No.
Date

2- الخاليط والمحاليل

أنواع الخاليط

الخلوط: هو مزيج من مادتين أو أكثر دون حدوث تفاعل كيميائي.

تغير اللون — تصاعد غاز — انخفاض حرارة — تكون راسب

أنواع الخاليط

متجانسة

- لا يمكن تمييز مكوناتها
- لا تمتلك تأثير تندال

وتسمى: **المحاليل**

- مذيب (الأكثر)
- مذاب (الأقل)

غازية مثل الهواء
- الكاكيه: مذاب
- بخار الماء: مذيب

سائله مثل ماء البحر
- أملاح: مذاب
- ماء: مذيب

صلبة مثل الفولاذ
- كربون: مذاب
- حديد: مذيب

غير متجانسة

هي التي يمكن تمييز مكوناتها

معلقه
* جسيماته كبيره
* يمكن فصل مكوناته بالترشيح
(ماء + رمل)

غروي
* جسيماته صغيره جدًا
* لا يمكن فصل مكوناته بالترشيح
(الدم ، الحليب)

علل:
1- لأن جسيماته صغيره.
2- بسبب تناثر بعض جسيمات.
3- بسبب الحركة البراونية.

تمتلك **تأثير تندال**

وهو القدرة على تشتيت الضوء

تركيز المحلول

تركيز المحلول : مقياس لكمية المذاب في كمية محددة من المذيب أو المحلول

١ النسبة المئوية بدلالة الكتلة = $\frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100$

مثال ٩ ص ٥٦ : % = ؟؟؟ كتلة كربونات الصوديوم الهيدروجينية = 20 g مذاب

المحلول ← الكتلة = الكثافة × الحجم ← حجم الماء = 600 ml

$600 \times 1 =$ (كثافة الماء = $1 g/cm^3$)

600g مذيب =

∴ النسبة المئوية بدلالة الكتلة = $\frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100$

$= \frac{20}{(600+20)} \times 100 =$ **3.23%**

مثال ١٠ ص ٥٦ : % = 3.62% كتلة المحلول = 1500g

كتلة NaOCl = ؟؟؟ (مذاب)

النسبة المئوية بدلالة الكتلة = $\frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100$

$\frac{\text{كتلة المذاب}}{1500} \times 100 = 3.62$

كتلة المذاب = $\frac{1500 \times 3.62}{100}$ = **54.3g**

---

١١ ص

كتلة المذيب = كتلة المحلول - كتلة المذاب

$1500 - 54.3 =$

1445.7g =

2- النسبة المئوية بدلالة الحجم = $\frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}} \times 100$

(13 / 57)

المحلول ← (مذاب) حجم الإيثانول = 35 ml ؟؟؟ = %

(مذيب) حجم الماء = 155 ml

النسبة المئوية بدلالة الحجم = $\frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}} \times 100$

$= \frac{35}{(155+35)} \times 100 =$ **18.42 %**

(14 / 5)

المحلول ← مذاب حجم الكحول الأيزوبروبيل = 24 ml ؟؟؟ = %

مذيب حجم الماء = 1.1 L × 1000 ← 1100 ml

النسبة المئوية بدلالة الحجم = $\frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}} \times 100$

$= \frac{24}{(1100+24)} \times 100 =$ **2.14 %**

No.
Date

3 المولارية: هي عدد مولات المذاب في لتر من المحلول.

المولارية = عدد مولات المذاب / حجم المحلول (L)	عدد المولات = الكتلة (g) / الكتلة المولية

16 / 58 :

المولارية = ؟؟؟ كتلة الجلوكوز (المذاب) = 40g حجم المحلول = 1.5L

$C_6H_{12}O_6$

[علماً بأن: C=12 H=1 O=16]

أولاً: نحسب عدد مولات المذاب (الجلوكوز) = الكتلة (g) / الكتلة المولية = 40 / 180 = 0.22 mol

$C_6H_{12}O_6$

$(12\times6+1\times12+16\times6)$

ثانياً: نحسب المولارية = عدد مولات المذاب / حجم المحلول (L) = 0.22 / 1.5 = 0.15M مول/لتر أو mol/L

17 :

المولارية = ؟؟؟ حجم المحلول = 1.6L كتلة KBr (المذاب) = 1.5g

[علماً بأن: K=39 Br=80]

أولاً: عدد مولات المذاب KBr = الكتلة (g) / الكتلة المولية = 1.5 / 119 = 0.013 mol

KBr

(39+80)

ثانياً: المولارية = عدد مولات المذاب / حجم المحلول (L) = 0.013 / 1.6 = 0.008M

No.
Date

19

(المذاب)

كتلة $Ca(OH)_2$ = ؟؟؟ حجم المحلول = 1.5L المولارية = 0.25 M

[علماً بأن: Ca=40 O=16 H=1]

أولاً: نحسب عدد المولات من قانون المولارية = عدد مولات المذاب / حجم المحلول (L)

$\frac{\text{عدد المولات}}{1.5} = 0.25$

عدد المولات = 0.25 × 1.5 = **0.375 mol**

ثانياً: نحسب الكتلة (g) من قانون عدد المولات = الكتلة (g) / الكتلة المولية

$\frac{\text{الكتلة (g)}}{74} = 0.375$

$Ca(OH)_2$ ← 74

$40+(16+1)2$

الكتلة (g) = 0.375 × 74 = **27.75g**

---

22 / 59

كتلة NaOH (المذاب) = ؟؟؟ حجم المحلول = 250ml = 0.25L المولارية = 3M

[علماً بأن: Na=23 O=16 H=1]

أولاً: المولارية = عدد مولات المذاب / حجم المحلول (L)

$\frac{\text{عدد المولات}}{0.25} = 3$

عدد المولات = 3 × 0.25 = **0.75 mol**

ثانياً: عدد المولات = الكتلة (g) / الكتلة المولية

$\frac{\text{الكتلة (g)}}{40} = 0.75$

$NaOH$ ← 40

$(23+16+1)$

الكتلة (g) = 0.75 × 40 = **30g**

قانون التخفيف : $M_1 . V_1 = M_2 . V_2$

M_1 القياسي (قبل التخفيف) — M_2 المخفف (بعد التخفيف)

$\frac{24}{61}$: القياسي ($M_1 = 3M$ $V_1 = ??$)

المخفف ($M_2 = 1.25M$ $V_2 = 0.3L$)

$M_1 . V_1 = M_2 . V_2$

$3 \times V_1 = 1.25 \times 0.3$

$V_1 = \frac{1.25 \times 0.3}{3} = 0.125L$

4 المولالية (m) : هي عدد مولات المذاب في كتلة معينة من المذيب .

$1Kg = 1000g$

$\text{المولالية} = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب Kg}}$

$\frac{27}{62}$:

المولالية $m = ??$ — كتلة المذاب $= 10g$ Na_2SO_4 — كتلة المذيب $= 1000g$ H_2O

$\div 1000 \rightarrow 1Kg$

(علماً بأن : $Na = 23$ $S = 32$ $O = 16$)

* عدد مولات المذاب $= \frac{\text{الكتلة (g)}}{\text{الكتلة المولية}} = \frac{10}{142} = 0.07 \text{ mol}$

Na_2SO_4

$23 \times 2 + 32 \times 1 + 16 \times 4$

* المولالية $= \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب Kg}} = \frac{0.07}{1} = 0.07 \text{ m}$

مولال mol/Kg

5 الكسر المولي X : هو نسبة عدد مولات المذاب أو المذيب الى مجموع مولات المذاب والمذيب.

$$X_{\text{مذاب}} = \frac{n_{\text{مذاب}}}{n_{\text{مذيب}} + n_{\text{مذاب}}} \qquad X_{\text{مذيب}} = \frac{n_{\text{مذيب}}}{n_{\text{مذيب}} + n_{\text{مذاب}}}$$

حيث n = عدد المولات.

مثال: احسب الكسر المولي للماء H_2O و $NaCl$ في محلول يحتوي على 0.735 mol من $NaCl$ و 6 mol من H_2O.

الحل:

$$X_{NaCl} = \frac{n_{NaCl}}{n_{H_2O} + n_{NaCl}} = \frac{0.735}{6 + 0.735} = 0.11$$

$$X_{H_2O} = \frac{n_{H_2O}}{n_{H_2O} + n_{NaCl}} = \frac{6}{6 + 0.735} = 0.89$$

ملاحظة:

$$X_{\text{مذاب}} + X_{\text{مذيب}} = 1$$

مثال: اذا كان الكسر المولي للمذيب 0.7 كم يكون الكسر المولي للمذاب:

أ- 0.1 ب- 0.3 ج- 0.7 د- 1

No.
Date

العوامل المؤثرة في الذوبان

الذوبان: هو إزاحة جسيمات المذاب بجسيمات المذيب

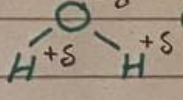
قاعدة: (**المذيب يذيب شبيهه**)

(قطبي مع قطبي) أو (غير قطبي مع غير قطبي)

تحاليل المركبات الأيونية:

- يذوب كلوريد الصوديوم NaCl في الماء H_2O (علل)

لأن NaCl مركب أيوني (Na^+ Cl^-) والماء قطبي



فيحدث بينهما تجاذب ويحدث الذوبان.

- الجبس لا يذوب في الماء (علل) لأن قوى التجاذب بين أيونات الجبس قوية رغم أنه مركب أيوني

تحاليل المركبات الجزيئية:

- يذوب السكروز (سكر المائدة) في الماء (علل) لأن جزيئات السكروز تحتوي على مجموعات OH- تستطيع تكوين روابط هيدروجينية مع الماء
- الزيت لا يذوب في الماء (علل) لأن الزيت غير قطبي والماء قطبي.

حرارة الذوبان: هي التغير الكلي للطاقة خلال عملية تكوين المحلول.

وتعتمد على: (طاقة الشبكة البلورية) و (طاقة التميه)

طارد ماص

*** العوامل المؤثرة في الذوبان:**

① التحريك ② مساحة سطح المذاب ③ الحرارة.

*** الذائبية (S)**: أقصى كمية من المذاب يمكن أن تذوب في كمية محددة من المذيب عند درجة حرارة معينة.

- محلول غير مشبع
- محلول مشبع
- محلول فوق مشبع: في ظروف معينة مثل ارتفاع درجة الحرارة.

No.

Date

ذائبية الغازات :

تقل ذائبية الغاز بارتفاع درجة الحرارة (علاقة عكسية).

وتزداد ذائبية الغاز بزيادة الضغط (علاقة طردية).

قانون هنري :

$$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

(g) الذائبية ←

الضغط ←

$P_2 = 110\ Kpa$ $S_2 = ??$ $P_1 = 20\ Kpa$ $S_1 = 0.55g$: $\frac{36}{73}$

$$\frac{0.55 \times 110}{20} = S_2 \qquad \frac{0.55}{20} = \frac{S_2}{110} \qquad \frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$$

$3.039g$ =

No.
Date

الخواص الجامعة للمحاليل

الخواص الجامعة: هي خواص فيزيائية للمحلول تعتمد على عدد حبيبات المذاب وليس طبيعته.

وتشمل: الانخفاض في الضغط البخاري — الارتفاع في درجة الغليان
الانخفاض في درجة التجمد — الضغط الاسموزي.

هناك نوعين للذاب:

المواد المتأينة في المحلول المائي (الكتروليتية): هي التي تتفكك الى أيونات مثل:

$$NaCl_{(s)} \longrightarrow Na^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$$
1 mol ⟶ ② mol

$$CaCl_{2(s)} \longrightarrow Ca^{++} + 2Cl^{-}$$
1 mol ⟶ ③ mol

$$AlCl_{3(s)} \longrightarrow Al^{+++} + 3Cl^{-}$$
1 mol ⟶ ④ mol

المواد غير المتأينة في المحلول المائي: لا تتفكك في المحلول المائي مثل:

$$C_{12}H_{22}O_{11(s)} \longrightarrow C_{12}H_{22}O_{11(aq)}$$
1 mol ⟶ 1 mol

أولاً: الانخفاض في الضغط البخاري:

الضغط البخاري: هو الضغط الناتج من بخار السائل في وعاء مغلق ودرجة حرارة وضغط ثابتين.

عند إضافة مذاب غير متطاير الى سائل يقل الضغط البخاري للسائل (علل) لأن جزيئات المذاب تحتل مساحة من سطح السائل فيقل عدد حبيبات السائل على السطح ويقل الضغط البخاري.

* **أي المواد التالية يسبب انخفاض أكبر في الضغط البخاري:**

$C_{12}H_{22}O_{11}$	$AlCl_3$	$CaCl_2$	$NaCl$
1 mol	4 mol	3 mol	2 mol
لا يتفكك	من أيونات	من أيونات	من أيونات

✓

No.
Date

ثانياً: الارتفاع في درجة الغليان: يغلي السائل عندما:
(الضغط الجوي = الضغط البخاري)

وبما أن إذابة مادة صلبة غير متطايرة يسبب الانخفاض في الضغط البخاري فإنه يجب التسخين أكثر لكي نرفع الضغط البخاري فترتفع درجة الغليان للمحلول.

ولحساب الارتفاع في درجة الغليان:

$$\Delta T_b = K_b \cdot m$$

- ΔT_b: الارتفاع في درجة الغليان
- K_b: ثابت الارتفاع في درجة الغليان
- m: المولالية = $\frac{n}{\text{كتلة المذيب kg}}$

ثالثاً: الانخفاض في درجة التجمد:

عند إضافة مادة صلبة للسائل فإن درجة التجمد للمحلول تنخفض (علل) لأنه جسيمات المذاب تمنع جسيمات المذيب من الوصول للحالة الصلبة فنحتاج للتبريد أكثر (درجة تجمد منخفضة).

