2-تعريف مجال الرؤية لمراة مستوية :

مجال الرؤية بالنسبة لمراة مستوية ، بالنسبة لموضع O

لعين ملاحظ ، هو حيز الفضاء الذي يمكن للعين رؤية صور الاشياء الموجودة فيه ، عبر المرأة و يتعلق هذا المجال بموضع عين الملاحظ ، وبأبعاد المرأة .



شكل 2

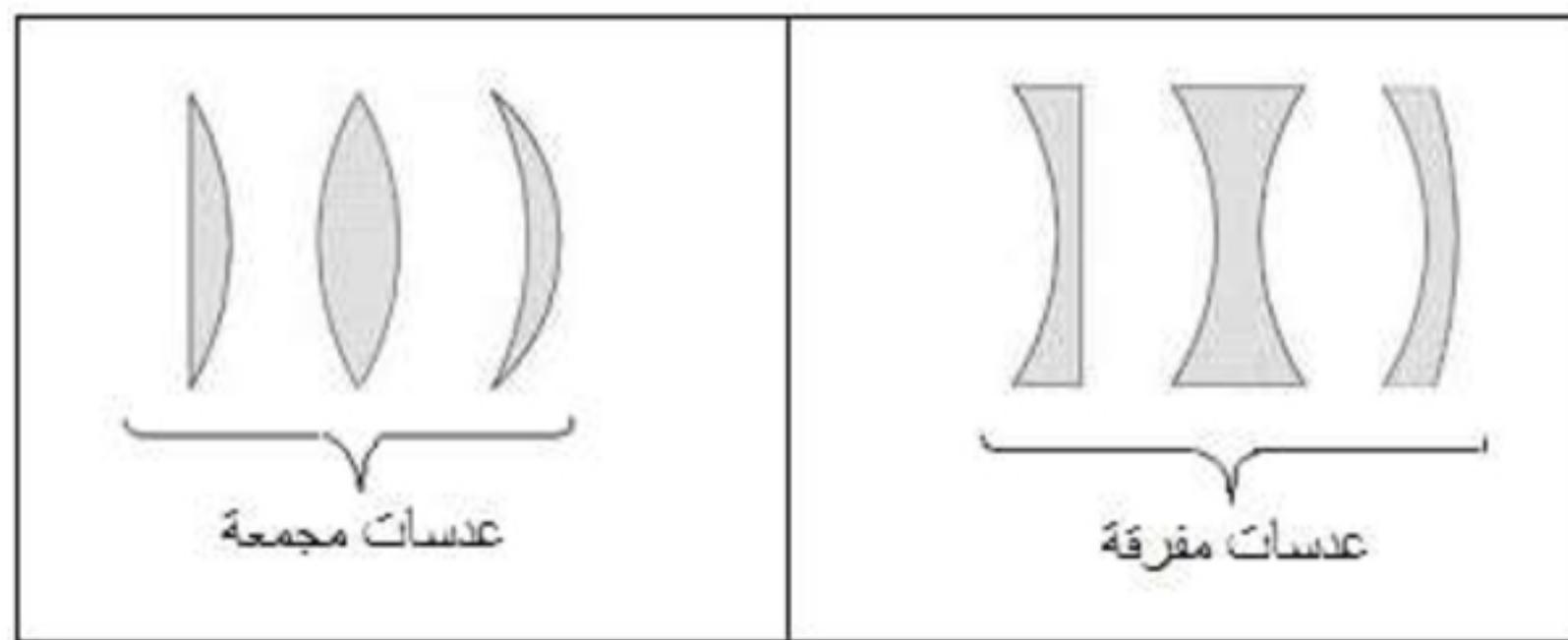


شكل 1

الصورة المحصل عليها بواسطة عدسة رقيقة

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

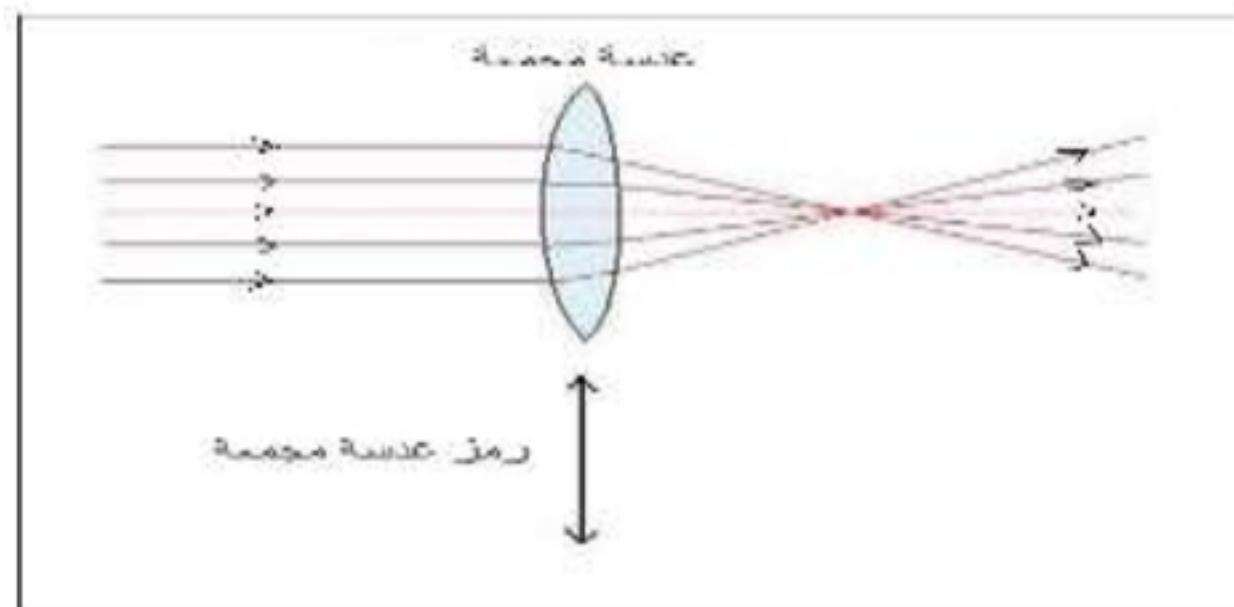
1-تعريف العدسات الكروية :



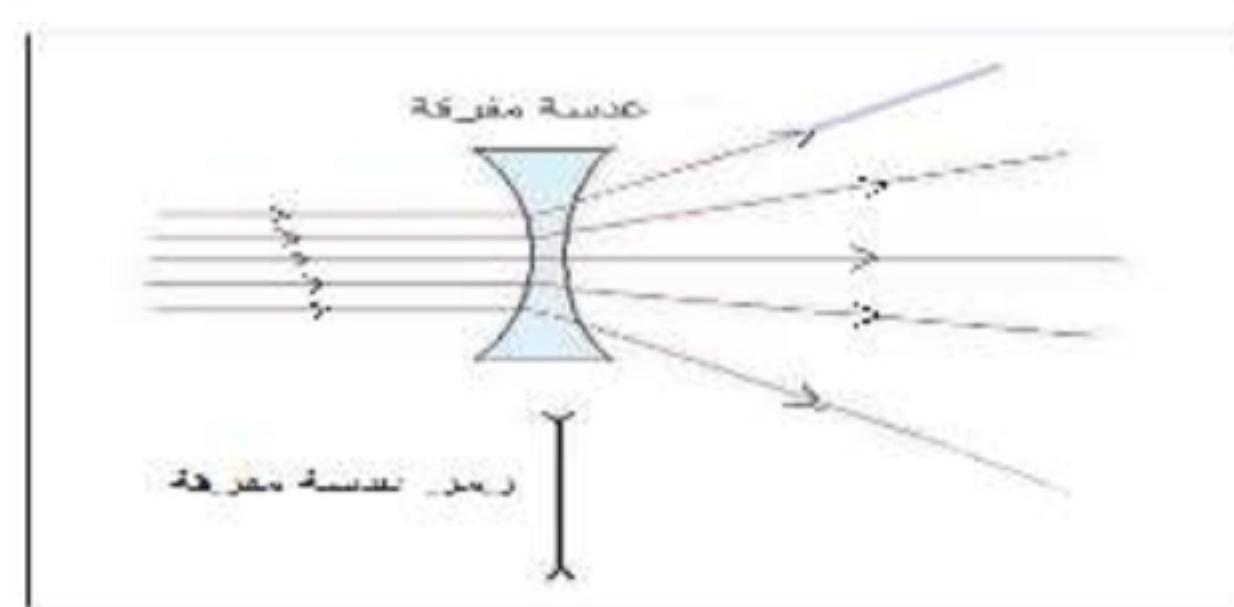
العدسة الكروية وسط شفاف ومتجانس محدود بوجهين كرويين أو وجه كروي وآخر مستو .
يوجد نوعان من العدسات :

- **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 وموازية لمحورها البصري إلى حزمة مجمعة .

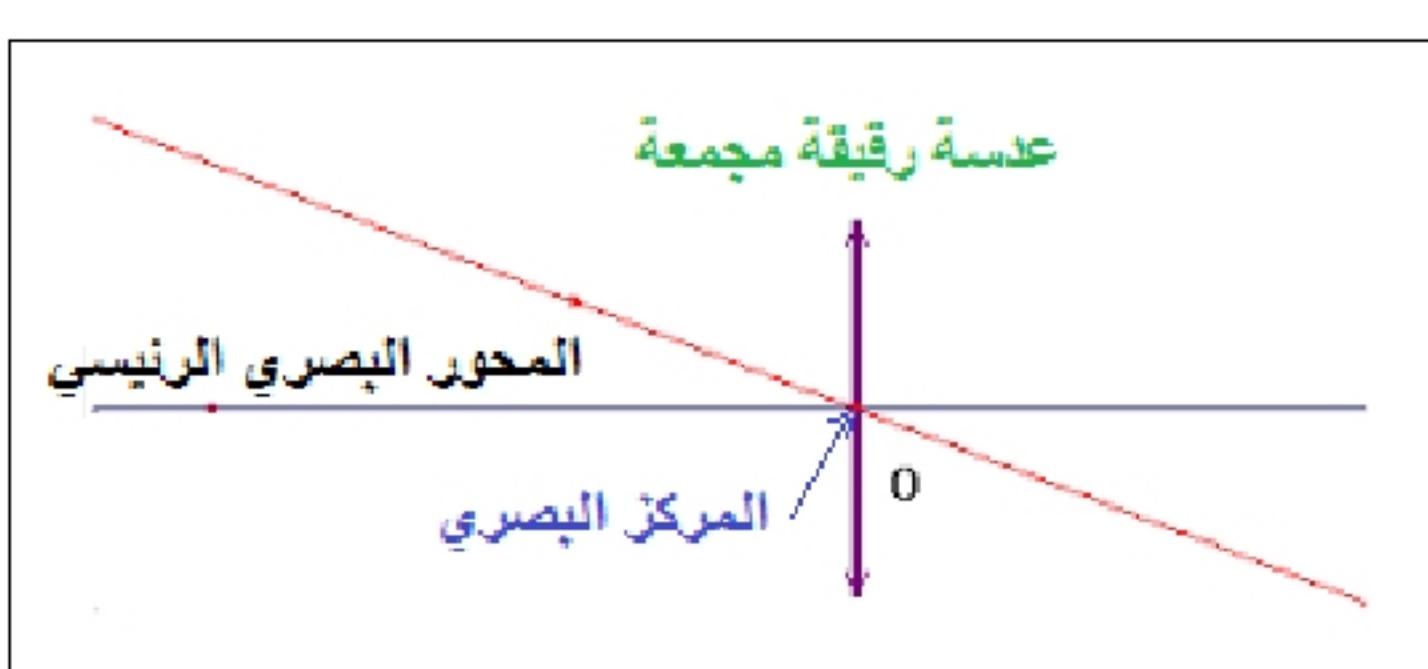


تحول العدسة المجمعة حزمة ضوئية متوازية وموازية لمحورها البصري إلى حزمة متفرقة .

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 والمتعادد معها .

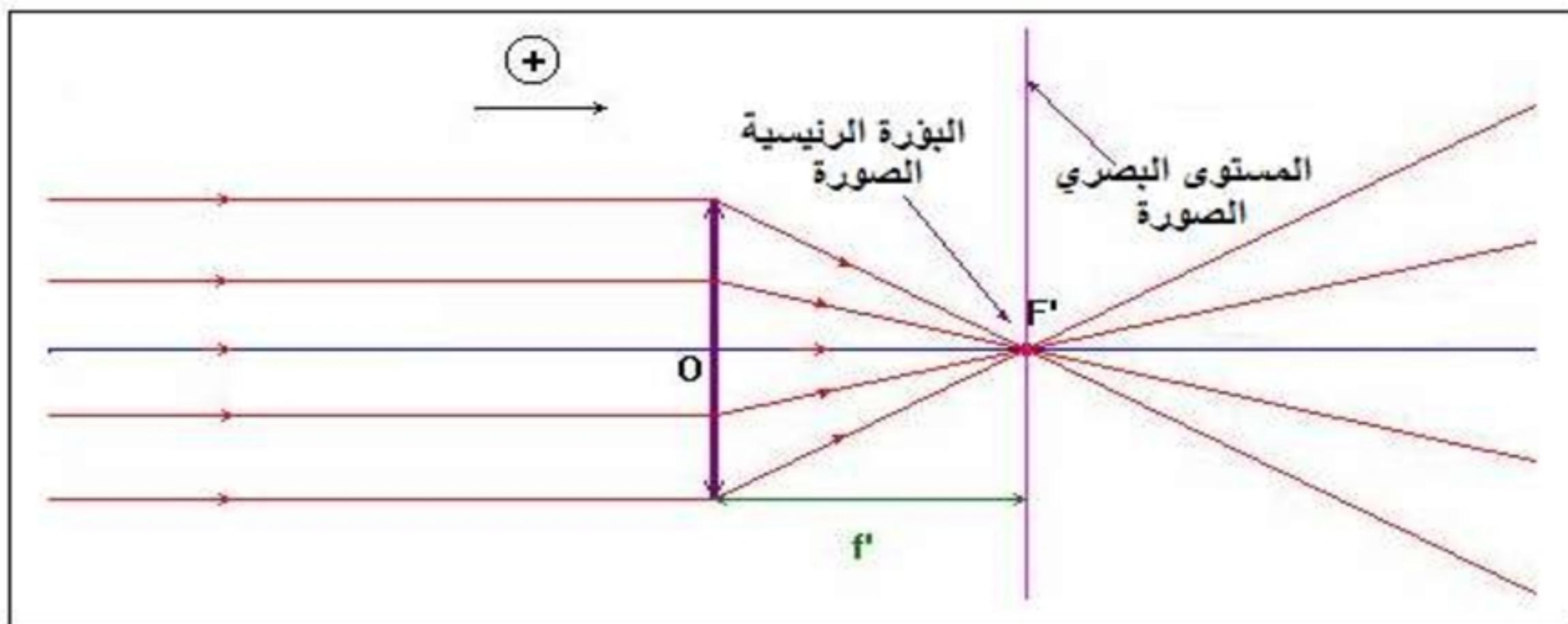


2- البؤرة الرئيسية الصورة والمسافة البؤرية :

2-1-البؤرة الرئيسية الصورة :

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

كل شعاع ضوئي وارد موازياً للمحور البصري الرئيسي لعدسة مجمعة يجتازها ماراً من بؤرتها الرئيسية الصورة F' . اصطلاحاً نختار منحى انتشار الضوء كمنحي موجب على المحور البصري الرئيسي .

