ملخص شامل في الوحدة 01 – BAC 2022

" المتابعة الزمنية لتحول كيميائي في وسط مائي"

1/ كل ما يخصّ الأكسدة والإرجاع:

أ- تعريفات:

• المؤكسد (Ox): هو كلّ فرد كيميائي قادر على اكتساب إلكترون أو أكثر خلال تحوّل كيميائي.

• المرجع (Red): هو كلّ فرد كيميائي قادر على فقدان إلكترون أو أكثر خلال تحوّل كيميائي.

• تفاعل الأكسدة: هي عمليّة يحدثُ فيها فقدان إلكترون أو أكثر من طرف المرجع.

• تفاعل الإرجاع: هي عمليّة يحدثُ فيها اكتساب إلكترون أو أكثر من طرف المؤكسد.

• تفاعل الأكسدة-إرجاع: هو التّفاعل الذي يحدثُ فيه انتقال الإلكترونات من المرجع إلى المؤكسد اللّذين يشكّلان الثّنائيّة (Ox/Red).

ب- خطوات كتابة المعادلات أكسدة-إرجاع:

1• نُوازن كلّ الذرّات ما عدا ذرّتي الأكسجين O والهيدروجين H.

2• نُحقّق انحفاظ عُنصر الأكسجين O بإضافة H_2O.

3• نُحقّق انحفاظ عُنصر الهيدروجين H بإضافة H^+ أو (H_3O^+).

4• نُوازن الشّحنات بإضافة إلكترونات e^-.

5• عند كتابة المعادلتين النّصفيتين للأكسدة والإرجاع لابدّ من جعل عدد الإلكترونات متساوية حتّى يتمّ جمعهما للتحصّل على المعادلة الإجمالية للأكسدة-الإرجاع.

6• نختزل $H^+(H_3O^+)$ أو H_2O إن وجدت في كلا الطرفين (تبقى في الطّرف الأكبر).

7• لا ننسى الحالة الفيزيائية لكل فرد كيميائي.

$$\begin{cases} \underbrace{solide}_{\text{صلب}}\ (\boldsymbol{s}) \\ \underbrace{aqueuse}_{\text{محلول(شاردة...)}}\ (\boldsymbol{aq}) \\ \underbrace{gaz}_{\text{غاز}}\ (\boldsymbol{g}) \\ \underbrace{liquide}_{\text{سائل(الماء...)}}\ (\boldsymbol{\ell}) \end{cases}$$

2/ مكتسبات السنة (1) و(2) ثانوي (قوانين هامة):

أ- كمية المادّة $n(mol)$:

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

m : الكتلة تُعطى بالغرام (g)

M : الكتلة المولية بـــ (g/mol)

$$n = C \times V$$

C : التّركيز المولي بـــ (mol/L)

V : الحجم يُعطى باللّتر (L)

$$n = \frac{V_{gaz}}{V_M}$$

V_{gaz} : حجم الغاز باللّتر (L)

V_M : الحجم المولي بـــ (L/mol)

• في الشروط النّظامية $V_M = 22{,}4\ L/mol$

$$n = \frac{P.V}{R.T}$$

P : ضغط الغاز بالباسكال (Pa)

V : حجم الغاز بـــ (m^3)

R : ثابت الغازات المثالية $= 8{,}31\ SI$

T : درجة الحرارة بالكالفن (K)

$K = °C + 273$

ب- التركيز الكتلي $C_m(g/L)$:

$$C_m = \frac{m}{V} = C.M$$

m : كتلة النّوع الكيميائي بالغرام (g)

V : حجم المحلول باللّتر(L)

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

جـ- الكتلة الحجميّة $\rho(g/L)$:

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

m : كتلة النّوع الكيميائي بالغرام (g)

V : حجم النوع الكيميائي باللّتر(L)

د- الكثافة d:

• كثافة نوع كيميائي سائل أو صلب:

$$d = \frac{\rho}{\rho_{الماء}}$$

ρ : الكتلة الحجميّة لنوع كيميائي

$\rho_{الماء}$: الكتلة الحجمية للماء

$$\rho_{الماء} = 1kg/L = 1000g/L$$

• كثافة نوع كيميائي غازي:

$$d = \frac{\rho_{gaz}}{\rho_{الهواء}} = \frac{M_{gaz}}{29}$$

ρ : الكتلة الحجميّة للغاز

$\rho_{الهواء}$: الكتلة الحجمية لهواء

$$\rho_{الهواء} = 1{,}29g/L$$

هـ/ عملية التّمديد (التّخفيف):

• قانون التّمديد (التخفيف):

كميّة المادّة تبقى محفوظة خلال عملية التمديد،

$$n_{مركز} = n_{ممدد}$$

$$\Rightarrow C_{مركز}.V_{مركز} = C_{ممدد}.V_{ممدد}$$

• معامل التّمديد F:

$$F = \frac{C_{مركز}}{C_{ممدد}} = \frac{V_{ممدد}}{V_{مركز}}$$

و- النّسبة المئويّة الكتليّة P (درجة النّقاوة): (طريقتين)

$$P = \frac{m'}{m} \times 100 \quad (1)$$

m': كتلة المادّة النقيّة بـ(g)

$$m' = C.V_{محلول}.M$$

m: كتلة المادّة الغير النقيّة بـ(g)

$$m = \rho_{محلول}.V_{محلول}$$

أو:

$$P = \frac{C \times M}{10 \times d_{محلول}} \quad (2)$$

C: التركيز المولي للمحلول بـ(mol/L)

M : الكتلة المولّية بـ(g/mol)

$d_{محلول}$: كثافة المحلول بدون وحدة

$$d_{محلول} = \frac{\rho_{محلول}}{\rho_{ماء}}$$

3/ جدول التقدم وما جاوره من أسئلة :

معادلة التّفاعل		aA	+	bB	=	cC	+	dD
الحالة الابتدائية	$x = 0$	$n_0(A)$		$n_0(B)$		0		0
الحالة الانتقالية	x	$n_0(A) - a.x$		$n_0(B) - b.x$		$c.x$		$d.x$
الحالة النّهائية	x_{max}	$n_0(A) - a.x_{max}$		$n_0(B) - b.x_{max}$		$c.x_{max}$		$d.x_{max}$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

• بما أنّ التفاعلات المدروسة في هذه الوحدة كلها تامّة فإنّ:

(التقدّم الأعظمي x_{max} = التقدّم النّهائي x_f).

أ- حساب التقدّم الأعظمي x_{max} وتحديد المتفاعل المحدّ:

• المتفاعل المحدّ: هو المتفاعل الذي تنتهي كميّة مادّته قبل كلّ المتفاعلات الأخرى، ومن أجل التّعرّف عليه نحسب قيمة x_{max} لكلا المتفاعلين كمايلي:

$$\begin{cases} n_0(A) - a.x_{max} = 0 \\ n_0(B) - b.x_{max} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_{max} = \dfrac{n_0(A)}{a}\ (mol) \\ x_{max} = \dfrac{n_0(B)}{b}\ (mol) \end{cases}$$

• القيمة الصّغرى لـx_{max} هي التي تُحدّد المتفاعل المحدّ.

ب- ما هو المزيج الستوكيومتري؟

ط01 • إذا اختفت كليّا كلّ المتفاعلات في نهاية التّفاعل، نقولُ أنّ التّفاعل خاضع للشروط السّتوكيومترية ويمكنُ إثباتُ ذلك إذا تحقّقت هذه العلاقة:

$$\frac{n_0(A)}{a} = \frac{n_0(B)}{b}$$

ط02 • أو نجد أن التقدّم الأعظمي x_{max} متساوي لكلا المتفاعلين.