ولحساب الانخفاض في درجة التجمد:

$$\Delta T_f = K_f \cdot m$$

- ΔT_f: الانخفاض في درجة التجمد
- K_f: ثابت الانخفاض في درجة التجمد
- m: المولالية

مثل: رش الملح على الجليد.
- ومقاوم التجمد في البوتوود (جلايكول إيثيلين).

رابعاً: الضغط الأسموزي: هو الضغط الإضافي الناتج من انتقال الماء الى المحلول المركز.
- حيث ينتقل الماء من المحلول الأقل تركيز الى المحلول الأكثر تركيز عبر غشاء شبه منفذ حيث يعتمد التركيز على عدد جسيمات المذاب.

No.
Date

مسائل حسابية على الخواص الجامعة للمحاليل :

45 / 79 : درجة غليان المحلول = ؟؟ درجة تجمد المحلول = ؟؟ المولالية = 0.625m

ثوابت الارتفاعات في الجدول: $K_b = 0.512\ ^\circ C/m$ للماء $K_f = 1.86\ ^\circ C/m$ للماء

$\Delta T_b = K_b \cdot m$

$= 0.512 \times 0.625$

$= 0.32\ ^\circ C$ الارتفاع في درجة الغليان

T_b للمحلول $= T_b$ للماء $+ \Delta T_b$ (درجة الغليان)

$= 100 + 0.32$

$= 100.32\ ^\circ C$

$\Delta T_f = K_f \cdot m$

$= 1.86 \times 0.625$

$= 1.16\ ^\circ C$ الانخفاض في درجة التجمد

T_f للمحلول $= T_f$ للماء $- \Delta T_f$ (درجة التجمد)

$= 0 - 1.16$

$= -1.16\ ^\circ C$

51 : درجة غليان المحلول = $101.3\ ^\circ C$ كتلة كلوريد الكالسيوم (المذاب) = ؟؟

$\Delta T_b = 100 - 101.3 = 1.3\ ^\circ C$ كتلة الماء (المذيب) $= 1000g = 1Kg$

$K_b = 0.512\ ^\circ C/m$ $(Cl = 35.5 \quad Ca = 40)$

$CaCl_2$: كلوريد الكالسيوم الكتروليت ويتفكك الى: 3 أيونات

بجمع قانون ΔT_b و المولالية و عدد المولات نحصل على :

$$\Delta T_b = \frac{K_b \cdot (g)\text{ كتلة المذاب} \cdot \text{عدد الأيونات}}{\text{الكتلة المولية للمذاب} \cdot \text{كتلة المذيب (Kg)}}$$

$101.3 - 100 = 1.3 = \frac{0.512 \times (g)\text{ كتلة المذاب} \times 3}{1 \times 111}$ (من الجدول)

$CaCl_2$: Ca ① Cl ② ③

$CaCl_2$: $(40 + 35.5 \times 2)$

كتلة المذاب $(g) = \frac{1.3 \times 1 \times 111}{0.512 \times 3} \approx 94g$

$\div 1000$

$0.094Kg$

لأن كثافة الماء = $1 g/cm^3$

كتلة الماء (المذيب) = $1 Kg$ ← كتلة المذاب ($MgCl_2$) = $179 g$: $\frac{99}{86}$

$(Cl=35.5 \quad Mg=24)$ K_f للماء $= 1.86°C/m$ T_f للمحلول $= ??$

كلوريد المغنيسوم الكتروليت قوي ويتفكك الى: $MgCl_2$

3 أيونات

$$\Delta T_f = \frac{K_f \cdot \text{(كتلة المذاب (g)} \cdot \text{عدد أيونات المذاب}}{\text{(كتلة المذيب (Kg)} \cdot \text{الكتلة المولية للمذاب}}$$

?? ✓ ✓ ✓ ✓

$$\Delta T_f = \frac{1.86 \times 179 \times 3}{1 \times 95}$$

$MgCl_2$: Mg(2) Cl(3)

$$\Delta T_f = 10.5°C$$

$$T_f \text{ للمحلول} = T_f \text{ للماء} - \Delta T_f$$

$$= 0 - 10.5$$

$$= -10.5°C$$

من قانون :

$$\Delta T_b = K_b \cdot m$$

وبالتعويض عن $m = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب (1kg)}}$

$$\Delta T_b = \frac{K_b \cdot \text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب (kg)}}$$

وبالتعويض عن عدد مولات المذاب $= \frac{\text{كتلة المذاب (g)}}{\text{الكتلة المولية للمذاب}}$

$$\Delta T_b = \frac{K_b \cdot \text{كتلة المذاب (g)}}{\text{الكتلة المولية للمذاب} \cdot \text{كتلة المذيب (kg)}}$$

وبإضافة (عدد الأيونات) اذا كان المذاب الكتروليتي قوي أو يتأين في الماء :

الارتفاع في درجة الغليان

$$\Delta T_b = \frac{\text{عدد الأيونات} \cdot K_b \cdot \text{كتلة المذاب (g)}}{\text{الكتلة المولية للمذاب} \cdot \text{كتلة المذيب (kg)}}$$

أو

الانخفاض في درجة التجمد

$$\Delta T_f = \frac{\text{عدد الأيونات} \cdot K_f \cdot \text{كتلة المذاب (g)}}{\text{الكتلة المولية للمذاب} \cdot \text{كتلة المذيب (kg)}}$$

No.
Date

حل اسئلة التقويم ص 84

54 - تظهر كلة محاليل على المخاليط المتجانسة فقط فهناك مخاليط غير متجانسة يمكن تمييز مكوناتها.

55 - كتلة المذاب تكون دائماً أقل من كتلة المذيب

57 - يظهر تأثير تندال في المخاليط الغروية ولا يظهر في المحاليل بسبب الجسيمات المنتشرة في المخلوط الغروي تعمل على تشتيت الضوء.

67 ص: النسبة المئوية بدلالة الكتلة = $\frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100$

$$\frac{\text{كتلة } LiCl}{275} \times 100 = 15$$

$$\text{كتلة } LiCl = \frac{275 \times 15}{100} = 41.25\ g$$

69 ص: النسبة المئوية بدلالة الحجم = $\frac{\text{حجم المذاب}}{\text{حجم المحلول}} \times 100$

$$9.38\ \% = 100 \times \frac{75}{(725+75)} =$$

70 ص:

عدد مولات $CaCO_3$ = $\frac{\text{الكتلة (g)}}{\text{الكتلة المولية}} = \frac{15.7}{100} = 0.157\ mol$

$CaCO_3$ [40+12+16×3]

المولارية = $\frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول (L)}} = \frac{0.157}{0.275} = 0.57\ M$

تم تحويل الحجم من ml $\xrightarrow{\div 1000}$ L

(هناك خطأ في الكتاب 275ml من المحلول وليس الماء)

73 ص:

المولارية = $\frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول (L)}}$ $\quad \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{2} = 3.5$ $\quad \therefore$ عدد مولات $= 2 \times 3.5 = 7\ mol$

عدد المولات = $\frac{\text{الكتلة (g)}}{\text{الكتلة المولية}}$ $\quad \frac{\text{الكتلة (g)}}{111} = 7$ $\quad \therefore$ كتلة $CaCl_2 = 111 \times 7$

$= 777\ g$

No.

Date

75 : من قانون التخفيف : $M_1 . V_1 = M_2 . V_2$

$5 \times V_1 = 1 \times 225$

$V_1 = \frac{1 \times 225}{5} = 45\ ml$

80 : كتلة Na_2CO_3 (المذاب) = ؟؟ ، كتلة الماء (المذيب) = 155 g ، المولالية = 8.2 mol/kg (m)

المولالية = عدد مولات المذاب / كتلة المذيب (kg)

عدد المولات / 0.155 = 8.2 ∴ عدد المولات = 0.155 × 8.2 = 1.27 mol

عدد المولات = كتلة (g) / الكتلة المولية

كتلة (g) / 106 = 1.27 ∴ كتلة (g) = 106 × 1.27 = 134.6 g

Na_2CO_3 [23×2 + 12 + 16×3]

84 :

عدد مولات $MgCl_2$ = كتلة (g) / الكتلة المولية = 132.1 / 95 = 1.4 mol

$Mg\ Cl_2$ [24 + 35.5×2]

عدد مولات الماء = 175 / 18 = 9.7 mol

H_2O [1×2 + 16]

كتلة الماء = 175 g ، لأن كثافة الماء = 1 g/ml

بما أن المحلول = 1 kg

$X_{MgCl_2} = \frac{n_{MgCl_2}}{n_{\text{للمحلول}}} = \frac{1.4}{(9.7+1.4)} = 0.13$

$X_{H_2O} = \frac{n_{H_2O}}{n_{\text{للمحلول}}} = \frac{9.7}{(9.7+1.4)} = 0.87$

90 : $S_1 = 1.8\ g/L$ ، $P_1 = 37\ Kpa$ ، ؟؟ = P_2 ، $S_2 = 9\ g/L$

من قانون هنري :

$\frac{S_1}{P_1} = \frac{S_2}{P_2}$

$\frac{1.8}{37} = \frac{9}{P_2}$

$P_2 = \frac{37 \times 9}{1.8} = 185\ Kpa$

س97 : الضغط الأسموزي : هو الضغط الناتج من انتقال الماء الى المحلول المركز.
ويعد خاصية جامعة لأنه : يعتمد انتقال الماء على التركيز والتركيز
يعتمد على عدد حبيبات المذاب .

س100 : كتلة المذاب = 12.5g = NaCl ، كتلة المذيب = 0.75g = H_2O (الكثافة = الحجم للماء)
K_b للماء = 0.512 c/m ، NaCl تتأين ويعطي أيونين ، Cl=35.5 ، Na=23

Na^+ ↖ ↗ Cl^-

$$\Delta T_b = \frac{K_b \times \text{كتلة المذاب (g)} \times \text{عدد الأيونات}}{\text{كتلة المذيب (Kg)} \times \text{الكتلة المولية للمذاب}}$$

$$\Delta T_b = \frac{0.512 \times 12.5 \times 2}{0.75 \times 58.5}$$

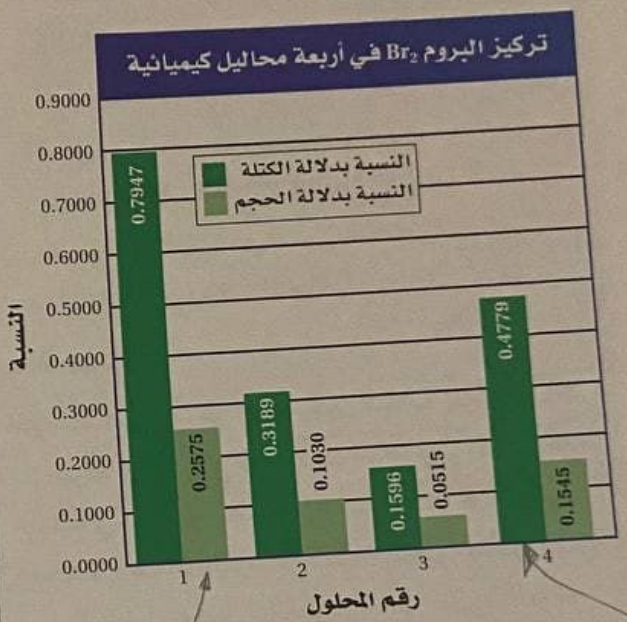
$$\Delta T_b = 0.29^\circ C$$

∴ درجة غليان المحلول = 100 + 0.29 = 100.29°C

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعمل الرسم البياني الآتي للإجابة عن السؤالين 1 و2.



1. ما حجم البروم Br_2 الذائب في 7.00 L من المحلول 1؟

$100 \times \frac{x}{7} = 0.2575$

$x = \frac{7 \times 0.2575}{100}$

$= 0.01803\ L$

$= 18.03\ ml$

a. 55.63 mL
b. 8.808 mL
c. 18.03 mL
d. 27.18 mL

2. ما كمية البروم (بالجرام) في 55.00 g من المحلول 4؟

$100 \times \frac{x}{55} = 0.4779$

$x = \frac{55 \times 0.4779}{100}$

$= 0.2628\ g$

a. 3.560 g
b. 3.560 g
c. 1.151 g
d. 0.2628 g

3. ما نواتج التفاعل التالي؟

$$Cl_{2(g)} + 2NO_{(g)} \rightarrow$$

يجب أن تظهر جميع المتفاعلات في النواتج

a. NCl_2
b. $2NOCl$
c. N_2O_2
d. $2ClO$

4. إذا أذيب 1mol من كل من المواد التالية في 1 L من الماء فأيها يكون له الأثر الأكبر في الضغط البخاري لمحلولها؟

a. KBr ← أيونين
b. $C_6H_{12}O_6$ ← لا يتفكك
c. $MgCl_2$ ← 3 أيونات
d. $CaSO_4$ ← أيونين

استعن بالتفاعل الآتي للإجابة عن السؤال 5.

$$Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)} \rightarrow 3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(l)}$$

5. إذا تفاعل 16 mol H_2 فكم مولاً من Fe ينتج؟

4 mol — 3 mol
16 mol — x

$12\ mol = \frac{16 \times 3}{4} = x$

a. 6
b. 3
c. 12
d. 9

6. ما حجم محلول كلوريد النيكل $NiCl_2$ 0.125 M الذي يحتوي على 3.25 g من $NiCl_2$ ؟

$0.025\ mol = \frac{3.25}{129.7} = NiCl_2$ عدد مولات

$M = \frac{\text{عدد المولات}}{\text{حجم المحلول (L)}}$

$\frac{0.025}{\text{حجم المحلول (L)}} = 0.125$

حجم المحلول $= 0.2\ L$

$200\ ml =$

a. 406 mL
b. 32.5 mL
c. 38.5 mL
d. 201 mL

7. أي مما يأتي لا يعد خاصية جامعة؟

a. رفع درجة الغليان.
b. زيادة الضغط البخاري.
c. الضغط الأسموزي.
d. حرارة المحلول.

