مذكرة دراسية الكهربائية – الوحدة الثانية: شرح وأسئلة محلولة بالخطوات – انسباير

تم تحميل هذا الملف من موقع المناهج الإماراتية

موقع المناهج ⇦ المناهج الإماراتية ⇦ الصف الثاني عشر المتقدم ⇦ كيمياء ⇦ الفصل الأول ⇦ مذكرات وبنوك ⇦ الملف

تاريخ إضافة الملف على موقع المناهج: 2026-11-26 23:56:50

المزيد من مادة كيمياء: ملفات ا كتب للمعلم ا كتب للطالب ا اختبارات الكترونية ا اختبارات ا حلول ا عروض بوربوينت ا أوراق عمل منهج انجليزي ا ملخصات وتقارير ا مذكرات وبنوك ا الامتحان النهائي ا للمدرس

إعداد: Diab Ahmed

التواصل الاجتماعي بحسب الصف الثاني عشر المتقدم

صفحة المناهج الإماراتية على فيسبوك | المواد على تلغرام | التربية الاسلامية | اللغة العربية | اللغة الانجليزية | الرياضيات

المزيد من الملفات بحسب الصف الثاني عشر المتقدم والمادة كيمياء في الفصل الأول

1	مذكرة دراسية الكهربائية – الوحدة الثانية: شرح وأسئلة محلولة بالخطوات – انسباير
2	هيكل امتحان نهاية الفصل في – النموذج الثاني (بريدج (غير محلول)
3	هيكل امتحان نهاية الفصل في – النموذج الأول (غير محلول)
4	تغطية تفاعلات الأكسدة والاختزال – الجزء الأول () نهاية الفصل (غير محلول)
5	هيكل امتحان نهاية الفصل في : تفاعلات الأكسدة والاختزال والكيمياء الكهربائية – بريدج

تحميل تطبيق المناهج للهواتف الذكية	
تطبيق المناهج على Store App (آبل)	تطبيق المناهج على Play Google (أندرويد)

United Arab Emirates
Ministry of Education

دولة الإمارات العربية المتحدة
وزارة التربية والتعليم

CHEMISTRY
الكيمياء
2nd Part

Grade 12 • Advanced
الصف الثاني عشر • المتقدم

Inspire Book • Term 1 • 2026–2027
كتاب انسباير • الفصل الدراسي الأول • 2027–2026

2nd Part STUDY BOOKLET
Unit 2: Electrochemistry

المذكرة الدراسية الجزء 2
الوحدة الثانية: الكيمياء الكهربائية

TABLE OF CONTENTS	فهرس المحتويات

Contents	Page	المحتويات
UNIT 2 — Electrochemistry	**2**	**الوحدة الثانية — الكيمياء الكهربائية**
Booklet structure (outcomes 1–12)	**2**	هيكل المذكرة (نواتج التعلم 1–12)
Rules sheet and standard reduction potentials	**3-4**	ورقة القوانين وجهود الاختزال القياسية
Part 1 — Explanation and questions (unsolved)	**5**	الجزء الأول — الشرح والأسئلة (غير محلولة)
Part 2 — Questions with step-by-step solutions	**20**	الجزء الثاني — الأسئلة مع الحل بالخطوات

Prepared by
Mr. Ahmed Diab

إعداد
الأستاذ / Ahmed Diab

UNIT 2

Electrochemistry

Study booklet: outcome explanations, textbook questions, and step-by-step solutions

الوحدة الثانية

الكيمياء الكهربائية

مذكرة دراسية: شرح نواتج التعلم وأسئلة من الكتاب وحلول بالخطوات

Booklet structure — Unit 2: Electrochemistry | هيكل المذكرة — الوحدة الثانية: الكيمياء الكهربائية

Learning outcome	Q • Page	نواتج التعلم
1. Describe an electrochemical cell and its two types (voltaic and electrolytic)	Q18 p. 25, 26	1. وصف الخلية الكهروكيميائية وأنواعها (الفولتية والتحليلية)
2. Identify the components of a voltaic cell, the role of each, when the reaction starts, and the direction of electron and current flow	Q19 p. 25, 26	2. تحديد مكونات الخلية الفولتية ودور كل منها ومتى يبدأ التفاعل واتجاه سريان الإلكترونات والتيار
3. Write the oxidation and reduction half-reactions occurring at the anode and cathode of a voltaic cell	Q20 p. 27, 31	3. كتابة نصفي تفاعلي الأكسدة والاختزال عند الأنود والكاثود في خلية فولتية
4. Define the reduction potential and the standard electrode potential (E°)	Q21 p. 29, 30	4. تعريف جهد الاختزال وجهد القطب القياسي (°E)
5. Describe the standard hydrogen electrode (SHE), the importance of its E° value, and the two possible half-reactions at the hydrogen electrode	Q22 p. 29, 31	5. وصف قطب الهيدروجين القياسي وأهمية قيمة °E له وكتابة التفاعلين الممكنين عند قطب الهيدروجين
6. Use the half-cell standard reduction potentials to calculate the standard cell potential and decide whether a redox reaction is spontaneous	Q23, Q25 p. 32, 33, 34, 35	6. استخدام جهود الاختزال القياسية لنصف الخلية في حساب جهد الخلية القياسي وتحديد ما إذا كان تفاعل الأكسدة والاختزال تلقائيًا
7. Write the cell notation and the overall chemical equation for a redox reaction occurring in a voltaic cell	Q24 p. 31, 32, 33, 34	7. كتابة رمز الخلية والمعادلة الكيميائية الكلية لتفاعل أكسدة واختزال يحدث في خلية فولتية
8. Compare the electrolytic cell and the voltaic cell: oxidation and reduction sites, anode, cathode, electron and current flow, and spontaneity	Q26 p. 47	8. المقارنة بين الخلية التحليلية والخلية الفولتية من حيث موضع الأكسدة والاختزال والأنود والكاثود واتجاه الإلكترونات والتيار وتلقائية التفاعل
9. Describe how a spontaneous redox reaction of an electrochemical cell can be reversed	Q27 p. 47, 48	9. وصف كيفية عكس تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي في خلية كهروكيميائية
10. Write half-cell reactions and identify the products of electrolysis of molten ionic compounds	Q28 p. 48	10. كتابة تفاعلات نصف الخلية وتحديد نواتج التحليل الكهربائي للمركبات الأيونية المنصهرة
11. Write half-cell reactions and identify the products of electrolysis of aqueous ionic compounds	Q29 p. 49	11. كتابة تفاعلات نصف الخلية وتحديد نواتج التحليل الكهربائي للمركبات الأيونية المائية
12. Define electroplating, describe how it works, and identify the anode, cathode and electrolyte for plating a metal on an object	Q30 p. 51, 52	12. تعريف الطلاء الكهربائي ووصف آلية عمله وتحديد الأنود والكاثود والإلكتروليت اللازمة لطلاء جسم بفلز

How the booklet is organised

1. Rules Sheet (formulas and key facts).
2. Part 1 — for each outcome: explanation, figure, and 5 textbook questions (unsolved).
3. Part 2 — the same questions with step-by-step solutions.

Q numbers and page numbers follow the Term 1 end-of-term coverage sheet (Inspire Chemistry, UAE edition, Grade 11–12 Advanced, Vol. 2). Questions and data are taken from the student book, not the activities.

كيف تُنظَّم المذكرة

1. ورقة القوانين (القوانين والمعلومات الأساسية).
2. الجزء الأول: لكل ناتج تعلم شرح وشكل علمي و5 أسئلة من الكتاب (غير محلولة).
3. الجزء الثاني: الأسئلة نفسها مع الحل بالخطوات.

أرقام الأسئلة والصفحات حسب هيكل اختبار نهاية الفصل الأول (كتاب انسباير للكيمياء، الصف 11–12 المتقدم، المجلد 2). الأسئلة والمعلومات مأخوذة من كتاب الطالب وليس من الأنشطة.

almanahj.com/ae 2026 2025 موقع المناهج الإماراتية

RULES SHEET — Unit 2: Electrochemistry	ورقة القوانين — الوحدة الثانية: الكيمياء الكهربائية

1. Key formulas and rules | 1. القوانين والقواعد الأساسية

1. Key formulas and rules	1. القوانين والقواعد الأساسية
1. E°cell = E°cathode − E°anode (= E°reduction − E°oxidation)	1. E°cell = E°cathode − E°anode (جهد الاختزال − جهد الأكسدة)
2. E°cell > 0: spontaneous (voltaic). E°cell < 0: nonspontaneous (needs electrolysis).	2. E°cell موجب: تفاعل تلقائي (خلية فولتية) ؛ E°cell سالب: غير تلقائي (يحتاج تحليلًا كهربائيًا).
3. Higher E° → reduction (cathode). Lower E° → oxidation (anode). Multiplying a half-reaction by a number does not change E°.	3. الجهد الأعلى اختزال (كاثود) والأقل أكسدة (أنود). ضرب نصف التفاعل في عدد لا يغيّر الجهد.
4. Cell notation: anode | anode ion || cathode ion | cathode e.g. Zn | Zn^{2+} || Cu^{2+} | Cu	4. رمز الخلية: أنود | أيون الأنود || أيون الكاثود | كاثود (مثال: Zn | Zn^{2+} || Cu^{2+} | Cu)
5. Standard conditions: 1 M ions, 25 °C, 1 atm. SHE: E° = 0.000 V; $2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2$	5. الظروف القياسية: تركيز الأيونات 1 M ، 25 °م ، 1 atm. قطب الهيدروجين القياسي: $2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2$ ؛ E° = 0.000 V
6. Electron flow (wire): anode → cathode in BOTH cell types. Conventional current: cathode → anode.	6. اتجاه الإلكترونات في السلك: من الأنود إلى الكاثود في النوعين. التيار الاصطلاحي عكس ذلك.

2. Voltaic vs electrolytic cell | 2. الخلية الفولتية والخلية التحليلية

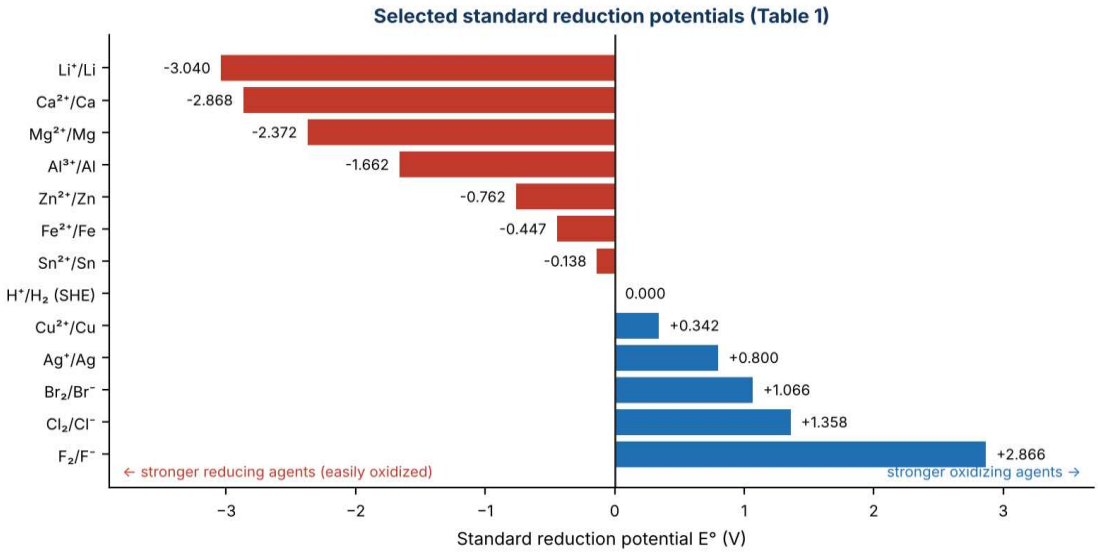
	Voltaic	Electrolytic
Energy conversion	Chemical → electrical	Electrical → chemical
Reaction	Spontaneous, E°cell > 0	Nonspontaneous, E°cell < 0
Anode (oxidation)	Negative (−)	Positive (+)
Cathode (reduction)	Positive (+)	Negative (−)
External source	No (load: lamp)	Yes (battery)

	الفولتية	التحليلية
تحويل الطاقة	كيميائية ← كهربائية	كهربائية ← كيميائية
التفاعل	تلقائي، E°cell موجب	غير تلقائي، E°cell سالب
الأنود (أكسدة)	سالب (−)	موجب (+)
الكاثود (اختزال)	موجب (+)	سالب (−)
مصدر خارجي	لا (يوجد مصباح)	نعم (بطارية)

3. Electrolysis products and electroplating | 3. نواتج التحليل الكهربائي والطلاء الكهربائي

3. Electrolysis products and electroplating	3. نواتج التحليل الكهربائي والطلاء الكهربائي
Molten NaCl: anode $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$ cathode $Na^+ + e^- \rightarrow Na$ products Na, Cl_2	**NaCl المنصهر:** الأنود $^-2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e$ الكاثود $Na^+ + e^- \rightarrow Na$ النواتج: Na و Cl_2
Brine NaCl(aq): anode $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$ cathode $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$ products H_2, Cl_2, NaOH	**محلول NaCl:** الأنود $^-2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e$ الكاثود $^-2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH$ النواتج: H_2 و Cl_2 و NaOH
Electroplating: object = cathode (−) plating metal = anode (+) electrolyte = salt of the plating metal	**الطلاء الكهربائي:** الجسم = كاثود (−) فلز الطلاء = أنود (+) الإلكتروليت = ملح فلز الطلاء

RULES SHEET (continued) — Standard reduction potentials	ورقة القوانين (تابع) — جهود الاختزال القياسية



Reading the chart: the larger (more positive) E°, the stronger the oxidizing agent (the ion is reduced more easily).

The more negative E°, the stronger the reducing agent (the metal is oxidized more easily). In a voltaic cell the half-cell with the higher E° is the cathode.

طريقة القراءة: كلما زاد E° إيجابًا كان العامل المؤكسد أقوى (يُختزل الأيون أسهل). وكلما زاد سلبية كان العامل المختزل أقوى (يتأكسد الفلز أسهل). وفي الخلية الفولتية يكون نصف الخلية ذو E° الأعلى هو الكاثود.