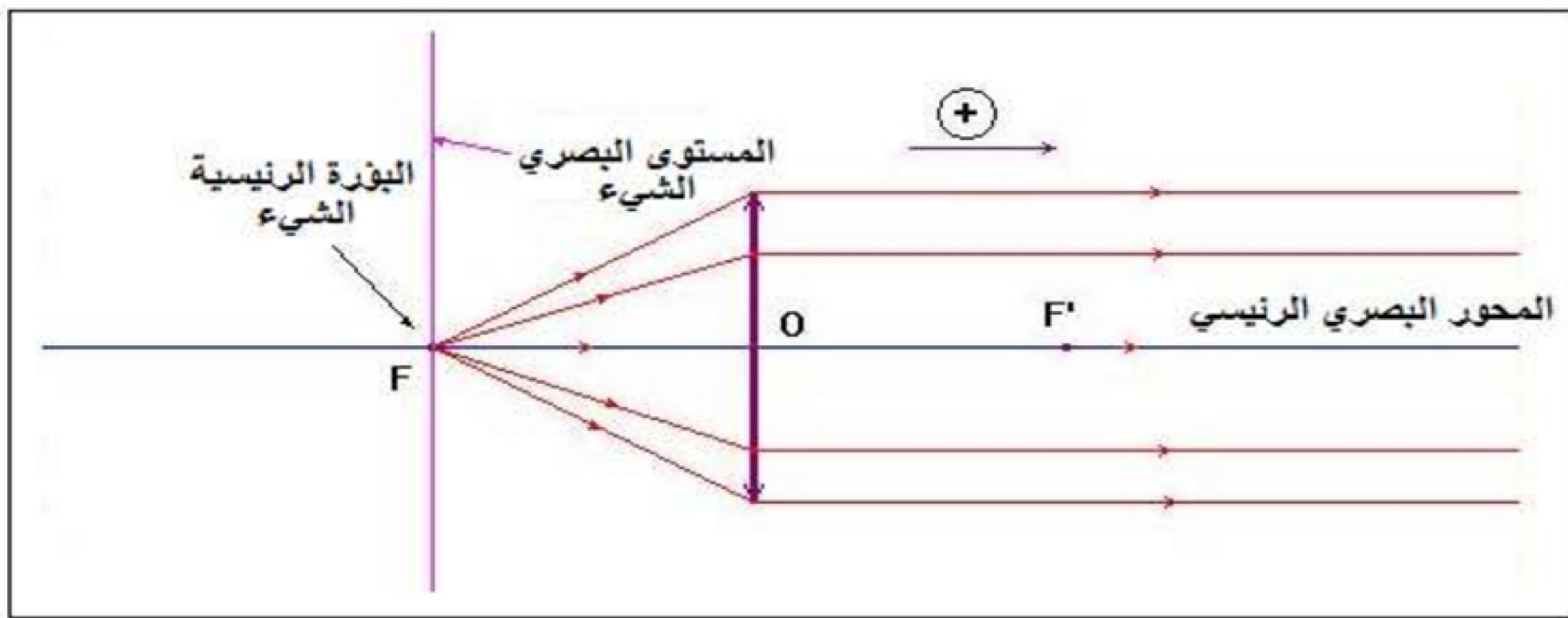


2-2-المسافة البؤرية :

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

3-البؤرة الرئيسية الشيء :

تتميز العدسة ببؤرة ثانية مماثلة للبؤرة الرئيسية بالنسبة للمركز البصري وتسماى بؤرة الشيء ويرمز لها بـ F . كل شعاع ضوئي وارد على عدسة مجمعة ماراً من بؤرتها الرئيسية الشيء يجتازها موازياً 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 :

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

تحقق هذه الشروط عند استعمال العدسة وفق شروط كوص :

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

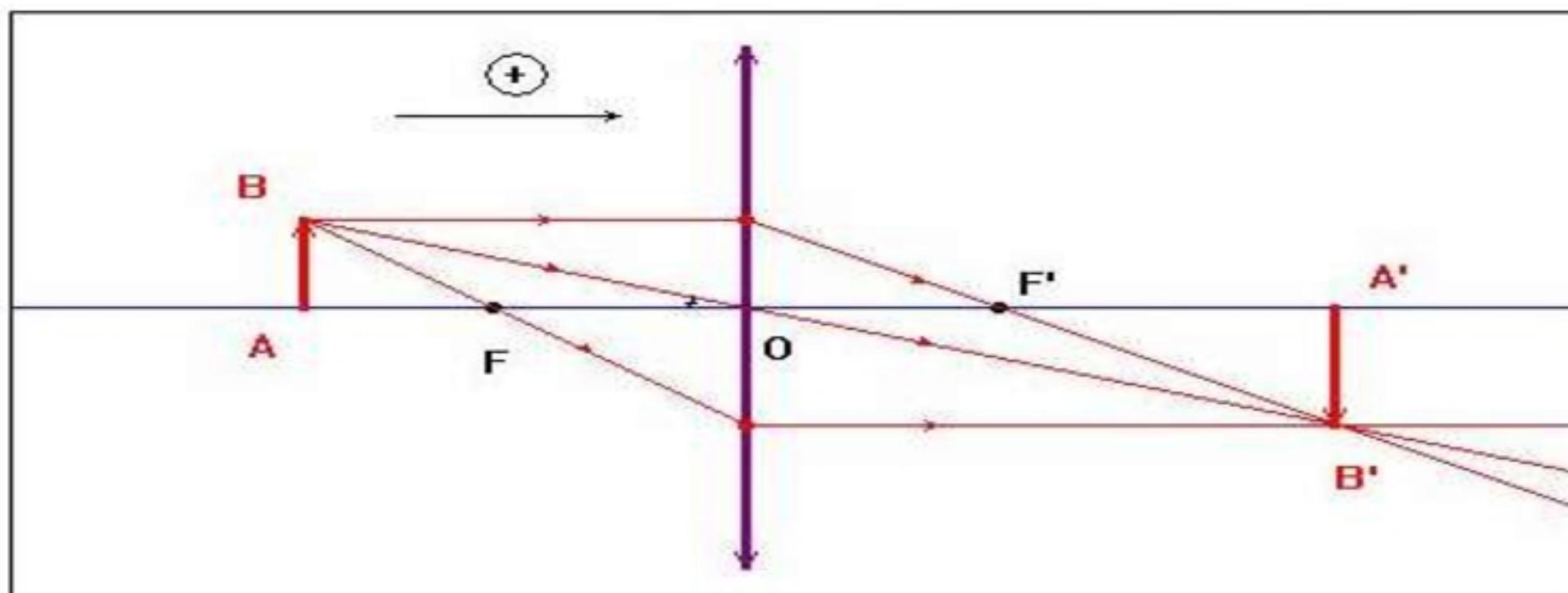
2- الإنشاء الهندسي لصورة محصل عليها بواسطة عدسة :

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

نختار سلما مناسبا لتمثيل بؤرتين الشيء والصورة ، طول الشيء AB وبعد الشيء عن العدسة OA .

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

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



3- مختلف أوضاع الصورة :

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

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

IV-علاقة التوافق والتكبير :

1-علاقة التكبير :

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

التكبير مقدار جبri يمكن من معرفة طول الصورة ومنحها .

- ❖ إذا كان $0 > \gamma$ يكون منحى الصورة هو منحى الشيء ، نقول إن الصورة معتدلة .
- ❖ إذا كان $0 < \gamma$ 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 :

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

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

علاقة التوافق :

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

- ❖ إذا كان الشيء حقيقي : $p < 0$ أي :

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

3-قوه العدسه :

تعبر قوه العدسه عن قدرتها على تجميع الأشعة الضوئية نحو مركزها البصري ، ويرمز لها بالحرف C وحدتها الديوبترى ويرمز لها بـ δ . *Dioptrie*

قوه العدسه تساوي مقلوب المسافة البؤرية :

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

ملحوظة :

المسافة البؤرية يعبر عنها بالمتر m .

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

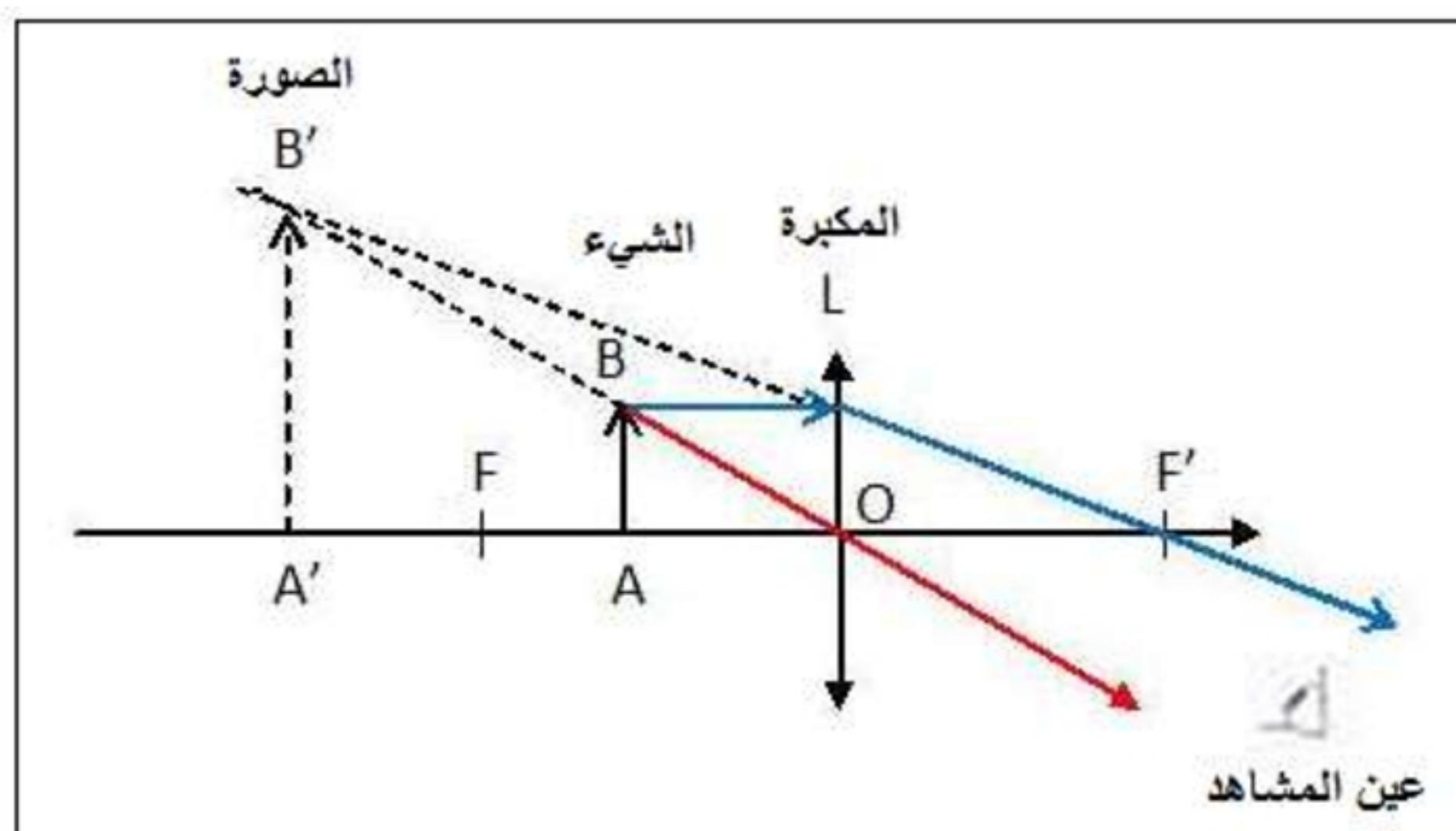
V-المكربة :

1-تعريف :

المكربة عباره عن عدسه رقيقة مجمعة ذات مسافة بؤرية صغيره تعطي للأشياء الدقيقه صورا مكربة .

2-الإنشاء الهندسي للصورة :

تعطي المكربة لشيء حقيقي صورة وهمية معندة وأكبر من الشيء .



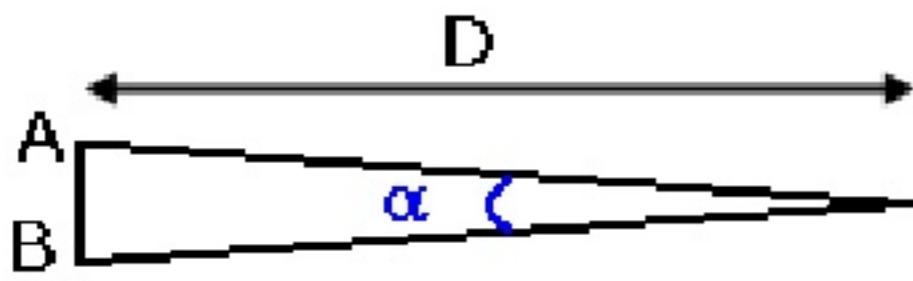
بعض الأجهزة البصرية

I - المكيرة

1 - العين

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

أ - القطر الظاهري



يمكن للعين أن ترى شيئاً AB من خلال زاوية α من خلال قطر D يسمى بالقطر الظاهري للشيء.

$$\tan \alpha = \frac{AB}{D}$$

بما أن α لها قيمة صغيرة جداً فإن $\tan \alpha \approx \alpha$ وبالتالي

$$\alpha = \frac{AB}{D}$$

ب - تكيف العين

يمكن اعتبار العين كنظام بصري بواسطته يمكن الحصول على صورة لهذا يمكن نمذجة العين بعده مجمعة L تبعد بمسافة 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 دوراً مهماً في تغيير المسافة البؤرية نسمى هذه العملية **بتكيف العين**.

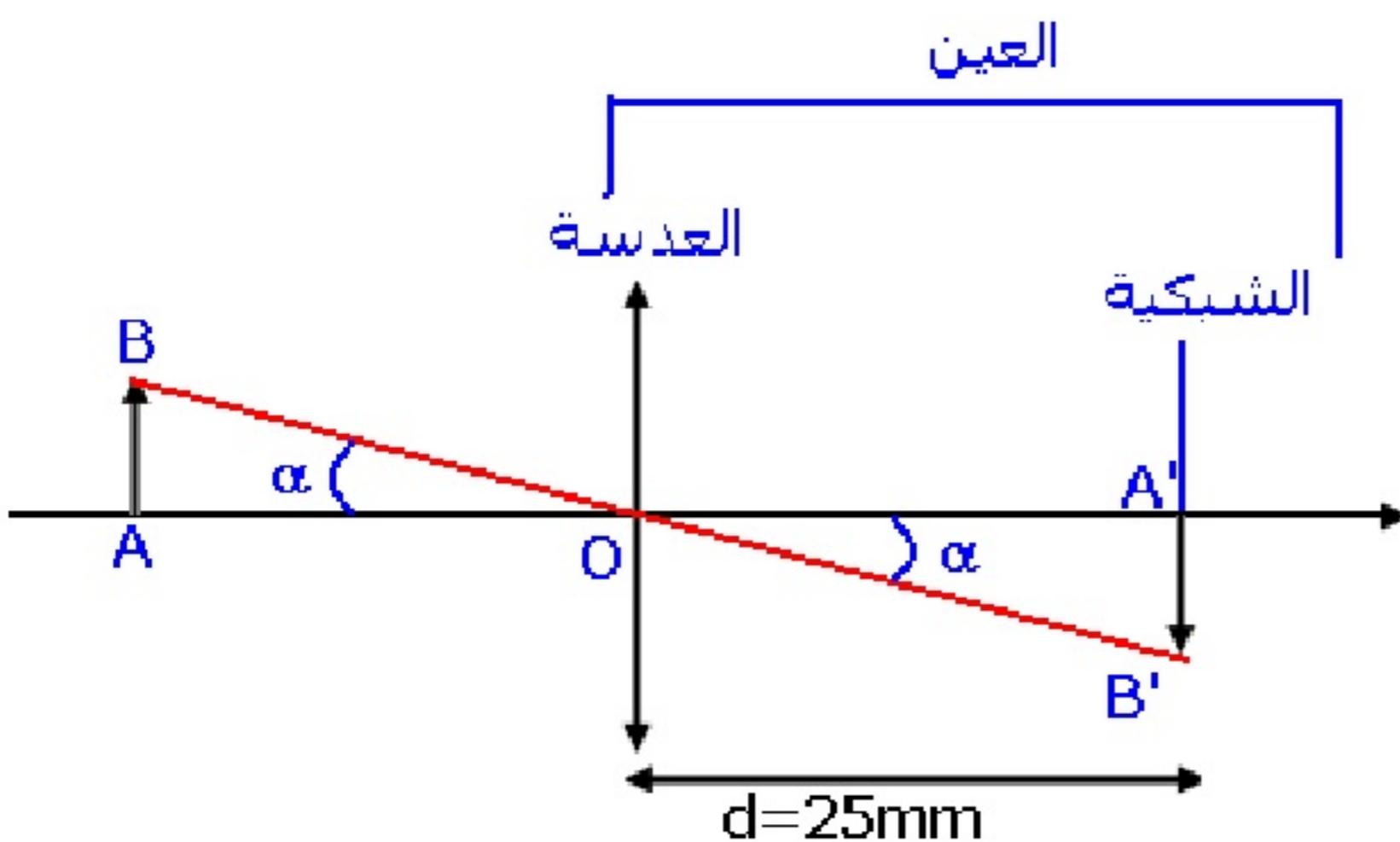
تكيف العين يكون محدود في مجال محصور بين نقطتين حديتين وهما :

نقطة الكشف البعيدة (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 $d_m = 25\text{cm}$ من العين . فالعين العادية لا يمكن أن ترى بوضوح شيئاً يوجد على مسافة أصغر من d_m .

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



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

α القطر الظاهري للشيء

عندما ترى العين بدون تكيف ، فإن

المسافة البؤرية للعين يمكن نمذجتها بـ f' ، حيث $f' = d$ ،

في الحالة التي ترى فيها بتكيف فإن $f' < d$.