الفصل الثالث / الأحماض والقواعد

* مقدمة عن الأحماض والقواعد

مواد تحتوي على أحماض: المشروبات الغازية - الخل - في المعدة - الطعم الحمضي
H_2CO_3 - HCl - CH_3COOH - H_2CO_3 / H_3PO_4

مواد تحتوي على قواعد: مضاد الحموضة - الصابون - المنظفات
$NaOH$ - $Mg(OH)_2$.

- الخواص الفيزيائية:

الأحماض: طعم لاذع
القواعد: طعم مُر وملمس زلق
} محاليلها المائية توصل التيار الكهربائي.

- الخواص الكيميائية:

① تعطي الأحماض مع ورقة تباع الشمس لوناً أحمر
" القواعد " " " " " أزرق

② تتفاعل الأحماض مع الفلزات وينتج غاز الهيدروجين:

$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$$

تتفاعل الأحماض مع الكربونات و البيكربونات وينتج غاز ثاني أكسيد الكربون:

$$Na_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2$$
كربونات حمض

$$NaHCO_3 + CH_3COOH \rightarrow CH_3COONa + H_2O + CO_2$$
بيكربونات حمض

- أيونات الهيدرونيوم H_3O^+ وأيونات الهيدروكسيد OH^-:

(نستخدم H^+ أو H_3O^+ لأن أيون الهيدروجين H^+ صغير جداً فيتحد مع جزيء ماء ويصبح أيون هيدرونيوم H_3O^+).

محلول حمضي: $OH^- < H^+$
محلول قاعدي: $OH^- > H^+$
محلول متعادل: $OH^- = H^+$ مثل الماء:

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$
أو
$$2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$$

نظرية أرهينيوس :

الحمض : مادة تحتوي على الهيدروجين وتأين في المحلول المائي وينتج H^+

$$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$$

حمض

القاعدة : مادة تحتوي على مجموعة هيدروكسيد وتأين في المحلول المائي وينتج OH^-

$$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$$

قاعدة

ملاحظة : أهملت نظرية أرهينيوس القواعد التي لا تحتوي على مجموعة هيدروكسيد مثل : NH_3 ، Na_2CO_3

(الأمونيا) $NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$

قاعدة

(كربونات الصوديوم) $Na_2CO_3 \rightarrow 2Na^+ + CO_3^{--}$

قاعدة

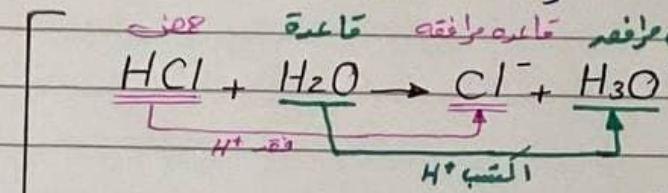
$$CO_3^{--} \xrightarrow{H_2O} OH^- + HCO_3^-$$

2 نظرية لاوري وبرونستد:

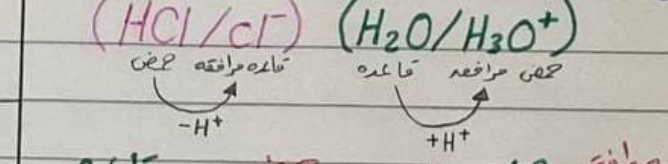
الحمض: المادة التي لها قابلية فقد (H^+ (بروتون.

القاعدة: المادة التي لها قابلية اكتساب H^+.

مثال 1:

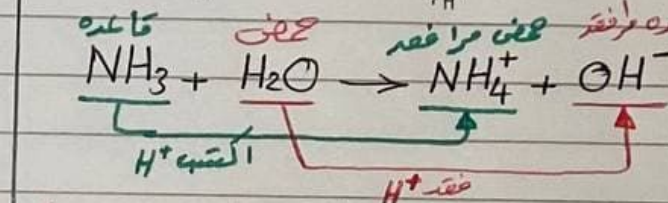


الأزواج المترافقة:

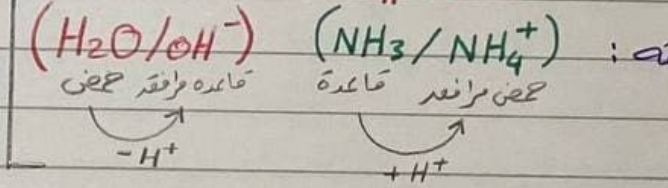


من المثالين نلاحظ أن الماء H_2O في نظرية لاوري و برونستد مادة مترددة [تتفاعل حمض وتتفاعل قاعدة].

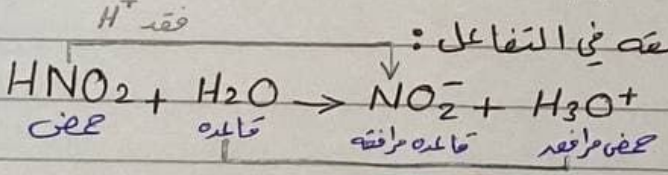
مثال 2:



الأزواج المترافقة:

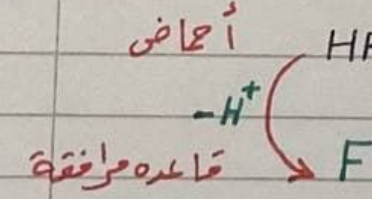


مثال 3: حدد القاعدة المرافقة في التفاعل:

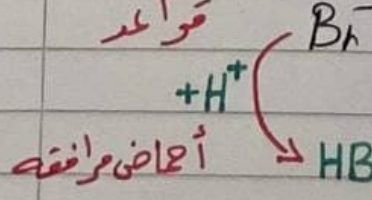


أ- NO_2^- ب- H_2O ج- HNO_2 د- H_3O^+

مثال 4: اكتب القاعدة المرافقة للأحماض التالية:



مثال 5: اكتب الحمض المرافق للقواعد التالية:

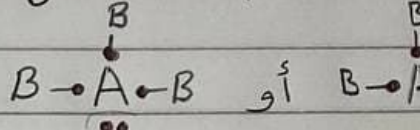


3/ نظرية لويس :

الحمض : المادة التي لها قابلية اكتساب زوج من الإلكترونات .

القاعدة : المادة التي لها قابلية فقد (منح) زوج من الالكترونات .

* مثل : AB_3 بعد رسم شكل لويس :



(لوجود زوج الكترونات حره)

* الأيونات الموجبة دائماً **حمض**

* الأيونات السالبة دائماً **قاعدة**

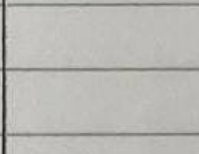
* حدد الحمض والقاعدة حسب نظرية لويس :

① OH^- ، NH_4^+ ، F^- ، Cu^{++} ، NH_3 ، H_2O ، $AlCl_3$ ، BCl_3 ، PH_3

الحل :

PH_3

الذرة المركزية P_{15} (2 ، 8 ، ⑤)



قاعدة (لوجود زوج الكترونات حره)

BCl_3

الذرة المركزية B_5 (2 ، ③)

حمض (لعدم وجود الكترونات حره).

$AlCl_3$

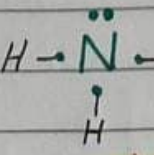
الذرة المركزية Al_{13} (2 ، 8 ، ③)

حمض

H_2O

الذرة المركزية O_8 (2 ، ⑥)

قاعدة

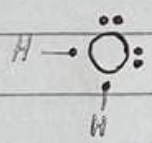
OH^- NH_4^+ F^- Cu^{++}	NH_3
قاعدة عض قاعده عض	(5) (ذرة المركزية N_7 = 2)
	
	قاعده

* طبق النظريات الثلاث على الماء H_2O ؟

H_2O

أرهينيوس: $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ (متعادل) لأنه يعطي H^+ و OH^-

لوري وبرونستد:
$HCl + H_2O \rightarrow Cl^- + H_3O^+$ (قاعده)
$NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$ (عض)
(متردد) لأنه يتفاعل كحض و قاعدة.

لويس:  (قاعده) لوجود زوج حر إلكتروني

* الأكسيريات: هي أحماض أو قواعد متروع منها جزيء ماء.

أ- أكسيريه حمضي: أكاسيد اللافلزات تعطي محلول حمضي مثل:

$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$

ثاني أكسيد الكربون (أكسيد لافلز) — حمض الكربونيك

ب- أكسيريه قاعدي: أكاسيد الفلزات تعطي محلول قاعدي مثل:

$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$

أكسيد الكالسيوم (أكسيد فلز) — هيدروكسيد الكالسيوم (قاعده)

ملاحظه: ملح إبسوم $MgSO_4.7H_2O$ كبريتات المغنيسيوم المائية

$MgSO_4.7H_2O$ → قاعده MgO + حمض SO_3

ويستخدم كعلاج لآلام العضلات وغذاء للنبات.

قوة الأحماض والقواعد

الأحماض :

أ- أحماض قوية : هي الأحماض التي تتفكك كلياً في المحلول المائي.
وتكون موصلة جيدة للتيار الكهربائي.

مثل : $HCl \quad HNO_3 \quad H_2SO_4$

$$HCl + H_2O \xrightarrow{\text{تفكك كلي}} Cl^- + H_3O^+$$

ب - أحماض ضعيفة : هي الأحماض التي تتفكك جزئياً في المحلول المائي.
وتكون رديئة التوصيل للتيار.

مثل : $HF \quad H_2CO_3 \quad CH_3COOH$

$$CH_3COOH + H_2O \underset{\text{تفكك جزئي}}{\rightleftharpoons} CH_3COO^- + H_3O^+$$

$$\therefore K_a = \frac{[CH_3COO^-] \cdot [H_3O^+]}{[CH_3COOH]}$$ (ثابت تفكك الحمض الضعيف)

- أي الأحماض التالية هو الأقوى :

	CH_3COOH	HCN	HF
$K_a =$	1.8×10^{-5}	6.2×10^{-10}	6.3×10^{-4}

- الحل :
كلما زادت قيمة K_a للحمض تزداد قوته

$$\overset{1}{HF} \quad \overset{2}{CH_3COOH} \quad \overset{3}{HCN}$$

$\leftarrow$

تزداد قوة الحمض بسبب
زيادة قيمة K_a

القواعد :

أ- القواعد القوية : هي القواعد التي تتفكك كلياً في المحلول المائي وتكون موصلة جيدة للتيار.

مثل : KOH $NaOH$

$$NaOH \xrightarrow[\text{تفكك كلي}]{H_2O} Na^+ + OH^-$$

ب- القواعد الضعيفة : هي القواعد التي تتفكك جزئياً في المحلول المائي وتكون موصلة رديئة للتيار.

مثل : CH_3NH_2 NH_3

$$NH_3 + H_2O \underset{\text{تفكك جزئي}}{\rightleftharpoons} NH_4^+ + OH^-$$

ثابت تفكك القاعدة الضعيفة $K_b = \dfrac{[NH_4^+] \cdot [OH^-]}{[NH_3]}$

أيونات الهيدروجين والرقم الهيدروجيني

pH — H^+

يتفكك الماء جزئياً وهو موصل رديء للتيار لذا :

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

(ثابت تفكك الماء) $\therefore K_w = [H^+] \cdot [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

وفي المحلول المتعادل :

$$[H^+] = [OH^-] = 1 \times 10^{-7}\ M$$

مثال :

محلول مائي يحتوي على $[OH^-] = 1 \times 10^{-12}\ M$. احسب $[H^+]$.

الحل : باستخدام K_w :

$$[H^+] \cdot [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

(؟ ✓ ✓)

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-12}} = 1 \times 10^{-2}\ M$$

والمحلول حمضي لأن : $[H^+] > [OH^-]$

$1 \times 10^{-2} > 1 \times 10^{-12}$

مثال: احسب $[OH^-]$ لمحلول مائي فيه $[H^+] = 4 \times 10^{-9}\ M$.

الحل : باستخدام K_w :

$$[H^+] \cdot [OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

(✓ ؟ ✓)

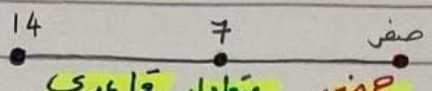
$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{4 \times 10^{-9}} = 0.25 \times 10^{-5}\ M$$

والمحلول قاعدي لأن : $[H^+] < [OH^-]$

$4 \times 10^{-9} \quad 0.25 \times 10^{-5}$

الرقم الهيدروجيني pH

هو مقياس يحدد نوع الوسط



$$pH = -\log[H^+] \quad \Rightarrow \quad [H^+] = 10^{-pH}$$

$$pOH = -\log[OH^-] \quad \Rightarrow \quad [OH^-] = 10^{-pOH}$$

$$pH + pOH = 14$$

مثال: احسب: $[H^+]$ ، pH ، pOH ، نوع الوسط

لمحلول مائي منه: $[OH^-] = 6.5 \times 10^{-4}\ M$

الحل:

* من قانون K_w: $[H^+].[OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{6.5 \times 10^{-4}}$$

$$[H^+] = 1.5 \times 10^{-11}\ M$$

* من قانون pH: $pH = -\log[H^+]$

$$pH = -\log 1.5 \times 10^{-11}$$

$$pH = 10.8$$

* من قانون: $pH + pOH = 14$

$$pOH = 14 - pH$$

$$pOH = 14 - 10.8$$

$$pOH = 3.2$$

* نوع الوسط: قاعدي لأن $pH > 7$.