Half-reaction	E° (V)
$Mg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Mg$	−2.372
$Al^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Al$	−1.662
$Zn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Zn$	−0.7618
$Cr^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Cr$	−0.744
$Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe$	−0.447
$Ni^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Ni$	−0.257
$Sn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Sn$	−0.1375
$Pb^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pb$	−0.1262

Half-reaction	E° (V)
$2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2$	0.0000
$Cu^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu$	+0.3419
$I_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-$	+0.536
$Ag^+ + e^- \rightleftharpoons Ag$	+0.7996
$Hg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Hg$	+0.851
$Cl_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2Cl^-$	+1.3583
$Au^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Au$	+1.498
$F_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2F^-$	+2.866

almanahj.com/ae
2026 2025
موقع المناهج الإماراتية

PART 1 — Explanation and questions (unsolved)	الجزء الأول — الشرح والأسئلة (غير محلولة)

Learning outcome 1 • Q18 • Fig. 1&2 pages. 25, 26	ناتج التعلم 1 • الأسئلة Q18 - الشكل 1 & 2 الكتاب ص 25, 26
Describe an electrochemical cell and its two types (voltaic and electrolytic)	**يوصف الخلية الكهروكيميائية وأنواعها (الفولتية والتحليلية)**

Explanation	الشرح
• Electrochemistry is the study of redox processes by which chemical energy is converted to electrical energy and vice versa.	الكيمياء الكهربائية هي دراسة عمليات الأكسدة والاختزال التي يتم بها تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية والعكس. •
• An electrochemical cell is an apparatus that uses a redox reaction to produce electrical energy, or uses electrical energy to cause a chemical reaction.	الخلية الكهروكيميائية جهاز يستخدم تفاعل أكسدة واختزال لإنتاج طاقة كهربائية، أو يستخدم الطاقة الكهربائية لإحداث تفاعل كيميائي. •
• Voltaic (galvanic) cell: converts chemical energy to electrical energy by a SPONTANEOUS redox reaction.	الخلية الفولتية (الجلفانية): تحوّل الطاقة الكيميائية إلى كهربائية بتفاعل أكسدة واختزال تلقائي. •
• Electrolytic cell: uses electrical energy from an external source to drive a NONSPONTANEOUS reaction (electrolysis).	الخلية التحليلية: تستخدم طاقة كهربائية من مصدر خارجي لتحفيز تفاعل غير تلقائي (التحليل الكهربائي). •

Each cell has two half-cells (oxidation at the anode, reduction at the cathode). Example: $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$.

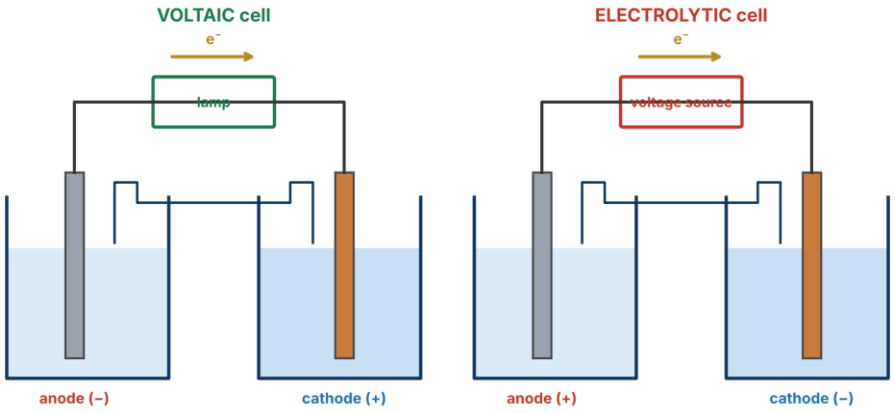


Figure 1: Voltaic cell (spontaneous, produces current) and electrolytic cell (needs an external source).

الشكل 1: الخلية الفولتية (تلقائية وتنتج تيارًا) والخلية التحليلية (تحتاج إلى مصدر خارجي).

Questions (from the student book)	الأسئلة (من كتاب الطالب)
Q1.1 Define electrochemistry.	**س1.1 عرِّف الكيمياء الكهربائية.**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q1.2 Define an electrochemical cell.	**س1.2 عرِّف الخلية الكهروكيميائية.**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:

almanahj.com/ae موقع المناهج الإماراتية 2025 2026

Q1.3 Name the two types of electrochemical cells and state the energy conversion in each.	**س1.3 اذكر نوعي الخلايا الكهروكيميائية والتحويل الطاقي في كل منهما.**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q1.4 In this reaction (Figures 1 and 2 of the book) which species is oxidized and which is reduced? $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$	**س1.4 في هذا التفاعل (الشكلان 1 و2 في الكتاب) أي المادتين تتأكسد وأيهما تُختزل؟** $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q1.5 Describe the conditions under which a redox reaction causes an electric current to flow through a wire.	**س1.5 صِف الظروف التي يسبب فيها تفاعل الأكسدة والاختزال سريان تيار كهربائي في سلك.**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:

Learning outcome 2 • Q19 • Fig. 1&2 pages. 25, 26	ناتج التعلم 2 • الأسئلة Q19 - الشكل 1 & 2 الكتاب ص 25, 26
Identify the components of a voltaic cell, the role of each, when the reaction starts, and the direction of electron and current flow	**يحدد مكونات الخلية الفولتية ودور كل منها ومتى يبدأ التفاعل واتجاه سريان الإلكترونات والتيار**

Explanation	الشرح
• **Anode: the electrode where OXIDATION occurs (negative in a voltaic cell).** • **Cathode: the electrode where REDUCTION occurs (positive in a voltaic cell).**	• **الأنود: القطب الذي تحدث عنده الأكسدة (سالب في الخلية الفولتية).** • **الكاثود: القطب الذي يحدث عنده الاختزال (موجب).**
• Wire: path for electrons from anode to cathode. Electrolyte compartments (half-cells): solutions of ions around each electrode.	السلك: مسار الإلكترونات من الأنود إلى الكاثود. حجرتا الإلكتروليت (نصفا الخلية): محلولا الأيونات حول كل قطب.
• Salt bridge (or porous barrier): lets ions move to keep both solutions neutral. Without it positive ions build up near Zn and negative ions near Cu and the reaction stops. Anions move toward the anode side, cations toward the cathode side.	القنطرة الملحية (أو الحاجز المسامي): تسمح بحركة الأيونات للحفاظ على تعادل المحلولين؛ وبدونها تتراكم الشحنات فيتوقف التفاعل. تتحرك الأيونات السالبة نحو جهة الأنود والموجبة نحو جهة الكاثود.
• The reaction starts when the wire and the salt bridge are connected (complete circuit). Electron flow: anode → cathode (through the wire). Conventional current: opposite to electron flow.	يبدأ التفاعل عند توصيل السلك والقنطرة الملحية (دارة مغلقة). تسري الإلكترونات من الأنود إلى الكاثود عبر السلك، أما التيار الاصطلاحي فاتجاهه عكس اتجاه الإلكترونات.

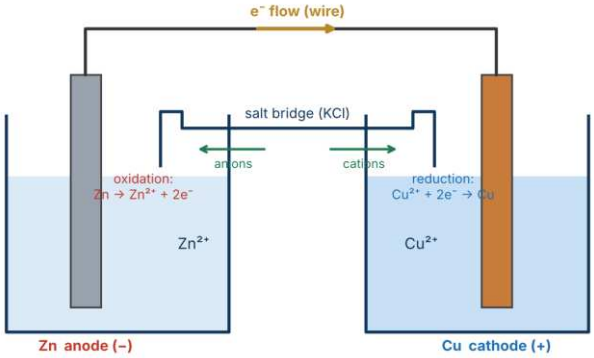


Figure 2: Zn–Cu voltaic cell. Electrons flow in the wire from anode (Zn) to cathode (Cu).

الشكل 2: خلية خارصين–نحاس فولتية. تسري الإلكترونات في السلك من الأنود (Zn) إلى الكاثود (Cu).

Questions (from the student book)	الأسئلة (من كتاب الطالب)
Q2.1 Identify the components of a voltaic cell and explain the role of each.	**س2.1 حدّد مكونات الخلية الفولتية واشرح دور كل منها.**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q2.2 A zinc strip is placed in $ZnSO_4$ solution and a copper strip in $CuSO_4$ solution (no wire, no salt bridge). Why does no useful reaction occur?	**س2.2 وُضع شريط خارصين في محلول $ZnSO_4$ وشريط نحاس في محلول $CuSO_4$ (دون سلك ودون قنطرة ملحية). لماذا لا يحدث تفاعل مفيد؟**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q2.3 In the Zn–Cu voltaic cell, state the direction of electron flow in the wire and the direction of ion movement in the salt bridge.	**س2.3 في خلية Zn–Cu الفولتية، حدّد اتجاه سريان الإلكترونات في السلك واتجاه حركة الأيونات في القنطرة الملحية.**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q2.4 State the function of the salt bridge. What happens if it is removed?	**س2.4 اذكر وظيفة القنطرة الملحية. ماذا يحدث إذا أُزيلت؟**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q2.5 When does the reaction in a voltaic cell start, and what is the direction of the conventional current in the wire?	**س2.5 متى يبدأ التفاعل في الخلية الفولتية؟ وما اتجاه التيار الاصطلاحي في السلك؟**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:

Learning outcome 3 • Q20 • Fig. 6 pages: 27, 31	ناتج التعلم 3 • الأسئلة Q20 • الشكل 6 الكتاب ص 27, 31
Write the oxidation and reduction half-reactions occurring at the anode and cathode of a voltaic cell	**يكتب نصفي تفاعلي الأكسدة والاختزال عند الأنود والكاثود في خلية فولتية**

Explanation	الشرح
• Anode = oxidation (electrons are products). • Cathode = reduction (electrons are reactants).	• الأنود = أكسدة (الإلكترونات ناتجة). • الكاثود = اختزال (الإلكترونات متفاعلة).
• The half-reaction with the HIGHER reduction potential occurs as reduction (cathode); the one with the LOWER potential is reversed and occurs as oxidation (anode).	نصف التفاعل ذو جهد الاختزال الأعلى يحدث كاختزال (كاثود)، أما ذو الجهد الأقل فيُعكس ويحدث كأكسدة (أنود).
• Mass changes: the anode loses mass (metal dissolves); the cathode gains mass (metal deposits).	تغيّر الكتلة: تقل كتلة الأنود (يذوب الفلز) وتزداد كتلة الكاثود (يترسب الفلز).

Questions (from the student book)	الأسئلة (من كتاب الطالب)
Q3.1 Write the half-reaction at the anode and at the cathode. $$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$$	**س3.1 اكتب نصف التفاعل عند الأنود وعند الكاثود.** $$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$$
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q3.2 A voltaic cell is built from these half-cells. Which species is the cathode reaction? $$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn \quad E° = -0.7618\ V$$ $$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag \quad E° = +0.7996\ V$$	**س3.2 بُنيت خلية فولتية من نصفي الخلية هذين. ما تفاعل الكاثود؟** $$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn \quad E° = -0.7618\ V$$ $$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag \quad E° = +0.7996\ V$$
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q3.3 Write the half-reactions at the copper electrode and at the hydrogen electrode. Cu^{2+}|Cu electrode connected to the SHE (Figure 6a), $E° = +0.342\ V$	**س3.3 اكتب نصفي التفاعل عند قطب النحاس وعند قطب الهيدروجين.** Cu^{2+}|Cu electrode connected to the SHE (Figure 6a), $E° = +0.342\ V$
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q3.4 Write the anode and the cathode half-reactions (textbook Example 1). $$I_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2I^- \quad E° = +0.536\ V$$ $$Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe \quad E° = -0.447\ V$$	**س3.4 اكتب نصفي تفاعل الأنود والكاثود (مثال 1 في الكتاب).** $$I_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2I^- \quad E° = +0.536\ V$$ $$Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe \quad E° = -0.447\ V$$
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q3.5 In a Zn–Cu voltaic cell, what happens to the mass of the zinc electrode and of the copper electrode while the cell operates?	**س3.5 في الخلية الفولتية Zn–Cu، ماذا يحدث لكتلة قطب الخارصين وقطب النحاس أثناء عمل الخلية؟**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:

Learning outcome 4 • Q21 • Table 1 pages: 29, 30	ناتج التعلم 4 • الأسئلة Q21 • الجدول 1 الكتاب ص 29, 30
Define the reduction potential and the standard electrode potential (E°)	**تعريف جهد الاختزال وجهد القطب القياسي (°E)**

Explanation	الشرح
• Reduction potential = the tendency of a substance to GAIN electrons (be reduced), measured in volts (V).	• جهد الاختزال = ميل المادة لاكتساب الإلكترونات (أن تُختزل) ويُقاس بالفولت.
• The reduction potential of one electrode cannot be measured directly; it is measured against a reference electrode (the SHE).	• لا يمكن قياس جهد الاختزال لقطب واحد مباشرة؛ فيُقاس بالنسبة إلى قطب مرجعي (قطب الهيدروجين القياسي).

almanahj.com/ae موقع المناهج الإماراتية 2025 2026

• Standard electrode potential E°: measured under standard conditions — 1 M solution of its ions, 25 °C and 1 atm. The superscript ° means “standard conditions”.	جهد القطب القياسي E°: يُقاس في الظروف القياسية: محلول أيوناته 1 M ودرجة 25 °م وضغط 1 atm. والرمز ° يعني «الظروف القياسية». •
• The more positive E°, the easier the ion is reduced (stronger oxidizing agent). The more negative E°, the easier the metal is oxidized (stronger reducing agent).	كلما زاد E° إيجابًا سهل اختزال الأيون (عامل مؤكسد أقوى)، وكلما زاد سلبية سهلت أكسدة الفلز (عامل مختزل أقوى). •

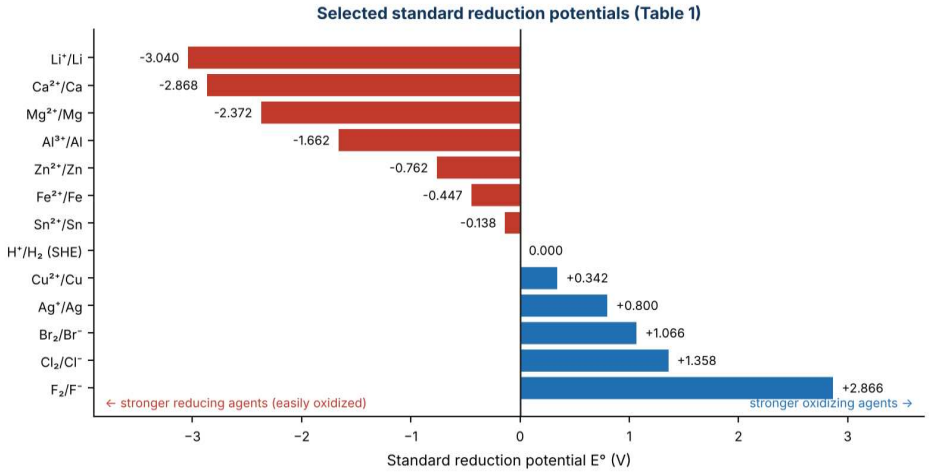


Figure 3: Selected standard reduction potentials from Table 1. | *الشكل 3: بعض جهود الاختزال القياسية من الجدول 1.*