ج - قوة التكبير لجهاز بصري

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

نعبر عن قوة التكبير بالعلاقة التالية :

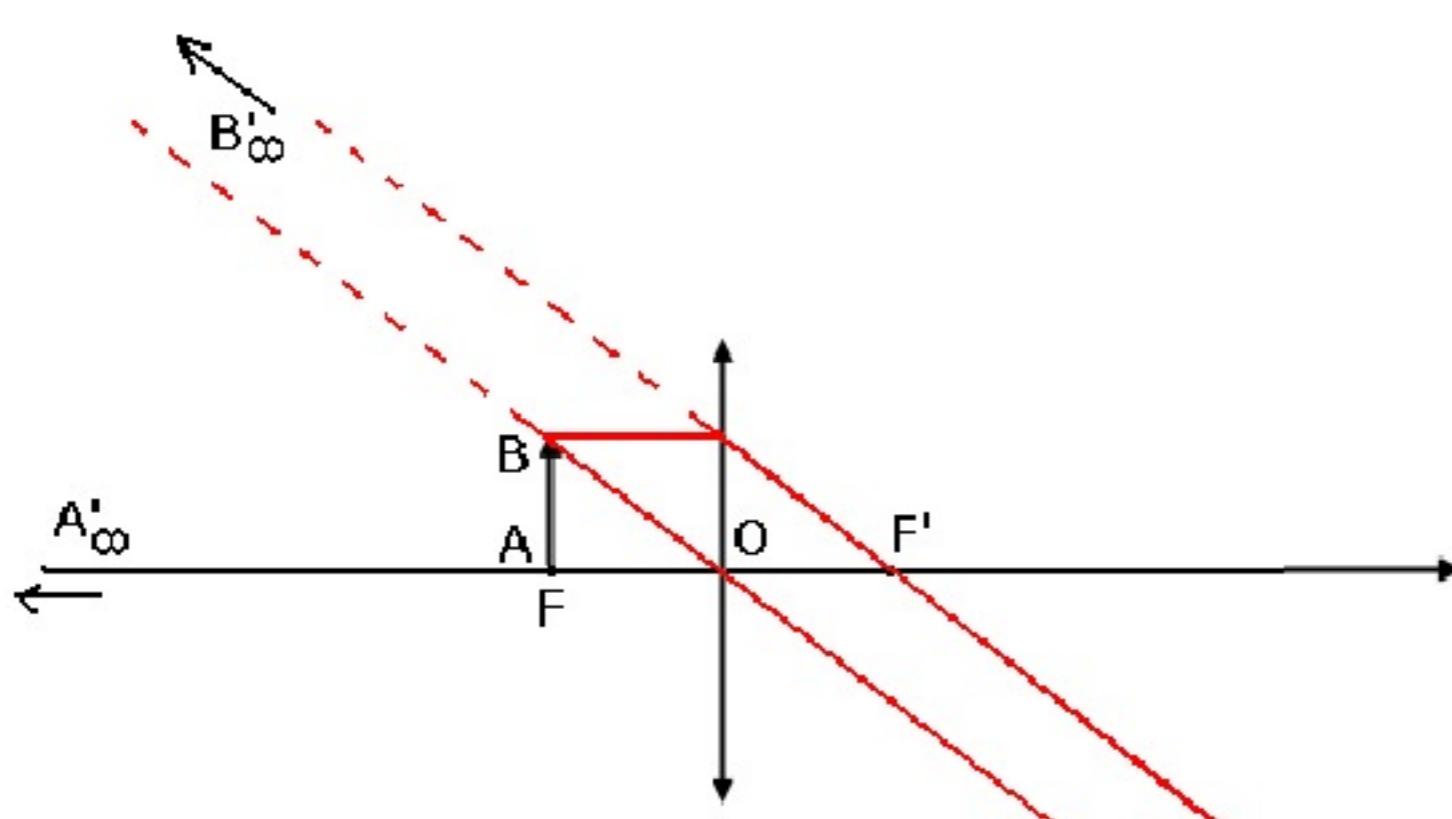
$$G = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

α : القطر الظاهري للشيء

α' : القطر الظاهري للصورة

2 - الإنشاء الهندسي للصورة بواسطة مكيرة (أنظر التمارين في الدرس السابق)

R
قوة تكبير مكبّرة
تعمل قوة تكبير مكبّرة بالعين والمكبّرة وتموضعهما بالنسبة للشيء .
بالنسبة لعين سليمة من العيوب المتعلقة بالإبصار فإن المسافة الدنيا d_m للإبصار المميز تساوي 25cm .



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

بواسطة المكبّرة حيث نأخذ الحالة التي لا تتکيف فيها العين ، فإن الصورة $A'B'$ المحصل عليها بواسطه المكبّرة متكونة في اللانهاية

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

قوة التكبير التجاري لمكبّرة هي :

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

II - المنظار الفلكي Lunette astronomique

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

1 - مبدأ المنظار الفلكي

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

- النظام الشيئي ويوجه نحو الشيء . Objectif

- النظام العيني ، ومنه ترى العين . Oculaire

2 - نموذج المنظار الفلكي

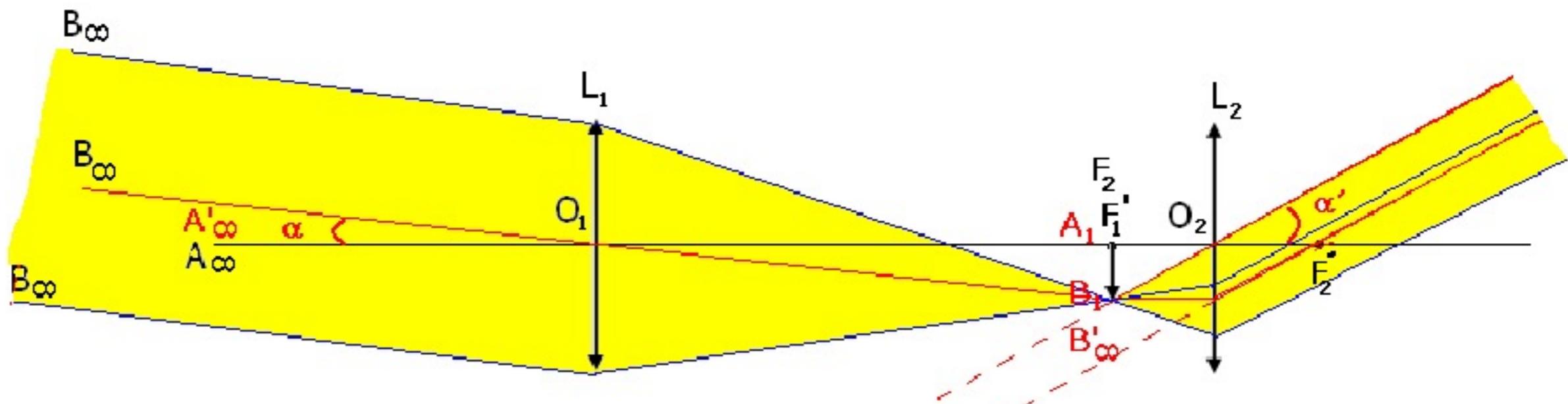
يمكن مماثلة النظامين الشيئي والعيني بعدستين (L_1) و (L_2) مجمعتين لهما نفس المحور البصري ، مسافتهما البؤرية هي على التوالي f'_1 و f'_2 .
نعتبر شيئاً AB يوجد في اللانهاية ∞

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 A_1B_1 للعدسة L_2 منطبقه مع البؤرة الصورة F'_1 للعدسة L_1 .

الصورة A_1B_1 تعتبر شيئاً بالنسبة لنظام العيني L_2 الذي يعطي بدورة الصورة $'A'B'$.



عندما يكون المنظار لا بؤريا :

$$\tan \alpha \approx \alpha = \frac{A_1 B_1}{f'_1}$$

$$\tan \alpha' \approx \alpha' = \frac{A_1 B_1}{f'_2}$$

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

وبالتالي فإن قوة تكبير المنظار الفلكي اللا بؤري :

$$G = \frac{f'_1}{f'_2} = \frac{\alpha'}{\alpha}$$

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 : $G = \frac{f'_1}{f'_2} = 100$ و $f'_1 = 1m = 1cm$ و $f'_2 = 0,01m$ في هذه الحالة

III - Le microscope

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

1 - المكونات البصرية للمجهر .

يتكون المجهر من نظامين بصريين هما :

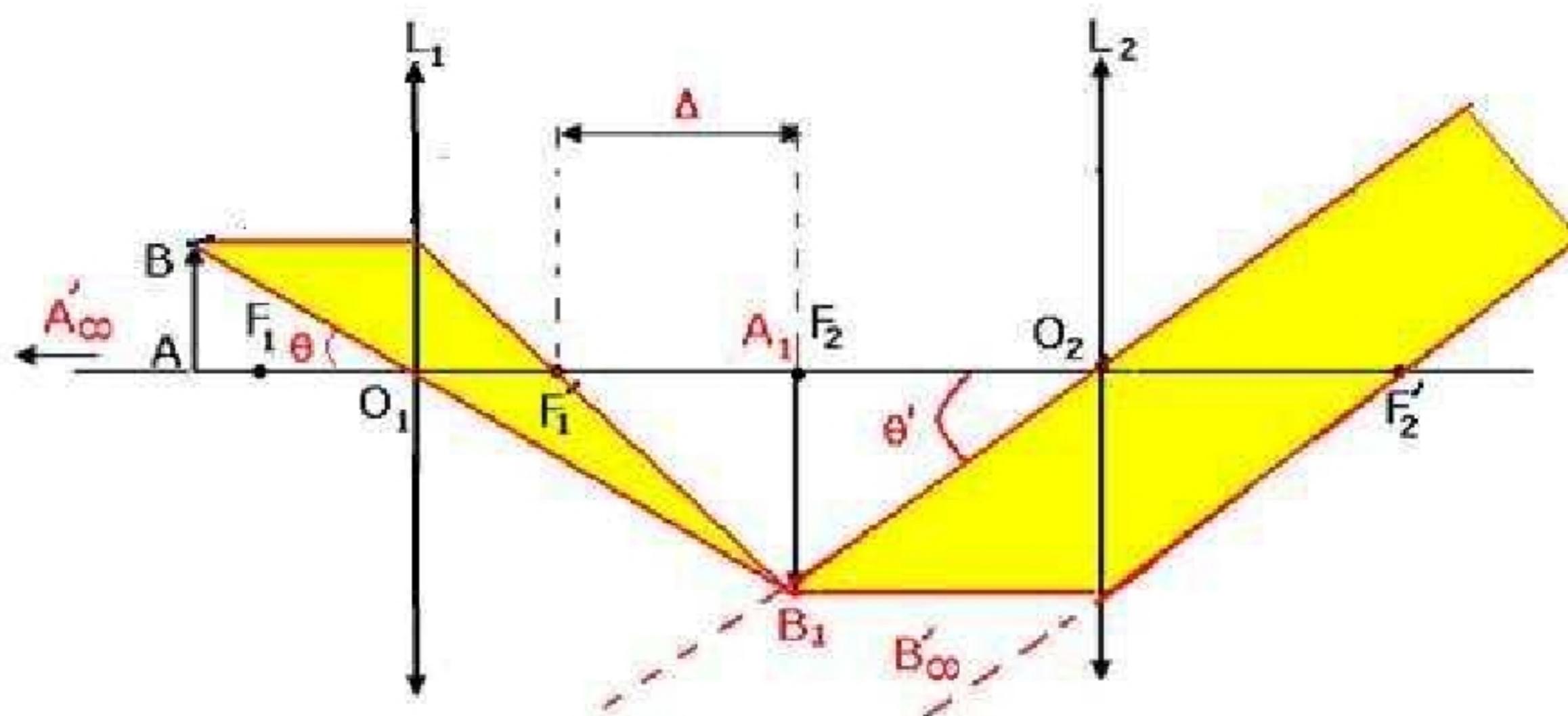
- **النظام الشيئي** : ويتكون من عدة عدسات مجمعة لها نفس المحور البصري ، وتشكل نظاما بصريا واحدا له مسافة بؤرية صغيرة (بضع ميليمترات) يكون النظام الشيئي موجها نحو الشيء وقربا منه .

- **النظام العيني** : هو نظام بصري مجمع يتتألف من عدسات مجتمعة ، ويكون هذا النظام قريبا من عين المشاهد . ومسافته البؤرية لا تتعدي بضع سنتيمترات ويلعب دور مكثرة .

2 - الإنشاء الهندسي للصورة المحصلة بواسطة مجهر :

يعطي النظام الشيئي صورة $A_1 B_1$ لشيء AB وهذه الصورة تمثل الشيء بالنسبة للنظام العيني الذي يعطي بدوره صورة $A'B'$. لكي ترى عين عادية ومجردة الصورة $A'B'$ دون عنااء ينبغي أن تكون هذه الصورة في اللانهاية . وبالتالي فالصورة $A_1 B_1$ توجد في المستوى البؤري الشيء للنظام العيني . طبيعة الصورة المحصل عليها بواسطة العدسة L_1 : صورة حقيقية ومقلوبة وأكبر من الشيء .

يعطي النظام العيني لـ 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



علاقة التوافق والتكبير بالنسبة للعدسة L_1 .

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

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

$$|\gamma| = \frac{A_1B_1}{AB} = \frac{A_1B_1}{O_1I} = \frac{F_1F_2}{O_1F_1} = \frac{\Delta}{f_1}$$

$$\frac{1}{O_1A_1} = \frac{1}{O_1F_1} + \Delta$$

مع أن Δ نسمى بال المجال البصري للمجهر .

قوية تكبير النظام العيني المجهرى .

لنععتبر G_2 قوية تكبير النظام العيني .

نعتبر A_1B_1 شيئاً بالنسبة للنظام العيني الذي يعطي الصورة $A'B'$ وهي صورة A_1B_1 .

لنععتبر أن θ_1 القطر الظاهري الذي ترى العين المجردة من خلاله A_1B_1 .

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

d المسافة الدنيا للإبصار المميز $d_m = 0,25m$ ونأخذ $d = 1/4m$

- القطر الظاهري α' للصورة $A'B'$ يعبر عنه بالعلاقة :

$$\theta' = \frac{A_1B_1}{f_2} (\tan \theta' \approx \theta' = \frac{A_1B_1}{f_2})$$

$$G_2 = \frac{\theta'}{\theta_1} = \frac{A_1B_1}{f_2} \times \frac{d_m}{A_1B_1} = \frac{d_m}{f_2}$$

$$d_m = \frac{1}{4} m \Leftrightarrow G_2 = \frac{1}{4f_2}$$

قوية التكبير العياري المجهرى

يرمز للتکبیر العیاری المجهري ب G ويعبر عنه بالعلاقة : $G = \frac{\theta'}{\theta}$

القطر الظاهري الذي ترى العین المجردة من خلاله الشيء AB .

$$\theta = \frac{AB}{d_m}$$

التکبیر العیاری للمجهر G :

$$G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{A_1B_1}{f'_2} \times \frac{d_m}{AB} = \frac{A_1B_1}{AB} \times \frac{d_m}{f'_2}$$

$$|\gamma_1| = \frac{A_1B_1}{AB} = \frac{\Delta}{f'_1} \text{ et } G_2 = \frac{d_m}{f'_2}$$

$$G = |\gamma_1| \times G_2$$

$$G = \frac{\Delta}{4f'_1 f'_2}$$

قوة التکبیر العیاری المجهري يعبر عنه بالعلاقة : $G = |\gamma| G_2$

الدائرة العینية

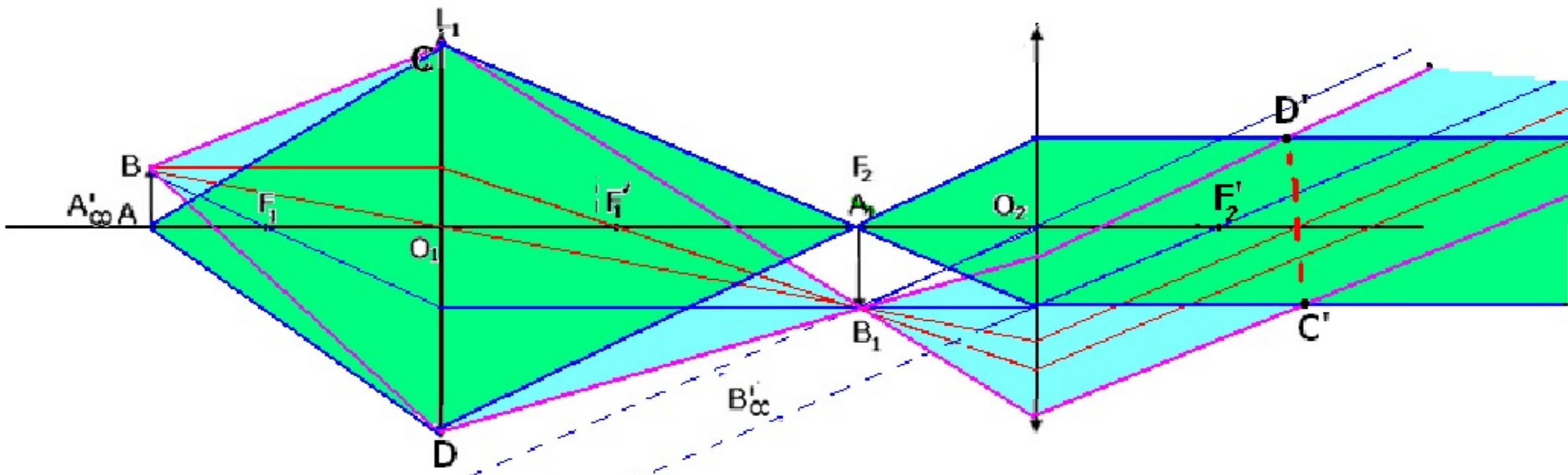
كل الأشعة المنبعثة من الشيء تجتاز أنظمة المجهر ، وعند خروجه نحو العین تمر من دائرة قطرها $C'D'$ ، تسمى الدائرة العینية .

• الدائرة العینية هي صورة النظام الشیئي L_1 بواسطة النظام العیني .