مثال: محلول مائي فيه: $P^{OH} = 9.3$ احسب:

$[H^+]$ ، $[OH^-]$ ، pH ، نوع الوسط

الحل:

* من قانون: $pH + P^{OH} = 14$

$pH = 14 - P^{OH}$

$pH = 14 - 9.3$

$pH = 4.7$

* من قانون: $[H^+] = 10^{-pH}$

$= 10^{-4.7}$

$= 2 \times 10^{-5}\ M$

* من قيمة P^{OH}: $[OH^-] = 10^{-P^{OH}}$

$= 10^{-9.3}$

$= 5 \times 10^{-10}\ M$

* نوع الوسط: حمضي لأن $pH < 7$

Date

تطبيقات على الرقم الهيدروجيني pH

$[H^+] = 3\times10^{-6}\,M$ $pH = ?$ — b : 23/111

$pH = -\log[H^+] = -\log(3\times10^{-6}) = 5.5$

(حمضي)

$[OH^-] = 8.2\times10^{-6}\,M$ $pH = ?$: 25

* من قيمة $[OH^-]$ نجد pOH :

$pOH = -\log[OH^-] = -\log(8.6\times10^{-6}) = 5.09$

* ثم نجد قيمة pH :

$pH + pOH = 14$ $pH = 14 - pOH = 14 - 5.09 = \underline{8.91}$

قاعدي

$pOH = 5.6$ $[OH^-] = ?$ $[H^+] = ?$: 30/113

* من قيمة pOH نجد $[OH^-]$:

$[OH^-] = 10^{-pOH} = 10^{-5.6} = 2.5\times10^{-6}\,M$

* من قانون K_w نجد $[H^+]$:

$[H^+].[OH^-] = 1\times10^{-14}$

$[H^+] = \frac{1\times10^{-14}}{2.5\times10^{-6}} = 4\times10^{-9}\,M$

---

a : 41

$1\,M$ HI $pH = ??$

$HI \rightarrow H^+ + I^-$

$1M \quad\quad 1M$

$pH = -\log[H^+] = -\log 1 =$ صفر (حمضي)

$2.4\times10^{-5}\,M$ $Mg(OH)_2$ $pH = ??$ — d

$Mg(OH)_2 \rightarrow Mg^{++} + 2OH^-$

$2.4\times10^{-5} \quad\quad 2(2.4\times10^{-5})$

* نجد pOH :

$pOH = -\log[OH^-]$

$= -\log 4.8\times10^{-5}$

$= 4.32$

* ثم نجد pH :

$pH + pOH = 14$

$pH = 14 - 4.32$

$pH = 9.68$

(قاعدي)

مثال: المحلول الأعلى حمضية :

أ- $pH = 14$ ب- $pH = 7$ ج- $pH =$ صفر ✓ د- $pH = 1$

مثال: اذا كان تركيز أيون الهيدروكسيد في محلول مائي 1×10^{-5} M فإن :

أ- $pH = 5$ والمحلول قاعدي ب- $pH = 5$ والمحلول حمضي

ج- $pH = 9$ والمحلول قاعدي ✓ د- $pH = 9$ والمحلول حمضي

$pOH = -\log 1 \times 10^{-5}$

$= 5$

$\therefore pH = 14 - 5 = 9$

مثال: المحلول الأكثر حمضية من بين المحاليل التالية :

أ- $pH = 12$ ب- $pOH = 13.2$ ✓ ج- $[H^+] = 1 \times 10^{-5}$ د- $[OH] = 1 \times 10^{-2}$

$pOH = -\log 1 \times 10^{-2} = 2$

$pH = 14 - 2 = 12$

$pH = -\log 1 \times 10^{-5} = 5$

$\therefore pH = 14 - 13.2 = 0.8$

مثال: المحلول الأعلى حمضية :

أ- $pH = 14$ ب- $pH = 7$ ج- $pH =$ صفر ✓ د- $pH = 1$

مثال: اذا كان تركيز أيون الهيدروكسيد في محلول مائي 1×10^{-5} M فإن :

أ- $pH = 5$ والمحلول قاعدي ب- $pH = 5$ والمحلول حمضي

ج- $pH = 9$ والمحلول قاعدي ✓ د- $pH = 9$ والمحلول حمضي

$pOH = -\log 1 \times 10^{-5}$

$= 5$

$\therefore pH = 14 - 5 = 9$

مثال: المحلول الأكثر حمضية من بين المحاليل التالية :

أ- $pH = 12$ ب- $pOH = 13.2$ ✓ ج- $[H^+] = 1 \times 10^{-5}$ د- $[OH] = 1 \times 10^{-2}$

$pOH = -\log 1 \times 10^{-2} = 2$

$pH = 14 - 2 = 12$

$pH = -\log 1 \times 10^{-5} = 5$

$\therefore pH = 14 - 13.2 = 0.8$

التعادل

التعادل: هو تفاعل بين الحمض والقاعدة لينتج ملح و ماء.

* **حمض + قاعدة ← ملح + ماء**

مثل: $2HCl + Mg(OH)_2 \rightarrow MgCl_2 + 2H_2O$

المعايرة: هي طريقة لتحديد تركيز محلول ما.

نقطة التكافؤ: هي نقطة يتساوى عندها عدد مولات الحمض مع عدد مولات القاعدة.

ومنها:

$$\frac{Ma \cdot Va}{a} = \frac{Mb \cdot Vb}{b}$$

- Va: حجم الحمض
- Ma: تركيز الحمض
- a: معامل الحمض من المعادلة الموزونة
- Vb: حجم القاعدة
- Mb: تركيز القاعدة
- b: معامل القاعدة من المعادلة الموزونة

مثال 43 ص 122:

$Vb = 43.33\ ml$ $Ma = ??$

$Mb = 0.1\ M$ $Va = 20\ ml$

$1 = a$ $1 = b$

$HNO_3 + KOH \rightarrow KNO_3 + H_2O$

حمض acid — قاعدة base — ملح — ماء

$$\frac{Ma \cdot Va}{a} = \frac{Mb \cdot Vb}{b}$$

$$\frac{Ma \times 20}{1} = \frac{0.1 \times 43.33}{1}$$

$$Ma = \frac{1 \times 0.1 \times 43.33}{20 \times 1} = 0.21665\ M \text{ أو } (mol/L)$$

مثال 45 ص 122:

$Va = 25\ ml$ $Vb = ??$

$Ma = 0.1\ M$ $Mb = 0.5\ M$

$3 = b$ $1 = a$

$3NaOH + H_3PO_4 \rightarrow Na_3PO_4 + 3H_2O$

قاعدة base — حمض acid

$$\frac{Ma \cdot Va}{a} = \frac{Mb \cdot Vb}{b}$$

$$\frac{0.1 \times 25}{1} = \frac{0.5 \times Vb}{3}$$

$$15\ ml = \frac{0.1 \times 25 \times 3}{1 \times 0.5} = Vb$$

تميه الأملاح

هي تفاعل أيونات الملح مع الماء لينتج محلول (حمضي - قاعدي - متعادل).

* الجزء الذي يتميأ هو الأيون القادم من (الحمض أو القاعدة) الضعيف.

* أهم الحموض والقواعد:

أحماض قوية: HCl ، HNO_3 ، H_2SO_4 ، HBr ، HI ، $HClO_4$.

أحماض ضعيفة: HF ، H_2CO_3 ، H_3PO_4 ، CH_3COOH.

قواعد قوية: $NaOH$ ، KOH ، $RbOH$ ، $Ca(OH)_2$ ، $Mg(OH)_2$.

قواعد ضعيفة: NH_3.

---

1 ملح مشتق من حمض ضعيف وقاعدة قوية (ينتج محلول قاعدي):

مثل: KF يتميأ / لا يتميأ

KOH قاعدة قوية — HF حمض ضعيف

(قاعدي) يتبع القوي

معادلة التميؤ: $F^- + H_2O \rightleftharpoons HF + OH^-$

OH^- ← محلول قاعدي

مثل: CH_3COONa يتميأ / لا يتميأ

$NaOH$ قاعدة قوية — CH_3COOH حمض ضعيف

(قاعدي) يتبع القوي

معادلة التميؤ: $CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$

OH^- ← محلول قاعدي

---

2 ملح مشتق من حمض قوي وقاعدة ضعيفة (ينتج محلول حمضي):

مثل: NH_4Cl يتميأ / لا يتميأ

HCl حمض قوي — NH_3 قاعدة ضعيفة

(حمضي)

معادلة التميؤ: $NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$

H_3O^+ ← محلول حمضي

---

3 ملح مشتق من حمض قوي وقاعدة قوية (ينتج محلول متعادل):

مثل: $NaCl$ لا يتميأ / لا يتميأ

HCl حمض قوي — $NaOH$ قاعدة قوية

متعادل

لا يحدث تميؤ لأنه ليوجد شق ضعيف

ص 124 — 46

نترات الأمونيوم

NH_4NO_3 يتميأ — لا يتميأ

حمض قوي HNO_3 — قاعدة ضعيفة NH_3

(حمضي) يتبع القوي

معادلة التميؤ:

$$NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$$

H_3O^+ ← حمضي

كبريتات البوتاسيوم

K_2SO_4 — لا يتميأ — لا يتميأ

حمض قوي H_2SO_4 — قاعدة قوية KOH

(متعادل)

(لا يحدث تميؤ)

إيثانوات الروبيديوم

CH_3COORb — يتميأ — لا يتميأ

حمض ضعيف CH_3COOH — قاعدة قوية $RbOH$

(قاعدي)

معادلة التميؤ:

$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$$

OH^- ← قاعدي

كربونات الكالسيوم

$CaCO_3$ — يتميأ — لا يتميأ

حمض ضعيف H_2CO_3 — قاعدة قوية $Ca(OH)_2$

(قاعدي)

معادلة التميؤ:

$$CO_3^{--} + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + OH^-$$

OH^- ← قاعدي

المحاليل المنظمة: هي محاليل تقاوم التغير في قيمة pH.

يتكون المحلول المنظم من:

حمض ضعيف و أحد أملاحه

مثل (CH_3COOH و CH_3COONa)

قاعدة ضعيفة و أحد أملاحها

مثل (NH_3 و NH_4Cl)

سعة المحلول المنظم: كمية الحمض أو القاعدة التي يستطيع المحلول المنظم أن يستوعبها دون تغير pH.

أمثلة أخرى لمحاليل منظمة: جدول (3-7) ص 125.

حل تقويم الفصل الثالث ص 131

54) المحلول الحمضي: $[OH^-] < [H^+]$
المحلول القاعدي: $[OH^-] > [H^+]$
المحلول المتعادل: $[OH^-] = [H^+]$

55) معادلة تأين الماء: $H_2O_{(L)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$

56) H_2S (حمض) $RbOH$ (قاعدة) $Mg(OH)_2$ (قاعدة) H_3PO_4 (حمض)

59) الحمض أحادي البروتون: يمنح أيون هيدروجين واحد فقط HCl ، $HCOOH$
حمض ثنائي البروتون: يمنح أيونين هيدروجين H_2SO_4 ، H_2CO_3
حمض ثلاثي البروتون: يمنح ثلاثة أيونات هيدروجين H_3PO_4

63) a- $Mg(OH)_2 \longrightarrow Mg^{++} + 2OH^-$

b- $Mg + 2HBr \longrightarrow MgBr_2 + H_2$

c- $CH_3CH_2COOH \rightleftharpoons CH_3CH_2COO^- + H^+$

d- $HSO_4^- + H_2O \rightleftharpoons SO_4^{--} + H_3O^+$

64) الحمض القوي: يتأين كلياً في المحلول المائي.
الحمض الضعيف: يتأين جزئياً في المحلول المائي.

68) $H_3PO_4 + H_2O \longrightarrow H_2PO_4^- + H_3O^+$
حمض — قاعدة — قاعدة مرافقة — حمض مرافق
$(H_3PO_4/H_2PO_4^-)$ (H_2O/H_3O^+)

70) حمض الهيبوكلوروز $HClO$ حمض ضعيف:

$HClO \rightleftharpoons ClO^- + H^+$

$$K_a = \frac{[ClO^-].[H^+]}{[HClO]}$$

(75 الحلول A : $[H^+] = 1 \times 10^{-2} M$ والمحلول B : $[H^+] = 1 \times 10^{-5} M$

∴ الحلول A أكثر حمضية بـ 1000 مره .

(78

$$[H^+].[OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{5.4 \times 10^{-3}} = 1.85 \times 10^{-12} M$$

(79

$$pH = -\log [H^+]$$

$$= -\log 5.4 \times 10^{-3} = 2.27$$

$$pOH = 14 - pH$$

$$= 14 - 2.27 = 11.73$$

(82

$$HI + NaOH \rightarrow NaI + H_2O$$

حمض الهيدرو أيوديك + هيدروكسيد الصوديوم → يوديد الصوديوم + ماء

(88

كربونات الصوديوم Na_2CO_3 (يتميأ / لا يتميأ)

$$CO_3^{--} + H_2O \rightarrow HCO_3^- + OH^-$$

$NaOH$ قاعده قويه

H_2CO_3 حمض ضعيف

بروميد الأمونيوم NH_4Br (يتميأ / لا يتميأ)

$$NH_4^+ + H_2O \rightarrow NH_3 + H_3O^+$$

NH_3 قاعده ضعيفه

HBr حمض قوي

(90

$$H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$$

(a فوق H_2SO_4 ، b فوق $NaOH$)

$$\frac{Ma \cdot Va}{a} = \frac{Mb \cdot Vb}{b}$$

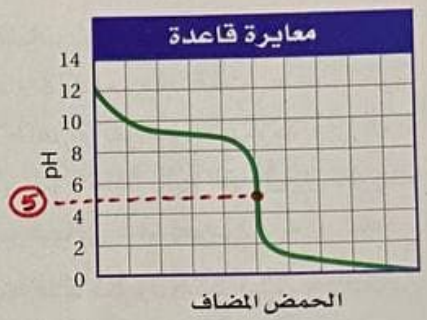
$$\frac{Ma \times 45.78}{1} = \frac{0.43885 \times 74.3}{2}$$

$$Ma = \frac{1 \times 0.43885 \times 74.3}{45.78 \times 2} = 0.3561 M$$

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعن بالرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤالين 1 و 2.