ج- التركيب المولي (حصيلة المادّة) للأفراد الكيميائية

عند لحظة t: (حالة ابتدائية، انتقالية، نهائية)

• هو إيجاد كمية مادّة فرد كيميائي عند لحظة t تُعطى في التّمرين ونستعين بجدول التقدّم لتحديده.

مثال 01: حساب التركيب المولي عند الحالة النّهائية:

$$\begin{cases} n_f(A) = n_0(A) - a.x_{max} \\ n_f(B) = n_0(B) - b.x_{max} \\ n_f(C) = c.x_{max} \\ n_f(D) = d.x_{max} \end{cases}$$

مثال 02: حساب التركيب المولي عند $t_{1/2}$:

$$\begin{cases} n_{1/2}(A) = n_0(A) - a.x(t_{1/2}) \\ n_{1/2}(B) = n_0(B) - b.x(t_{1/2}) \\ n_{1/2}(C) = c.x(t_{1/2}) \\ n_{1/2}(D) = d.x(t_{1/2}) \end{cases}$$

ونعوّض قيمة $x(t_{1/2})$ بـ:

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2}$$

د- التركيز المولي للأفراد الكيميائية عند لحظة t:

(حالة ابتدائية، انتقالية، نهائية)

• هو إيجاد التركيز المولي لفرد كيميائي عند لحظة t تُعطى في التّمرين ونستعين بجدول التقدّم لتحديده.

مثال 01: حساب التركيز المولي عند الحالة النّهائية:

$$\begin{cases} [A]_f = \dfrac{n_0(A) - a.x_{max}}{V_T} \\ [B]_f = \dfrac{n_0(B) - b.x_{max}}{V_T} \\ [C]_f = \dfrac{c.x_{max}}{V_T} \\ [D]_f = \dfrac{d.x_{max}}{V_T} \end{cases}$$

مثال 02: حساب التركيز المولي عند $t_{1/2}$:

$$\begin{cases} [A]_{1/2} = \dfrac{n_0(A) - a.x(t_{1/2})}{V_T} \\ [B]_{1/2} = \dfrac{n_0(B) - b.x(t_{1/2})}{V_T} \\ [C]_{1/2} = \dfrac{c.x(t_{1/2})}{V_T} \\ [D]_{1/2} = \dfrac{d.x(t_{1/2})}{V_T} \end{cases}$$

ونعوّض قيمة $x(t_{1/2})$ بـ:

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2}$$

حيث: V_T يمثّل حجم المزيج التّفاعلي.

• إذا لتحديد التركيب المولي أو التركيز المولي لابدّ من تحديد قيمة التقدّم x عند اللّحظة المطلوبة.

• لا تنسى كذلك حساب التركيب المولي أو التركيز المولي للشوارد المتفرّجة الموجودة في المزيج حيث تبقى ثابتة في كل لحظة (لأنها لم تشارك في التفاعل).

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

4/ أصناف التحوّلات الكيميائيّة: (باختصار)

• التحوّل الكيميائي السّريع: يكون تطوّر الجملة لحظيّا أي يصل إلى حالته النّهائية بمجرّد تلامس المتفاعلات.

• التّحوّل الكيميائي البطيء: يدوم تطوّر الجملة من عدّة ثواني إلى عدّة ساعات، يمكن متابعته بالعين المجرّدة.

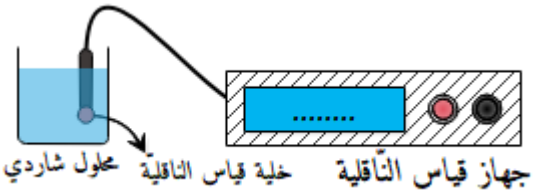
• التحوّل الكيميائي البطيء جدّا: يدوم تطوّر الجملة من عدّة أيام إلى عدّة أشهر، نعتبر الجملة عاطلة كيميائيّا.