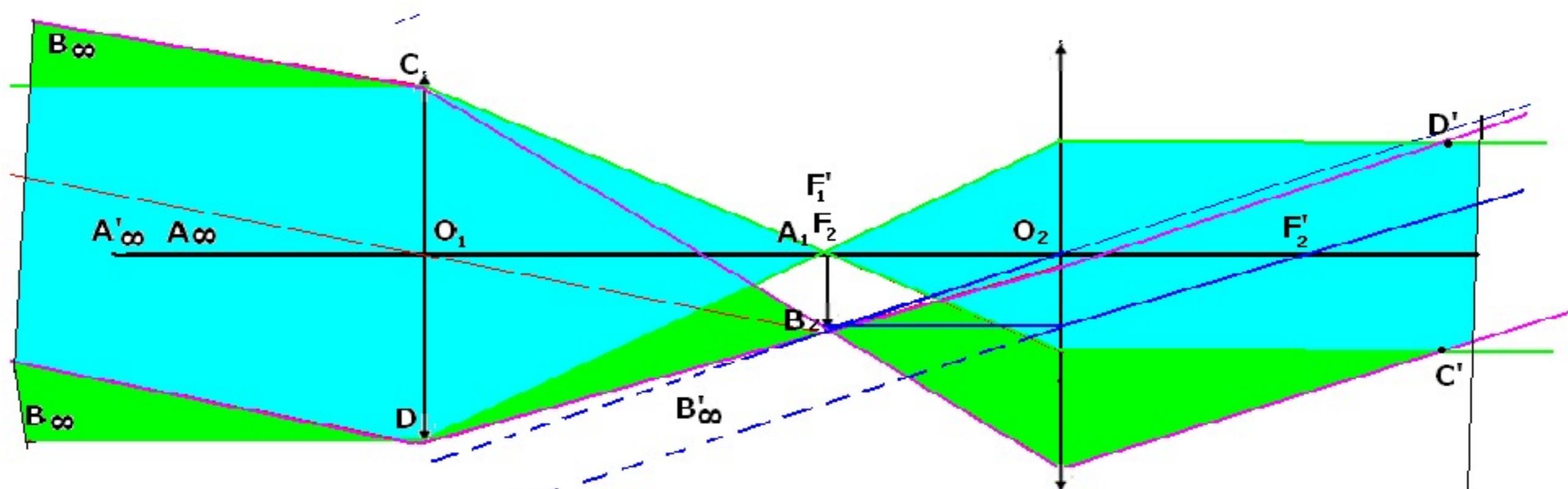
• الدائرة العینية تكون دائمًا قريبة من المستوى البؤري الصورة للنظام العیني .

• الدائرة العینية هي الموضع الذي يجب أن يكون فيه بؤبؤ العین لاستقبال أكثر ما يمكن من الضوء .

بالنسبة للمجهر :



بالنسبة للمنظر الفلكي :



توسيع الكيمياء العضوية

I- الكيمياء العضوية و مجالاتها

1-تعريف :

الكيمياء العضوية هي الكيمياء التي تهتم بمركبات الكربون الطبيعية والإصطناعية وتسمى أيضاً كيمياء المركبات الكربونية .

2- المصادر الطبيعية للمركبات العضوية :

A- التركيب الضوئي :

تستعمل النباتات غاز ثاني أوكسيد الكربون الموجود في الهواء والماء لتركيب جزيئات مواد عضوية مغذية ، 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 :



B- التركيب البيوكيميائي :

هو التحول الكيميائي للمواد الغذائية داخل الكائنات الحية ، بواسطة الخلايا والأنسجة وذلك لإنتاج جزيئات عضوية متنوعة مثل الفيتامينات والهرمونات والدهنيات والبروتينات

C- الهايدروكربورات 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 العنصر الأساسي للكيمياء العضوية :

تبين دراسة المركبات العضوية أنها تحتوي بالأساس على عنصر الكربون والهيدروجين مثل الهايدروكربورات . كما أننا نجد بالإضافة إلى هذان العنصران عنصر الأوكسجين O والذي نجده في بعض المركبات ، كالكحولات والدهنيات والسكريات ونجد عنصر الأزوت N في مواد عضوية كالبروتينات وبنسب أقل نجد عناصر كيميائية أخرى كالكبريت S والفوسفور P والهالوجينات .

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 .

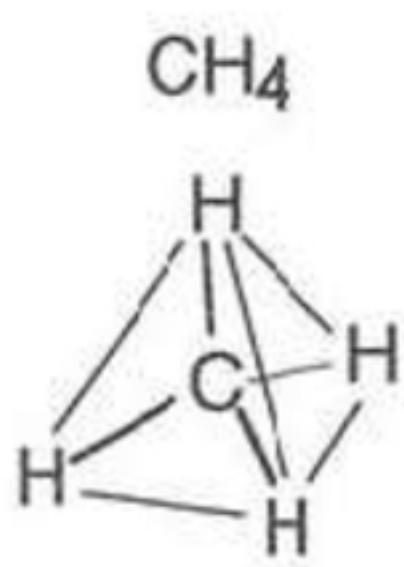
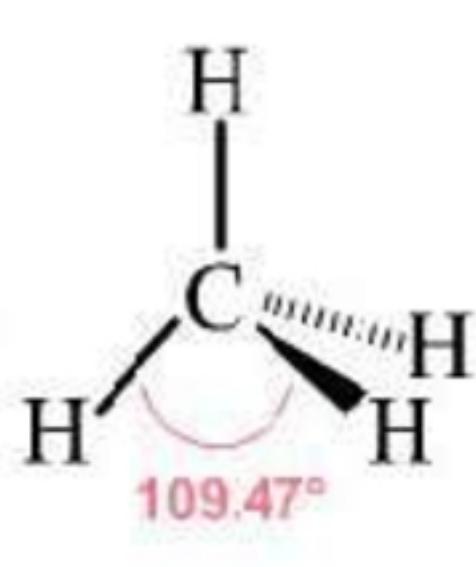
العنصر الكيميائي	رمه	عدد الذري	بنيته الإلكترونية	عدد الروابط التساهمية	نموذج لويس
الكربون	C	6	$(K)^2(L)^4$	4	H•
الهيدروجين	H	1	$(K)^1$	1	:Cl
الأوكسجين	O	8	$(K)^2(L)^6$	2	•O•
الأزوت	N	7	$(K)^2(L)^5$	3	•N•
الفوسفور	P	15	$(K)^2(L)^8(M)^5$	3	•P•
الكبريت	S	16	$(K)^2(L)^8(M)^6$	2	•S
الهالوجينات	F	9	$(K)^2(L)^7$	1	F•
	Cl	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 .

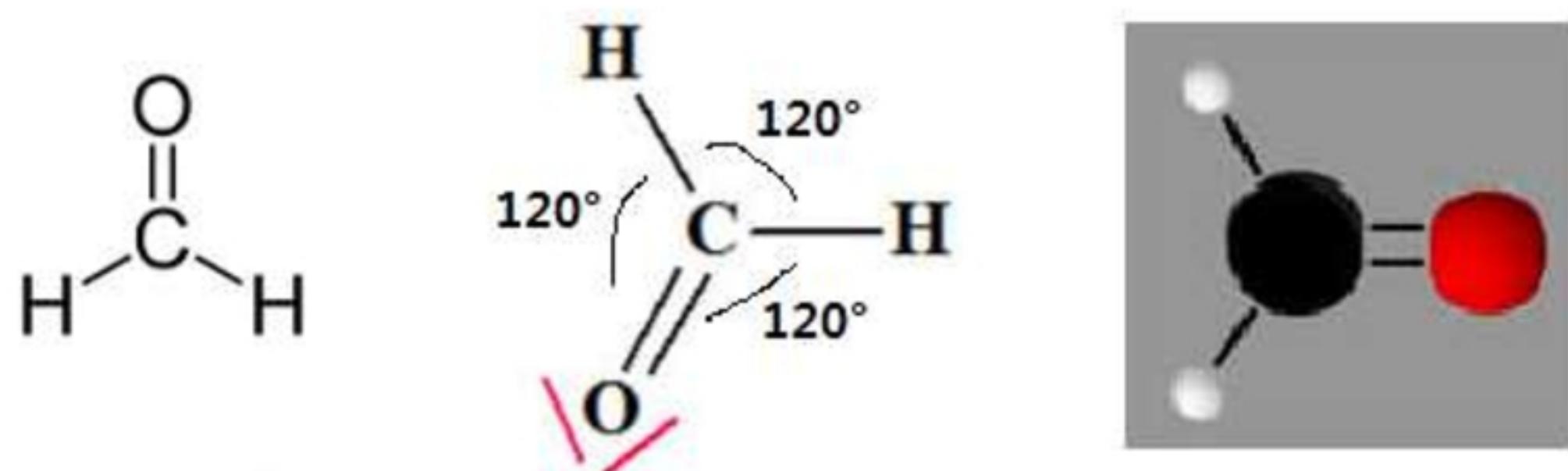
أ- أربعة روابط تساهمية بسيطة :

في جزيئه الميثان CH_4 تكون للجزيء شكل " رباعي أوجه منتظم " توجد ذرة الكربون في مركز تماثله وذرات الهيدروجين في رؤوسه الأربعة .



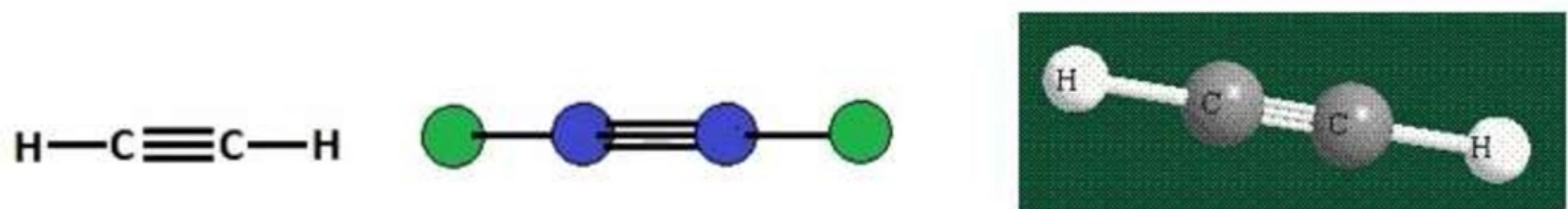
ب- رابطة تساهمية ثنائية و رابطتين تساهميتيين بسيطتين :

في جزيئه الميثانول CH_3O تكون ذرة الكربون رابطة تساهمية ثنائية مع ذرة الكربون و رابطتين تساهميتيين مع ذرتين هيدروجين . تكون الجزيئه مستوية و ذات شكل مثلثي حيـث تساوي الزاوـية بين رابطـتين مـتـجاـورـتين 120° .



ج- رابطة تساهمية ثلاثة و رابطة تساهمية بسيطة :

جزيئه الاسيتيلين C_2H_2 خطـية حـيـث تـنـتمـي مـراكـزـ الذـاتـ الأـرـبـعـة لـنـفـسـ الـمـسـتـقـيمـ .



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

الجزئيات العضوية والهياكل الكربونية

I-الجزئيات العضوية

1-السلسلة الكربونية والمجموعة المميزة

نسمى السلسلة الكربونية أو المجموعة المميزة لجزيئه عضوية ، السلسلة المكونة من ذرات الكربون المرتبطة فيما بينها بواسطة روابط تساهمية بسيطة أو ثنائية أو ثلاثية .
يدخل في تركيب بعض الجزئيات بالإضافة الى ذرات الكربون والهيدروجين ، مجموعات ذرات أخرى مثل: الأوكسجين 0 و الأزوت N و الكلور Cl تكتسبها خاصيات متميزة . تسمى هذه المجموعات المجموعة المميزة .
أمثلة:

المجموعة المميزة للأحماض الكربوكسيلية : $-COOH$.
المجموعة المميزة للكحولات : $-OH$.

2-تنوع السلاسل الكربونية :

2-1-السلسل 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 ذرتين 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-السلسل 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 ذرتين 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 حلقة عندما تكون بها حلقة مكونة من ذرات كربون .
أمثلة :

جزئية ذات سلسلة كربونية خطية : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

جزئية ذات سلسلة كربونية متفرعة : $\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_3$

جزئية ذات سلسلة كربونية حلقة : $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \\ | \qquad | \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array}$

2- تمثيل الجزيئات العضوية :

❖ الصيغة الإجمالية :

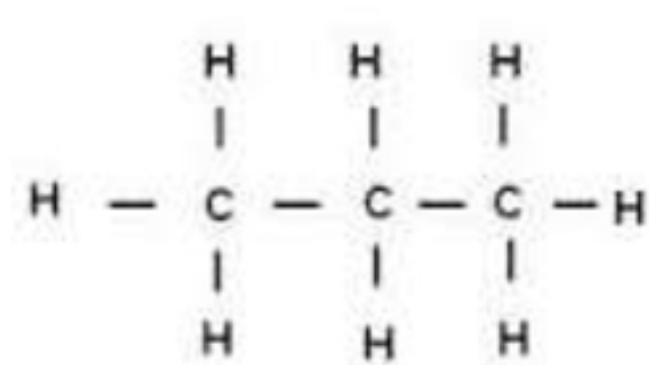
تدل على عدد وطبيعة مختلف الذرات المكونة لها ، كما تمكن من تحديد الكتلة المولية ، ولا تشير الى بنية الجزيئة .
مثال :

الصيغة الإجمالية للبروبان : C_3H_8

❖ الصيغة المنشورة المستوية :

تبين كيفية تسلسل الذرات وطبيعة الروابط بينها .

مثال :



الصيغة المنشورة للبروبان :

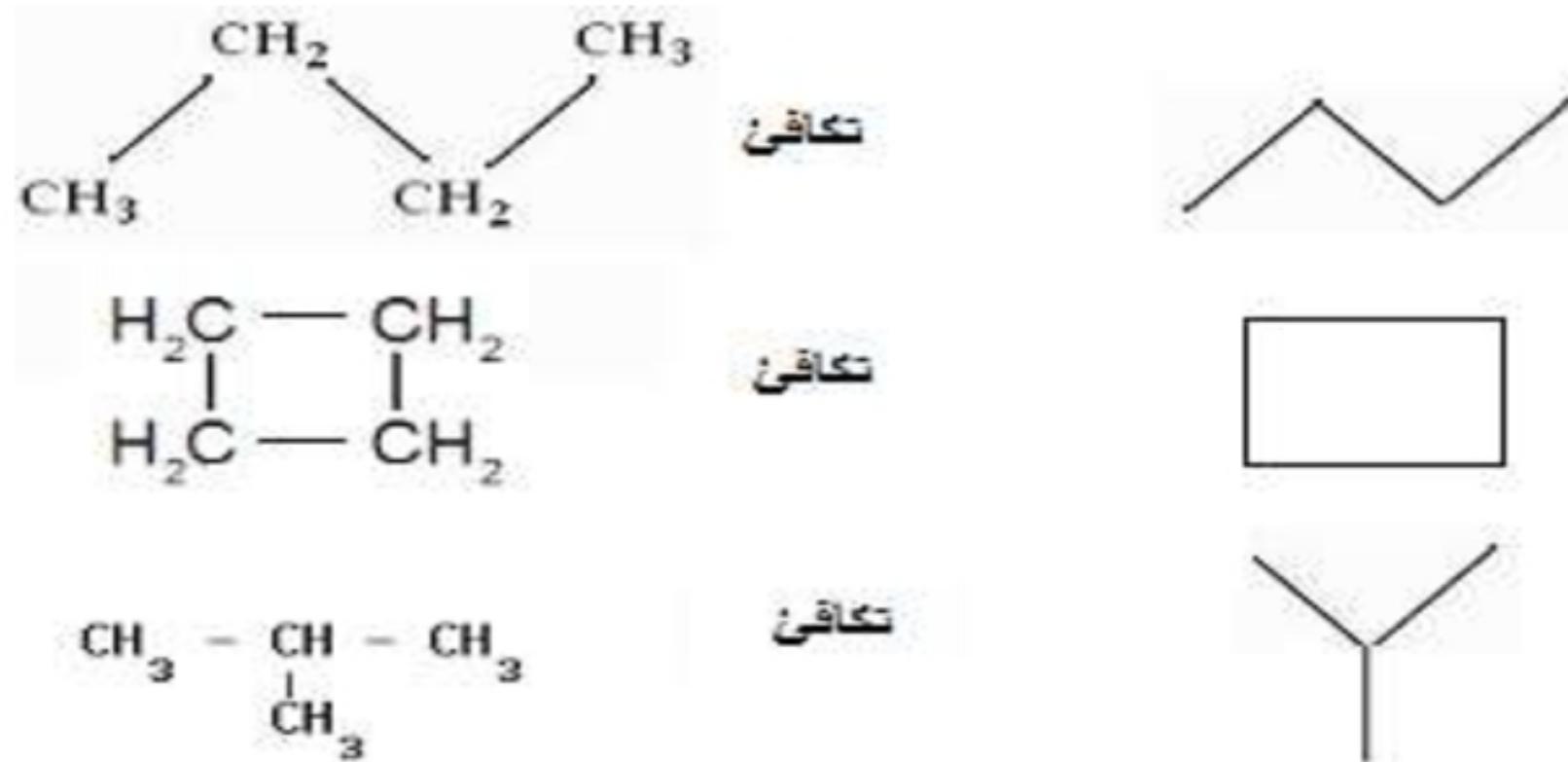
❖ الصيغة نصف المنشورة :

تشتق من الصيغة المنشورة دون تمثيل الروابط بين ذرات الهيدروجين وذرات الكربون .
مثال :

الصيغة نصف المنشورة للبوتان : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

❖ 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 :



4-تماكب التكوين :

نسمى متماكبات التكوين الجزيئات التي تتوفّر على نفس الصيغة الإجمالية ، لكن هياكلها الكربونية مختلفة .
نميز ثلاًث أنواع من التماكب :