Questions (from the student book)	الأسئلة (من كتاب الطالب)
Q4.1 Define reduction potential.	**س4.1 عرِّف جهد الاختزال.**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q4.2 Under what conditions are standard reduction potentials measured?	**س4.2 في أي ظروف تُقاس جهود الاختزال القياسية؟**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q4.3 Which metal ion is most easily reduced? $Pt^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pt \quad +1.18\ V$ $Fe^{3+} + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+} \quad +0.771\ V$ $Hg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Hg \quad +0.851\ V$ $Cu^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu \quad +0.3419\ V$	**س4.3 أي أيون فلزي هو الأسهل اختزالًا؟** $Pt^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pt \quad +1.18\ V$ $Fe^{3+} + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+} \quad +0.771\ V$ $Hg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Hg \quad +0.851\ V$ $Cu^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu \quad +0.3419\ V$
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q4.4 Using the data, which metal ion is most easily reduced? $Mg^{2+}/Mg \ -2.372\ V \quad Ag^{+}/Ag \ +0.7996\ V$ $Al^{3+}/Al \ -1.662\ V \quad Hg^{2+}/Hg \ +0.851\ V$	**س4.4 باستخدام البيانات، أي أيون فلزي هو الأسهل اختزالًا؟** $Mg^{2+}/Mg \ -2.372\ V \quad Ag^{+}/Ag \ +0.7996\ V$ $Al^{3+}/Al \ -1.662\ V \quad Hg^{2+}/Hg \ +0.851\ V$
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q4.5 Why can the reduction potential of an electrode not be measured on its own? How is it measured?	**س4.5 لماذا لا يمكن قياس جهد الاختزال لقطب منفردًا؟ وكيف يُقاس؟**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:

Learning outcome 5 • Q22 • Fig. 5 & 6 p. 29, 31	ناتج التعلم 5 • الأسئلة Q22 • الشكل 5 & 6 الكتاب ص 29, 31
Describe the standard hydrogen electrode (SHE), the importance of its E° value, and the two possible half-reactions at the hydrogen electrode	**يوصف قطب الهيدروجين القياسي وأهمية قيمة E° له وكتابة التفاعلين الممكنين عند قطب الهيدروجين**

Explanation	الشرح
• SHE: a platinum electrode in 1 M H^+ (HCl) solution, with H_2 gas bubbled at 1 atm, at 25 °C.	قطب الهيدروجين القياسي: قطب بلاتين في محلول حمض 1 M من H^+ (HCl) ويُمرَّر عليه غاز H_2 بضغط 1 atm عند 25 °م. •
• Its potential is DEFINED as E° = 0.000 V. It is the reference against which all other half-cell potentials are measured (Table 1).	جهده معرَّف بأنه E° = 0.000 V، وهو المرجع الذي تُقاس به جهود نصف الخلية الأخرى (الجدول 1).
• Reduction: $2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$. Oxidation: $H_2(g) \rightarrow 2H^+(aq) + 2e^-$. It acts as either, depending on the half-cell it is connected to.	اختزال: $2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$. أكسدة: $H_2(g) \rightarrow 2H^+(aq) + 2e^-$. ويعمل كأيٍّ منهما حسب نصف الخلية المتصل به.
• Positive E° of a half-cell: it is reduced against the SHE. Negative E°: it is oxidized against the SHE.	إذا كان E° لنصف الخلية موجبًا فإنه يُختزل أمام قطب الهيدروجين، وإذا كان سالبًا فإنه يتأكسد. •

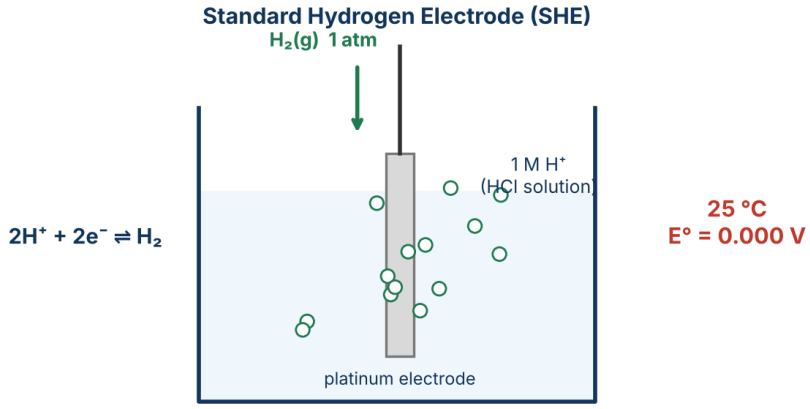


Figure 4: The standard hydrogen electrode (SHE).	*الشكل 4: قطب الهيدروجين القياسي.*

Questions (from the student book)	الأسئلة (من كتاب الطالب)
Q5.1 Describe the standard hydrogen electrode.	**س5.1 صِف قطب الهيدروجين القياسي.**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q5.2 What is the standard reduction potential of the SHE, and why is the value important?	**س5.2 ما جهد الاختزال القياسي لقطب الهيدروجين، ولماذا قيمته مهمة؟**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q5.3 Write the two possible half-reactions at the hydrogen electrode.	**س5.3 اكتب التفاعلين النصفيين الممكنين عند قطب الهيدروجين.**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:

Q5.4 Which is the reduction half-cell reaction (textbook Figure 6a)?	س5.4 ما تفاعل الاختزال النصفي (الشكل 6أ في الكتاب)؟
$Cu^{2+}\|Cu$ connected to the SHE: $E° = +0.342\ V$	$Cu^{2+}\|Cu$ connected to the SHE: $E° = +0.342\ V$
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q5.5 Which is the oxidation half-reaction and what does the negative sign mean (textbook Figure 6b)?	**س5.5 ما تفاعل الأكسدة النصفي وماذا تعني الإشارة السالبة (الشكل 6ب في الكتاب)؟**
$Zn\|Zn^{2+}$ connected to the SHE: $E° = -0.762\ V$	$Zn\|Zn^{2+}$ connected to the SHE: $E° = -0.762\ V$
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:

Learning outcome 6 • Q23, Q25 • Ex. P1, Practice Problems pages: 32, 33, 34, 35	ناتج التعلم 6 • الأسئلة Q23, Q25 • مثال مسألة 1 + التدريبات صفحات الكتاب: ص 32, 33, 34, 35
Use the half-cell standard reduction potentials to calculate the standard cell potential and decide whether a redox reaction is spontaneous	**استخدام جهود الاختزال القياسية لنصف الخلية في حساب جهد الخلية القياسي وتحديد ما إذا كان تفاعل الأكسدة والاختزال تلقائيًا**

Explanation	الشرح
• **E°cell = E°cathode − E°anode** **(E°cell = E°reduction − E°oxidation).** **Do NOT change the sign of the table value for the oxidation half — the minus sign in the formula does it.**	**E°cell = E°cathode − E°anode** **(أي جهد الاختزال – جهد الأكسدة).** **لا نغيّر إشارة قيمة الجدول لنصف الأكسدة، فالإشارة السالبة في القانون تقوم بذلك.**
• Steps: (1) find both E° in Table 1; (2) higher E° = reduction (cathode), lower = oxidation (anode); (3) write the overall reaction, balancing electrons; (4) calculate E°cell. Multiplying a half-reaction by a number does NOT change its E°.	الخطوات: (1) نجد الجهدين من الجدول 1؛ (2) الجهد الأعلى اختزال (كاثود) والأقل أكسدة (أنود)؛ (3) نكتب التفاعل الكلي مع موازنة الإلكترونات؛ (4) نحسب E°cell. ضرب نصف التفاعل في عدد لا يغيّر جهده.
• E°cell > 0 → SPONTANEOUS (voltaic). E°cell < 0 → NONSPONTANEOUS as written (the reverse reaction is spontaneous).	إذا كان E°cell موجبًا فالتفاعل تلقائي (فولتي)، وإذا كان سالبًا فهو غير تلقائي كما كُتب (والتفاعل العكسي تلقائي).

Questions (from the student book)	الأسئلة (من كتاب الطالب)
Q6.1 Determine the overall cell reaction and the standard cell potential (textbook Example 1). $I_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2I^- \quad +0.536\ V$ $Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe \quad -0.447\ V$	**س6.1 أوجد التفاعل الكلي للخلية وجهد الخلية القياسي (مثال 1 في الكتاب).** $I_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2I^- \quad +0.536\ V$ $Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe \quad -0.447\ V$
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q6.2 Write the overall cell reaction and calculate E°cell (Practice 1). $Pb^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pb \quad -0.1262\ V$ $Sn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Sn \quad -0.1375\ V$	**س6.2 اكتب التفاعل الكلي واحسب E°cell (مسألة 1).** $Pb^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pb \quad -0.1262\ V$ $Sn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Sn \quad -0.1375\ V$
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:

almanahj.com/e 2026 2025 موقع المناهج الإماراتية

Q6.3 Write the balanced overall cell reaction and calculate E°cell (Practice 2). $Co^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Co \quad -0.28\ V$ $Cr^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Cr \quad -0.744\ V$	**س6.3 اكتب التفاعل الكلي الموزون واحسب E°cell (مسألة 2).** $Co^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Co \quad -0.28\ V$ $Cr^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Cr \quad -0.744\ V$
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q6.4 Calculate the cell potential and decide whether the reaction is spontaneous as written (Practice 5). $Sn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Sn^{2+}(aq) + Cu(s)$	**س6.4 احسب جهد الخلية وحدّد هل التفاعل تلقائي كما كُتب (مسألة 5).** $Sn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Sn^{2+}(aq) + Cu(s)$
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q6.5 Calculate the cell potential and decide whether the reaction is spontaneous as written (Practice 8). $2SO_4^{2-}(aq) + Co^{2+}(aq) \rightarrow Co(s) + S_2O_8^{2-}(aq)$	**س6.5 احسب جهد الخلية وحدّد هل التفاعل تلقائي كما كُتب (مسألة 8).** $2SO_4^{2-}(aq) + Co^{2+}(aq) \rightarrow Co(s) + S_2O_8^{2-}(aq)$
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:

Learning outcome 7 • Q24 • Ex. P1, Practice Problems p. 31, 32, 33, 34	ناتج التعلم 7 • الأسئلة Q24 • مثال مسألة 1 + التدريبات صفحات الكتاب: ص 31, 32, 33, 34
Write the cell notation and the overall chemical equation for a redox reaction occurring in a voltaic cell	**كتابة رمز الخلية والمعادلة الكيميائية الكلية لتفاعل أكسدة واختزال يحدث في خلية فولتية**

Explanation	الشرح
• Cell notation: anode | anode ion || cathode ion | cathode. The single line | is a phase boundary; the double line || is the salt bridge. The oxidation half-cell is written FIRST (left), reactant | product.	رمز الخلية: أنود | أيون الأنود || أيون الكاثود | كاثود. الخط المفرد | يمثل حد الطور، والخط المزدوج || يمثل القنطرة الملحية. يُكتب نصف خلية الأكسدة أولًا (يسارًا) بالترتيب متفاعل | ناتج. •
For a positive E° a plus sign is placed before the value. Example (Zn–Cu): $Zn \mid Zn^{2+} \parallel Cu^{2+} \mid Cu \quad E°cell = +1.104\ V$.	
• Steps: find the anode (lower E°) and the cathode (higher E°), write the notation, then add the half-reactions for the overall equation.	الخطوات: نحدد الأنود (الجهد الأقل) والكاثود (الجهد الأعلى)، ثم نكتب الرمز، ثم نجمع نصفي التفاعل لنحصل على المعادلة الكلية. •

Questions (from the student book)	الأسئلة (من كتاب الطالب)
Q7.1 Write the cell notation (textbook Example 1). $I_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2I^- \ (+0.536\ V);\ Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe \ (-0.447\ V)$	**س7.1 اكتب رمز الخلية (مثال 1 في الكتاب).** $I_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2I^- \ (+0.536\ V);\ Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe \ (-0.447\ V)$
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q7.2 Write the cell notation, the overall equation and E°cell for the zinc–copper cell. $Zn^{2+}/Zn \ -0.762\ V \quad Cu^{2+}/Cu \ +0.342\ V$	**س7.2 اكتب رمز الخلية والمعادلة الكلية وجهد الخلية لخلية الخارصين والنحاس.** $Zn^{2+}/Zn \ -0.762\ V \quad Cu^{2+}/Cu \ +0.342\ V$
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:

Q7.3 Write the cell notation and the overall equation for the voltaic cell of aluminium and copper electrodes. $Al^{3+}/Al \ -1.662\ V \quad Cu^{2+}/Cu \ +0.3419\ V$	**س7.3 اكتب رمز الخلية والمعادلة الكلية للخلية الفولتية المكونة من قطبي الألومنيوم والنحاس.** $Al^{3+}/Al \ -1.662\ V \quad Cu^{2+}/Cu \ +0.3419\ V$
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q7.4 Write the cell notation for the voltaic cell of magnesium and lead electrodes, and calculate E°cell. $Pb^{2+}/Pb \ -0.1262\ V \quad Mg^{2+}/Mg \ -2.372\ V$	**س7.4 اكتب رمز الخلية الفولتية المكونة من قطبي المغنيسيوم والرصاص واحسب E°cell.** $Pb^{2+}/Pb \ -0.1262\ V \quad Mg^{2+}/Mg \ -2.372\ V$
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q7.5 Write the cell notation for the voltaic cell of nickel and calcium electrodes, and calculate E°cell. $Ni^{2+}/Ni \ -0.257\ V \quad Ca^{2+}/Ca \ -2.868\ V$	**س7.5 اكتب رمز الخلية الفولتية المكونة من قطبي النيكل والكالسيوم واحسب E°cell.** $Ni^{2+}/Ni \ -0.257\ V \quad Ca^{2+}/Ca \ -2.868\ V$
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:

Learning outcome 8 • Q26 • Fig 18 p. 47	ناتج التعلم 8 • الأسئلة Q26 • الشكل 18 الكتاب ص 47
Compare the electrolytic cell and the voltaic cell: oxidation and reduction sites, anode, cathode, electron and current flow, and spontaneity	**المقارنة بين الخلية التحليلية والخلية الفولتية من حيث موضع الأكسدة والاختزال والأنود والكاثود واتجاه الإلكترونات والتيار وتلقائية التفاعل**

Explanation	الشرح
• SIMILARITIES: both use redox reactions; oxidation at the ANODE and reduction at the CATHODE; electrons flow in the wire from anode to cathode; two electrodes, an electrolyte and a wire.	أوجه التشابه: كلتاهما تستخدم تفاعل أكسدة واختزال؛ الأكسدة عند الأنود والاختزال عند الكاثود؛ تسري الإلكترونات في السلك من الأنود إلى الكاثود؛ لكل منهما قطبان وإلكتروليت وسلك. •
• DIFFERENCES — Voltaic: spontaneous, E°cell > 0, chemical → electrical, no external source (a load such as a lamp), anode (−), cathode (+).	أوجه الاختلاف — الفولتية: تفاعل تلقائي، E°cell موجب، تحويل كيميائية إلى كهربائية، لا مصدر خارجي (يوجد مصباح مثلًا)، الأنود (−) والكاثود (+). •
• Electrolytic: nonspontaneous, E°cell < 0, electrical → chemical, needs an external voltage source (battery), anode (+), cathode (−).	التحليلية: تفاعل غير تلقائي، E°cell سالب، تحويل كهربائية إلى كيميائية، تحتاج مصدر جهد خارجيًا (بطارية)، الأنود (+) والكاثود (−). •

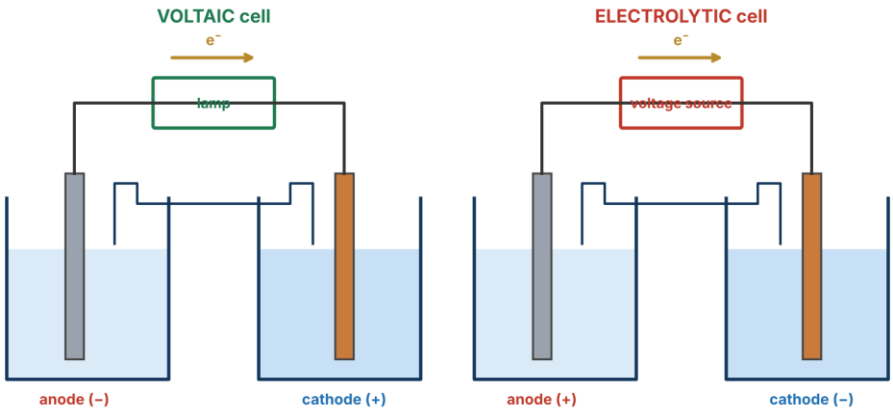


Figure 5: In both cells oxidation is at the anode and e⁻ flow from anode to cathode.

الشكل 5: في الخليتين تحدث الأكسدة عند الأنود وتسري الإلكترونات من الأنود إلى الكاثود.

Questions (from the student book)	الأسئلة (من كتاب الطالب)
Q8.1 Compare a voltaic cell and an electrolytic cell in terms of energy conversion, spontaneity, sign of E°cell, and the signs of the anode and cathode.	**س8.1 قارن بين الخلية الفولتية والتحليلية من حيث تحويل الطاقة والتلقائية وإشارة E°cell وإشارتي الأنود والكاثود.**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q8.2 Define electrolysis and relate the definition to the spontaneity of redox reactions.	**س8.2 عرِّف التحليل الكهربائي وربط التعريف بتلقائية تفاعلات الأكسدة والاختزال.**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q8.3 State two similarities between a voltaic and an electrolytic cell.	**س8.3 اذكر تشابهين بين الخلية الفولتية والخلية التحليلية.**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q8.4 A Zn–Cu cell supplies power to a lamp. Which type of cell is it, and what is the sign of the zinc electrode?	**س8.4 خلية Zn–Cu تزوّد مصباحًا بالطاقة. ما نوعها؟ وما إشارة قطب الخارصين؟**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q8.5 In an electrolytic cell where does oxidation take place, and what are the signs of the electrodes?	**س8.5 في الخلية التحليلية أين تحدث الأكسدة؟ وما إشارتا القطبين؟**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:

Learning outcome 9 • Q27 • Fig 18 p. 47, 48	ناتج التعلم 9 • الأسئلة Q27 • الشكل 18 الكتاب ص 47, 48
Describe how a spontaneous redox reaction of an electrochemical cell can be reversed	**وصف كيفية عكس تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي في خلية كهروكيميائية**

Explanation	الشرح
• A voltaic cell (e.g. Zn–Cu) runs until the zinc is used up, then stops.	• تعمل الخلية الفولتية (مثل Zn–Cu) حتى يُستهلك الخارصين ثم تتوقف.
• The reaction can be reversed by connecting an external voltage source in the opposite direction. The source must supply MORE voltage than the cell produces (here > 1.10 V), because the reverse reaction is nonspontaneous (E° = −1.10 V).	يمكن عكس التفاعل بتوصيل مصدر جهد خارجي بعكس اتجاه الخلية، ويجب أن يزيد جهده عن جهد الخلية (هنا أكبر من 1.10 V) لأن التفاعل العكسي غير تلقائي (E° = −1.10 V). •
• The cell then acts as an ELECTROLYTIC cell. Rechargeable (secondary) batteries are recharged this way.	• عندها تعمل الخلية كخلية تحليلية. وهكذا تُشحن البطاريات الثانوية القابلة لإعادة الشحن.

Questions (from the student book)	الأسئلة (من كتاب الطالب)
Q9.1 Describe how the spontaneous reaction of a Zn–Cu voltaic cell can be reversed.	**س9.1 صِف كيف يمكن عكس التفاعل التلقائي في خلية Zn–Cu الفولتية.**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q9.2 Why is an external voltage source required to reverse the reaction?	**س9.2 لماذا يلزم مصدر جهد خارجي لعكس التفاعل؟**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q9.3 Write the reaction that occurs when the cell is connected to a 2 V source in reverse, and state whether it is spontaneous. $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu \quad E° = +1.10\ V$	**س9.3 اكتب التفاعل الذي يحدث عند توصيل الخلية بمصدر 2 V بصورة عكسية وبيّن هل هو تلقائي.** $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu \quad E° = +1.10\ V$
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q9.4 Explain what happens when a rechargeable battery is recharged.	**س9.4 اشرح ما يحدث عند إعادة شحن بطارية قابلة للشحن.**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q9.5 Which change in a Zn/Cu cell converts it into an electrolytic cell: (a) replacing Cu with Zn, (b) removing the salt bridge, (c) replacing the lamp with a voltage source greater than 1.10 V connected opposite to the cell, (d) a 0.5 V source in the same direction?	**س9.5 أي تغيير في خلية Zn/Cu يحوّلها إلى خلية تحليلية: (أ) استبدال Cu بـ Zn، (ب) نزع القنطرة الملحية، (ج) استبدال المصباح بمصدر جهد أكبر من 1.10 V موصول بعكس الخلية، (د) مصدر 0.5 V في الاتجاه نفسه؟**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:

Learning outcome 10 • Q28 • Fig 19 p. 48	ناتج التعلم 10 • الأسئلة Q28 • الشكل 19 الكتاب ص 48
Write half-cell reactions and identify the products of electrolysis of molten ionic compounds	**يكتب تفاعلات نصف الخلية وتحديد نواتج التحليل الكهربائي للمركبات الأيونية المنصهرة**

Explanation	الشرح
• An ionic compound conducts electricity only when its ions are free to move: molten or dissolved. In molten NaCl the only ions are Na^+ and Cl^-.	المركب الأيوني يوصل الكهرباء فقط عندما تكون أيوناته حرة الحركة (منصهرًا أو مذابًا). وفي NaCl المنصهر لا توجد سوى أيونات Na^+ وCl^-. •
• Down's cell: Anode (carbon, +): $2Cl^-(l) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$. Cathode (iron, −): $Na^+(l) + e^- \rightarrow Na(l)$.	خلية داونز: الأنود (كربون +): $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e$□ ؛ الكاثود (حديد −): $Na^+ + e^- \rightarrow Na$□□. •
Overall: $2Na^+(l) + 2Cl^-(l) \rightarrow 2Na(l) + Cl_2(g)$ (nonspontaneous, $E°cell \approx -4.07\ V$).	

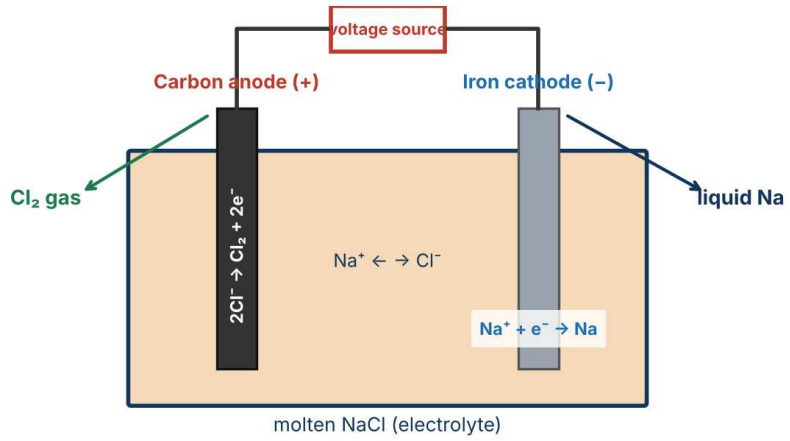


Figure 6: Down's cell for the electrolysis of molten NaCl. | *الشكل 6: خلية داونز للتحليل الكهربائي لكلوريد الصوديوم المنصهر.*

Questions (from the student book)	الأسئلة (من كتاب الطالب)
Q10.1 What is the anode reaction in Down's cell?	**س10.1 ما تفاعل الأنود في خلية داونز؟**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q10.2 What is the cathode reaction in Down's cell, and what is the product?	**س10.2 ما تفاعل الكاثود في خلية داونز، وما الناتج؟**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q10.3 Write the overall reaction of the electrolysis of molten NaCl and state whether it is spontaneous.	**س10.3 اكتب التفاعل الكلي للتحليل الكهربائي لـ NaCl المنصهر وبيّن هل هو تلقائي.**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q10.4 Explain why the NaCl must be molten, and calculate the voltage of Down's cell. Should it be positive or negative? (CYP 28) $Na^+/Na \ -2.71\ V \quad Cl_2/Cl^- \ +1.3583\ V$	**س10.4 فسِّر لماذا يجب أن يكون NaCl منصهرًا، واحسب جهد خلية داونز. هل يجب أن يكون موجبًا أم سالبًا؟** $Na^+/Na \ -2.71\ V \quad Cl_2/Cl^- \ +1.3583\ V$
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q10.5 Write the cathode and anode half-reactions in the Hall–Héroult process (molten Al_2O_3 in cryolite).	**س10.5 اكتب تفاعلي الكاثود والأنود في عملية هول–هيرو (Al_2O_3 المنصهر في الكريوليت).**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:

Learning outcome 11 • Q29 • Fig 20 p. 49	ناتج التعلم 11 • الأسئلة Q29 • الشكل 20 الكتاب ص 49
Write half-cell reactions and identify the products of electrolysis of aqueous ionic compounds	**يكتب تفاعلات نصف الخلية وتحديد نواتج التحليل الكهربائي للمركبات الأيونية المائية**

Explanation	الشرح
• In an AQUEOUS solution water can also be oxidized or reduced, so two reactions compete at each electrode. Brine (aqueous NaCl).	في المحلول المائي يمكن أن يتأكسد الماء أو يُختزل أيضًا، فيتنافس تفاعلان عند كل قطب. محلول ملح الطعام (الشورية).
• Cathode: $Na^+(aq) + e^- \rightarrow Na(s)$ or $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$. Water is easier to reduce → H_2 and OH^- form; Na does NOT form.	الكاثود: $Na^+ + e^- \rightarrow Na$ أو $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$. الماء أسهل اختزالًا فيتكوّن H_2 وOH^- ولا يتكوّن الصوديوم.
• Anode: $2Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$ (chosen because Cl^- concentration is kept high) or $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$.	الأنود: $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$ (لأن تركيز Cl^- يُبقى مرتفعًا) أو $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$
Overall: $2H_2O(l) + 2NaCl(aq) \rightarrow H_2(g) + Cl_2(g) + 2NaOH(aq)$.	

Questions (from the student book)	الأسئلة (من كتاب الطالب)
Q11.1 What is the cathode reaction in the electrolysis of aqueous NaCl, and why does sodium metal not form?	**س11.1 ما تفاعل الكاثود في التحليل الكهربائي لمحلول NaCl وبيّن لماذا لا يتكوّن الصوديوم؟**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q11.2 What is the anode reaction in the electrolysis of brine, and why is it chosen?	**س11.2 ما تفاعل الأنود في التحليل الكهربائي للشورية ولماذا يحدث؟**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q11.3 Write the overall reaction of the electrolysis of aqueous NaCl and name the products.	**س11.3 اكتب التفاعل الكلي للتحليل الكهربائي لمحلول NaCl وسمِّ النواتج.**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q11.4 Explain why the products of the electrolysis of brine and of molten sodium chloride are different.	**س11.4 فسِّر لماذا تختلف نواتج التحليل الكهربائي للشورية عن نواتج NaCl المنصهر.**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q11.5 Which of the following is NOT a product of the electrolysis of sodium chloride solution: Cl_2, NaOH, Na, H_2?	**س11.5 أي مما يأتي ليس من نواتج التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم: H_2 ، Na ، NaOH ، Cl_2؟**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:

Learning outcome 12 • Q30 • Fig. 22 p. 51, 52	ناتج التعلم 12 • الأسئلة Q30 • الشكل 22 الكتاب ص 51, 52
Define electroplating, describe how it works, and identify the anode, cathode and electrolyte for plating a metal on an object	يعرف الطلاء الكهربائي ووصف آلية عمله وتحديد الأنود والكاثود والإلكتروليت اللازمة لطلاء جسم بفلز

Explanation	الشرح
• **Electroplating: depositing a thin, uniform coating of a metal on an object by electrolysis (protective or decorative).**	الطلاء الكهربائي: ترسيب طبقة رقيقة منتظمة من فلز على جسم بالتحليل الكهربائي (للحماية أو للزينة).
• **The OBJECT to be plated is the CATHODE (−).** • **The ANODE is a bar of the plating metal (+).** • **The ELECTROLYTE is a solution of a salt of the plating metal.**	• الجسم المراد طلاؤه هو الكاثود (−)، • والأنود قضيب من فلز الطلاء (+)، • والإلكتروليت محلول ملح لفلز الطلاء.
• **Anode: $M \rightarrow M^+ + e^-$ (the plating metal dissolves).** • **Cathode: $M^+ + e^- \rightarrow M$ (metal deposits on the object).** • **Anode mass decreases; cathode mass increases.**	• الأنود: يذوب فلز الطلاء $M \rightarrow M^+ + e^-$. • الكاثود: يترسب الفلز على الجسم $M^+ + e^- \rightarrow M$. • وتقل كتلة الأنود وتزداد كتلة الكاثود.