1. ما قيمة pH عند نقطة التكافؤ لهذه المعايرة؟
   a. 10
   b. 9
   c. 5
   d. 1

2. ما الكاشف الأكثر فاعلية لتحري نقطة النهاية لهذه المعايرة؟
   a. الميثيل البرتقالي الذي مداه 3.2 – 4.4
   b. فينولفثالين الذي مداه 8.2 – 10
   c. البروموكريسول الأخضر الذي مداه 3.8 – 5.4
   d. الثايمول الأزرق الذي مداه 8.0 – 9.6

3. ينتج التنفس الخلوي 38 mol تقريبًا من ATP مقابل كل مول يستهلك من الجلوكوز:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 38ATP$$

إذا كان كل 1 mol من ATP ينتج 30.5 kJ من الطاقة فما كمية الطاقة التي يمكن الحصول عليها من قطعة حلوى تحتوي على 130.0 g من الجلوكوز؟

   a. 27.4 kJ
   b. 836 kJ
   c. 1159 kJ
   d. 3970 kJ

4. بروميد الهيدروجين HBr حمض قوي ومادة أكالة شديدة. ما pOH لمحلول HBr الذي تركيزه 0.0375 M ؟
   a. 12.574
   b. 12.270
   c. 1.733
   d. 1.433

استعن بالجدول أدناه للإجابة عن الأسئلة من 5 إلى 7.

ثوابت التأين وبيانات pH لبعض الأحماض العضوية الضعيفة

الحمض	pH محلول تركيزه 1.000 M	K_a
HA	1.87	1.78×10^{-4}
HB	؟	3.55×10^{-3}
HX	2.43	؟
HD	1.09	7.08×10^{-3}
HR	2.01	9.77×10^{-5}

5. أي حمض أقوى؟
   a. HA
   b. HB
   c. HX
   d. HD

6. ما ثابت تأين حمض HX؟
   a. 1.0×10^{-5}
   b. 2.43×10^{0}
   c. 3.72×10^{-3}
   d. 7.3×10^{4}

7. ما قيمة pH لمحلول حمض السيانوإيثانويك الذي تركيزه 0.40 M؟
   a. 2.06
   b. 1.22
   c. 2.45
   d. 1.42

اختبار مقنن

8. ماذا نعني بقولنا: إن قيمة K_{eq} أكثر من 1؟

a. هناك مواد متفاعلة أكثر من النواتج عند الاتزان.
b. هناك نواتج أكثر من المواد المتفاعلة عند الاتزان.
c. سرعة التفاعل الأمامي عالية عند الاتزان.
d. سرعة التفاعل العكسي عالية عند الاتزان.

أسئلة الإجابات القصيرة

9. **الأحماض والقواعد الشائعة** استعمل البيانات الموجودة في **الجدول أدناه** للإجابة عن الأسئلة الآتية:

المادة	pH
الأمونيا المنزلية	11.3
عصير الليمون	2.3
مضاد الحموضة	9.4
الدم	7.4
المشروبات الغازية	3.0

a. أي مادة أكثر قاعدية؟ الأمونيا المنزلية
b. أي مادة أقرب إلى التعادل؟ الدم
c. أي مادة تركيز $[H^+]$ فيها 4.0×10^{-10} M مضاد الحموضة
d. أي مادة قيمة pOH لها 11.0 المشروبات الغازية
e. كم مرة تزيد قاعدية مضاد الحموضة على قاعدية الدم؟ مرتين بالنسبة لـ pH
و 100 مرة بالنسبة $[H^+]$

أسئلة الإجابات المفتوحة

10. أضيف 5.00 mL من HCl تركيزه 6.00 M إلى 95.00 mL من الماء النقي، وأصبح الحجم النهائي للمحلول 100 mL. ما قيمة pH للمحلول؟

11. محلول مائي منظم بحمض البنزويك C_6H_5COOH وبنزوات الصوديوم C_6H_5COONa، تركيز كل منهما 0.0500 M. فإذا كان K_a لحمض البنزويك يساوي 6.4×10^{-5}، فما قيمة pH للمحلول؟

10- من قانون التخفيف: $M_1 V_1 = M_2 V_2$

$6 \times 5 = M_2 \times 100$

$0.3\,M = \frac{30}{100} = M_2$

$\therefore pH = -\log 0.3 = 0.52$

11- غير مطلوب حساب pH للمحاليل المنظمة.

Date

الفصل الرابع: تفاعلات الأكسدة والاختزال

الأكسدة والاختزال:

عملية الأكسدة: هي فقدان الذرة للإلكترونات.

عملية الاختزال: هي اكتساب الذرة للإلكترونات.

مثال:

$$2Na + Cl_2 \rightarrow 2NaCl$$

$$\boxed{2Na} + \boxed{Cl_2} \rightarrow \boxed{2Na^+} + \boxed{2Cl^-}$$

فقدت الكترون e^-

اكتسبت الكترونية $2e^-$

تفاعل الأكسدة: $2Na \rightarrow 2Na^+ + 2e^-$ (فقد) (صفر) ← (+1)

تفاعل الاختزال: $Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$ (اكتساب) (صفر) ← (-1)

المادة المتأكسدة: Na — العامل المؤكسد: Cl_2 (التي حدث لها الاختزال)

المادة المختزلة: Cl_2 — العامل المختزل: Na (التي حدث لها الأكسدة)

*** الخلاصة:**

1- المادة المتأكسدة، تفقد إلكترونات، وتسمى عامل مختزل، ويزداد لها عدد الأكسدة.

2- المادة المختزلة، تكتسب إلكترونات، وتسمى عامل مؤكسد، وينقص لها عدد الأكسدة.

اكتسبت $3e^-$ اختزال

مثال 2 :

$$2Al + 2Fe^{3+} + 3O^{2-} \longrightarrow 2Fe + 2Al^{3+} + 3O^{2-}$$

فقدت $3e^-$ أكسدة

O^{2-} : أيون متفرج

تفاعل الأكسدة : $2Al \longrightarrow 2Al^{3+} + 3e^-$

تفاعل الاختزال : $2Fe^{3+} + 3e^- \longrightarrow 2Fe$

المادة المتأكسدة / Al — العامل المؤكسد / Fe^{3+}

المادة المختزلة / Fe^{3+} — العامل المختزل / Al

مثال 3 :

$$2AgNO_3 + Cu \longrightarrow Cu(NO_3)_2 + 2Ag.$$

(فقدت $2e^-$ أكسدة)

$$2Ag^+ + 2NO_3^- + Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2NO_3^- + 2Ag.$$

اكتسبت e^- (اختزال)

تفاعل الأكسدة : $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^-.$

تفاعل الاختزال : $2Ag^+ + 2e^- \longrightarrow 2Ag.$

المادة المتأكسدة في التفاعل : Ag^+ اختزلت — Cu فقدت $2e^-$ ✓ — Cu^{2+} نواتج — NO_3^- متفرج — Ag نواتج

العامل المؤكسد في التفاعل : Ag^+ ✓ اختزلت عامل مؤكسد — Cu تأكسدت عامل مختزل — Cu^{2+} نواتج — NO_3^- متفرج — Ag نواتج

ملاحظة:

الأكسدة = فقدان الإلكترونات = عامل مختزل = زيادة في عدد الأكسدة.

الاختزال = اكتساب الإلكترونات = عامل مؤكسد = نقص في عدد الأكسدة.

$I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$ (صفر ← -1، نقص) — اكتساب إلكترونين — (اختزال)	$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$ (+2 ← +3، زيادة) — فقد الكترون — (أكسدة)
$K \rightarrow K^+ + e^-$ (صفر ← +1، زيادة) — فقد إلكترون — (أكسدة)	$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ (+1 ← صفر، نقص) — اكتساب الكترون — (اختزال)

مثال 1 / 145 :

$$2Br^- + Cl_2 \rightarrow Br_2 + 2Cl^-$$

(-1 ← صفر، صفر ← -1)

فقدت $2e^-$ ، أكسدة ، زيادة في عدد الأكسدة

اكتسبت $2e^-$ ، اختزال ، نقص في عدد الأكسدة.

المادة المتأكسدة (عامل مختزل) = Br^-

المادة المختزلة (عامل مؤكسد) = Cl_2

مثال 2 :

$$2Ce + 3Cu^{2+} \rightarrow 3Cu + 2Ce^{3+}$$

(صفر ← +3، +2 ← صفر)

فقدت $3e^-$ ، أكسدة ، زيادة في عدد الأكسدة.

اكتسبت $2e^-$ ، اختزال ، نقص في عدد الأكسدة.

المادة المتأكسدة (عامل مختزل) = Ce

المادة المختزلة (عامل مؤكسد) = Cu^{2+}

$$2Zn + O_2 \rightarrow 2ZnO$$

$$2Zn + O_2 \rightarrow 2Zn^{2+} + 2O^{2-}$$

(صفر ← +2، صفر ← -2)

فقدت $2e^-$ ، أكسدة ، زيادة في عدد الأكسدة.

اكتسبت $2e^-$ ، اختزال ، نقص في عدد الأكسدة.

المادة المتأكسدة (عامل مختزل) = Zn

المادة المختزلة (عامل مؤكسد) = O_2

Date

مسائل تدريبية :

$(+3 = Al)(+2 = Mg, Ca, Be)(+1 = K, Na, Li)(+1 = H)(-2 = O)$

أهم أعداد الأكسدة

: 5 مثال 147

HNO_2

$(+1)+(x)+(-2\times2)=0$

$1+x-4=0$

$x-3=0$

$\boxed{x=+3}$

$AlPO_4$

$(+3)+(x)+(-2\times4)=0$

$3+x-8=0$

$x-5=0$

$\boxed{x=+5}$

$NaClO_4$

$(+1)+(x)+(-2\times4)=0$

$1+x-8=0$

$x-7=0$

$\boxed{x=+7}$

CrO_4^{2-}

$(x)+(-2\times4)=-2$

$x-8=-2$

$x=-2+8$

$\boxed{x=+6}$

AsO_4^{3-}

$(x)+(-2\times4)=-3$

$x-8=-3$

$x=-3+8$

$\boxed{x=+5}$

NH_4^{+} : 6 مثال

$(x)+(+1\times4)=+1$

$x+4=+1$

$x=+1-4$

$\boxed{x=-3}$

: 7 مثال

N_2H_4

$(2x)+(+1\times4)=0$

$2x+4=0$

$2x=-4$

$\boxed{x=-2}$

KCN

$(+1)+(+2)+(x)=0$

$+3+x=0$

$\boxed{x=-3}$

NH_3

$(x)+(+1\times3)=0$

$x+3=0$

$\boxed{x=-3}$

$B_4O_7^{2-}$

$(4x)+(-2\times7)=-2$

$4x-14=-2$

$4x=-2+14$

$4x=+12$

$\boxed{x=+3}$

Ca_3N_2

$(+2\times3)+(2x)=0$

$+6+2x=0$

$2x=-6$

$\boxed{x=-3}$

IO_4^{-}

$(x)+(-2\times4)=-1$

$x-8=-1$

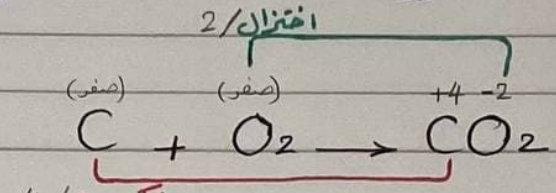
$x=-1+8$

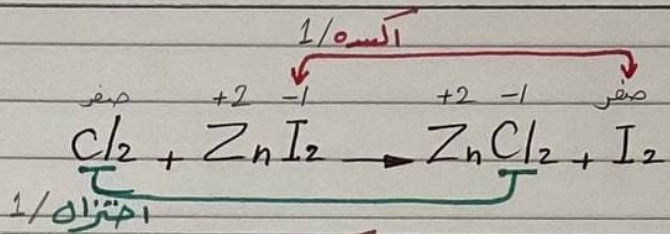
$\boxed{x=+7}$

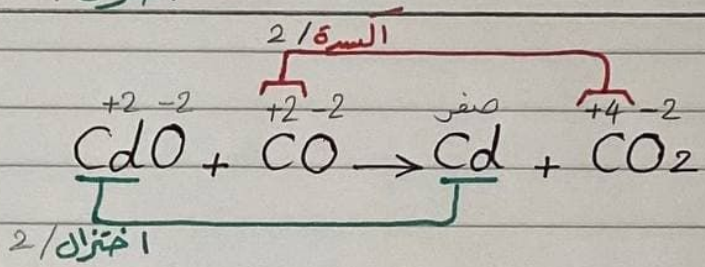
ملاحظة: أعلى العناصر في الكهروسالبية هو: الفلور F ولذا يكون
عدد الأكسدة له دائماً = -1

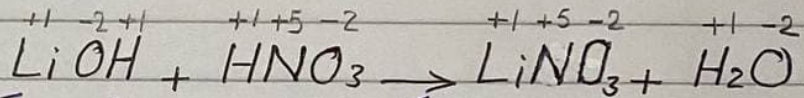
* الفلزات منخفضة في الكهروسالبية فيكون عدد أكسدتها: موجب

8 : ح
147

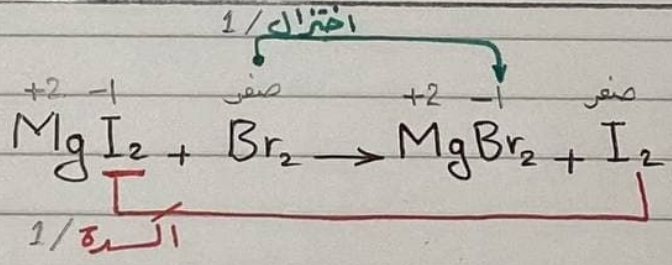








ليست معادلة أكسدة واختزال لأن أعداد الأكسدة لم تتغير



وزن معادلات الأكسدة والاختزال

1 طريقة أعداد الأكسدة :

2 × 1e⁻ / اختزال

صفر +1 +5 -2 +2 +5 -2 +4 -2 +1 -2

$Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO_2 + H_2O$.