❖ تماكب السلسلة :

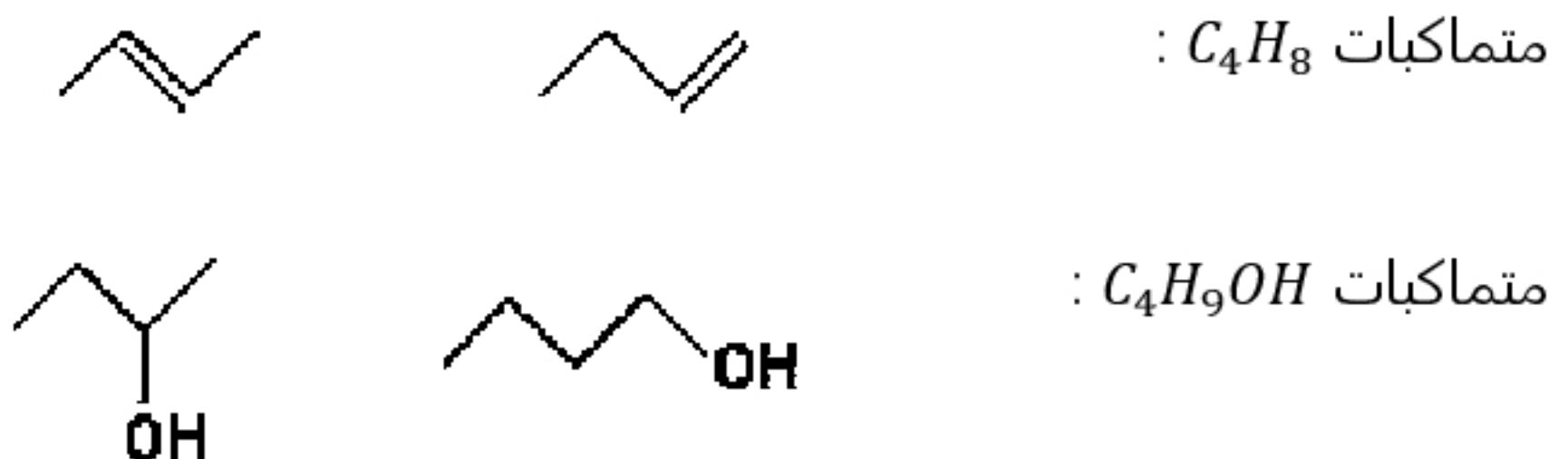
تختلف متماكبات السلسلة في تسلسل ذرات الكربون :



❖ تماكب الموضع :

تختلف متماكبات الموضع سواء باختلاف موضع الرابطة المتعددة (ثنائية أو ثلاثية) أو باختلاف المجموعة المميزة في السلسلة الكربونية .

أمثلة :



❖ تماكب الوظيفة :

لا تتوفر تماكبات 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-الألكانات الخطية :

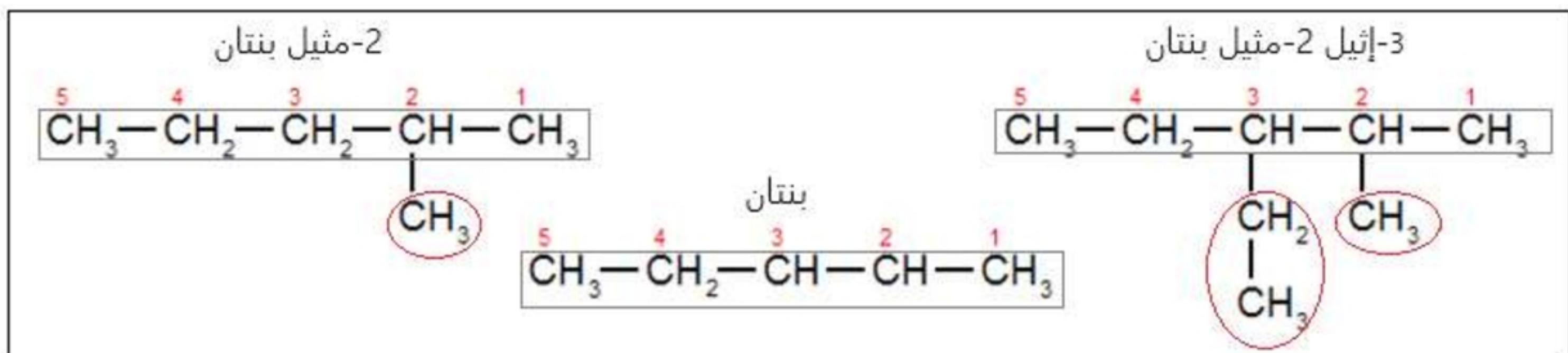
يتكون إسم الألكان من بادئة ، للإشارة الى عدد ذرات الكربون بالسلسلة متبوءة بالمقطع (ان - ane) .

8	7	6	5	4	3	2	1	n
أوكتان	هبتان	هكسان	بنتان	بوتان	بروبان	إيثان	ميثان	اسم الألكان

2-2-الألكانات المتفرعة :

يتكون اسم الألكان المتفرع من اسم الألكان الموفق لأطول سلسلة كربونية (السلسلة الرئيسية) واسم مجموعة الألكيل المواتقة للتفرع مع وضع عدد أمام هذا الإسم يشير إلى موضع مجموعة الألكيل في السلسلة الرئيسية المرقمة من أحد طرفيها على أن يكون رقم أول ذرة كربون يحمل أصغر رقم ممكن .

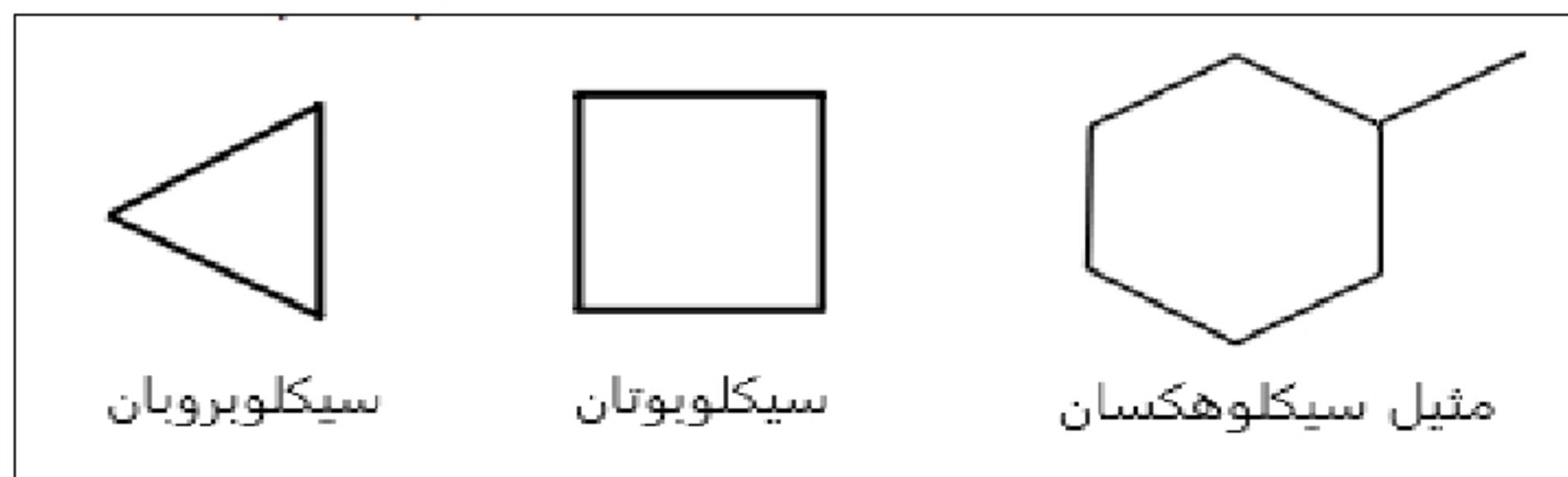
مثال :



3-الألkanات الحلقيe :

السيكلو ألكانات أو الألkanات الحلقيe هي هيدروكربورات حلقيe مشبعة ، صيغتها الإجمالية C_nH_{2n} . يشتق اسم السيكلو ألكان من اسم الألkan الذي له نفس عدد ذرات الكربون مسبوقاً بالبادئة "سيكلو" "cyclo" . إذا كانت الجزيئe تحتوى على تفرعات نطبق نفس القواعد المطبقة على الألkanات .

مثال :



III-الألkenيات والمشتقات الإيثيليتية

1-تعريف:

الألkenيات هي هيدروكربورات غير مشبعة ذات سلاسل كربونية مفتوحة وتحتوي على ذرتى كربون تربط بينهما برابطة تساهمية ثنائية صيغتها الإجمالية C_nH_{2n} (حيث n عدد ذرات الكربون) .

نسمى المشتقات الإيثيليتية كل المركبات العضوية التي تحتوى جزيئاتها ، على الأقل ، على رابطة تساهمية ثنائية واحدة

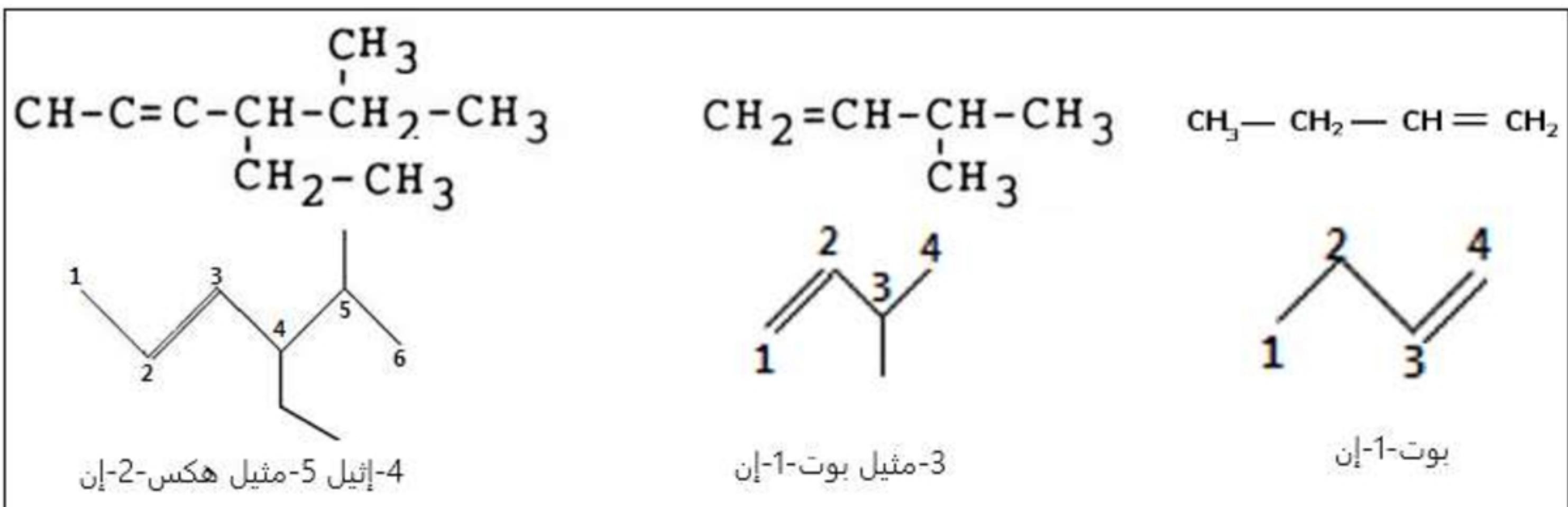
2-تسمية الألkenيات:

-يشتق اسم الألken انطلاقاً من اسم الألkan المخالف 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 :



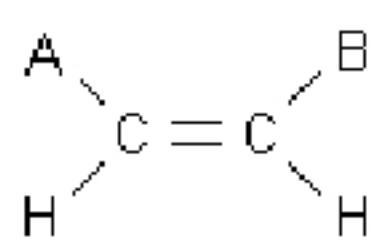
التماكب Z و E -3

- يؤدي وجود الرابطة الثنائية في اللكين إلى وجود متماكبات التجسيم ، نظراً لكون هذه الرابطة تحول دون إمكانية الدوران حول محورها .

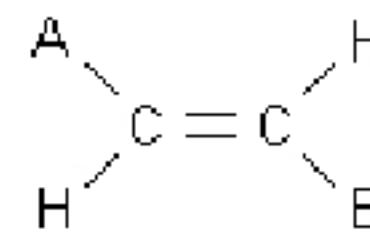
- إذا كانت ذرتا الهيدروجين متوضعتين في نفس الجهة من محور الرابطة الثنائية ، سمي المتماكم *Z* .

- إذا كانتا متوضعتين كل منهما في جهة ، فيتعلق الأمر بالمتماكم *E* .

بصفة عامة :

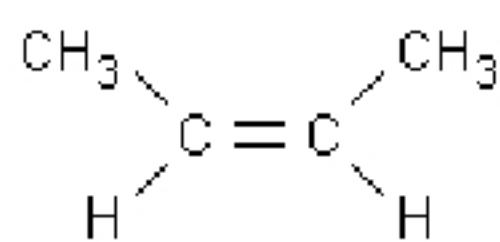


المتماكم (Z)

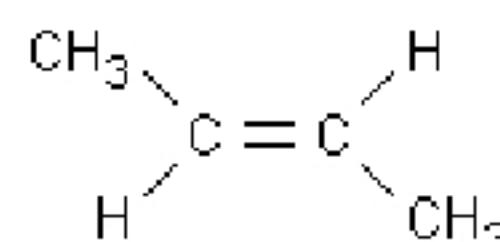


المتماكم (E)

أمثلة :



بوت-2-إن (Z)

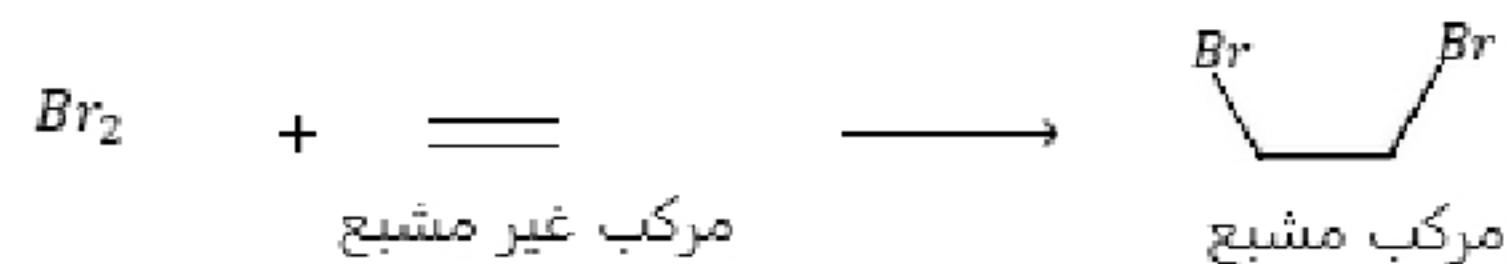


بوت-2-إن (E)

4-رائز الكشف عن الألكينات:

يتم الكشف عن وجود ألكين باستعمال رائز ماء البروم (Br_2) ، حيث يفقد هذا الأخير لونه البرتقالي عند تفاعلاته مع الألكين .

مثال :



تغییر الهیکل الکربونی

I- إنتاج المحروقات :

تحتضن كيمياء البترول في تحويل البترول الخام الذي يكون غير قابل للإستعمال مباشرة ، إلى منتجات ملائمة لطلبات المستهلكين ، كما هو الشأن بالنسبة للغازات المستعملة كالمحروقات (البروبان و البوتان) والغازوال ووقود المحركات أو الكيروزيل المستعمل في مفاعلات الطائرات والزيوت والمذيبات والمواد الأولية للصناعة الكيميائية . خلال عمليات المعالجة يتم تقليق أو إطالة أو تفريع أو إعادة تكوين السلسلات الکربونیة .

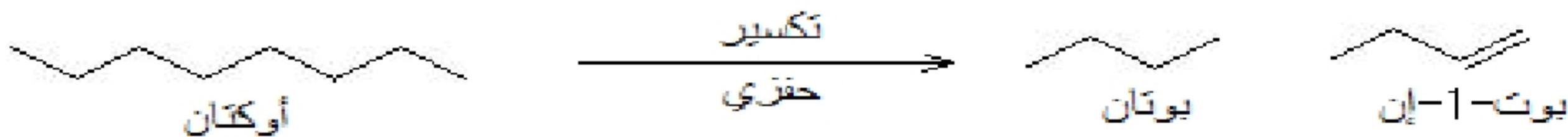
II- تقنيات تحويل الهيكل الکربونی :

1- تقلیص السلسلة الکربونیة :

1-1- التكسير الحفزي :

التكسير الحفزي طريقة صناعية يتم خلالها تفتيت السلسل الکربونیة الطويلة وتحویلها الى هیدروکربورات ذات سلسلة کربونیة قصيرة . ويسمى التكسير حفزيا إذا تم بحضور حفاز .