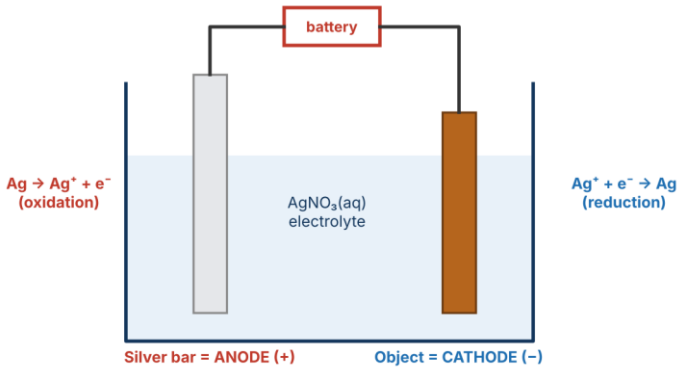


Figure 7: Silver plating of an object.

الشكل 7: طلاء جسم بالفضة.

Questions (from the student book)	الأسئلة (من كتاب الطالب)
Q12.1 Define electroplating and describe how it works.	**س12.1 عرِّف الطلاء الكهربائي وصِف كيف يعمل.**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q12.2 An iron fork is to be silver-plated. Identify the anode, cathode and electrolyte, and write the half-reactions (textbook Figure 22).	**س12.2 يراد طلاء شوكة حديدية بالفضة. حدّد الأنود والكاثود والإلكتروليت واكتب نصفي التفاعل (الشكل 22 في الكتاب).**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q12.3 A key is copper-plated in an electrolytic cell with a copper electrode and $Cu^{2+}(aq)$. Which statement is true: (a) Cu is oxidized at the cathode, (b) Cu^{2+} is reduced at the anode, (c) the mass of the copper electrode increases, (d) electrical energy causes a redox reaction?	**س12.3 طُلي مفتاح بالنحاس في خلية تحليلية فيها قطب نحاس ومحلول Cu^{2+}. أي العبارات صحيحة: (أ) يتأكسد Cu عند الكاثود، (ب) يُختزل Cu^{2+} عند الأنود، (ج) تزداد كتلة قطب النحاس، (د) تُحدث الطاقة الكهربائية تفاعل أكسدة واختزال؟**

Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q12.4 Describe the anode and cathode of an electrolytic cell in which gold is to be plated on an object (CYP 26).	**س12.4 صِف الأنود والكاثود في خلية تحليلية يُطلى فيها جسم بالذهب.**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:
Q12.5 Steel parts of a bicycle are nickel-plated. Identify the anode, cathode and electrolyte.	**س12.5 تُطلى أجزاء الفولاذ في الدراجة بالنيكل. حدّد الأنود والكاثود والإلكتروليت.**
Answer / Working:	الإجابة / خطوات الحل:

PART 2 — Questions with step-by-step solutions	الجزء الثاني — الأسئلة مع الحل بالخطوات

Learning outcome 1 • Q18 • Inspire p. 25, 26	ناتج التعلم 1 • الأسئلة Q18 • كتاب انسباير ص 25, 26
Describe an electrochemical cell and its two types (voltaic and electrolytic)	**وصف الخلية الكهروكيميائية وأنواعها (الفولتية والتحليلية)**

Questions and solutions	الأسئلة والحل
Q1.1 Define electrochemistry.	**س1.1 عرِّف الكيمياء الكهربائية.**
Solution: 1) Recall the textbook definition. **Answer: The study of the redox processes by which chemical energy is converted to electrical energy and vice versa.**	**الحل:** 1) نتذكر التعريف الوارد في الكتاب. **الإجابة: دراسة عمليات الأكسدة والاختزال التي تتحول بها الطاقة الكيميائية إلى كهربائية والعكس.**
Q1.2 Define an electrochemical cell.	**س1.2 عرِّف الخلية الكهروكيميائية.**
Solution: 1) It works in two directions: produces electricity or uses electricity. **Answer: An apparatus that uses a redox reaction to produce electrical energy, or uses electrical energy to cause a chemical reaction.**	**الحل:** 1) لها اتجاهان: إنتاج الكهرباء أو استهلاكها. **الإجابة: جهاز يستخدم تفاعل أكسدة واختزال لإنتاج طاقة كهربائية أو يستخدم الطاقة الكهربائية لإحداث تفاعل كيميائي.**
Q1.3 Name the two types of electrochemical cells and state the energy conversion in each.	**س1.3 اذكر نوعي الخلايا الكهروكيميائية والتحويل الطاقي في كل منهما.**
Solution: 1) Spontaneous redox reaction → voltaic cell: chemical → electrical. 2) Nonspontaneous reaction driven by a power source → electrolytic cell: electrical → chemical. **Answer: Voltaic: chemical → electrical. Electrolytic: electrical → chemical.**	**الحل:** 1) تفاعل تلقائي ← خلية فولتية: كيميائية إلى كهربائية. 2) تفاعل غير تلقائي بمصدر طاقة ← خلية تحليلية: كهربائية إلى كيميائية. **الإجابة: فولتية: كيميائية ← كهربائية ؛ تحليلية: كهربائية ← كيميائية.**
Q1.4 In this reaction (Figures 1 and 2 of the book) which species is oxidized and which is reduced? $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$	**س1.4 في هذا التفاعل (الشكلان 1 و2 في الكتاب) أي المادتين تتأكسد وأيهما تُختزل؟** $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$
Solution: 1) Zn: 0 → +2 : loses $2e^-$ → oxidized. 2) Cu: +2 → 0 : gains $2e^-$ → reduced. **Answer: Zn is oxidized; Cu^{2+} is reduced.**	**الحل:** 1) الخارصين: 0 → +2 يفقد إلكترونين فيتأكسد. 2) النحاس: +2 → 0 يكتسب إلكترونين فيُختزل. **الإجابة: Zn يتأكسد ، Cu^{2+} يُختزل.**
Q1.5 Describe the conditions under which a redox reaction causes an electric current to flow through a wire.	**س1.5 صِف الظروف التي يسبب فيها تفاعل الأكسدة والاختزال سريان تيار كهربائي في سلك.**

Solution:	الحل:
1) The oxidation and reduction half-reactions are in separate half-cells. 2) A wire connects the electrodes (path for e^-) and a salt bridge connects the solutions (path for ions). 3) The overall reaction is spontaneous. **Answer: Separated half-cells + wire + salt bridge, with a spontaneous redox reaction.**	1) نصفا تفاعل الأكسدة والاختزال في نصفي خلية منفصلين. 2) سلك يصل القطبين (مسار للإلكترونات) وقنطرة ملحية تصل المحلولين (مسار للأيونات). 3) التفاعل الكلي تلقائي. **الإجابة: نصفا خلية منفصلان مع سلك وقنطرة ملحية وتفاعل تلقائي.**

Learning outcome 2 • Q19 • Inspire p. 25, 26	ناتج التعلم 2 • الأسئلة Q19 • كتاب انسباير ص 25, 26
Identify the components of a voltaic cell, the role of each, when the reaction starts, and the direction of electron and current flow	**تحديد مكونات الخلية الفولتية ودور كل منها ومتى يبدأ التفاعل واتجاه سريان الإلكترونات والتيار**

Questions and solutions	الأسئلة والحل
Q2.1 Identify the components of a voltaic cell and explain the role of each.	**س2.1 حدّد مكونات الخلية الفولتية واشرح دور كل منها.**
Solution: 1) List: two electrodes (anode, cathode), two electrolyte solutions (half-cells), wire, salt bridge. **Answer: Anode: oxidation; cathode: reduction; wire: carries e^-; electrolytes: supply ions; salt bridge: keeps solutions neutral.**	**الحل:** 1) المكونات: قطبان (أنود وكاثود) ، محلولان إلكتروليتيان (نصفا خلية) ، سلك ، قنطرة ملحية. **الإجابة: الأنود: أكسدة ؛ الكاثود: اختزال ؛ السلك: ينقل الإلكترونات ؛ المحاليل: تزوّد الأيونات ؛ القنطرة: تحفظ التعادل الكهربائي.**
Q2.2 A zinc strip is placed in $ZnSO_4$ solution and a copper strip in $CuSO_4$ solution (no wire, no salt bridge). Why does no useful reaction occur?	**س2.2 وُضع شريط خارصين في محلول $ZnSO_4$ وشريط نحاس في محلول $CuSO_4$ (دون سلك ودون قنطرة ملحية). لماذا لا يحدث تفاعل مفيد؟**
Solution: 1) Problem 1: no pathway for electrons from Zn atoms to Cu^{2+} ions → add a wire. 2) Problem 2: charges build up (Zn^{2+} around Zn, SO_4^{2-} around Cu) and stop the reaction → add a salt bridge. **Answer: No electron pathway and no ion pathway (charge build-up).**	**الحل:** 1) المشكلة 1: لا يوجد مسار لانتقال الإلكترونات من Zn إلى Cu^{2+}، فنضيف سلكًا. 2) المشكلة 2: تراكم الشحنات (Zn^{2+} حول الخارصين وSO_4^{2-} حول النحاس) يوقف التفاعل، فنضيف قنطرة ملحية. **الإجابة: لا مسار للإلكترونات ولا مسار للأيونات (تراكم الشحنات).**
Q2.3 In the Zn–Cu voltaic cell, state the direction of electron flow in the wire and the direction of ion movement in the salt bridge.	**س2.3 في خلية Zn–Cu الفولتية، حدّد اتجاه سريان الإلكترونات في السلك واتجاه حركة الأيونات في القنطرة الملحية.**
Solution: 1) Zn is the anode (oxidized): electrons leave Zn → wire → Cu (cathode). 2) Anions move through the bridge toward the Zn half-cell; cations toward the Cu half-cell. **Answer: e^-: Zn → Cu (anode to cathode); anions → Zn side; cations → Cu side.**	**الحل:** 1) الخارصين هو الأنود (يتأكسد): تخرج الإلكترونات من Zn عبر السلك إلى Cu (الكاثود). 2) تتحرك الأيونات السالبة عبر القنطرة نحو نصف خلية Zn والموجبة نحو نصف خلية Cu. **الإجابة: الإلكترونات: من Zn إلى Cu (من الأنود إلى الكاثود) ؛ الأنيونات نحو Zn ، الكاتيونات نحو Cu.**

almanahj.com/ae

Q2.4 State the function of the salt bridge. What happens if it is removed?	س2.4 اذكر وظيفة القنطرة الملحية. ماذا يحدث إذا أزيلت؟
Solution: 1) It lets ions pass between the half-cells but does not let the solutions mix. 2) Without it, positive and negative charges accumulate and the reaction stops. **Answer: It maintains electrical neutrality; without it the current stops.**	**الحل:** 1) تسمح بمرور الأيونات بين نصفي الخلية دون أن تختلط المحاليل. 2) بدونها تتراكم الشحنات الموجبة والسالبة فيتوقف التفاعل. **الإجابة: تحافظ على التعادل الكهربائي؛ وبدونها يتوقف التيار.**
Q2.5 When does the reaction in a voltaic cell start, and what is the direction of the conventional current in the wire?	**س2.5 متى يبدأ التفاعل في الخلية الفولتية؟ وما اتجاه التيار الاصطلاحي في السلك؟**
Solution: 1) The spontaneous reaction begins when the circuit is complete (wire and salt bridge in place). 2) Conventional current is opposite to the direction of electron flow. **Answer: Starts when the circuit is closed; current flows cathode → anode in the wire.**	**الحل:** 1) يبدأ التفاعل التلقائي عند اكتمال الدارة (وجود السلك والقنطرة الملحية). 2) التيار الاصطلاحي عكس اتجاه سريان الإلكترونات. **الإجابة: يبدأ عند إغلاق الدارة ؛ والتيار الاصطلاحي من الكاثود إلى الأنود في السلك.**

Learning outcome 3 • Q20 • Inspire p. 27, 31	ناتج التعلم 3 • الأسئلة Q20 • كتاب انسباير ص 27, 31
Write the oxidation and reduction half-reactions occurring at the anode and cathode of a voltaic cell	**كتابة نصفي تفاعلي الأكسدة والاختزال عند الأنود والكاثود في خلية فولتية**

Questions and solutions	الأسئلة والحل
Q3.1 Write the half-reaction at the anode and at the cathode. $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$	**س3.1 اكتب نصف التفاعل عند الأنود وعند الكاثود.** $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$
Solution: 1) Zn is oxidized → anode: $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$. 2) Cu^{2+} is reduced → cathode: $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$. **Answer: Anode: oxidation of Zn. Cathode: reduction of Cu^{2+}.**	**الحل:** 1) الخارصين يتأكسد إذن الأنود: $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$. 2) Cu^{2+} يُختزل إذن الكاثود: $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$. **الإجابة: الأنود: أكسدة Zn ، الكاثود: اختزال Cu^{2+}.**
Q3.2 A voltaic cell is built from these half-cells. Which species is the cathode reaction? $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn \quad E° = -0.7618\ V$ $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag \quad E° = +0.7996\ V$	**س3.2 بُنيت خلية فولتية من نصفي الخلية هذين. ما تفاعل الكاثود؟** $Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn \quad E° = -0.7618\ V$ $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag \quad E° = +0.7996\ V$
Solution: 1) Higher E° = +0.7996 V (silver) → reduction → cathode. 2) Zinc (lower E°) is oxidized at the anode: $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$. **Answer: Cathode: $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$.**	**الحل:** 1) الجهد الأعلى +0.7996 V (الفضة) إذن اختزال وهو الكاثود. 2) الخارصين (جهد أقل) يتأكسد عند الأنود: $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$. **الإجابة: الكاثود: $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$.**