5/ طرق المتابعة الزمنيّة لتحوّل كيميائي:

•نقصد بالمتابعة الزّمنيّة لتحوّل كيميائي: هو دراسة تطوّر تقدّم التّفاعل x بدلالة الزّمن t.

أ- المتابعة الزمنية لتحوّل كيميائي عن طريق قياس الناقلية:

(طريقة فيزيائية)



• ما تحتاجه من قوانين:

$$G = \frac{I}{U} = \frac{1}{R}$$

G : النّاقلية (S) | U : قيمة التوتر (V)

I : قيمة شدّة التيّار (A) | R : مقاومة المحلول (Ω)

$$\sigma = \sum \lambda_i . [X_i]$$

σ : النّاقلية النوعية (S/m)

$[\ ]$: التركيز المولي للشاردة (mol/m^3)

λ : الناقلية النوعية المولية الشاردية $(S.m^2.mol^{-1})$

$$G = K.\sigma = K.(\sum \lambda_i . [X_i])$$

$$K = \frac{S}{L}$$

K : ثابت الخلية (m)

S : مساحة أحد الصّفيحتين (m^2)

L : البعد بين الصّفيحتين (m)

• عند حساب النّاقليّة لا تنسى الشّوارد المتفرّجة.

ب- المتابعة الزمنية لتحوّل كيميائي عن طريق المعايرة اللّونية:

(طريقة كيميائية)

• أسئلة نظرية تُطرح في تمارين المعايرة اللونية:

س01: هل يتطوّر محتوى الأنابيب بنفس طريقة محتوى البيشر الذي يحتوي على المحلول الأصلي؟

ج01: نعم، يتطوّر محتوى الأنابيب بنفس طريقة محتوى البيشر الذي يحتوي على المحلول الأصلي.

س02: لماذا يجب إضافة الأنبوب إلى (ماء بارد + جليد) قبل المعايرة؟

ج02: يجب إضافة الأنبوب إلى (ماء بارد + جليد) قبل المعايرة، لإيقاف التّفاعل.

س03: عرّف عمليّة السّقي واذكر نوعيه؟ هل يؤثّر على قيمة حجم التكافؤ؟ لماذا؟

ج03: نعني بعمليّة السّقي: هو التّبريد المفاجئ للمزيج التّفاعلي وذلك لإيقاف التّفاعل. يوجد نوعان:

•السّقي الفيزيائي: وهو إضافة أنبوب المزيج التّفاعلي إلى وعاء الماء البارد والجليد (يؤثّر على العامل الحركي درجة الحرارة فقط).

•السّقي الكيميائي: وهو إضافة الماء المثّلج إلى أنبوب المزيج التّفاعلي (يؤثّر على عاملين حركيين درجة الحرارة والتّراكيز).

عمليّة السّقي (فيزيائي أو كيميائي) لا تُؤثر على حجم التّكافؤ (V_E) لأن كميّة المادّة لا تتغيّر.

س04: ماهي مميّزات تفاعل المعايرة؟ (أو خواص تفاعل المعايرة)

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ج04: مميّزات تفاعل المعايرة: سريع وتامّ ووحيد.

س05: عرّف التّكافؤ؟ وكيف نستدلّ على حدوث التّكافؤ؟

ج05: هو النّقطة التي يكون فيها المحلول المُعايَر والمحلول المُعايِر بنسب ستوكيومترية. ونستدلّ على حدوث التّكافؤ بتغيّر لون المحلول.