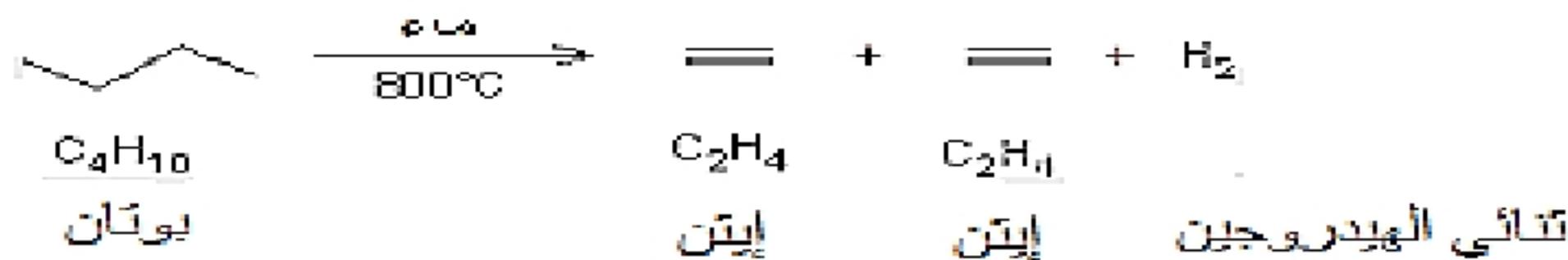
مثال : التكسير الحفزي للأوكتان



1-2- التكسير بوجود بخار ماء :

يتم التكسير بوجود بخار الماء بدون حفاز وعند درجة حرارة تقارب 800°C وهو موجه أساساً لتحضير الألكينات الخفيفة مثل الإيثين والبروبين .

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 .

1-1-التفريع :

يمكن للتفرع من تحويل ألكان خطى الى ألكان متماكب متفرع .

مثال تفريع الهبتان



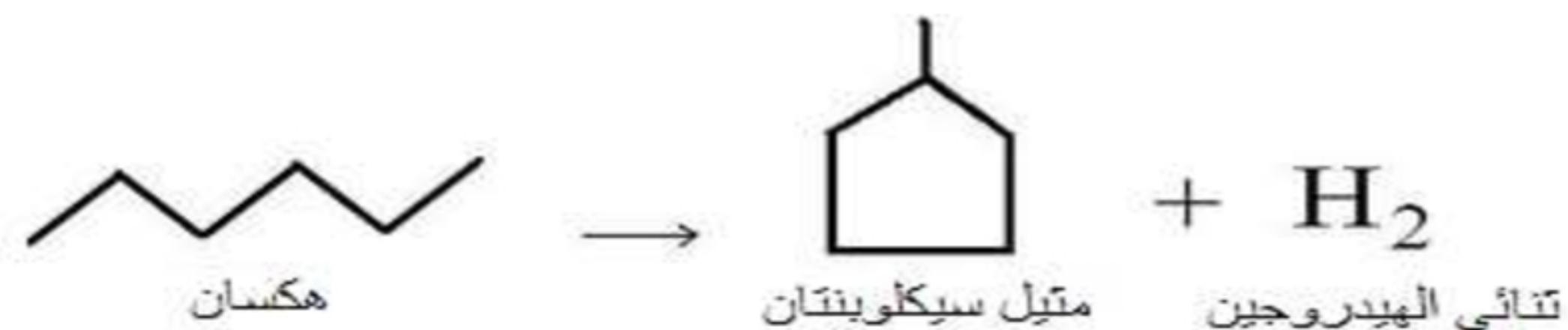
ملحوظة :

الهيdroكربورات ذات السلسلة المتفرعة سريعة الاشتعال ، وذلك تعتبر وقودا جيدا مقارنة بمتماكباتها ذات السلسلة الخطية .

2-2-التحليق :

يمكن التحليق من تحويل ألكان خطى الى ألكان حلقي مع تحرير ثاني الهيدروجين

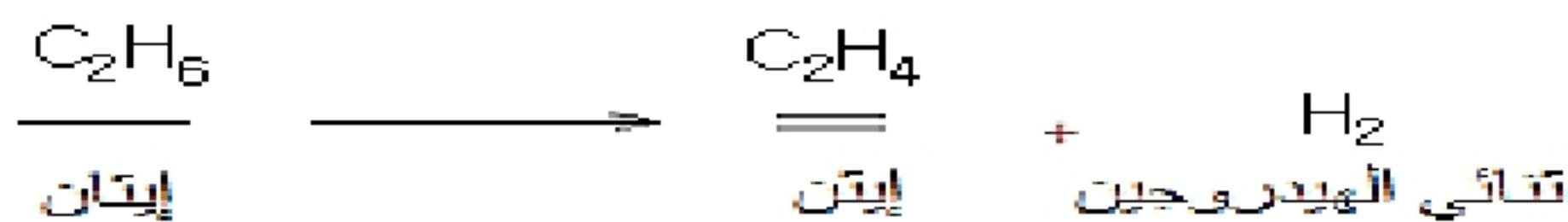
مثال تحليق الهكسان :



2-3-إزالة الهيدروجين :

تمكن إزالة الهيدروجين من تحويل رابطة تساهمية بسيطة C - C الى رابطة تساهمية ثنائية C = C .

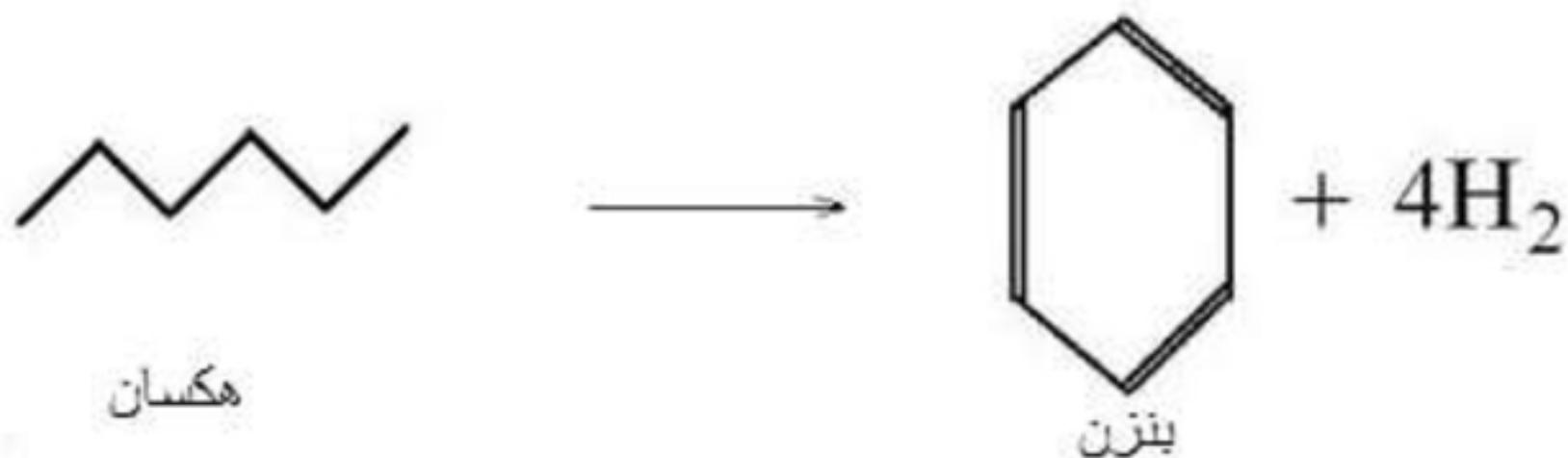
مثال :



ملحوظة :

قد تكون إزالة الهيدروجين مصحوبة بعملية تحليق .

مثال :



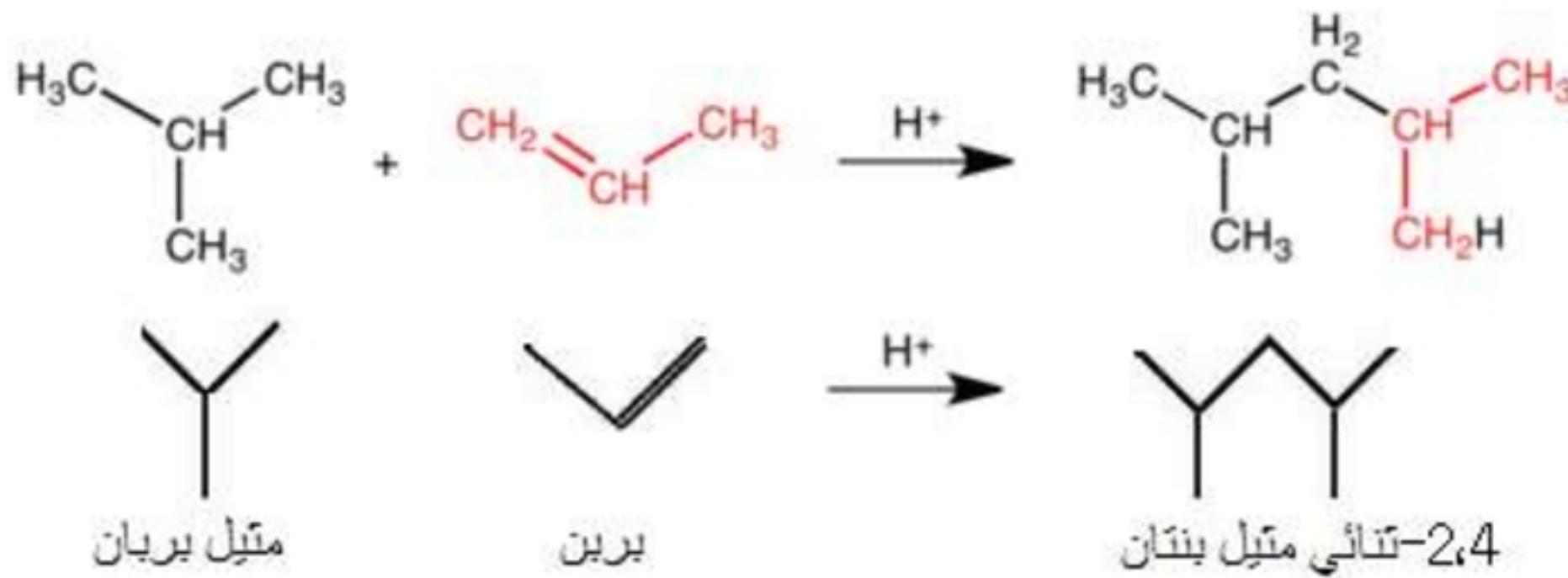
3-إطالة السلسلة الكربونية :

3-1-بواسطة الألكلة : alkylation

الألكلة هي استبدال ذرة هيدروجين في السلسلة بالكيل .

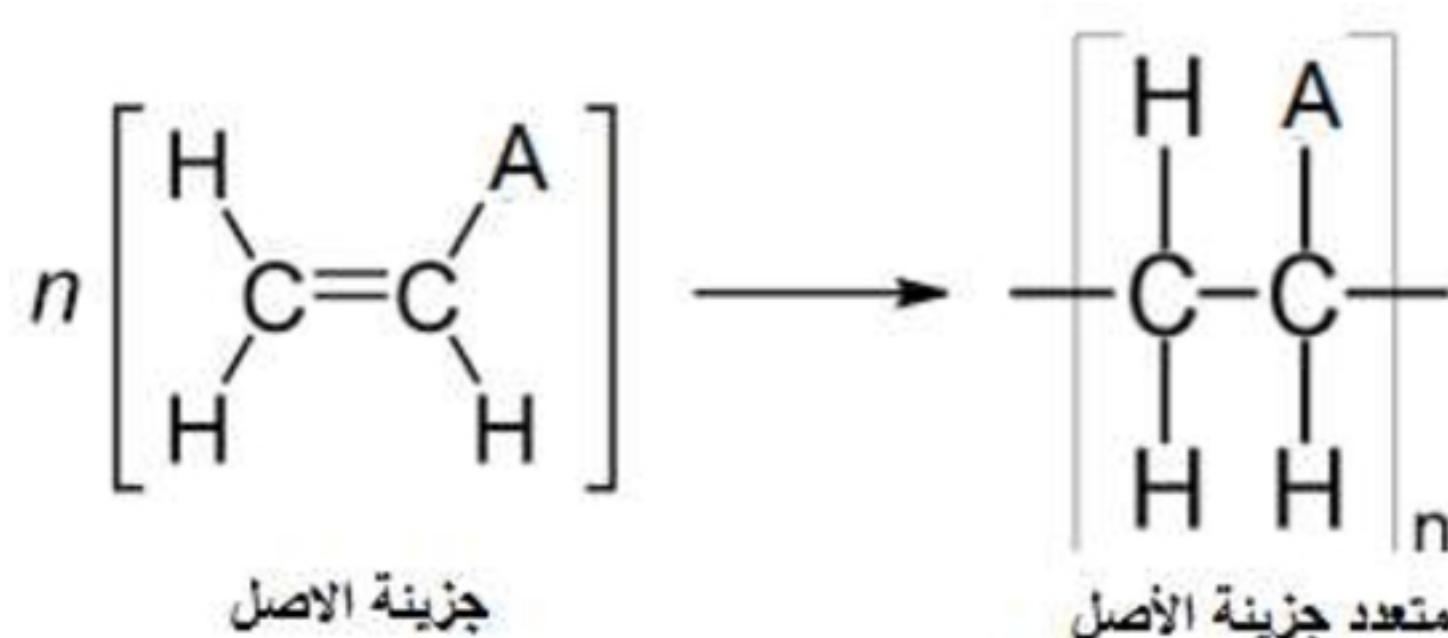
ويمكن أن تتم عن طريق ضم ألكان وألكين خفيفين للحصول على ألكان أثقل ، وهي العملية العكسية للتكسير .

مثال :

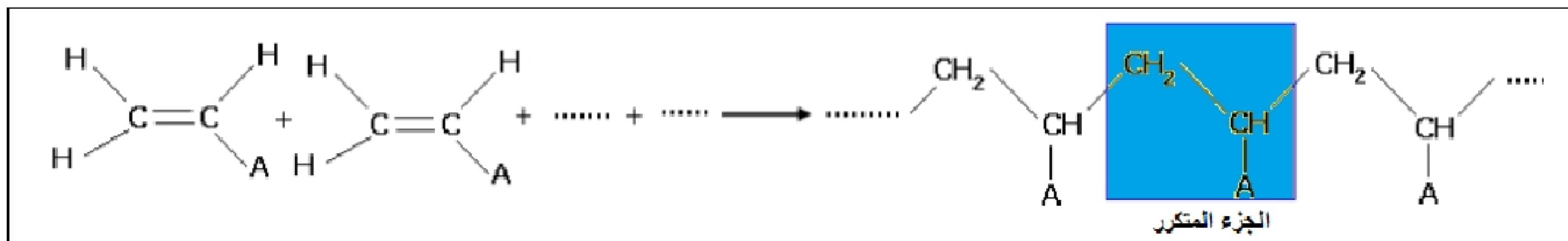


3-2-بالإضافات المتعددة :

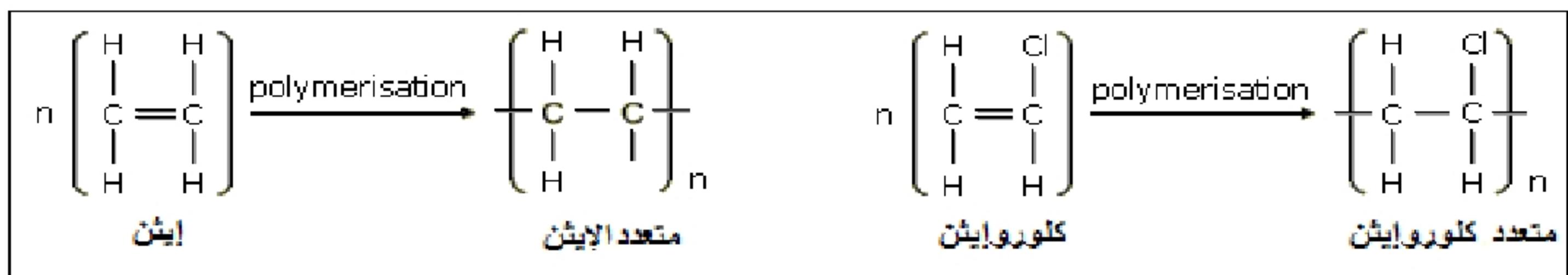
الإضافة المتعددة هي إضافة متكررة عدة مرات لنفس الجزيئة الأصل غير المشبعة ، وينتج عن ذلك جزيئات عملاقة تسمى متعددة الجزيئة الأصل .



يسمى n عدد جزيئات الأصل التي يحتوي عليها البوليمير ويسمى بدرجة البلمرة أو معامل البلمرة .