Q3.3 Write the half-reactions at the copper electrode and at the hydrogen electrode. $Cu^{2+}|Cu$ electrode connected to the SHE (Figure 6a), $E° = +0.342\ V$	**س3.3 اكتب نصفي التفاعل عند قطب النحاس وعند قطب الهيدروجين.** $Cu^{2+}|Cu$ electrode connected to the SHE (Figure 6a), $E° = +0.342\ V$
Solution: 1) E° is positive → Cu^{2+} accepts electrons more readily than H^+ → Cu is the cathode. **Answer: $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ (reduction); $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ (oxidation).**	**الحل:** 1) الجهد موجب إذن Cu^{2+} يكتسب الإلكترونات أسهل من H^+ فالنحاس هو الكاثود. **الإجابة: $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ (اختزال) ؛ $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ (أكسدة).**
Q3.4 Write the anode and the cathode half-reactions (textbook Example 1). $I_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-\quad E° = +0.536\ V$ $Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe\quad E° = -0.447\ V$	**س3.4 اكتب نصفي تفاعل الأنود والكاثود (مثال 1 في الكتاب).** $I_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-\quad E° = +0.536\ V$ $Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe\quad E° = -0.447\ V$
Solution: 1) Iodine has the higher potential → reduction at the cathode: $I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$. 2) Iron reverses → oxidation at the anode: $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$. **Answer: Anode: $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$; Cathode: $I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$.**	**الحل:** 1) اليود جهده أعلى إذن اختزال عند الكاثود: $I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$. 2) الحديد يُعكس إذن أكسدة عند الأنود: $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$. **الإجابة: الأنود: $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$ ؛ الكاثود: $I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$.**
Q3.5 In a Zn–Cu voltaic cell, what happens to the mass of the zinc electrode and of the copper electrode while the cell operates?	**س3.5 في الخلية الفولتية Zn–Cu، ماذا يحدث لكتلة قطب الخارصين وقطب النحاس أثناء عمل الخلية؟**
Solution: 1) Anode (Zn) dissolves as Zn^{2+}: mass decreases. 2) Cathode (Cu): Cu^{2+} deposits as Cu: mass increases. **Answer: Zn decreases; Cu increases.**	**الحل:** 1) قطب الخارصين (أنود) يذوب على هيئة Zn^{2+} فتقل كتلته. 2) قطب النحاس (كاثود) يترسب عليه Cu فتزداد كتلته. **الإجابة: كتلة Zn تنقص ، وكتلة Cu تزداد.**

Learning outcome 4 • Q21 • Inspire p. 29, 30	ناتج التعلم 4 • الأسئلة Q21 • كتاب انسباير ص 29, 30
Define the reduction potential and the standard electrode potential (E°)	**تعريف جهد الاختزال وجهد القطب القياسي (E°)**

Questions and solutions	الأسئلة والحل
Q4.1 Define reduction potential.	**س4.1 عرِّف جهد الاختزال.**
Solution: 1) It is related to gaining electrons. **Answer: The tendency of a substance to gain electrons.**	**الحل:** 1) يرتبط باكتساب الإلكترونات. **الإجابة: ميل المادة لاكتساب الإلكترونات.**
Q4.2 Under what conditions are standard reduction potentials measured?	**س4.2 في أي ظروف تُقاس جهود الاختزال القياسية؟**

Solution:	الحل:
1) Ion concentration 1 M, temperature 25 °C, pressure 1 atm. **Answer: 25 °C, 1 atm and a 1 M ion solution.**	1) تركيز الأيونات 1 M ودرجة الحرارة 25 °م والضغط 1 atm. **الإجابة: 25 °م ، 1 atm ، محلول أيوني 1 M.**
Q4.3 Which metal ion is most easily reduced? $Pt^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pt \quad +1.18\ V$ $Fe^{3+} + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+} \quad +0.771\ V$ $Hg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Hg \quad +0.851\ V$ $Cu^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu \quad +0.3419\ V$	**س4.3 أي أيون فلزي هو الأسهل اختزالًا؟** $Pt^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pt \quad +1.18\ V$ $Fe^{3+} + e^- \rightleftharpoons Fe^{2+} \quad +0.771\ V$ $Hg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Hg \quad +0.851\ V$ $Cu^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Cu \quad +0.3419\ V$
Solution: 1) The most easily reduced ion has the highest (most positive) E°. 2) +1.18 > +0.851 > +0.771 > +0.3419. **Answer: Pt^{2+}.**	**الحل:** 1) الأيون الأسهل اختزالًا هو صاحب أعلى جهد (الأكثر إيجابية). 2) 1.18+ > 0.851+ > 0.771+ > 0.3419+ **الإجابة: Pt^{2+}.**
Q4.4 Using the data, which metal ion is most easily reduced? $Mg^{2+}/Mg \ -2.372\ V \quad Ag^{+}/Ag \ +0.7996\ V$ $Al^{3+}/Al \ -1.662\ V \quad Hg^{2+}/Hg \ +0.851\ V$	**س4.4 باستخدام البيانات، أي أيون فلزي هو الأسهل اختزالًا؟** $Mg^{2+}/Mg \ -2.372\ V \quad Ag^{+}/Ag \ +0.7996\ V$ $Al^{3+}/Al \ -1.662\ V \quad Hg^{2+}/Hg \ +0.851\ V$
Solution: 1) Compare E° values: highest is +0.851 V (Hg^{2+}). **Answer: Hg^{2+}.**	**الحل:** 1) نقارن الجهود: الأعلى 0.851+ V وهو Hg^{2+}. **الإجابة: Hg^{2+}.**
Q4.5 Why can the reduction potential of an electrode not be measured on its own? How is it measured?	**س4.5 لماذا لا يمكن قياس جهد الاختزال لقطب منفردًا؟ وكيف يُقاس؟**
Solution: 1) A reduction half-reaction must be coupled with an oxidation half-reaction; the voltmeter reads the difference. 2) So every electrode is connected to the standard hydrogen electrode (E° = 0.000 V). **Answer: It needs a coupled half-cell; measured against the SHE.**	**الحل:** 1) يجب ربط نصف تفاعل الاختزال بنصف تفاعل أكسدة، ويقيس الفولتميتر الفرق بينهما. 2) لذلك يُوصل كل قطب بقطب الهيدروجين القياسي (E° = 0.000 V). **الإجابة: يحتاج إلى نصف خلية مقترن؛ ويُقاس بالنسبة إلى قطب الهيدروجين القياسي.**

Learning outcome 5 • Q22 • Inspire p. 29, 31	ناتج التعلم 5 • الأسئلة Q22 • كتاب انسباير ص 29, 31
Describe the standard hydrogen electrode (SHE), the importance of its E° value, and the two possible half-reactions at the hydrogen electrode	**وصف قطب الهيدروجين القياسي وأهمية قيمة E° له وكتابة التفاعلين الممكنين عند قطب الهيدروجين**

Questions and solutions	الأسئلة والحل
Q5.1 Describe the standard hydrogen electrode.	**س5.1 صِف قطب الهيدروجين القياسي.**

Solution: 1) Mention electrode material, gas, pressure, solution and temperature. **Answer: Platinum electrode, $H_2(g)$ at 1 atm bubbled into 1 M H^+ solution at 25 °C.**	**الحل:** 1) نذكر مادة القطب والغاز والضغط والمحلول ودرجة الحرارة. **الإجابة: قطب بلاتين يُمرَّر عليه H_2 بضغط 1 atm في محلول 1 M من H^+ عند 25 °م.**
Q5.2 What is the standard reduction potential of the SHE, and why is the value important?	**س5.2 ما جهد الاختزال القياسي لقطب الهيدروجين، ولماذا قيمته مهمة؟**
Solution: 1) By definition it is zero. 2) It is the reference point for measuring all other half-cell potentials. **Answer: 0.000 V — the reference for all other E° values.**	**الحل:** 1) بحسب التعريف قيمته صفر. 2) هو نقطة الإسناد لقياس جهود نصف الخلية الأخرى. **الإجابة: 0.000 V — المرجع لجميع قيم E° الأخرى.**
Q5.3 Write the two possible half-reactions at the hydrogen electrode.	**س5.3 اكتب التفاعلين النصفيين الممكنين عند قطب الهيدروجين.**
Solution: 1) Reduction: H^+ gains electrons to give H_2. 2) Oxidation: H_2 loses electrons to give H^+. **Answer: $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ (reduction); $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ (oxidation).**	**الحل:** 1) اختزال: H^+ يكتسب إلكترونات فيتكوّن H_2. 2) أكسدة: H_2 يفقد إلكترونات فيتكوّن H^+. **الإجابة: $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$ (اختزال) ؛ $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ (أكسدة).**
Q5.4 Which is the reduction half-cell reaction (textbook Figure 6a)? $Cu^{2+}|Cu$ connected to the SHE: $E° = +0.342$ V	**س5.4 ما تفاعل الاختزال النصفي (الشكل 6أ في الكتاب)؟** $Cu^{2+}|Cu$ connected to the SHE: $E° = +0.342$ V
Solution: 1) Positive E°: Cu^{2+} accepts electrons from the SHE. **Answer: $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$.**	**الحل:** 1) الجهد موجب: Cu^{2+} يكتسب الإلكترونات من قطب الهيدروجين. **الإجابة: $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$.**
Q5.5 Which is the oxidation half-reaction and what does the negative sign mean (textbook Figure 6b)? $Zn|Zn^{2+}$ connected to the SHE: $E° = -0.762$ V	**س5.5 ما تفاعل الأكسدة النصفي وماذا تعني الإشارة السالبة (الشكل 6ب في الكتاب)؟** $Zn|Zn^{2+}$ connected to the SHE: $E° = -0.762$ V
Solution: 1) Electrons flow away from zinc to the SHE, so zinc is oxidized: $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$. 2) H^+ ions accept electrons more readily than Zn^{2+}, so $E°(Zn) < 0$. **Answer: $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$; negative E° = Zn is oxidized versus the SHE.**	**الحل:** 1) تتدفق الإلكترونات من الخارصين إلى قطب الهيدروجين فيتأكسد الخارصين: $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$. 2) أيونات H^+ تكتسب الإلكترونات أسهل من Zn^{2+} لذلك $E°(Zn)$ سالب. **الإجابة: $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ ؛ الجهد السالب يعني أن Zn يتأكسد أمام قطب الهيدروجين.**

Learning outcome 6 • Q23, Q25 • Inspire p. 32, 33, 34, 35	ناتج التعلم 6 • الأسئلة Q23, Q25 • كتاب انسباير ص 32, 33, 34, 35
Use the half-cell standard reduction potentials to calculate the standard cell potential and decide whether a redox reaction is spontaneous	استخدام جهود الاختزال القياسية لنصف الخلية في حساب جهد الخلية القياسي وتحديد ما إذا كان تفاعل الأكسدة والاختزال تلقائيًا

Questions and solutions	الأسئلة والحل
Q6.1 Determine the overall cell reaction and the standard cell potential (textbook Example 1). $I_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2I^- \quad +0.536\ V$ $Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe \quad -0.447\ V$	**س6.1 أوجد التفاعل الكلي للخلية وجهد الخلية القياسي (مثال 1 في الكتاب).** $I_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2I^- \quad +0.536\ V$ $Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe \quad -0.447\ V$
Solution: 1) I_2 has the higher E° → cathode; Fe → anode. 2) Overall: $I_2 + Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2I^-$. 3) E°cell = (+0.536) − (−0.447) = +0.983 V. **Answer: E°cell = +0.983 V (spontaneous).**	**الحل:** 1) اليود جهده أعلى فهو الكاثود، والحديد هو الأنود. 2) التفاعل الكلي: $I_2 + Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2I^-$. 3) E°cell = (+0.536) − (−0.447) = +0.983 V **الإجابة: E°cell = +0.983 V (تلقائي).**
Q6.2 Write the overall cell reaction and calculate E°cell (Practice 1). $Pb^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pb \quad -0.1262\ V$ $Sn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Sn \quad -0.1375\ V$	**س6.2 اكتب التفاعل الكلي واحسب E°cell (مسألة 1).** $Pb^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pb \quad -0.1262\ V$ $Sn^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Sn \quad -0.1375\ V$
Solution: 1) Pb^{2+} has the higher E° (less negative) → cathode; Sn → anode. 2) $Pb^{2+} + Sn \rightarrow Pb + Sn^{2+}$. 3) E°cell = (−0.1262) − (−0.1375) = +0.0113 V. **Answer: +0.0113 V.**	**الحل:** 1) Pb^{2+} جهده أعلى (أقل سلبية) فهو الكاثود، و Sn هو الأنود. 2) $Pb^{2+} + Sn \rightarrow Pb + Sn^{2+}$ 3) E°cell = (−0.1262) − (−0.1375) = +0.0113 V **الإجابة: +0.0113 V.**
Q6.3 Write the balanced overall cell reaction and calculate E°cell (Practice 2). $Co^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Co \quad -0.28\ V$ $Cr^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Cr \quad -0.744\ V$	**س6.3 اكتب التفاعل الكلي الموزون واحسب E°cell (مسألة 2).** $Co^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Co \quad -0.28\ V$ $Cr^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Cr \quad -0.744\ V$
Solution: 1) Co^{2+} (−0.28 V) is higher → cathode; Cr (−0.744 V) → anode. 2) Equalize electrons (6e⁻): $3Co^{2+} + 2Cr \rightarrow 3Co + 2Cr^{3+}$. 3) E°cell = (−0.28) − (−0.744) = +0.464 V (the factors do not change E°). **Answer: $3Co^{2+} + 2Cr \rightarrow 3Co + 2Cr^{3+}$; E°cell = +0.464 V.**	**الحل:** 1) Co^{2+} (−0.28) أعلى فهو الكاثود و Cr (−0.744) هو الأنود. 2) نساوي الإلكترونات (6): $3Co^{2+} + 2Cr \rightarrow 3Co + 2Cr^{3+}$. 3) E°cell = (−0.28) − (−0.744) = +0.464 V (المعاملات لا تغيّر الجهد). **الإجابة: $3Co^{2+} + 2Cr \rightarrow 3Co + 2Cr^{3}$ ؛ E°cell = +0.464 V.**
Q6.4 Calculate the cell potential and decide whether the reaction is spontaneous as written (Practice 5). $Sn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Sn^{2+}(aq) + Cu(s)$	**س6.4 احسب جهد الخلية وحدّد هل التفاعل تلقائي كما كُتب (مسألة 5).** $Sn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Sn^{2+}(aq) + Cu(s)$