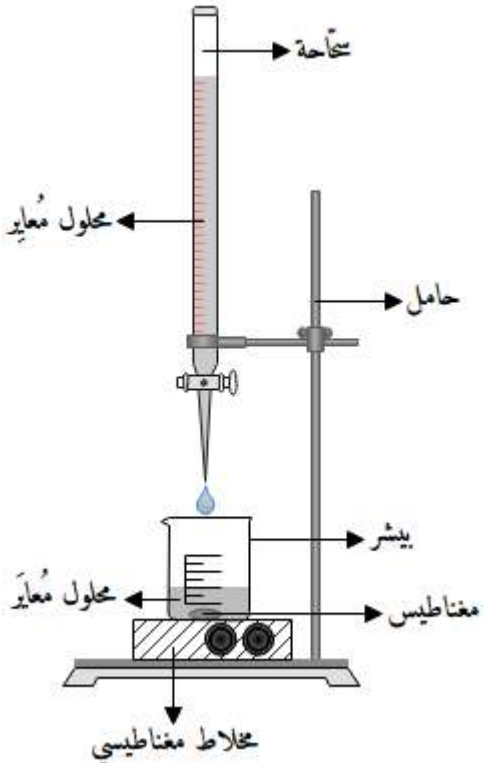
س06: أُذكر خطوات البروتوكول التجريبي لعملية المعايرة اللّونية.

ج06: خطوات البروتوكول التجريبي لعملية المعايرة اللّونية:

- تقسيم المزيج التفاعلي الابتدائي إلى أنابيب متساوية الحجم.
- في لحظات مختلفة نأخذ أنبوبا ونضعه في (ماء بارد + جليد) لتوقيف التفاعل ونضيفُ له قطرات من كاشف ملوّن (صمغ النّشاء).
- نُفرغُ الأنبوب في بيشر ونضعُه فوق مخلاط مغناطيسي.
- نملأ السّحاحة بالمحلول المُعايِر ونضيفُ قطرة بقطرة إلى غاية تغيّر لون الكاشف (اختفاء اللّون الأزرق).
- نسجّل حجم التكافؤ V_E ونعيدُ العمليّة مع باقي الأنابيب.

س07: أُرسم التجهيز المناسب لعملية المعايرة اللونية.

ج07: التجهيز المناسب لعملية المعايرة اللونية:



6/ سرعة التّفاعل:

أ- سرعة التّفاعل:

• السّرعة اللّحظية للتفاعل $v_{تفاعل}$:	$v_{تفاعل}(t) = \left.\frac{dx}{dt}\right\|_t$
• السّرعة الحجميّة للتفاعل v_{vol}:	$v_{vol}(t) = \frac{1}{V_T} \times \left.\frac{dx}{dt}\right\|_t$

ب- سرعة تشكّل نوع كيميائي:

• السّرعة اللّحظية للتشكل v_C:	$v_C(t) = \left.\frac{dn}{dt}\right\|_t$
• السّرعة الحجميّة للتشكل v_{vol}:	$v_{vol}(t) = \frac{1}{V_T} \times \left.\frac{dn}{dt}\right\|_t$

جـ- سرعة اختفاء نوع كيميائي:

• السّرعة اللّحظية للاختفاء v_A:	$v_A(t) = -\left.\frac{dn}{dt}\right\|_t$
• السّرعة الحجميّة للاختفاء v_{vol}:	$v_{vol}(t) = -\frac{1}{V_T} \times \left.\frac{dn}{dt}\right\|_t$

V_T: يمثّل حجم المزيج التّفاعلي (الحجم الكلي)

- توجد علاقة بين سرعة اختفاء المتفاعلات وسرعة تشكل النّواتج مع سرعة التّفاعل:

$$v_{تفاعل} = \frac{v_A}{a} = \frac{v_B}{b} = \frac{v_C}{c} = \frac{v_D}{d}$$

- توجد علاقة بين السرعة الحجمية لاختفاء المتفاعلات والسرعة الحجمية لتشكل النّواتج مع السرعة الحجمية للتّفاعل:

$$v_{vol} = \frac{v_{vol(A)}}{a} = \frac{v_{vol(B)}}{b} = \frac{v_{vol(C)}}{c} = \frac{v_{vol(D)}}{d}$$

