الوحدة 2 خصائص العناصر الانتقالية ومركّباتها

مقدِّمة الوحدة

تركّز هذه الوحدة اهتمامها على العناصر الانتقالية ومركّباتها.

C1202 يفهم كيمياء العناصر الانتقالية.

الدرس 2-1 التوزيع الإلكتروني وخصائص عناصر السلسلة الانتقالية الأولى

- سلسلتا عناصر اللانثانيدات والأكتنيدات
- التوزيع الإلكتروني لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى.
- تطبيق قاعدة هوند.
- توضيح التوزيع الإلكتروني لكلٍّ من الكروم والنَحاس.
- الخصائص المميَّزة لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى.
- العناصر الانتقالية: التوزيع الإلكتروني والخصائص.

الدرس 2-2 تكوين أيونات متعدّدة

- المغناطيسيَة
- مستويات الطَاقة في العناصر الانتقالية.
- التوزيع الإلكتروني لأيونات الفلزّات الانتقالية.
- كتابة التوزيع الإلكتروني للأيونات.
- أيونات العناصر الانتقالية كعوامل مؤكسدة ومختزلة.
- تحديد العناصر الانتقالية وأيوناتها كعوامل مؤكسدة ومختزلة في تفاعلات الأكسدة والاختزال.
- تفاعلات الحديد والفناديوم.

الدرس 2-3 استخدامات الفلزّات الانتقالية و أيوناتها

- رباعي كلوريد التيتانيوم
- استخدام العناصر الانتقالية كعوامل حفَّازة.
- المحولات الحفّازة
- استخدامات الفناديوم والمنجنيز والتيتانيوم
- استخدامات النحاس والحديد
- المركّبات المُعقَّدة للفلزّات الانتقالية
- أنواع الليجندات
- أعداد التناسق للمركّبات المُعقَّدة
- ألوان المركّبات المُعقَّدة للفلزّات الانتقالية
- مركّبات النحاس (II) المُعقَّدة.

الوحدة 2: 5E

5E	الموضوعات
يدمج	الدَرس 2-1: سلسلتا عناصر اللانثانيدات والأكتنيدات
	الدَرس 2-2: المغناطيسيَة
	الدَرس 2-3: رباعي كلوريد التيتانيوم
يستكشف	الدَرس 2-1: ما عناصر السلسلة الانتقالية التي تمتلك توزيعًا إلكترونيًا يختلف عمّا يمكن توقّعه عند استخدام قاعدة هوند بدقّة؟ أهي عناصر السلسلة الانتقالية الثانية أم الثالثة؟
	الدَرس 2-1: أيٌّ من هذه العناصر يمكن تفسيره باستخدام عملية التمّاثل؟
	الدَرس 2-1: هل يمكن ملاحظة نمط معيَّن بالنسبة إلى العناصر الانتقالية التي تمتلك توزيعًا إلكترونيًا إستثنائيًا عن القاعدة؟
	الدَرس 2-1: ما عدد الأكاسيد المختلفة التي يمكن أن يكوّنها عنصر المنجنيز نظريًا؟
	الدَرس 2-2: ابحث عن عناصر مغناطيسيّة أخرى.
	الدَرس 2-2: باستخدام موقع اليورانيوم فقط في الجدول الدَوريَ، ما هو التوزيع الإلكتروني المتوقّع لذرة اليورانيوم؟ باستخدام موقع العنصر فقط في الجدول الدوريّ، اذكر التوزيع الإلكتروني المتوقّع لأيون Tm^{3+}؟
	الدَرس 2-2: يُستخدَم المصطلحان "الكسب" و"الخسارة" عند الحديث عن نقل إلكترونات. وقد تكون العملية أفضل بأن توصف على أنها "نزع" و"فقدان" للإلكترونات.
	الدَرس 2-3: المُثبّطات عكس العوامل الحفّازة، فهي تبطء التفاعلات الكيميائيَة من خلال جعل عملية التفاعل أكثر صعوبة.
يفسّر	الدَرس 2-1: أيصُحّ تصنيف عنصريَ اللَانثيوم والأكتينيوم بأنهما من عناصر الفئة "d"، أم إنهما من عناصر الفئة "f"؟ ما عنوان المجموعة الذي تقترحه لسلسلة اللانثانيدات والأكتنيدات؟ وضِّح إجابتك.
	الدَرس 2-2: اشرح ما يجب أن يحدث في تفاعل واحد ليكون هناك أكثر من عامل مؤكسد أو أكثر من عامل مختزل.
	الدَرس 2-3: وضِّح كيف يمكن عكس تمّيُّه مركّب سداسي كلوريد الكوبالت (II). وكيف يمكنك أن تعرف أنّ عملية إزالة الماء منه كانت مكتمّلة.
	الدَرس 2-3: ما الملاحظات الإضافية التي يجب إجراؤها وأخذها بالحسبان باستخدام إجراءات مشابهة لتطوير اختبار نوعيّ لأيونات النَحاس (II) (Cu^{2+})؟
يتوسع	الدَرس 2-1: العناصر الانتقالية: التوزيع الإلكتروني والخصائص.
	الدَرس 2-2: يُسمّى التفاعل حيث تتأكسد المادة وتختزل نفسها على حدّ سواء، "تفاعل عدم التناسب" (أكسدة واختزال ذاتيَ) disproportionation.
	الدَرس 2-2: تفاعلات الحديد والفناديوم.
	الدَرس 2-3: مركّبات النحاس(II) المُعقَّدة .
يقيم	مراجعة الدَروس 2-1، و2-2، و2-3، وتقويم الوحدة الثانية .