أمثلة :



المجموعات المميزة في الكيمياء العضوية

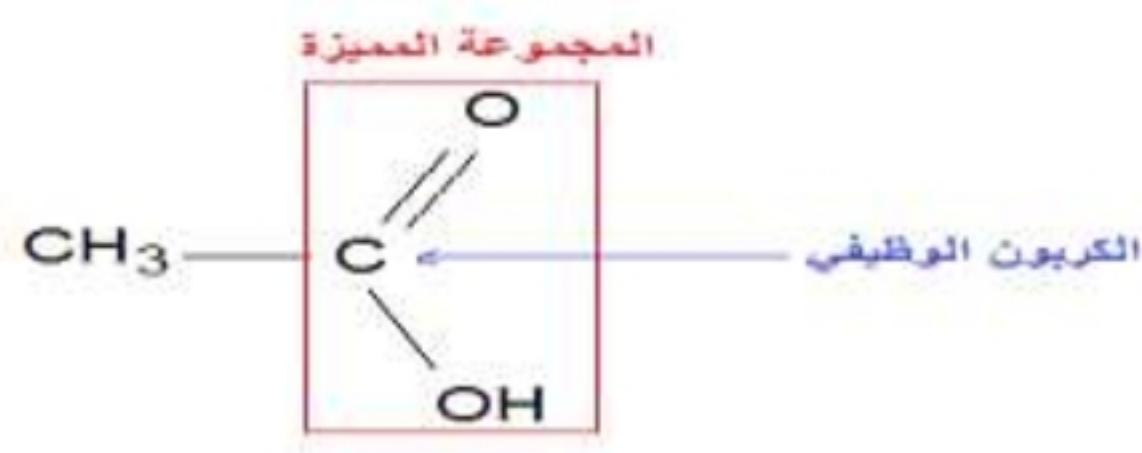
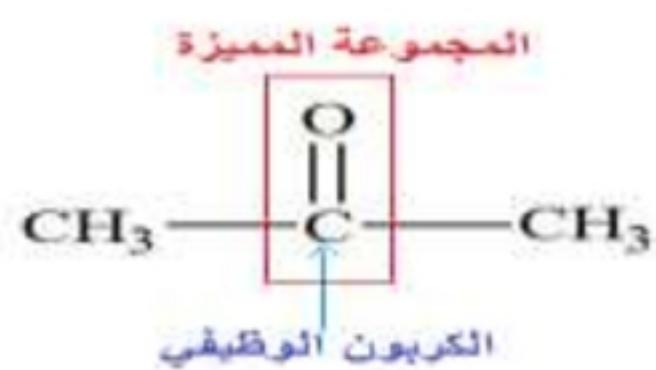
I-مجموعات المركبات العضوية

1-مجموعات المميزة والكربون الوظيفي :

نصنف المركبات العضوية إلى مجموعات لها خصائص كيميائية متشابهة . وتنقسم كل مجموعة باحتواء جزيئاتها على نفس المجموعة المميزة *groupe caractéristique* .

نسمى ذرة الكربون التي تحمل المجموعة المميزة أو التي تشكل جزءاً من المجموعة المميزة الكربون الوظيفي .

أمثلة :



2-المركبات العضوية الأوكسيجينية :

1-الكحولات :

تعريف :

تضم جزيئة الكحولات المجموعة الهيدروكسيلية $-\text{OH}$ - مرتبطة بالسلسلة الكربونية .
الصيغة الإجمالية العامة للكحولات تكتب $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$ مع $-\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$ جدر ألكيلي .

ب-أصناف الكحولات :

يوافق صنف الكحول عدد ذرات الكربون المرتبطة بالكربون الوظيفي ، و يتربع عن ذلك وجود ثلاثة اصناف :

- ❖ كحول أولي : إذا كان الكربون الوظيفي مرتبطة بذرة كربون واحدة أو مرتبطة بذرتين هيدروجين فقط .
- ❖ كحول ثانوي : إذا كان الكربون الوظيفي مرتبطة بذرتين كربون .
- ❖ كربون ثالثي : إذا كان الكربون الوظيفي مرتبطة بثلاث ذرات كربون .

$\text{R}-\text{CH}_2-\text{OH}$ كحول أولي	$\text{R}-\text{CH}(\text{R}')-\text{OH}$ كحول ثانوي	$\text{R}-\text{C}(\text{R}')(\text{R}'')-\text{OH}$ 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 :

$\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---OH}$ بوتان-1-أول كحول أولي	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{---CH---CH---OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ 1,2-ثنائي مثيل بروبان-1-أول كحول ثانوي	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{CH}_3\text{---C---CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ 2-مثيل بروبان-2-أول كحول ثالثي
---	---	---

2-المركبات الهالوجينية :

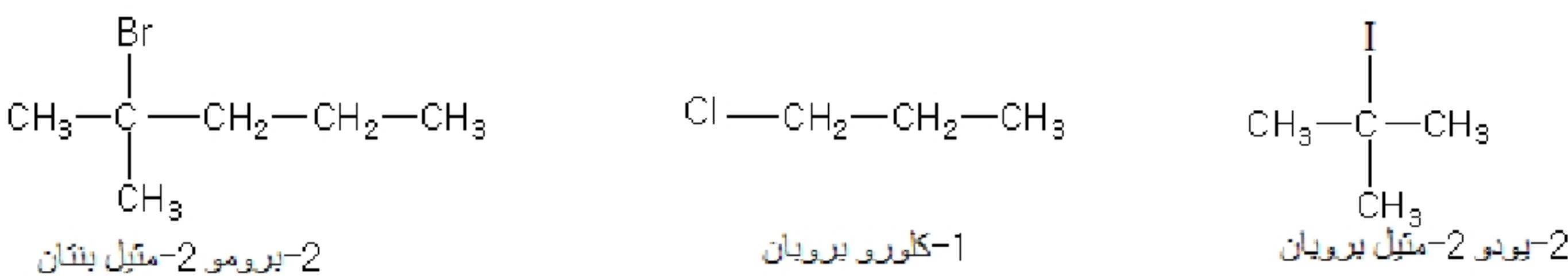
أ-تعريف :

تحتوي المركبات الهالوجينية على المجموعة المميزة هالوجينو (X-) حيث X ذرة هالوجين (F, Cl, Br, I) .

ب-تسمية المركبات الهالوجينية :

يشتق اسم المركب الهالوjenي من اسم الألkan المـواافق مـسبـوقـاً بـأـحدـىـ المـقاـطـعـ فـلـورـوـ ، كـلـورـوـ ، بـرـومـوـ ، يـوـدـوـ وـيـكـونـ المـقـطـعـ مـسـبـوقـاً بـرـقـمـ الـكـرـبـونـ الوـظـيـفـيـ .

أمثلة :

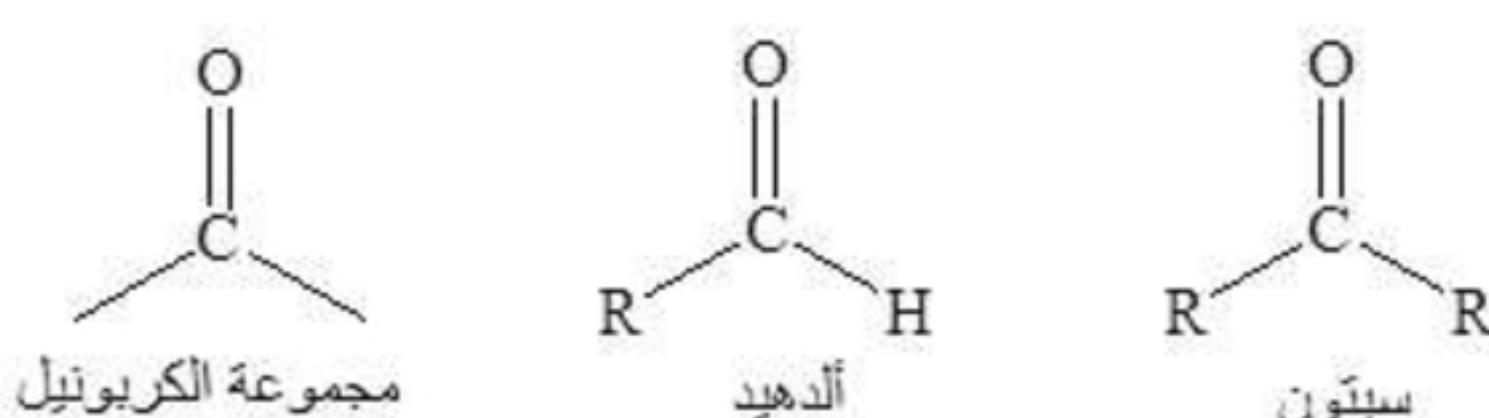


ج-رائز المركبات الهالوجينية :

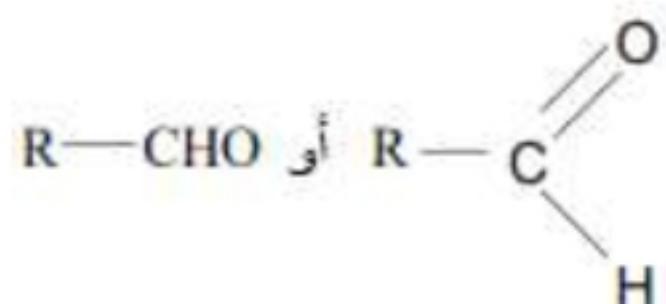
يتم الكشف عن المركبات الهالوجينية باستعمال محلول نترات الفضة الذي يعطي راسباً أبيض يسود تدريجياً عند تعريضه إلى الأشعة فوق البنفسجية .

2-المركبات الكربونيلية :

المركبات الكربونيلية تتميز بتوفيرها على مجموعة الكربونيل :
وتنقسم إلى مجموعتين عضويتين هما الألديهيدات والسيتونات .



أ-الألدهيدات : les aldéhydes :

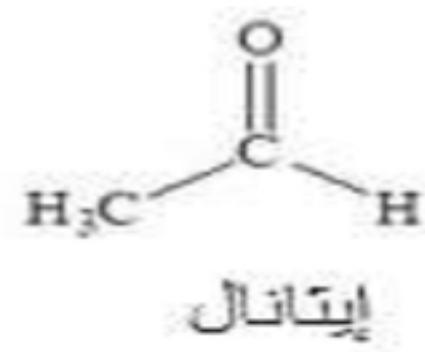
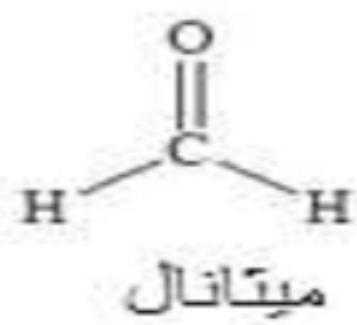


الألدهيد مركب عضوي كربونيلي يرتبط كربونه الوظيفي بذرة هيدروجين ، صيغته العامة :
R : جدر ألكيل .

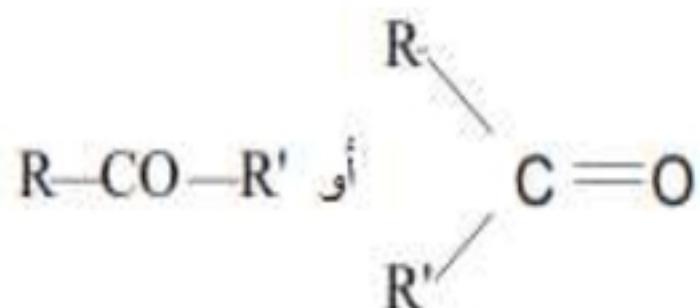
تسمية الألدهيدات :

نسمى الألدهيد باسم الالكان الموافق له ، مع إضافة المقطع (al - al) واعتبار ذرة الكربون أول ذرة عند ترقيم الهيكل الكربوني للألدهيد .

أمثلة :



ب-السيتونات : Les cétones :

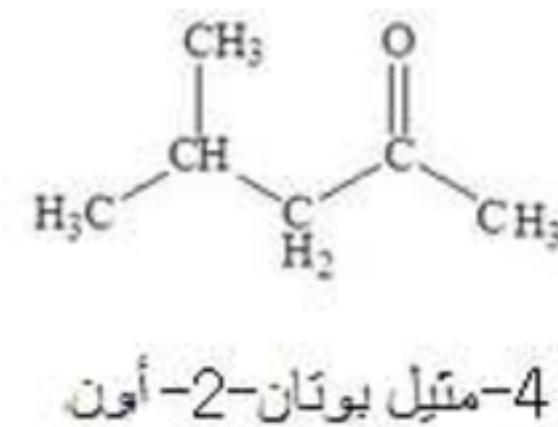
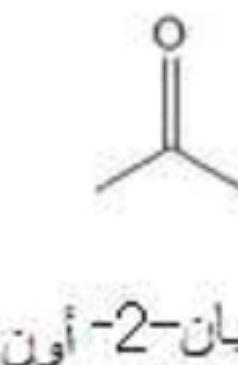
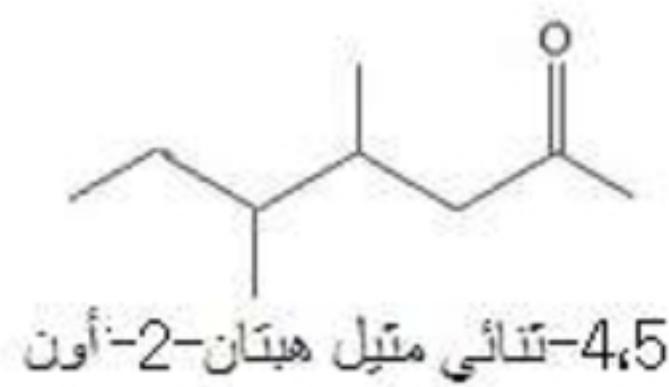


السيتون مركب عضوي كربونيلي يرتبط كربونه الوظيفي بذرتي كربون . صيغته العامة : حيث R و R' جدران ألكيليان .

تسمية السيتونات :

يسمي السيتون باسم الالكان الموافق له ، مع إضافة المقطع (one - on) عند نهاية الإسم ماعطائه أصغر رقم ممكن يدل على موضع مجموعة الكربونيل في السلسلة .

أمثلة :



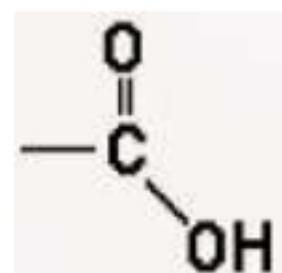
ج-روائز الكشف عن مجموعة الكربونيل :

الرائز DNPH (4,4-ثنائي نتروفينيل هيدرازين) يعطي راسب أصفر برتقالي يمكن من إبراز وجود المجموعة الكربونيلية . رائز الألدهيد يعطي راسب أحمر آجوري مع محلول فهلين ومع التسخين .

4- الأحماض الكربوكسيلية :

أ-تعريف :

التي تسمى كربوكسيل .



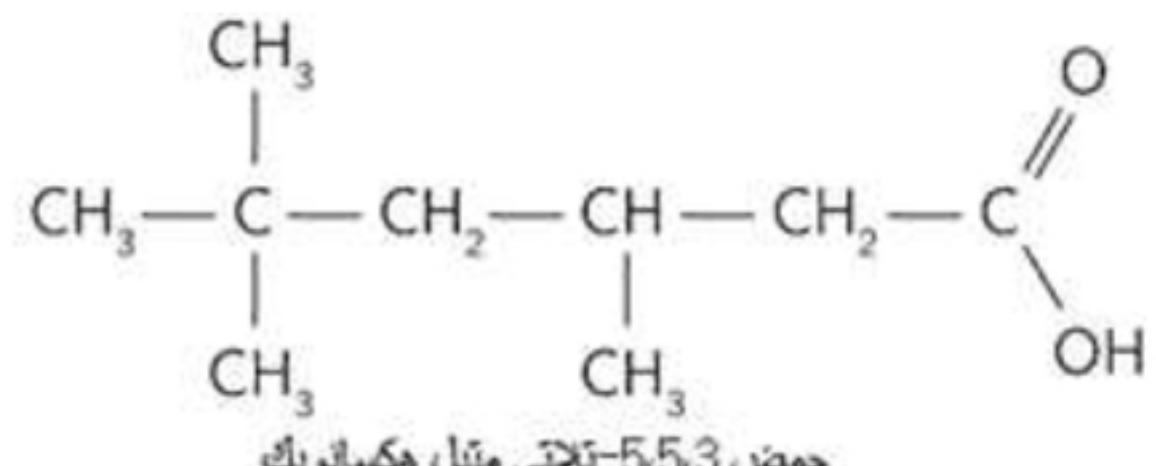
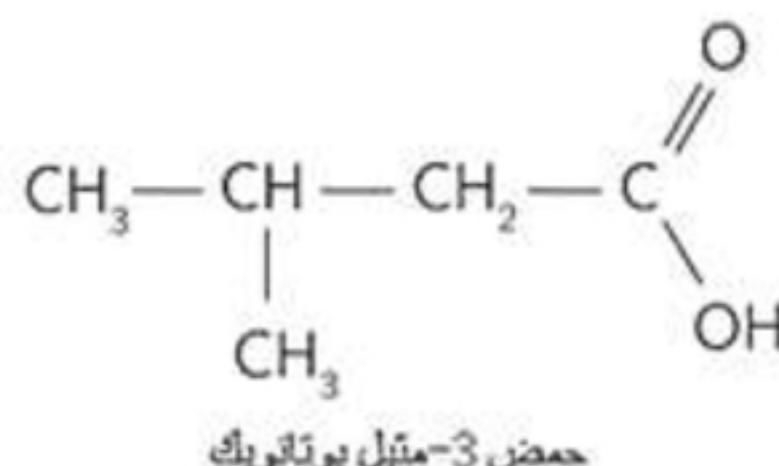
تحتوي الأحماض الكربوكسيلية على المجموعة المميزة

صيغتها العامة هي : $R-COOH$ حيث R جدر ألكيلي

ب-تسمية الأحماض الكربوكسيلية :

لتسمية الحمض الكربوكسيلي نرقم أطول سلسلة كربونية انطلاقاً من الكربون الوظيفي . يتم إضافة المقطع (ويك-ique-) إلى نهاية الاسم وبدأ الإسم بلفظ حمض .