1 × 2e⁻ / أكسدة

1 (نكتب أعداد الأكسدة)

2 (نحدد المادة المتأكسدة والمختزلة والتغير في عدد الأكسدة)

3 (نساوي التغير في أعداد الأكسدة)

4 (نوازن الذرات)

$Cu + 2HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + H_2O$.

$Cu + 4HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$.

: 15 / 150

2 × 3e⁻ / اختزال

+1 -1 +1 +5 -2 +1 +1 -2 +2 -2 +1 -2

$HCl + HNO_3 \rightarrow HClO + NO + H_2O$

3 × 2e⁻ / أكسدة

$3HCl + 2HNO_3 \rightarrow 3HClO + 2NO + H_2O$.

5 3 2 6 = 5 3 2 6

: 16 / 150

3 × 2e⁻ / اختزال

+4 -1 صفر +2 -1 +3 -1

$SnCl_4 + Fe \rightarrow SnCl_2 + FeCl_3$

2 × 3e⁻ / أكسدة

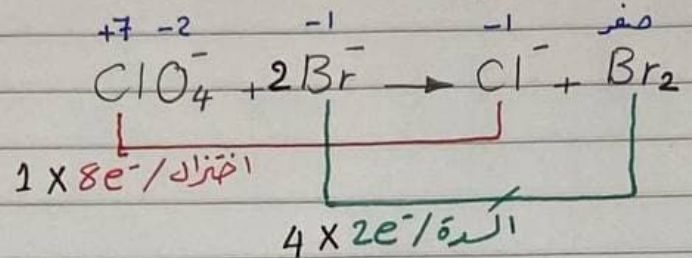
$3SnCl_4 + 2Fe \rightarrow 3SnCl_2 + 2FeCl_3$

3 12 2 = 3 6 2 6

12

وزن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية

بطريقة أنصاف التفاعلات : في الوسط الحمضي :

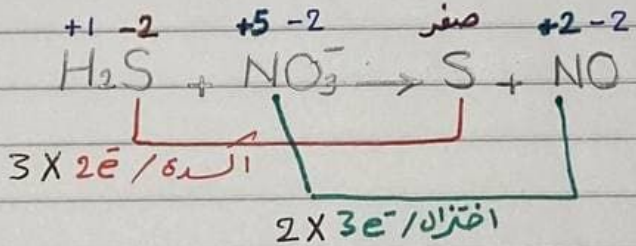


$$ClO_4^- + 8Br^- \rightarrow Cl^- + 4Br_2$$

* وزن الأكسجين : بإضافة H_2O للطرف الناقص .
* ثم وزن الهيدروجين في الوسط الحمضي بإضافة H^+ للطرف الناقص بمقدار النقص

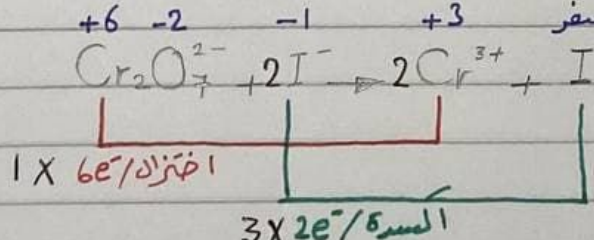
$$8H^+ + ClO_4^- + 8Br^- \rightarrow Cl^- + 4Br_2 + 4H_2O$$

: 19 / 152



$$2H^+ + 3H_2S + 2NO_3^- \rightarrow 3S + 2NO + 4H_2O$$

: 20 / 152



أولاً : لوجود 7 ذرات أكسجين في التفاعلات

ثانياً : لوجود 14 ذرة هيدروجين في المتفاعلات

$$14H^+ + Cr_2O_7^{2-} + 6I^- \rightarrow 2Cr^{3+} + 3I_2 + 7H_2O$$

: $\frac{21}{152}$ حـ

صفر +5 -2 +2 +4 -2

$$Zn + NO_3^- \rightarrow Zn^{2+} + NO_2$$

1 X $2e^-$ / أكسدة

2 X $1e^-$ / اختزال

① لوجود 6 ذرات أكسجين في المتفاعلات و 4 في النواتج لفرق ②

② لوجود 4 ذرات هيدروجين في النواتج

$$4H^+ + Zn + 2NO_3^- \rightarrow Zn^{2+} + 2NO_2 + 2H_2O$$

ملاحظة: يجب التأكد من وزن الذرات و وزن الشحنات في نهاية الحل.

وزن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية

بطريقة أعداد الأكسدة : في وسط قاعدي :

$\frac{22}{152}$:

$$\overset{-1}{2I^-} + \overset{+7\ -2}{MnO_4^-} \rightarrow \overset{\text{صفر}}{I_2} + \overset{+4\ -2}{MnO_2}$$

3X $2e^-$/ أكسدة

2X $3e^-$/ اختزال

$$6I^- + 2MnO_4^- \rightarrow 3I_2 + 2MnO_2 + 4H_2O$$

(8) (4)

* لوزن الهيدروجين في وسط قاعدي : نضيف H_2O للطرف الناقص بمقدار النقص ثم نضيف OH^- للطرف الآخر بنفس المقدار.

$$\cancel{8H_2O} + 6I^- + 2MnO_4^- \rightarrow 3I_2 + 2MnO_2 + \cancel{4H_2O} + 8OH^-$$

4H2O (8)

(صفر)

$$4H_2O + 6I^- + 2MnO_4^- \rightarrow 3I_2 + 2MnO_2 + 8OH^-$$

-6 -2

(-8) = (-8)

---

* وازن التفاعل التالي في وسط قاعدي :

+1X2 +3X2

(+2) → (+6)

$$\overset{+1\ -2}{N_2O} + \overset{+1\ -2}{ClO^-} \rightarrow \overset{+3\ -2}{2NO_2^-} + \overset{-1}{Cl^-}$$

1X $4e^-$/ أكسدة

2X $2e^-$/ اختزال

$$2OH^- + \cancel{H_2O} + N_2O + 2ClO^- \rightarrow 2NO_2^- + 2Cl^- + \cancel{2H_2O}$$

H2O

(2) (3) (4)

$$2OH^- + N_2O + 2ClO^- \rightarrow 2NO_2^- + 2Cl^- + H_2O$$

-2 -2 -2 -2

(-4) = (-4)

وزن معادلات الأكسدة والاختزال الأيونية

* بطريقة نصف التفاعل : (في وسط حمضي)

: $\frac{24}{155}$ ح

$$\overset{(+2)}{Mn^{2+}} + \overset{(+5)\ -2}{BiO_3^-} \rightarrow \overset{(+7)\ -2}{MnO_4^-} + \overset{(+3)}{Bi^{3+}}$$

$5e^-$ / أكسدة

$2e^-$ / اختزال

نصف الأكسدة :

$$2\times\left(Mn^{2+} \rightarrow MnO_4^- + 5e^-\right)$$

نصف الاختزال :

$$5\times\left(BiO_3^- + 2e^- \rightarrow Bi^{3+}\right)$$

(نوازن الالكترونات المفقودة والمكتسبة)

$$2Mn^{2+} \rightarrow 2MnO_4^- + 10e^-$$

$$5BiO_3^- + 10e^- \rightarrow 5Bi^{3+}$$

(نوازن الاكسجين بإضافة H_2O للطرف الناقص)

$$8H_2O + 2Mn^{2+} \rightarrow 2MnO_4^- + 10e^-$$

$$5BiO_3^- + 10e^- \rightarrow 5Bi^{3+} + 15H_2O$$

(نوازن الهيدروجين في الوسط الحمضي بإضافة H^+ للطرف الناقص)

$$8H_2O + 2Mn^{2+} \rightarrow 2MnO_4^- + 10e^- + 16H^+$$

$$30H^+ + 5BiO_3^- + 10e^- \rightarrow 5Bi^{3+} + 15H_2O$$

(نجمع التصفية)

$$8H_2O + 2Mn^{2+} \rightarrow 2MnO_4^- + 10e^- + 16H^+$$

$$30H^+ + 5BiO_3^- + 10e^- \rightarrow 5Bi^{3+} + 15H_2O$$

$$\boxed{2Mn^{2+} + 14H^+ + 5BiO_3^- \rightarrow 2MnO_4^- + 5Bi^{3+} + 7H_2O}$$

$+4 \quad +14 \quad -5$ ⟶ $+13$

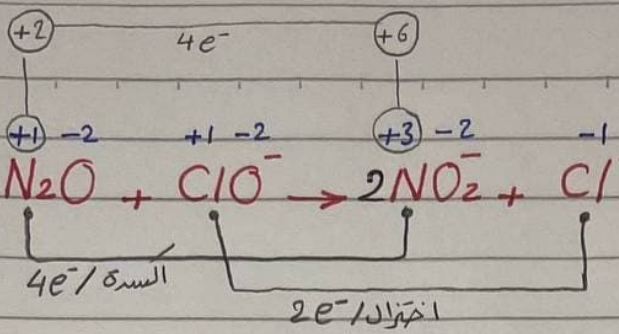
$-2 \quad +15$ ⟶ $+13$

$+13 = +13$

(للتأكد من صحة المعادلة)

25 :

في وسط قاعدي :



نصف الاختزال :

$$2\times(ClO^- + 2\acute{e} \rightarrow Cl^-)$$

نصف الأكسدة :

$$1\times(N_2O \rightarrow 2NO_2^- + 4e^-)$$

(توازن الالكترونات)

$$2ClO^- + 4\acute{e} \rightarrow 2Cl^- \qquad N_2O \rightarrow 2NO_2^- + 4e^-$$

(توازن الأكسجين)

$$2ClO^- + 4\acute{e} \rightarrow 2Cl^- + 2H_2O \qquad 3H_2O + N_2O \rightarrow 2NO_2^- + 4e^-$$

(توازن الهيدروجين في الوسط القاعدي : بإضافة H_2O للطرف الناقص ثم إضافة OH^- بنفس المقدار للطرف الآخر)

$$4H_2O + 2ClO^- + 4\acute{e} \rightarrow 2Cl^- + 2H_2O + 4OH^- \qquad 6OH^- + 3H_2O + N_2O \rightarrow 2NO_2^- + 4\acute{e} + 6H_2O.$$

(جمع النصفين)

$$\cancel{6}^{2}\,OH^- + \cancel{3H_2O}^{\times} + N_2O \rightarrow 2NO_2^- + \cancel{4\acute{e}} + \cancel{6H_2O}^{2\,H_2O}.$$

$$\cancel{4H_2O} + 2ClO^- + \cancel{4\acute{e}} \rightarrow 2Cl^- + \cancel{2H_2O} + \cancel{4OH^-}.$$

$$\boxed{2OH^- + N_2O + 2ClO^- \rightarrow 2NO_2^- + H_2O + 2Cl^-}$$

-2 -2 -2 -2

(-4) = (-4)

المعادلة موزونة

حل أسئلة تقويم الفصل الرابع ص 160

33 :

الأكسدة	الاختزال
* يحدث فقدان للإلكترونات (نواتج)	* يحدث اكتساب للإلكترونات (متفاعلات)
* يحدث زيادة في عدد الأكسدة	* يحدث نقص في عدد الأكسدة.
* تسمى (عامل مختزل)	* تسمى (عامل مؤكسد).

---

37 :

الفلزات القلوية الأرضية (Be - Ca - Mg ....) = +2 (تفقد الكترونين).

الفلزات القلوية (Li - Na - K ....) = +1 (تفقد الكترون واحد).

---

38 :

عدد الإلكترونات المفقودة = عدد الأكسدة موجب (فلزات).

عدد الإلكترونات المكتسبة = عدد الأكسدة سالب (لافلزات).

---

41 :

a- $3Br_2 + 2Ga \rightarrow 2GaBr_3$

(صفر) (صفر) → +3 -1

Br_2 اختزال — Ga أكسدة

b- $2HCl + Zn \rightarrow ZnCl_2 + H_2$

+1 -1 (صفر) → +2 -1 (صفر)

HCl اختزال — Zn أكسدة

c- $3Mg + N_2 \rightarrow Mg_3N_2$

صفر صفر → +2 -3

Mg أكسدة — N_2 اختزال

---

45 :

$\overset{x\ -2}{BrO_3^-}$: $x - 6 = -1$ ، $x = -1 + 6$ ، $x = (+5)$

$\overset{x\ -2}{NO_2^-}$: $x - 4 = -1$ ، $x = -1 + 4$ ، $x = (+3)$

$\overset{+1\ +1\ x\ -2}{NaHSO_4}$: $+1 + 1 + x - 8 = 0$ ، $x - 6 = 0$ ، $x = (+6)$

$\overset{+2\ x\ -2}{CaCrO_4}$: $+2 + x - 8 = 0$ ، $x - 6 = 0$ ، $x = (+6)$

48 :

NF_3	N_2O	NO_3^-
$x-3=0$	$2x-2=0$	$x-6=-1$
$x=+3$	$2x=+2$	$x=-1+6$
	$x=+1$	$x=+5$

ملاحظة: الفلور F عدد أكسدته دائماً = -1 لأنه أكثر العناصر كهروسالبية.