الوحدة 2 خصائص العناصر الانتقالية ومركّباتها

ملخّص الوحدة

يشرح الدرس 2-1 كيفية توقّع التوزيع الإلكتروني لذرات عناصر السلسلة الانتقالية الأولى. سيُكلّف الطالب أن يُطبّق قاعدة هوند، وسيتعرّف إلى سبب الاختلاف بين التوزيع الإلكتروني للكروم والنحاس الفعلي، والتوزيع الإلكتروني المتوقّع لهذين العنصرين بحسب قاعدة هوند.

يستقصي الدرس 2-2 القدرة الفريدة لمعظم العناصر الانتقالية على تكوين أكثر من أيون موجب، وكيفية توقّع التوزيع الإلكتروني لهذه الأيونات، وسيراجع الطالب ما المقصود بالعامل المؤكسد والعامل المختزل. وعندما يعطى الطالب معادلة ما، فإنّ عليه تحديد حالة التأكسد لهذه الأيونات، وتصنيفها على أنها عامل مؤكسد أو عامل مختزل.

يناقش الدَرس 2-3 الاستخدامات المتعدّدة لعناصر انتقالية مختارة، والدور الذي تؤديه هذه العناصر الانتقالية في تكوين الأيونات المُعقَّدة عند ارتباطها بالليجندات.

أخطاء شائعة

- **الرَاسب هو سائل داكن يتكوّن في المحلول.** والصحيح هو أن الراسب مادة صلبة غير قابلة للذوبان. في الكثير من المحاليل، وقد يكون الراسب أبيض اللون، فيبدو المحلول عكرًا، لأنّ الجسيمات المكوّنة له صغيرة جدًا. وقد يكون للراسب ألوان أخرى وهي مواد صُلبة يمكن ترشيحها , على سبيل المثال, اضافة محلول كربونات الصوديوم الى محلول كبريتات النحاس(II) ينتج راسب ازرق اللون.

- **الفلك والمدار في الذرة كلمتان مترادفتان.** والصحيح هو أن الفلك هو المنطقة التي توجد فيها الإلكترونات في الذَرة أو الجزيء. أما المدار فهو مصطلح أقدم لمسار الإلكترون، لكنه لا يُستخدم للإلكترونات الموجودة في الذرّات، لأن الالكترونات ستكون منتشرة في السحابة الإلكترونية.