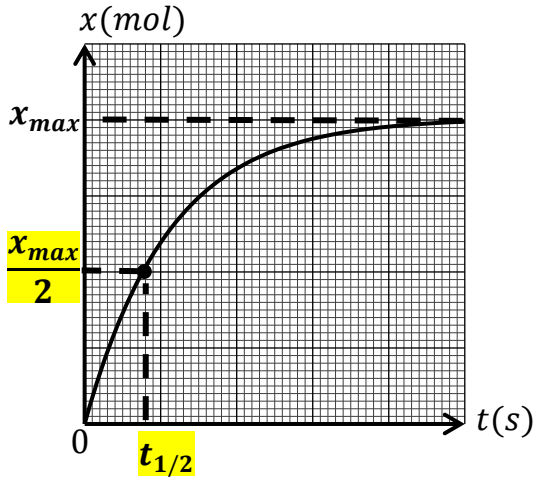
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

• السّرعة (سواء سرعة التفاعل أو سرعة التشكل أو سرعة الاختفاء) تكون أعظميّة عند اللّحظة $t_0 = 0$ ثم تبدأ بالتّناقص حتّى تنعدم في نهاية التّفاعل.

7/زمن نصف التّفاعل $t_{1/2}$:

• تعريفُه: هو المدّة الزمنيّة التي يبلغُ فيها تقدّم التّفاعل نصف قيمة تقدّمه الأعظمي، حيث:

$$t = t_{1/2} \implies x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2}$$



• أهميّته:

1- المقارنة بين تفاعلين من ناحية السّرعة (كلما كان $t_{1/2}$ أقل يكون التّفاعل أسرع).

2- تحديد القيمة التقريبية لمدّة التّفاعل (حوالي $\approx 7.t_{1/2}$).

8/الاشتقاق وحالاته:

1. $\frac{d}{dt}(\text{ثابت}) = 0$

2. $\frac{d}{dt}(\text{متغير} \times \text{ثابت}) = \text{ثابت} \times \frac{d(\text{متغير})}{dt}$

3. $\frac{d}{dt}\left(\frac{\text{متغيّر}}{\text{ثابت}}\right) = \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{\text{ثابت}} \times \text{متغيّر}\right) = \frac{1}{\text{ثابت}} \times \frac{d(\text{متغير})}{dt}$

4. $\frac{d}{dt}(\text{متغير} \pm \text{ثابت}) = \frac{d}{dt}(\text{متغير}) \pm \cancel{\frac{d}{dt}(\text{ثابت})}^{0} = \pm\frac{d}{dt}(\text{متغير})$

9/مراحل البرهان على علاقات سرعة التّفاعل:

• المرحلة (1): إيجاد العلاقة بين تقدّم التّفاعل x والمقدار الموجود على محور التراتيب في البيان. (نعتمد على جدول التقدّم)

• المرحلة (2): نُدخل الاشتقاق (راجع الحالات الـ (4) للاشتقاق)

• إذا أردت الانتقال من سرعة التّفاعل $v_{\text{تفاعل}}$ إلى السّرعة الحجميّة للتفاعل v_{vol} نضرب في $\left(\times \frac{1}{V_T}\right)$، حيث:

$$v_{vol} = \frac{1}{V_T} \times v_{\text{تفاعل}} = \frac{1}{V_T} \times \frac{dx}{dt}$$

10/مراحل البرهان على علاقات زمن نصف التّفاعل $t_{1/2}$:

• المرحلة (1): إيجاد العلاقة بين المقدار الموجود على محور التراتيب وتقدّم التّفاعل x. (من جدول التقدّم)

• المرحلة (2): إيجاد العلاقة في الحالة النّهائية ثمّ عند زمن نصف التّفاعل $t_{1/2}$.

• المرحلة (3): بالتعويض والحساب نجد العبارة المطلوبة منّا.