---

60 :

(a) $Au^{3+} + 2I^- \rightarrow Au + I_2$

(+3) (-1) (صفر) (صفر)

$2 \times 3e^-$ / اختزال

$3 \times 2e^-$ / أكسدة

$2Au^{3+} + 6I^- \rightarrow 2Au + 3I_2$

(يجب التأكد من وزن الشحنات)

(b) $Ce^{4+} + Sn^{2+} \rightarrow Ce^{3+} + Sn^{4+}$

(+4) (+2) (+3) (+4)

$2 \times 1e^-$ / اختزال

$1 \times 2e^-$ / أكسدة

$2Ce^{4+} + Sn^{2+} \rightarrow 2Ce^{3+} + Sn^{4+}$

---

61 : (b) في وسط حمضي:

(+4 -2) (-1) (+2) (صفر)

$MnO_2 + 2Br^- \rightarrow Mn^{2+} + Br_2$

$2e^-$ / اختزال

$2e^-$ / أكسدة

1 (الإلكترونات موزونة)

2 (وزن الأكسجين بإضافة H_2O للطرف الناقص):

$MnO_2 + 2Br^- \rightarrow Mn^{2+} + Br_2 + 2H_2O$

(2) (4)

3 (وزن الهيدروجين في الوسط الحمضي بإضافة H^+ للطرف الناقص):

$$\boxed{4H^+ + MnO_2 + 2Br^- \rightarrow Mn^{2+} + Br_2 + 2H_2O}$$

+4 → (+2) ← -2 = (+2)

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. أي مما يأتي لا يعد عاملاً مختزلاً في تفاعل الأكسدة والاختزال؟

a. المادة التي تأكسدت
b. ✓ مستقبل الإلكترون
c. المادة الأقل كهروسالبية
d. مانح الإلكترون

التفاعل بين النيكل وكلوريد النحاس II موضح على النحو الآتي:

$$Ni_{(s)} + CuCl_{2(aq)} \rightarrow Cu_{(s)} + NiCl_{2(aq)}$$

استعمل المعادلة الكيميائية في الإجابة عن السؤالين 2 و3.

2. ما نصفا تفاعل الأكسدة والاختزال للتفاعل؟

a. $Ni_{(s)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^-, Cl_{2(g)} \rightarrow 2Cl^-_{(aq)} + 2e^-$
b. $Ni_{(s)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + e^-, Cu^+_{(aq)} + e^- \rightarrow Cu_{(s)}$
c. ✓ $Ni_{(s)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^-, Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$
d. $Ni_{(s)} \rightarrow Ni^{2+}_{(aq)} + 2e^-, 2Cu^+_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$

3. العامل المختزل في المعادلة هو:

a. $NiCl_2$
b. Cu
c. $CuCl_2$
d. ✓ Ni

4. رقم التأكسد للكلور في $HClO_4$ هو:

a. ✓ +7
b. +5
c. +3
d. +1

5. العنصر الأعلى كهروسالبية بين العناصر الآتية هو:

a. Cl
b. N
c. O
d. ✓ F

6. المادة التي عدد تأكسدها يساوي صفرًا هي:

a. Cu^{2+}
b. ✓ H_2
c. SO_3^{2-}
d. Cl^-

7. التفاعل بين يوديد الصوديوم والكلور موضح على النحو الآتي:

$$2NaI_{(aq)} + Cl_{2(aq)} \rightarrow 2NaCl_{(aq)} + I_{2(aq)}$$

أي الأسباب الآتية تبقي حالة تأكسد الصوديوم دون تغيير:

a. ✓ Na^+ أيون متفرج.
b. Na^+ لا يمكن أن يختزل.
c. Na^+ عنصر غير متحد
d. Na^+ أيون أحادي الذ

أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل المعادلة أدناه للإجابة عن السؤالين 8,9، علمًا أن المعادلة الأيونية الكلية بين اليود وأكسيد الرصاص IV موضحة على النحو الآتي:

$$I_{2(s)} + PbO_{2(s)} \rightarrow IO_3^-{}_{(aq)} + Pb^{2+}_{(aq)}$$

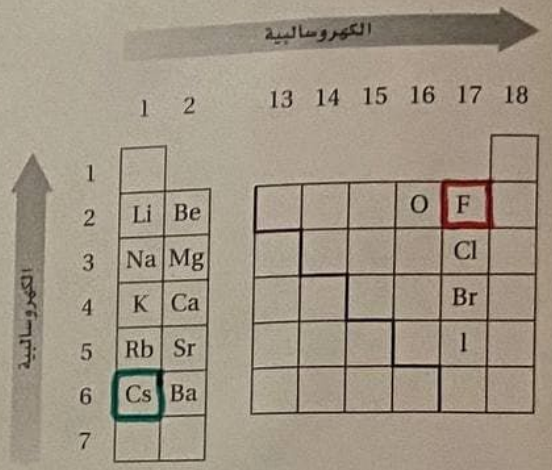
8. حدّد عدد التأكسد لكل مشارك في التفاعل.

9. فسّر كيف تحدد العنصر الذي تأكسد والعنصر الذي اختزل؟

اختبار مقنن

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل جدول العناصر الآتي للإجابة عن الأسئلة من 10 إلى 12.



10. أي العناصر تمثل أقوى عامل مؤكسد؟

11. أي العناصر تمثل أقوى عامل مختزل؟

12. أي العناصر لها أقل كهروسالبية؟

١٠ ح:

عامل مؤكسد = يكتسب الكترونات = يختزل = الأعلى كهروسالبية

F

١١ ح:

عامل مختزل = يكتسب أكسدة = يفقد الكترونات = الأقل كهروسالبية

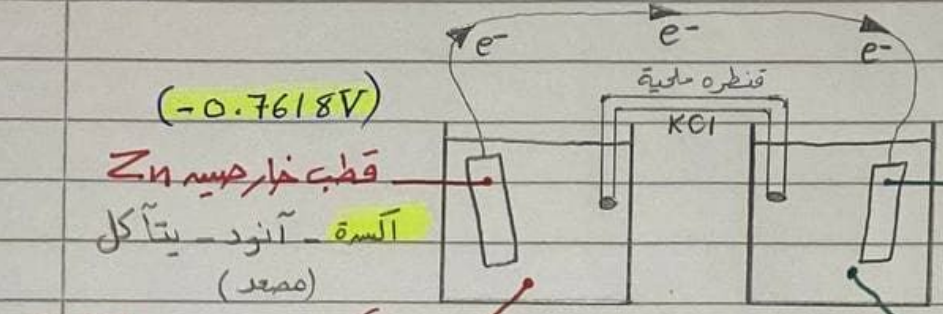
Cs

الفصل الخامس / الكيمياء الكهربائية

الخلايا الجلفانية

* هي خلايا كهروكيميائية تتحول فيها الطاقة الكيميائية الى طاقة كهربائية بواسطة تفاعل الأكسدة والاختزال.

* مثال :



$$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{2+}_{(aq)} + 2e^-$$
نصف الأكسدة

$$Cu^{2+}_{(aq)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$$
نصف الاختزال

* معادلة الخلية:

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

* رمز الخلية :

$$Zn \,|\, Zn^{2+} \,||\, Cu^{2+} \,|\, Cu$$

نصف أكسدة — نصف اختزال

* القنطرة الملحية لها وظيفتين :

① إكمال الدائرة الكهربائية

② عمل توازن بين الأيونات في كأس الأكسدة والاختزال.

* الجهد القياسي للخلية E°_{cell} :

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{\text{اختزال}} - E^\circ_{\text{أكسدة}}$$

$$= (+0.3419) - (-0.7618)$$

$$= +1.1037\ V$$

إذا كان الجهد القياسي للخلية موجب فالتفاعل تلقائي وينتج منه تيار كهربائي

وإذا كان " " سالب فالتفاعل غير تلقائي ولا ينتج منه تيار كهربائي ويجب عكس معادلة الخلية.

Date

حـ 178 / 1 :

أكسدة: $Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn$ $(-0.1375\,V)$

اختزال: $Pt^{2+} + 2e^- \rightarrow Pt$ $(+1.18\,V)$ ← من جدول ص 174

* القطب الأعلى في جهد الاختزال يحدث له اختزال
* والقطب الأقل = = = = = أكسدة

نعكس المعادلة لتصبح نصف أكسدة

$Sn \rightarrow Sn^{2+} + 2e^-$ نصف أكسدة

$Pt^{2+} + 2e^- \rightarrow Pt$ نصف اختزال

بالجمع

* معادلة الخلية:

$$Sn + Pt^{2+} \rightarrow Sn^{2+} + Pt.$$

* رمز الخلية:

$$Sn|Sn^{2+}\,||\,Pt^{2+}|Pt$$

الأكسدة — الاختزال

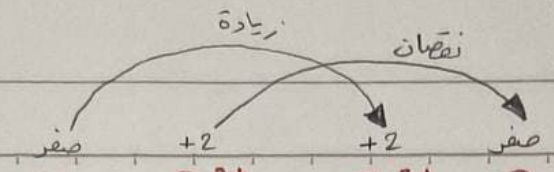
* حساب الجهد القياسي للخلية E°_{cell}:

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{\text{اختزال}} - E^\circ_{\text{أكسدة}}$$

$$= (+1.18) - (-0.1375)$$

$$= +1.3175\ V$$

تلقائي لأن الناتج ⊕ وينتج تيار كهربائي.



No.
Date

5 : ح
178

$$Sn + Cu^{2+} \rightarrow Sn^{2+} + Cu$$

$2e^-$ / أكسدة $2e^-$ / اختزال

- حدد المادة المتأكسدة والمختزلة :

المادة المتأكسدة / Sn المادة المختزلة / Cu^{2+}

- اكتب نصفي الخلية :

$Sn \rightarrow Sn^{2+} + 2e^-$ / نصف الأكسدة

$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ / نصف الاختزال

- اكتب رمز الخلية :

$$Sn|Sn^{2+}||Cu^{2+}|Cu$$

- احسب E°_{cell} :

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{\text{اختزال}} - E^\circ_{\text{أكسدة}}$$

$$= (+0.3419) - (-0.1375)$$

$$= +0.4794V$$

(تلقائي)

- وضح ما يحدث لكتلتي الخلية :-

قطب Sn : يتآكل لأنه يحدث له أكسدة.

قطب Cu : تزداد كتلته لأنه يحدث له اختزال.

محلول Sn^{2+} : يزداد التركيز لأن Sn يتحول الى Sn^{2+} مع مرور الزمن.

محلول Cu^{2+} : يقل التركيز لأن Cu^{2+} يتحول الى Cu مع مرور الزمن.

البطاريات

البطارية / هي خلية جلفانية أو أكثر في عبوة واحدة تنتج تيار كهربائي.

١- **البطاريات الأولية**: هي البطاريات التي لا يمكن إعادة شحنها لأنها تستخدم تفاعلات أكسدة واختزال غير عكسية.

مثل الخلايا الجافة:

أ- خلية الخارصين - كربون.
ب- البطارية القلوية. ← في الأجهزة الصغيرة
جـ- بطارية الفضة. ← في الساعات وسماعات الأذن

أطول عمراً لأنها تستخدم مسحوق الخارصين له مساحة سطح أكبر

٢- **البطاريات الثانوية**: هي التي يمكن إعادة شحنها لأنها تستخدم تفاعل الأكسدة والاختزال العكسي.

مثل:

أ- المركم الرصاصي الحمضي (بطارية السيارة).
ب- بطاريات الليثيوم. ← في الجوال والسيارات الكهربائية
جـ- خلايا النيكل ← في مكوك الفضاء

التآكل: هو خسارة الفلز بسبب تفاعل الأكسدة والاختزال.

ولمنع التآكل: ١- الطلاء (لعزل الماء والهواء).

2- توصيل كل من فلزات أخرى (لها جهد اختزال أقل من الحديد)

3- الجلفنة: تغليف الحديد بطبقة من الخارصين Zn

- له جهد اختزال أقل من الحديد
- ويتكون طبقة من ZnO طلاية الحديد

البطـــاريات

النوع	البطارية	الآنود	الكاثود	ملاحظات
بطاريات أولية لا يمكن إعادة شحنها	خلية الخارصين – كربون الجافة	صفيحة من الخارصين : $Zn \rightarrow Zn^{2+}+2e^-$	عمود من الكربون $2NH_4^+ + 2MnO_2 + 2e^- \rightarrow Mn_2O_3 + 2NH_3 + H_2O$	ينتج منها 1.5V وعند انتاج الأمونيا ينخفض جهد الخلية
	البطارية القلوية	مسحوق الخارصين وهيدروكسيد البوتاسيوم: $Zn + 2OH^- \rightarrow ZnO + H_2O + 2e^-$	لانحتاج لعمود الكربون لذا يمكن صنعها بأحجام $MnO_2 + 2H_2O + 2e^- \rightarrow Mn(OH)_2 + 2OH^-$	يوجد الخارصين على هيئة مسحوق فتزداد مساحة سطح التفاعل ويزداد عمر البطارية .
	بطاريات الفضة	نفس آنود البطارية القلوية	أكسيد الفضة : $Ag_2O + H_2O + 2e^- \rightarrow 2Ag + 2OH^-$	تستخدم في سماعات الأذن والساعات
بطاريات ثانوية يمكن إعادة شحنها	بطارية النيكل - كادميوم	مسحوق الكادميوم المضغوط : $Cd + 2OH^- \rightarrow Cd(OH)_2 + 2e^-$	أكسيد النيكل القاعدي : $NiO(OH) + H_2O + e^- \rightarrow Ni(OH)_2 + OH^-$	تستعمل في آلات الحلاقة و آلات التصوير
	بطارية المركم الرصاصي الحمضي	رصاص أسفنجي : $Pb + SO_4^{2-} \rightarrow PbSO_4 + 2e^-$	صفائح من أكسيد الرصاص : $PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{2-} + 2e^- \rightarrow PbSO_4 + 2H_2O$	تحتوي على حمض الكبريتيك الذي يعمل كموصل في البطارية وتستخدم في السيارات
	بطاريات الليثيوم	عنصر الليثيوم : $Li \rightarrow Li^+ + e^-$	نفس كاثود بطارية خارصين – كربون الجافة	ويستخدم الليثيوم لسببين: لأنه فلز خفيف الوزن وله أقل جهد اختزال قياسي بالنسبة للعناصر
	خلايا الوقود	أكسدة غاز الهيدروجين : $2H_2 + 2OH^- \rightarrow 2H_2O + 4e^-$	اختزال غاز الأكسجين : $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$	تستخدم في السفن الفضائية – تنتج كمية كبيرة من الطاقة -لاتنتج مخلفات ضاره .