Solution:	الحل:
1) Reduction: Cu^{2+}/Cu = +0.3419 V (cathode). Oxidation: Sn^{2+}/Sn = −0.1375 V (anode). 2) E°cell = 0.3419 − (−0.1375) = +0.4794 V > 0. **Answer: +0.4794 V → spontaneous.**	1) اختزال: Cu^{2+}/Cu = +0.3419 V (كاثود) ، أكسدة: Sn^{2+}/Sn = −0.1375 V (أنود). 2) E°cell = 0.3419 − (−0.1375) = +0.4794 V وهو موجب. **الإجابة: +0.4794 V ← تلقائي.**
Q6.5 Calculate the cell potential and decide whether the reaction is spontaneous as written (Practice 8). $2SO_4^{2-}(aq) + Co^{2+}(aq) \rightarrow Co(s) + S_2O_8^{2-}(aq)$	**س6.5 احسب جهد الخلية وحدّد هل التفاعل تلقائي كما كُتب (مسألة 8).** $2SO_4^{2-}(aq) + Co^{2+}(aq) \rightarrow Co(s) + S_2O_8^{2-}(aq)$
Solution: 1) Reduction: $Co^{2+} + 2e^- \rightarrow Co$, E° = −0.28 V. Oxidation: $2SO_4^{2-} \rightarrow S_2O_8^{2-} + 2e^-$, $E°(S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-})$ = +2.010 V. 2) E°cell = (−0.28) − (+2.010) = −2.29 V < 0. **Answer: −2.29 V → nonspontaneous (the reverse reaction is spontaneous).**	**الحل:** 1) اختزال: $Co^{2+} + 2e^- \rightarrow Co$ جهده −0.28 V ؛ أكسدة: $2SO_4^{2-} \rightarrow S_2O_8^{2-} + 2e^-$ وجهد زوجها +2.010 V. 2) E°cell = (−0.28) − (+2.010) = −2.29 V وهو سالب. **الإجابة: −2.29 V ← غير تلقائي (والتفاعل العكسي تلقائي).**

Learning outcome 7 • Q24 • Inspire p. 31, 32, 33, 34	ناتج التعلم 7 • الأسئلة Q24 • كتاب انسباير ص 31, 32, 33, 34
Write the cell notation and the overall chemical equation for a redox reaction occurring in a voltaic cell	**كتابة رمز الخلية والمعادلة الكيميائية الكلية لتفاعل أكسدة واختزال يحدث في خلية فولتية**

Questions and solutions	الأسئلة والحل
Q7.1 Write the cell notation (textbook Example 1). $I_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-$ (+0.536 V); $Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe$ (−0.447 V)	**س7.1 اكتب رمز الخلية (مثال 1 في الكتاب).** $I_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2I^-$ (+0.536 V); $Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe$ (−0.447 V)
Solution: 1) Anode: Fe (lower E°) → Fe | Fe^{2+}. 2) Cathode: I_2 → I_2 | I^- (the double line separates the half-cells). **Answer: Fe | Fe^{2+} || I_2 | I^- E°cell = +0.983 V.**	**الحل:** 1) الأنود Fe (جهد أقل): Fe | Fe^{2+}. 2) الكاثود I_2 | I^-: I_2 | I^- (والخط المزدوج يفصل نصفي الخلية). **الإجابة: E°cell = +0.983 V ، Fe | Fe^{2+} || I_2 | I^-.**
Q7.2 Write the cell notation, the overall equation and E°cell for the zinc–copper cell. Zn^{2+}/Zn −0.762 V Cu^{2+}/Cu +0.342 V	**س7.2 اكتب رمز الخلية والمعادلة الكلية وجهد الخلية لخلية الخارصين والنحاس.** Zn^{2+}/Zn −0.762 V Cu^{2+}/Cu +0.342 V
Solution: 1) Zn is the anode, Cu the cathode. 2) Overall: $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$. 3) E°cell = 0.342 − (−0.762) = +1.104 V. **Answer: Zn | Zn^{2+} || Cu^{2+} | Cu ; +1.104 V.**	**الحل:** 1) الخارصين أنود والنحاس كاثود. 2) $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu$ 3) E°cell = 0.342 − (−0.762) = +1.104 V **الإجابة: Zn | Zn^{2+} || Cu^{2+} | Cu ؛ +1.104 V.**

Q7.3 Write the cell notation and the overall equation for the voltaic cell of aluminium and copper electrodes.

$Al^{3+}/Al\ -1.662\ V \quad Cu^{2+}/Cu\ +0.3419\ V$

Solution:

1) Al (lower E°) = anode; Cu = cathode.

2) Equalize 6e⁻: $2Al \rightarrow 2Al^{3+} + 6e^-$; $3Cu^{2+} + 6e^- \rightarrow 3Cu$.

Answer: Al | Al^{3+} || Cu^{2+} | Cu ; $2Al + 3Cu^{2+} \rightarrow 2Al^{3+} + 3Cu$; E°cell = +2.004 V.

س7.3 اكتب رمز الخلية والمعادلة الكلية للخلية الفولتية المكونة من قطبي الألومنيوم والنحاس.

$Al^{3+}/Al\ -1.662\ V \quad Cu^{2+}/Cu\ +0.3419\ V$

الحل:

1) الألومنيوم (جهد أقل) أنود والنحاس كاثود.

2) نساوي 6 إلكترونات: $2Al \rightarrow 2Al^{3+} + 6e^-$ ؛ $3Cu^{2+} + 6e^- \rightarrow 3Cu$.

الإجابة: $2Al + 3Cu^{2+} \rightarrow 2Al^{3+} + 3Cu$ ؛ Al | Al^{3+} || Cu^{2+} | Cu ؛ E°cell = +2.004 V.

Q7.4 Write the cell notation for the voltaic cell of magnesium and lead electrodes, and calculate E°cell.

$Pb^{2+}/Pb\ -0.1262\ V \quad Mg^{2+}/Mg\ -2.372\ V$

Solution:

1) Mg (−2.372 V) is lower → anode; Pb → cathode.

2) E°cell = (−0.1262) − (−2.372) = +2.246 V.

Answer: Mg | Mg^{2+} || Pb^{2+} | Pb ; $Mg + Pb^{2+} \rightarrow Mg^{2+} + Pb$; +2.246 V.

س7.4 اكتب رمز الخلية الفولتية المكونة من قطبي المغنيسيوم والرصاص واحسب E°cell.

$Pb^{2+}/Pb\ -0.1262\ V \quad Mg^{2+}/Mg\ -2.372\ V$

الحل:

1) المغنيسيوم (−2.372) أقل فهو الأنود والرصاص كاثود.

2) E°cell = (−0.1262) − (−2.372) = +2.246 V

الإجابة: Mg | Mg^{2+} || Pb^{2+} | Pb ؛ $Mg + Pb^{2+} \rightarrow Mg^{2+} + Pb$ ؛ +2.246 V.

Q7.5 Write the cell notation for the voltaic cell of nickel and calcium electrodes, and calculate E°cell.

$Ni^{2+}/Ni\ -0.257\ V \quad Ca^{2+}/Ca\ -2.868\ V$

Solution:

1) Ca (lower) = anode; Ni (higher) = cathode.

2) E°cell = (−0.257) − (−2.868) = +2.611 V.

Answer: Ca | Ca^{2+} || Ni^{2+} | Ni ; +2.611 V.

س7.5 اكتب رمز الخلية الفولتية المكونة من قطبي النيكل والكالسيوم واحسب E°cell.

$Ni^{2+}/Ni\ -0.257\ V \quad Ca^{2+}/Ca\ -2.868\ V$

الحل:

1) الكالسيوم (أقل) أنود والنيكل (أعلى) كاثود.

2) E°cell = (−0.257) − (−2.868) = +2.611 V

الإجابة: Ni | Ni^{2+} || Ca^{2+} | Ca ؛ +2.611 V.

Learning outcome 8 • Q26 • Inspire p. 47	ناتج التعلم 8 • الأسئلة Q26 • كتاب انسباير ص 47
Compare the electrolytic cell and the voltaic cell: oxidation and reduction sites, anode, cathode, electron and current flow, and spontaneity	**المقارنة بين الخلية التحليلية والخلية الفولتية من حيث موضع الأكسدة والاختزال والأنود والكاثود واتجاه الإلكترونات والتيار وتلقائية التفاعل**

Questions and solutions	الأسئلة والحل
Q8.1 Compare a voltaic cell and an electrolytic cell in terms of energy conversion, spontaneity, sign of E°cell, and the signs of the anode and cathode.	**س8.1 قارن بين الخلية الفولتية والتحليلية من حيث تحويل الطاقة والتلقائية وإشارة E°cell وإشارتي الأنود والكاثود.**
Solution: 1) Voltaic: chemical→electrical; spontaneous; E°cell +; anode −, cathode +. 2) Electrolytic: electrical→chemical; nonspontaneous; E°cell −; anode +, cathode −. **Answer: See the two lines above.**	**الحل:** 1) الفولتية: كيميائية ← كهربائية ؛ تلقائية ؛ E°cell موجب ؛ الأنود − والكاثود +. 2) التحليلية: كهربائية ← كيميائية ؛ غير تلقائية ؛ E°cell سالب ؛ الأنود + والكاثود −. **الإجابة: انظر السطرين أعلاه.**

Q8.2 Define electrolysis and relate the definition to the spontaneity of redox reactions.	**س8.2 عرِّف التحليل الكهربائي وربط التعريف بتلقائية تفاعلات الأكسدة والاختزال.**
Solution: 1) Electrolysis uses electrical energy to bring about a chemical reaction. 2) The reaction is nonspontaneous, so an outside source of power is required. **Answer: Electrical energy drives a nonspontaneous redox reaction.**	**الحل:** 1) التحليل الكهربائي استخدام الطاقة الكهربائية لإحداث تفاعل كيميائي. 2) التفاعل غير تلقائي لذلك يلزم مصدر طاقة خارجي. **الإجابة: طاقة كهربائية تدفع تفاعل أكسدة واختزال غير تلقائي.**
Q8.3 State two similarities between a voltaic and an electrolytic cell.	**س8.3 اذكر تشابهين بين الخلية الفولتية والخلية التحليلية.**
Solution: 1) Both involve oxidation–reduction reactions. 2) In both, oxidation occurs at the anode and electrons flow from anode to cathode. **Answer: Redox reaction; oxidation at the anode / e^- flow anode → cathode.**	**الحل:** 1) كلتاهما فيها تفاعل أكسدة واختزال. 2) في كلتيهما تحدث الأكسدة عند الأنود وتسري الإلكترونات من الأنود إلى الكاثود. **الإجابة: تفاعل أكسدة واختزال ؛ الأكسدة عند الأنود وسريان e^- من الأنود إلى الكاثود.**
Q8.4 A Zn–Cu cell supplies power to a lamp. Which type of cell is it, and what is the sign of the zinc electrode?	**س8.4 خلية Zn–Cu تزوّد مصباحًا بالطاقة. ما نوعها؟ وما إشارة قطب الخارصين؟**
Solution: 1) The reaction is spontaneous and produces electricity → voltaic cell. 2) Zn is oxidized → anode, negative in a voltaic cell. **Answer: Voltaic cell; Zn is the negative anode.**	**الحل:** 1) التفاعل تلقائي وينتج كهرباء إذن خلية فولتية. 2) الخارصين يتأكسد فهو أنود وإشارته سالبة في الخلية الفولتية. **الإجابة: خلية فولتية ؛ Zn أنود سالب.**
Q8.5 In an electrolytic cell where does oxidation take place, and what are the signs of the electrodes?	**س8.5 في الخلية التحليلية أين تحدث الأكسدة؟ وما إشارتا القطبين؟**
Solution: 1) Oxidation always occurs at the anode. 2) The battery makes the anode positive and the cathode negative. **Answer: At the anode (+); the cathode (−) is where reduction occurs.**	**الحل:** 1) الأكسدة تحدث دائمًا عند الأنود. 2) تجعل البطارية الأنود موجبًا والكاثود سالبًا. **الإجابة: عند الأنود (+) ؛ والاختزال عند الكاثود (−).**

Learning outcome 9 • Q27 • Inspire p. 47, 48	**ناتج التعلم 9 • الأسئلة Q27 • كتاب انسباير ص 47, 48**
Describe how a spontaneous redox reaction of an electrochemical cell can be reversed	**وصف كيفية عكس تفاعل الأكسدة والاختزال التلقائي في خلية كهروكيميائية**

Questions and solutions	**الأسئلة والحل**
Q9.1 Describe how the spontaneous reaction of a Zn–Cu voltaic cell can be reversed.	**س9.1 صِف كيف يمكن عكس التفاعل التلقائي في خلية Zn–Cu الفولتية.**

almanahj.com/ae
2026 2025
موقع المناهج الإماراتية

Solution: 1) Replace the lamp with an external voltage source connected in the reverse direction. 2) Its voltage must be greater than the cell's 1.10 V. **Answer: Apply a larger voltage in the opposite direction (electrolysis).**	**الحل:** 1) نستبدل المصباح بمصدر جهد خارجي موصول بالاتجاه المعاكس. 2) ويجب أن يكون جهده أكبر من جهد الخلية 1.10 V. **الإجابة: تطبيق جهد أكبر بالاتجاه المعاكس (تحليل كهربائي).**
Q9.2 Why is an external voltage source required to reverse the reaction?	**س9.2 لماذا يلزم مصدر جهد خارجي لعكس التفاعل؟**
Solution: 1) The reverse of a spontaneous reaction is nonspontaneous (negative E°cell). **Answer: Because the reverse reaction is nonspontaneous.**	**الحل:** 1) عكس التفاعل التلقائي غير تلقائي (E°cell سالب). **الإجابة: لأن التفاعل العكسي غير تلقائي.**
Q9.3 Write the reaction that occurs when the cell is connected to a 2 V source in reverse, and state whether it is spontaneous. $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu \quad E° = +1.10\ V$	**س9.3 اكتب التفاعل الذي يحدث عند توصيل الخلية بمصدر 2 V بصورة عكسية وبيّن هل هو تلقائي.** $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu \quad E° = +1.10\ V$
Solution: 1) The reversed reaction is $Cu + Zn^{2+} \rightarrow Cu^{2+} + Zn$. 2) $E° = -1.10\ V < 0$ → nonspontaneous; it occurs only because the source supplies energy. **Answer: $Cu + Zn^{2+} \rightarrow Cu^{2+} + Zn$; nonspontaneous.**	**الحل:** 1) التفاعل المعكوس: $Cu + Zn^{2+} \rightarrow Cu^{2+} + Zn$. 2) $E° = -1.10\ V$ سالب إذن غير تلقائي ويحدث فقط لأن المصدر يزوّده بالطاقة. **الإجابة: $Cu + Zn^{2+} \rightarrow Cu^{2+} + Zn$ ؛ غير تلقائي.**
Q9.4 Explain what happens when a rechargeable battery is recharged.	**س9.4 اشرح ما يحدث عند إعادة شحن بطارية قابلة للشحن.**
Solution: 1) Electrical energy from the charger reverses the direction of the battery's spontaneous reaction. 2) The battery then behaves as an electrolytic cell. **Answer: The spontaneous reaction is reversed by an external electrical source.**	**الحل:** 1) تعكس الطاقة الكهربائية من الشاحن اتجاه التفاعل التلقائي للبطارية. 2) فتعمل البطارية كخلية تحليلية. **الإجابة: يُعكس التفاعل التلقائي بمصدر كهربائي خارجي.**
Q9.5 Which change in a Zn/Cu cell converts it into an electrolytic cell: (a) replacing Cu with Zn, (b) removing the salt bridge, (c) replacing the lamp with a voltage source greater than 1.10 V connected opposite to the cell, (d) a 0.5 V source in the same direction?	**س9.5 أي تغيير في خلية Zn/Cu يحوّلها إلى خلية تحليلية: (أ) استبدال Cu بـ Zn، (ب) نزع القنطرة الملحية، (ج) استبدال المصباح بمصدر جهد أكبر من 1.10 V موصول بعكس الخلية، (د) مصدر 0.5 V في الاتجاه نفسه؟**
Solution: 1) An electrolytic cell needs a source stronger than the cell voltage, connected in the opposite direction. **Answer: (c).**	**الحل:** 1) الخلية التحليلية تحتاج مصدرًا أقوى من جهد الخلية وموصولًا بالاتجاه المعاكس. **الإجابة: (ج).**