11/العوامل الحركيّة:

•تعريف العامل الحركي: هو كلّ ما يُغيّر سرعة التّفاعل.

من بين العوامل الحركية التي سندرسها:

أ- درجة الحرارة: (لا يتغيّر التركيب المولي النّهائي)

$\theta \nearrow \implies$ تواتر التصادمات الفعالة $\nearrow$

$\implies v_{\text{تفاعل}} \nearrow \implies t_{1/2} \searrow$

$\theta \searrow \implies$ تواتر التصادمات الفعالة $\searrow$

$\implies v_{\text{تفاعل}} \searrow \implies t_{1/2} \nearrow$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ب- تراكيز المتفاعلات: (يتغيّر التركيب المولي النّهائي)

↗ تواتر التصادمات الفعالة ⟹ ↗ تراكيز المتفاعلات

⟹ $v_{تفاعل}$ ↗ ⟹ $t_{1/2}$ ↘

↘ تواتر التصادمات الفعالة ⟹ ↘ تراكيز المتفاعلات

⟹ $v_{تفاعل}$ ↘ ⟹ $t_{1/2}$ ↗

جـ- الوساطة: (لا يتغيّر التركيب المولي النّهائي)

• تعريف الوسيط: هو نوع كيميائي يعمل على تسريع التّفاعل الكيميائي دون التّأثير على الحالة النّهائية للجملة ولا يظهر في معادلة التّفاعل، حيث نميّز 3 أنواع من الوساطة:

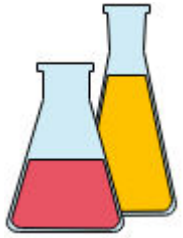
• وساطة متجانسة: الوسيط والمتفاعلات من نفس الطّور.

• وساطة غير متجانسة: الوسيط والمتفاعلات مختلفان في الطّور.

• وساطة أنزيمية: الوسيط عبارة عن إنزيم.

↗ تواتر التصادمات الفعالة ⟹ ↗ الوساطة

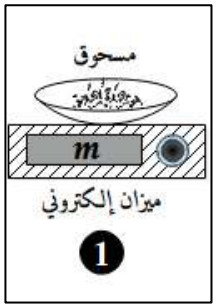
⟹ $v_{تفاعل}$ ↗ ⟹ $t_{1/2}$ ↘

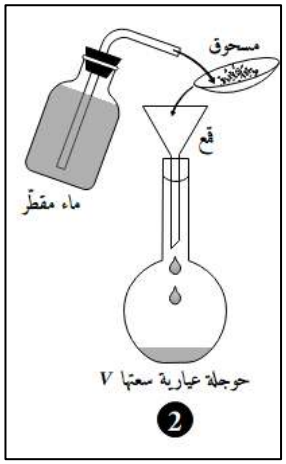


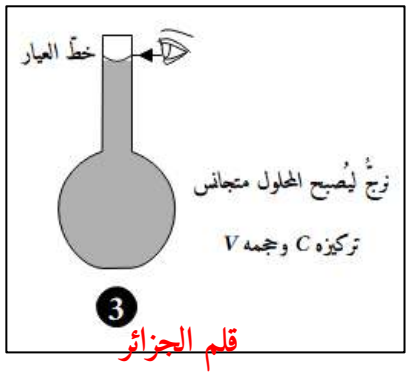
12/ بروتوكولات تجريبية إضافيّة :

أ- تحضير محلول حجمُه V انطلاقا من انحلال مسحوق كتلته m:

•نزن كميّة من مسحوق .....كتلتها m، ونضعُها في حوجلة عيارية (V) ونضيفُ كميّة من الماء المقطّر ونُحرّك المسحوق داخل الماء إلى أن يختفي، ثمّ نُكمل الحجم بالماء المقطّر إلى خط العيار ونرجُّ لكي نجعل المحلول متجانسا.