Date

التحليل الكهربائي

* **خلية التحليل الكهربائي** : استعمال الطاقة الكهربائية لإحداث تفاعل آلسدة واختزال غير تلقائي .

* أمثلة :

1- التحليل الكهربائي للماء : $2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$ (هي عكس تفاعل خلايا الوقود)

2- التحليل الكهربائي لمحلول $NaCl$:

$NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$

$2Na^+ + 2e^- \rightarrow 2Na$ (نصف اختزال)

$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$ (نصف آلسدة)

$2Cl^- + 2Na^+ \rightarrow Cl_2 + 2Na$

نواتج التحليل

3- التحليل الكهربائي لماء البحر :

$2H_2O + 2NaCl \rightarrow H_2 + Cl_2 + 2NaOH$

(ماء البحر) (نواتج عملية التحليل)

4- إنتاج الألمنيوم :

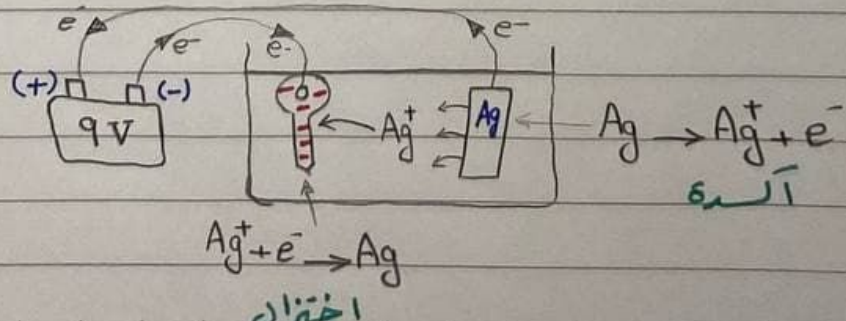
بواسطة التحليل الكهربائي لمحلول خام البوكسايت $Al_2O_3 . 2H_2O$

وتسمى طريقة هول - هيرولت :

$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$ $\quad 2O^{2-} \rightarrow O_2 + 4e^-$

يتفاعل مع أقطاب الكربون ويسبب تآكلها

5- الطلاء الكهربائي : حيث يتم توصيل المادة المراد طلاؤها بالكاثود (-) ثم تتراكم عليها أيونات الفضة Ag^+ وتختزل الى Ag :



حل تقويم الفصل الخامس ص 198

ح 32 : وظيفة القنطرة الملحية : 1- إكمال الدائرة الكهربائية.
2- عدم تراكم الأيونات في الكأسين (توازن الأيونات).

34- $\underline{\underline{Al}} \mid Al^{3+} \parallel \underline{Cu^{2+}} \mid Cu$

Al نصف أكسدة — Cu^{2+} نصف اختزال

المادة المتأكسدة = Al

المادة المختزلة = Cu^{2+}

36-

الفلز المتأكسد = Zn (يفقد الكترونات) = آنود = مصعد = وينآكل.

الكاثود = Cu = هبط = وتزداد كتلته.

40- b

$$Sn \mid Sn^{2+} \parallel Ag^{+} \mid Ag$$

Sn أكسدة — Ag^{+} اختزال

$$Sn \rightarrow Sn^{2+} + 2e \qquad 2Ag^{+} + 2e^{-} \rightarrow 2Ag$$

بجمع النصفيه:

$$(Sn + 2Ag^{+} \rightarrow Sn^{2+} + 2Ag)$$

41-

نحدد الجهد القياسي للاختزال للقطبين: $E^{\circ}_{Zn^{2+}} = -0.7168$ الأقل يحدث له أكسدة

$E^{\circ}_{Ag^{+}} = +0.7996$ الأعلى يحدث له اختزال

الآنود = Zn تحدث لأكسدة — الكاثود = Ag يحدث إختزال

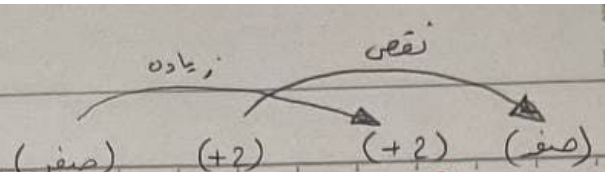
اتجاه مرور التيار من Zn الى Ag

اتجاه مرور الأيونات الموجبة K^{+} الى كأس الفضة Ag

" " السالبة Cl^{-} الى كأس الخارصين Zn

$$E^{\circ}_{cell} = E^{\circ}_{\text{كاثود}} - E^{\circ}_{\text{آنود}} = (+0.7996) - (-0.7168) = +1.5164V$$

(Ag) (Zn)



$$Mn + Ni^{2+} \rightarrow Mn^{2+} + Ni$$

Mn: اكسدة — Ni^{2+}: اختزال

-42 b

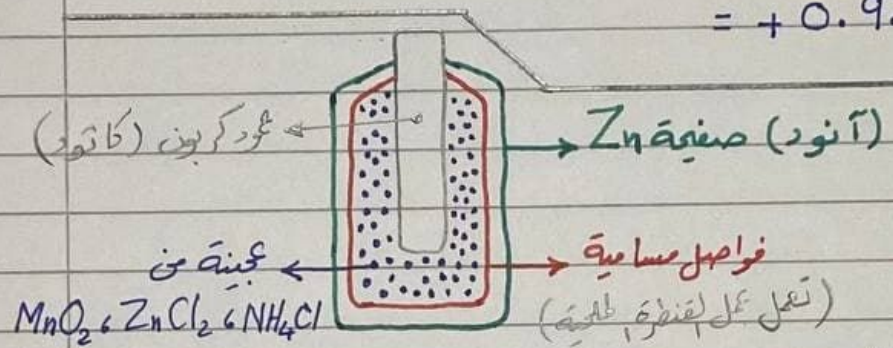
$$E^\circ_{Mn^{2+}} = -1.185 \qquad E^\circ_{Ni^{2+}} = -0.257$$

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{\text{اختزال}} - E^\circ_{\text{اكسدة}} = E^\circ_{Ni^{2+}} - E^\circ_{Mn^{2+}}$$

$$= (-0.257) - (-1.185)$$

$$= +0.928\ V$$

-43



الآنود هو: صفيحة الخارصين

ويحدث لها أكسدة: $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

-44

(الأولية)
* لا يمكن إعادة الشحن
* تستخدم تفاعل اكسدة واختزال غير عكسي

(الثانوية)
* يمكن إعادة الشحن
* تستخدم تفاعل اكسدة واختزال عكسي.

-45

المادة المتأكسدة = Pb ← ينتج $PbSO_4$

المادة المختزلة = PbO_2 ← ينتج $PbSO_4$

-48

الجلفنة: هي تغليف الحديد بطبقة من الخارصين لكي يتأكسد الخارصين بدلاً من الحديد.

(ولذا يشترط أن يستخدم فلز له جهد اختزال أقل من الحديد)

Date

53 - نحدد بجهد الاختزال القياسي للأقطاب (Cu ، Mg)

$(E^\circ_{Mg^{2+}} = -2.372)$ $(E^\circ_{Cu^{2+}} = +0.3419)$

يحدث له أكسدة — يحدث له اختزال

a - التفاعل عند قطب النحاس = اختزال لأنه أعلى في الجهد

b - التفاعل عند سلك المغنيسيوم = أكسدة لأنه أقل في الجهد

c - الآنود = Mg d = الكاثود = Cu

e - الجهد القياسي للخلية:

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{\text{كاثود}} - E^\circ_{\text{آنود}}$$

$$= (+0.3419) - (-2.372) = +2.7139\ V$$

---

55 - يتم عكس تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي في الخلية الجلفانية بتمرير تيار كهربائي خارجي الى الخلية.

---

57 -

خلية داون هي: خلية التحليل الكهربائي لصهور NaCl

$Na^+ + e^- \rightarrow Na$ — الكاثود (يختزل Na^+)

$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$ — الآنود (يتأكسد Cl^-)

---

62 - من الشكل: الآنود: قطب Cu والكاثود: قطب Zn

a - القطب الذي يزداد كتلته هو الكاثود = قطب Zn

$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$.

b - القطب الذي يتآكل ويقل كتلته هو الآنود = قطب Cu

$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$.

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استخدم الجدول الآتي للإجابة عن الأسئلة من 1 إلى 4.

جهود الاختزال القياسية لبعض أنصاف الخلايا عند 25°C و1M

الاسم	E^0 (V)
$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$	−2.372
$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$	−1.662
$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$	−0.1262
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	0.7996
$Hg^{2+} + 2e^- \rightarrow Hg$	0.851

يزداد الميل للاختزال

يزداد الميل للأكسدة

1. أي الأيونات الآتية أسهل اختزالاً؟
   a. Mg^{2+} b. Hg^{2+}
   c. Ag^+ d. Al^{3+}

2. اعتمادًا على جهود الاختزال القياسية الموضحة في الجدول، أي رمز للخلية يمثل خليته الجلفانية بصورة صحيحة؟
   a. $Ag|Ag^+ \,||\, Al^{3+}|Al$
   b. $Mg|Mg^{2+} \,||\, H^+|H_2$
   c. $H_2|H^+ \,||\, Pb^{2+}|Pb$
   d. $Pb|pb^{2+} \,||\, Al^{3+}|Al$

3. خلية جلفانية تتكون من قضيب من الماغنسيوم مغموس في محلول أيونات Mg^{2+} تركيزه 1M، وقضيب من الفضة مغموس في محلول أيونات Ag^+ تركيزه 1M. ما الجهد القياسي لهذه الخلية؟
   a. 1.572 v b. 3.172 v
   c. 0.773 v d. 3.971 v

4. لو افترضنا توافر الشروط القياسية، فأي الخلايا الآتية تعطي جهدًا مقداره 2.513 V؟
   a. $Al|Al^{3+} \,||\, Hg^{2+}|Hg$
   b. $Hg^{2+}|Hg \,||\, H_2|H^+$
   c. $Mg|Mg^{2+} \,||\, Al^{3+}|Al$
   d. $Pb|pb^{2+} \,||\, Ag|Ag^+$

5. أي العبارات الآتية غير صحيحة؟
   a. البطاريات نماذج مضغوطة من الخلايا الجلفانية.
   b. البطاريات الثانوية من بطاريات التخزين.
   c. يمكن أن تتكون البطاريات من خلية واحدة.
   d. تفاعل الأكسدة والاختزال في البطاريات التي يمكن إعادة شحنها تفاعل معكوس.

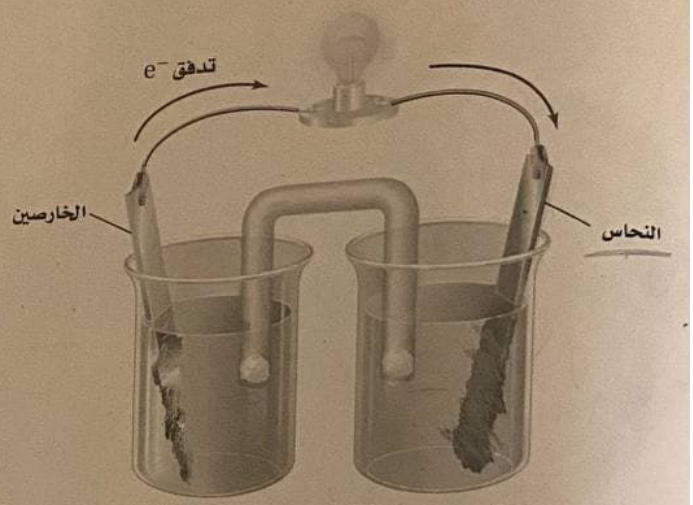
6. ما الذي تتوقع حدوثه إذا غمرت شريحة من الفضة في محلول مائي يحتوي أيونات Cu^{2+}؟
   a. عدم حدوث تفاعل
   b. تأكسد الفضة
   c. يترسب النحاس على شريحة الفضة
   d. اختزال أيونات النحاس

7. ما المادة التي تتكون على المهبط عند التحليل الكهربائي لمحلول مائي من Na Cl؟
   a. اليود
   b. الأكسجين
   c. الهيدروجين
   d. البوتاسيوم

8. ما الذي يحدث عند وضع قطعة من الخارصين Zn في محلول $1.0\ M\ Cu(NO_3)_2$؟
   a. يقل $[Cu^{2+}]$
   b. يقل $[Zn^{2+}]$
   c. يزداد $[NO_3^-]$
   d. لا يحدث تغير

أسئلة الإجابات القصيرة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن الأسئلة من 9 إلى 11.



9. حدد القطب الموجب والقطب السالب في هذا الجهاز.
10. اكتب نصف تفاعل الأكسدة.
11. اشرح وظيفة القنطرة الملحية في هذا الجهاز.

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل الجدول الآتي في الإجابة عن السؤال 12.

جهود اختزال قياسية مختارة عند 25°C و 1atm وتركيز 1 M	
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	0.7996
$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$	−0.744

12. إذا وصّل قطب فضة بقطب كروم في خلية جلفانية فأي القطبين سيتأكسد، وأيهما سيختزل؛ اعتمادًا على جهود الاختزال القياسية أعلاه؟ فسر إجابتك.

من إلى كم :-

e^-

نحاس	خارصين
Cu	Zn
اختزال	أكسدة
كاثود	آنود
مهبط	مصعد
(+)	(−)
تزداد كتلته	يتآكل

9- القطب الموجب = Cu

القطب السالب = Zn

10- تفاعل الأكسده: $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

تفاعل الاختزال: $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$

11- وظيفة القنطره الملحية:

إكمال الدائره الكهربائية - عدم تراكم الأيونات

يحدث له اختزال لأنه الأكبر في جهد الاختزال ←

يحدث له أكسدة ←