Learning outcome 10 • Q28 • Inspire p. 48	ناتج التعلم 10 • الأسئلة Q28 • كتاب انسباير ص 48
Write half-cell reactions and identify the products of electrolysis of molten ionic compounds	كتابة تفاعلات نصف الخلية وتحديد نواتج التحليل الكهربائي للمركبات الأيونية المنصهرة

Questions and solutions	الأسئلة والحل
Q10.1 What is the anode reaction in Down's cell?	**س10.1 ما تفاعل الأنود في خلية داونز؟**
Solution: 1) Anion Cl^- goes to the anode and is oxidized. **Answer: $2Cl^-(l) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$.**	**الحل:** 1) أيون Cl^- يتجه إلى الأنود ويتأكسد. **الإجابة: $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$.**
Q10.2 What is the cathode reaction in Down's cell, and what is the product?	**س10.2 ما تفاعل الكاثود في خلية داونز، وما الناتج؟**
Solution: 1) Cation Na^+ goes to the cathode and is reduced. **Answer: $Na^+(l) + e^- \rightarrow Na(l)$: liquid sodium metal.**	**الحل:** 1) أيون Na^+ يتجه إلى الكاثود ويُختزل. **الإجابة: $Na^+ + e^- \rightarrow Na$: فلز الصوديوم السائل.**
Q10.3 Write the overall reaction of the electrolysis of molten NaCl and state whether it is spontaneous.	**س10.3 اكتب التفاعل الكلي للتحليل الكهربائي لـ NaCl المنصهر وبيّن هل هو تلقائي.**
Solution: 1) Multiply the cathode half-reaction by 2 to balance $2e^-$, then add. **Answer: $2Na^+ + 2Cl^- \rightarrow 2Na + Cl_2$; nonspontaneous (needs a voltage source).**	**الحل:** 1) نضرب تفاعل الكاثود في 2 لموازنة الإلكترونين ثم نجمع. **الإجابة: $2Na^+ + 2Cl^- \rightarrow 2Na + Cl_2$ ؛ غير تلقائي (يحتاج مصدر جهد).**
Q10.4 Explain why the NaCl must be molten, and calculate the voltage of Down's cell. Should it be positive or negative? (CYP 28) $Na^+/Na \ -2.71\ V \quad Cl_2/Cl^- \ +1.3583\ V$	**س10.4 فسِّر لماذا يجب أن يكون NaCl منصهرًا، واحسب جهد خلية داونز. هل يجب أن يكون موجبًا أم سالبًا؟** $Na^+/Na \ -2.71\ V \quad Cl_2/Cl^- \ +1.3583\ V$
Solution: 1) Ions must be free to move to conduct electricity; solid NaCl does not conduct. 2) $E°cell = E°cathode - E°anode = (-2.71) - (+1.3583) = -4.07$ V. **Answer: $E°cell = -4.07$ V (negative → nonspontaneous).**	**الحل:** 1) يجب أن تكون الأيونات حرة الحركة لتوصيل الكهرباء؛ وNaCl الصلب لا يوصل. 2) $E°cell = (-2.71) - (+1.3583) = -4.07$ V **الإجابة: $E°cell = -4.07$ V (سالب ← غير تلقائي).**
Q10.5 Write the cathode and anode half-reactions in the Hall–Héroult process (molten Al_2O_3 in cryolite).	**س10.5 اكتب تفاعلي الكاثود والأنود في عملية هول–هيرو (Al_2O_3 المنصهر في الكريوليت).**
Solution: 1) Al^{3+} is reduced at the cathode; O^{2-} is oxidized at the anode. **Answer: Cathode: $Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$; Anode: $2O^{2-} \rightarrow O_2 + 4e^-$.**	**الحل:** 1) Al^{3+} يُختزل عند الكاثود وO^{2-} يتأكسد عند الأنود. **الإجابة: الكاثود: $Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$ ؛ الأنود: $2O^{2-} \rightarrow O_2 + 4e^-$.**

Learning outcome 11 • Q29 • Inspire p. 49	ناتج التعلم 11 • الأسئلة Q29 • كتاب انسباير ص 49
Write half-cell reactions and identify the products of electrolysis of aqueous ionic compounds	**كتابة تفاعلات نصف الخلية وتحديد نواتج التحليل الكهربائي للمركبات الأيونية المائية**

Questions and solutions	الأسئلة والحل
Q11.1 What is the cathode reaction in the electrolysis of aqueous NaCl, and why does sodium metal not form?	**س11.1 ما تفاعل الكاثود في التحليل الكهربائي لمحلول NaCl وبيّن لماذا لا يتكوّن الصوديوم؟**
Solution: 1) Two possible reductions: Na^+ and H_2O. 2) Water is reduced preferentially because it is easier to reduce than Na^+. **Answer: $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$.**	**الحل:** 1) اختزالان ممكنان: Na^+ والماء. 2) يُختزل الماء بالأفضلية لأنه أسهل اختزالًا من Na^+. **الإجابة: $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$.**
Q11.2 What is the anode reaction in the electrolysis of brine, and why is it chosen?	**س11.2 ما تفاعل الأنود في التحليل الكهربائي للشورية ولماذا يحدث؟**
Solution: 1) Chloride ions are oxidized to chlorine gas; the Cl^- concentration is kept high to favor this reaction. **Answer: $2Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$.**	**الحل:** 1) تتأكسد أيونات الكلوريد إلى غاز الكلور، ويُبقى تركيز Cl^- مرتفعًا ليُفضّل هذا التفاعل. **الإجابة: $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$.**
Q11.3 Write the overall reaction of the electrolysis of aqueous NaCl and name the products.	**س11.3 اكتب التفاعل الكلي للتحليل الكهربائي لمحلول NaCl وسمِّ النواتج.**
Solution: 1) Add: $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2OH^-$ and $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$; keep Na^+ as spectator. **Answer: $2H_2O + 2NaCl \rightarrow H_2 + Cl_2 + 2NaOH$: hydrogen, chlorine and sodium hydroxide.**	**الحل:** 1) نجمع التفاعلين مع بقاء Na^+ أيونًا متفرجًا. **الإجابة: $2H_2O + 2NaCl \rightarrow H_2 + Cl_2 + 2NaOH$: هيدروجين وكلور وهيدروكسيد الصوديوم.**
Q11.4 Explain why the products of the electrolysis of brine and of molten sodium chloride are different.	**س11.4 فسِّر لماذا تختلف نواتج التحليل الكهربائي للشورية عن نواتج NaCl المنصهر.**
Solution: 1) Molten NaCl contains only Na^+ and Cl^- → sodium metal forms. 2) In brine water is present and is reduced instead of Na^+ → H_2 and NaOH form. **Answer: Water competes in the aqueous solution and is easier to reduce than Na^+.**	**الحل:** 1) NaCl المنصهر فيه Na^+ وCl^- فقط فيتكوّن فلز الصوديوم. 2) في الشورية يوجد الماء ويُختزل بدلًا من Na^+ فيتكوّن H_2 وNaOH. **الإجابة: الماء ينافس في المحلول المائي وهو أسهل اختزالًا من Na^+.**
Q11.5 Which of the following is NOT a product of the electrolysis of sodium chloride solution: Cl_2, NaOH, Na, H_2?	**س11.5 أي مما يأتي ليس من نواتج التحليل الكهربائي لمحلول كلوريد الصوديوم: H_2 ، Na ، NaOH ، Cl_2؟**
Solution: 1) Sodium ions are not reduced in water. **Answer: Na (sodium metal).**	**الحل:** 1) أيونات الصوديوم لا تُختزل في الماء. **الإجابة: Na (فلز الصوديوم).**

Learning outcome 12 • Q30 • Inspire p. 51, 52	ناتج التعلم 12 • الأسئلة Q30 • كتاب انسباير ص 51, 52
Define electroplating, describe how it works, and identify the anode, cathode and electrolyte for plating a metal on an object	**تعريف الطلاء الكهربائي ووصف آلية عمله وتحديد الأنود والكاثود والإلكتروليت اللازمة لطلاء جسم بفلز**

Questions and solutions	الأسئلة والحل
Q12.1 Define electroplating and describe how it works.	**س12.1 عرِّف الطلاء الكهربائي وصِف كيف يعمل.**
Solution: 1) An electrolytic cell: the plating metal at the anode is oxidized, its ions travel through the electrolyte and are reduced on the object (cathode). **Answer: Coating an object with a thin layer of metal by electrolysis.**	**الحل:** 1) خلية تحليلية: يتأكسد فلز الطلاء عند الأنود وتنتقل أيوناته في الإلكتروليت وتُختزل على الجسم (الكاثود). **الإجابة: تغطية جسم بطبقة رقيقة من فلز بالتحليل الكهربائي.**
Q12.2 An iron fork is to be silver-plated. Identify the anode, cathode and electrolyte, and write the half-reactions (textbook Figure 22).	**س12.2 يراد طلاء شوكة حديدية بالفضة. حدّد الأنود والكاثود والإلكتروليت واكتب نصفي التفاعل (الشكل 22 في الكتاب).**
Solution: 1) Anode: silver bar; cathode: the iron fork; electrolyte: $AgNO_3(aq)$. 2) $Ag \rightarrow Ag^+ + e^-$ (anode); $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ (cathode). **Answer: Cathode = the iron fork.**	**الحل:** 1) الأنود: قضيب فضة ؛ الكاثود: الشوكة ؛ الإلكتروليت: $AgNO_3(aq)$. 2) $Ag \rightarrow Ag^+ + e^-$ (أنود) ؛ $Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$ (كاثود). **الإجابة: الكاثود = الشوكة الحديدية.**
Q12.3 A key is copper-plated in an electrolytic cell with a copper electrode and $Cu^{2+}(aq)$. Which statement is true: (a) Cu is oxidized at the cathode, (b) Cu^{2+} is reduced at the anode, (c) the mass of the copper electrode increases, (d) electrical energy causes a redox reaction?	**س12.3 طُلي مفتاح بالنحاس في خلية تحليلية فيها قطب نحاس ومحلول Cu^{2+}. أي العبارات صحيحة: (أ) يتأكسد Cu عند الكاثود، (ب) يُختزل Cu^{2+} عند الأنود، (ج) تزداد كتلة قطب النحاس، (د) تُحدث الطاقة الكهربائية تفاعل أكسدة واختزال؟**
Solution: 1) Anode = copper electrode: $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow$ its mass decreases; cathode = the key: $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$. 2) (a) and (b) swap the electrodes; (c) is false because the copper anode LOSES mass; (d) is true. **Answer: (d) electrical energy is used to cause a redox reaction.**	**الحل:** 1) الأنود قطب النحاس: $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$ فتقل كتلته ؛ الكاثود هو المفتاح: $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$. 2) (أ) و(ب) تخلطان بين القطبين ؛ و(ج) خاطئة لأن كتلة قطب النحاس (الأنود) تقل ؛ و(د) صحيحة. **الإجابة: (د) تُستخدم الطاقة الكهربائية لإحداث تفاعل أكسدة واختزال.**
Q12.4 Describe the anode and cathode of an electrolytic cell in which gold is to be plated on an object (CYP 26).	**س12.4 صِف الأنود والكاثود في خلية تحليلية يُطلى فيها جسم بالذهب.**
Solution: 1) Anode: gold; cathode: the object; electrolyte: a gold salt solution. 2) Gold is oxidized at the anode; gold ions are reduced on the object. **Answer: Anode = gold bar (+); cathode = object (−).**	**الحل:** 1) الأنود: الذهب ؛ الكاثود: الجسم ؛ الإلكتروليت: محلول ملح الذهب. 2) يتأكسد الذهب عند الأنود وتُختزل أيوناته على الجسم. **الإجابة: الأنود: قضيب الذهب (+) ؛ الكاثود: الجسم (−).**

almanahj.com/ae موقع المناهج الإماراتية 2025 2026

Q12.5 Steel parts of a bicycle are nickel-plated. Identify the anode, cathode and electrolyte.	**س12.5 تُطلى أجزاء الفولاذ في الدراجة بالنيكل. حدّد الأنود والكاثود والإلكتروليت.**
Solution: 1) Plating metal = nickel → anode: Ni bar; cathode: steel part. 2) Electrolyte: a Ni^{2+} salt solution, e.g. $NiSO_4(aq)$. $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^-$; $Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$. **Answer: Anode: Ni; cathode: steel part; electrolyte: $NiSO_4(aq)$.**	**الحل:** 1) فلز الطلاء نيكل: الأنود قضيب Ni والكاثود الجزء الفولاذي. 2) الإلكتروليت: محلول ملح Ni^{2+} مثل $NiSO_4(aq)$ ؛ $Ni \rightarrow Ni^{2+} + 2e^-$ عند الأنود ، $Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$ عند الكاثود. **الإجابة: الأنود: Ni ؛ الكاثود: الجزء الفولاذي ؛ الإلكتروليت: $NiSO_4(aq)$.**