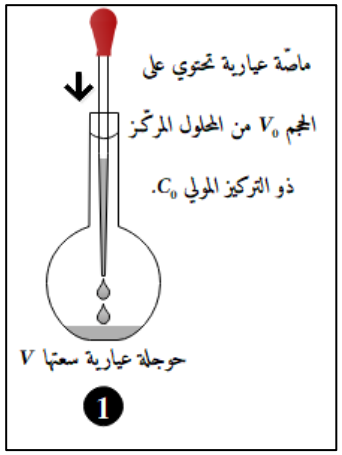


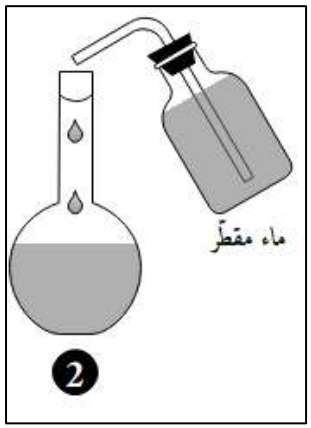


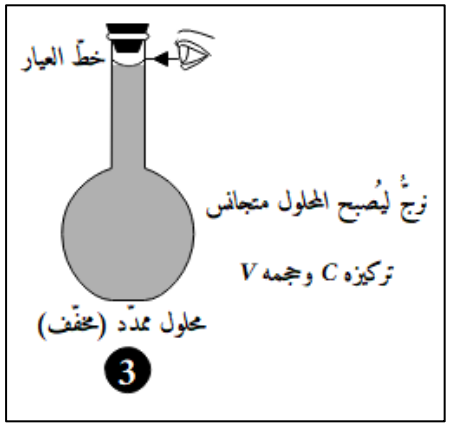


ب- تمديد محلول مركّز حجمه V_0 لمحلول ممدّد (مخفّف) حجمه V.

•نأخذُ الحجم V_0 من المحلول المركّز بواسطة ماصّة عيارية (V_0) مزوّدة بإجاصّة السّحب، ونضعُه في حوجلة عيارية (V) ونُكمل الحجم بالماء المقطّر إلى خط العيار ثمّ نرجُّ المحلول الممدّد ليُصبح متجانسا.







قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

13/تحويلات هامّة:

• الكتلة (m):

- $1\mu g$ (ميكرو غرام) $= 10^{-6}g$
- $1mg$ (ميلي غرام) $= 10^{-3}g$
- $1kg$ (كيلو غرام) $= 10^{3}$

• الحجم (V):

- $1mL(cm^3) = 10^{-3}L(dm^3)$
- $1mL(cm^3) = 10^{-6}m^3$
- $1L(dm^3) = 10^{-3}m^3$

• التركيز المولي $(C, [\ ])$:

- $1mmol/L = 10^{-3}mol/L$
- $1mol/L = 10^{3}mol/m^3$

• كمّية المادّة (n):

- $1\mu mol = 10^{-6}mol$
- $1mmol = 10^{-3}mol$

• الضّغط (P):

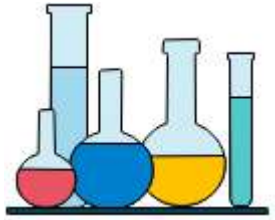
- $1bar = 10^5Pa$ (يُعطى)
- $1atm = 1{,}013 \times 10^5Pa$ (يُعطى)
- $1hPa$ (هيكتو باسكال) $= 10^2Pa$
- $1kPa = 10^3Pa$

• النّاقلية (σ, G)، ثابت الخلية K:

- $1mS$(ميلي سيمنس) $= 10^{-3}S$
- $1cm = 10^{-2}m$
- $1mm = 10^{-3}m$

• درجة الحرارة (θ, T):

- K (كالفن) $= ℃ + 273$



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الأستاذ زدّون محمّد الأمين

يتمنى لكم كلّ التوفيق والنّجاح في شهادة البكالوريا



@amine.zeddoun