أمثلة :



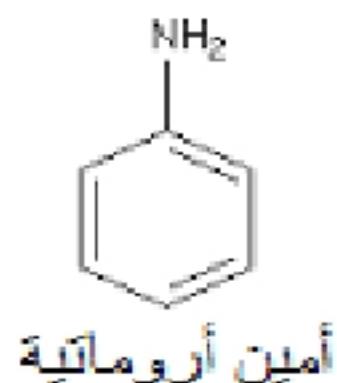
ج- رائز الأحماض الكربوكسيلية :

يعطي الكاشف أزرق البروموتيمول (*BBT*) لون أصفر مع محليل الأحماض الكربوكسيلية . مما يبين الميزة الحمضية لهذه المحليل .

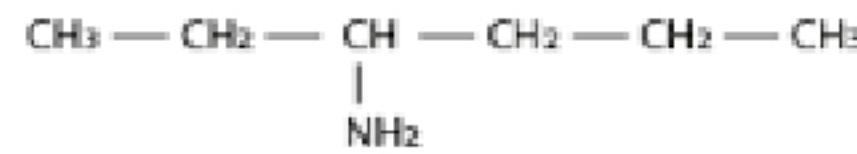
les amines: 5-الأمينات:

أ-تعريف :

الأمينات هي مركبات عضوية أزوتية ، تشتق من جزيئه الأمونياك NH_3 باستبدال ذرة هيدروجين أو أكثر بجدر ألكيلي وتكون عطرية (أروماتية) ، إذا كانت ذرة الأزوت مرتبطة بمجموعة أريلية .



أمين أرomaticية



أمين اليفاتية

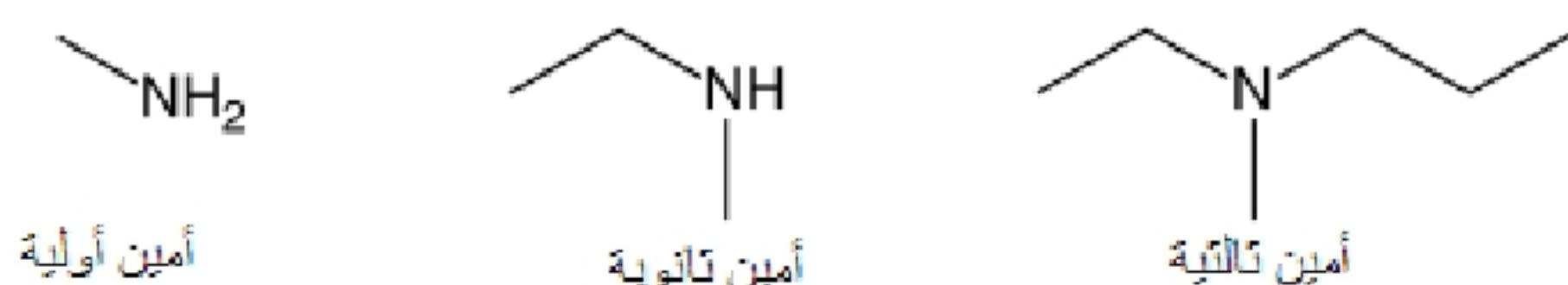
ملحوظة :

المحليل المائي 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 .

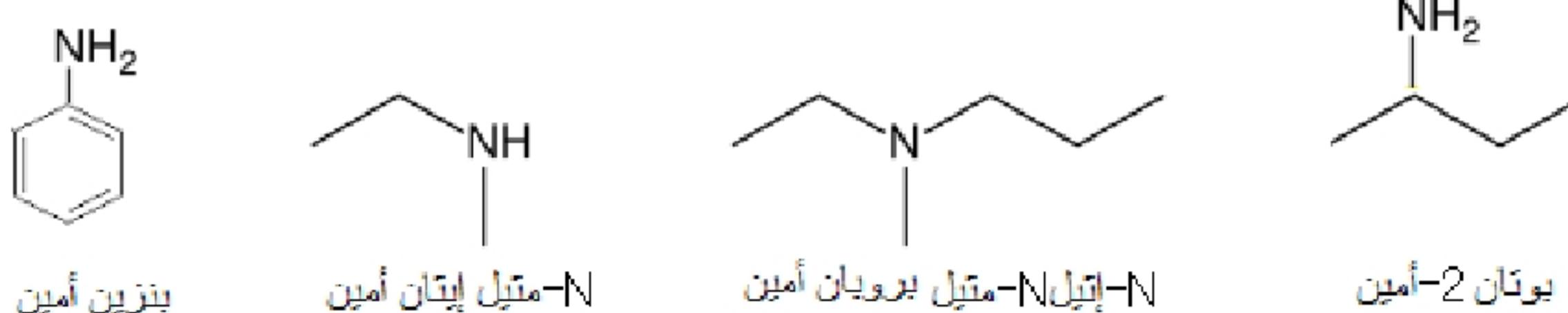


ج-تسمية الأمينات :

يشتق اسم الأمين من اسم الألكان الموافق بإضافة (أمين : amine) في نهاية الإسم مسبوقة 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 الجدول الألكيلية المعمودة لذرة الهيدروجين .

أمثلة :



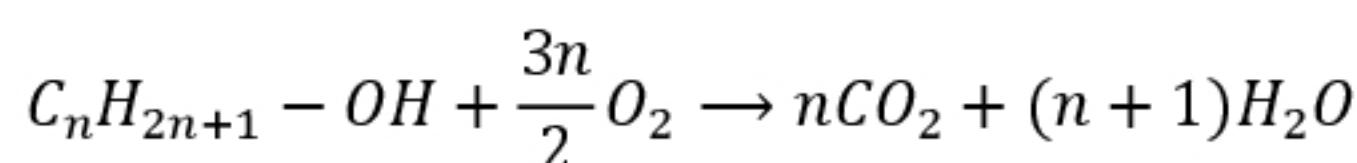
II-تفاعلية الكحولات :

1-أكسدة الكحولات :

1-1-الأكسدة الكاملة والأكسدة المعتدلة للكحولات :

الأكسدة الكاملة بواسطة ثنائي الأوكسجين (الاحتراق) :

الأكسدة الكاملة لمادة عضوية بواسطة ثنائي الأوكسجين هو التفاعل الذي تتحول خلاله هذه المادة إلى ثنائي أوكسيد الكربون CO_2 والماء نكتب معادلة هذا التفاعل بالمعادلة التالية :

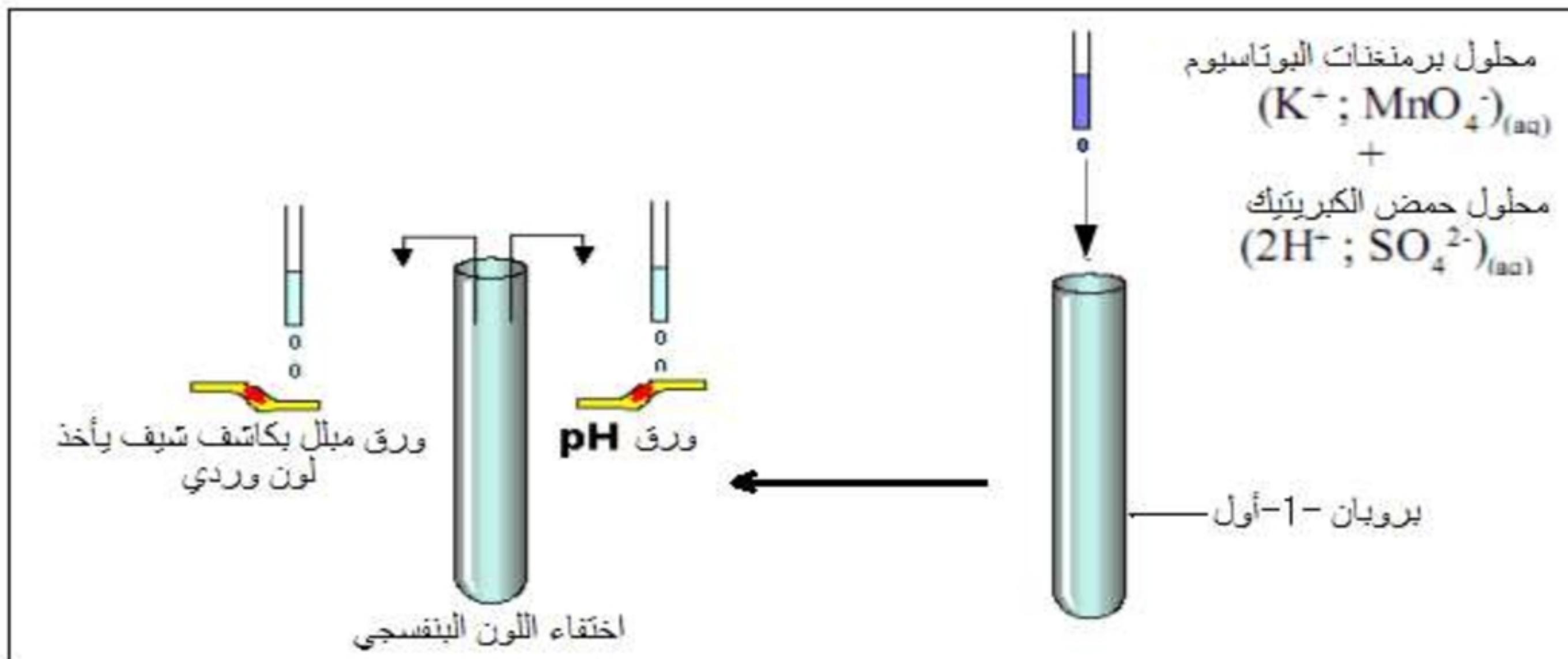


الأكسدة المعتدلة للكحولات في محلول مائي :

الأكسدة المعتدلة هي الأكسدة التي لا تتحطم أثناه الهيكل الكربوني لجزئية عضوية ، حيث لا يحدث تكسير للروابط $C-C$ ، في حين تتآكسد ذرة الكربون الوظيفي نتيجة تغيير المجموعة المميزة .

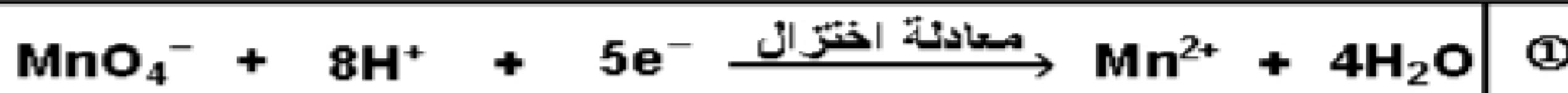
2-أكسدة الكحولات الأولية :

تجربة :

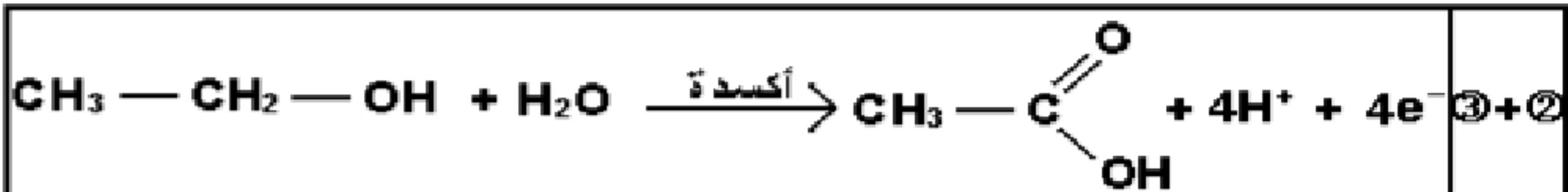
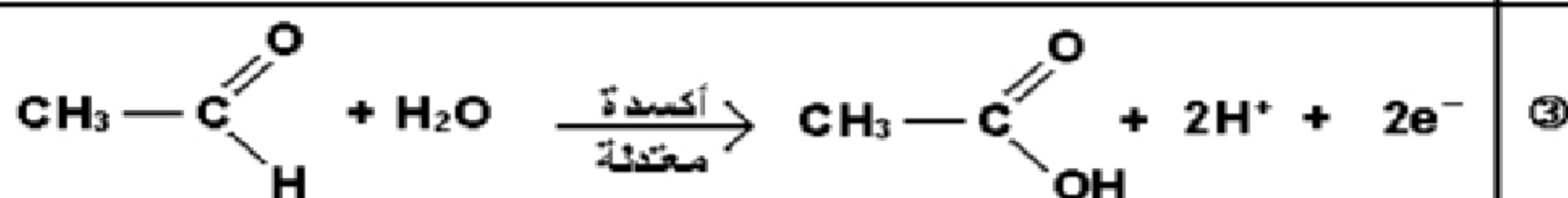
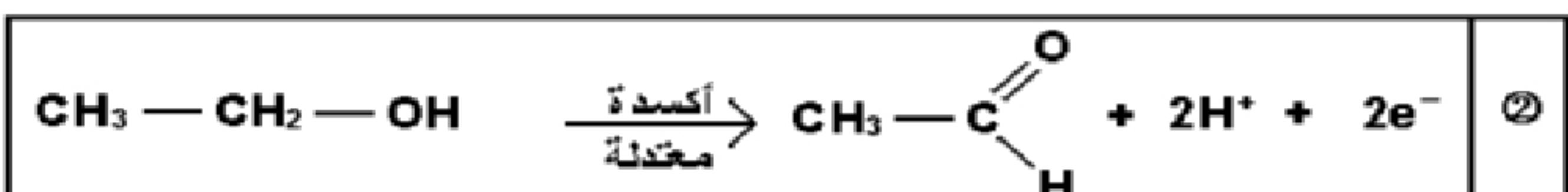


أكسدة الإيثanol :

تحول أيونات البرمنغيات البنفسجية اللون إلى أيونات المنغنيز العديمة اللون وفق نصف المعادلة التالية :

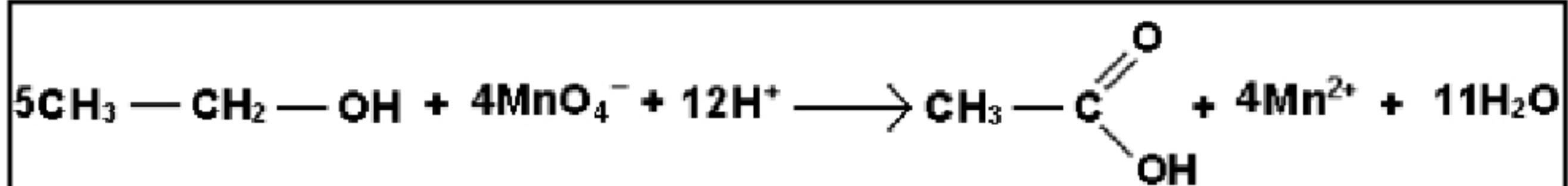


يتآكسد الإيثanol على مرحلتين :



- عند تقرير ورق مبلل بكاشف شيف من الأنوب ، نلاحظ أنه يأخذ لوناً وردياً . مما يدل على وجود ألدهيد بالمحلول : يتعلق الأمر بالإيثانول .
- يبرر ورق pH وجود حمض كربوكسيلي وهو حمض الإيثانويك .

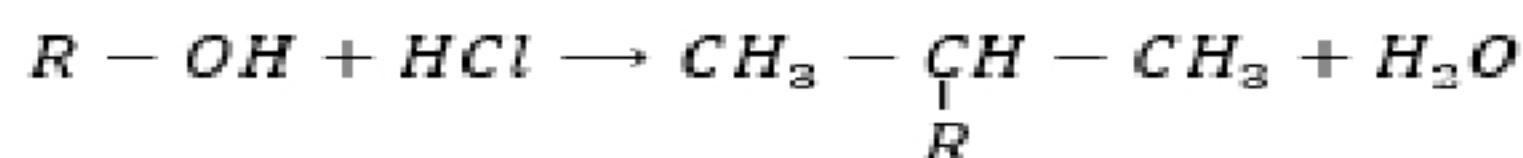
معادلة التفاعل نحصل عليها بإضافة المعادلة $(1) \times 4 + (2) + (3) \times 5$ على المعادلة التالية :



كحول أولى	$\text{R}-\text{CH}_2-\text{OH} \xrightarrow[\text{محذلة}]{\text{أكسدة}} \text{R}-\text{C} \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagup \\ \text{O} \end{array} \xrightarrow{\text{oxydation}} \text{R}-\text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \diagdown \\ \text{O-H} \end{array}$	ألدهيد	حمض كربوكسيلي
كحول تانوي	$\text{R}' \text{---} \text{CH}-\text{OH} \xrightarrow[\text{محذلة}]{\text{أكسدة}} \text{R}' \text{---} \text{C} \begin{array}{c} \text{R}' \\ \diagup \\ \text{O} \end{array}$		سيتون
كحول ثالثي	$\text{R}' \text{---} \text{C} \begin{array}{c} \text{R}' \\ \\ \text{O} \end{array} \xrightarrow{\text{لا تطرأ عليه أكسدة}}$		

2-تفاعل الإستبدال :

يتفاعل كحول مع محلول حمضي HX مركز حيث $X = Cl, Br, I, F$ لإعطاق مشتق هالوجيني عن طريق تفاعل الإستبدال ، حيث يتم تعويض مجموعة الهيدروكسيل OH^- في الكحول بهالوجين X حسب المعادلة :



أمثلة :