مخطط الوحدة

الدرس	عدد الحصص	مخرجات التّعلم	الكفايات
1-2 التوزيع الإلكتروني وخصائص عناصر السلسلة الانتقالية الأولى	7	C1202.1 C1202.2	
2-2 تكوين أيونات متعدّدة	5	C1202.2 C1202.3	
3-2 استخدامات الفلزّات الإنتقاليّة وأيوناتها	7	C1202.4 C1202.5	

الكفايات

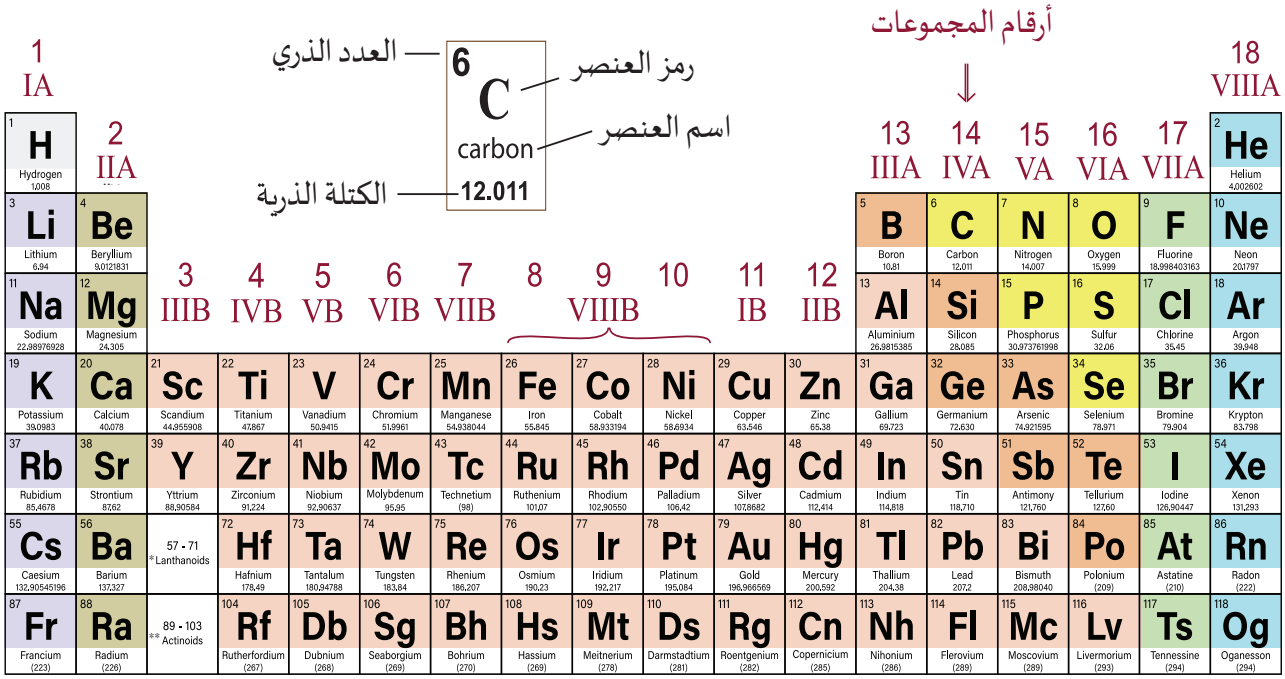
- التفكير الإبداعي والناقد
- الكفاية اللغوية
- التعاون والمشاركة
- حل المشكلات
- الكفاية العددية
- التواصل
- البحث والاستقصاء

المهارات العلمية والكفايات

يُتوقَّع من الطالب أن:

- يستكمل ثلاث خبرات تعلّمية مرتكزة على المختبر.
- يستخدم المهارات الرياضية لكتابة التوزيع الإلكتروني لعناصر الفلزّات الانتقالية وأيوناتها.
- يعزّز مهارات التواصل لديه من خلال البحث في الخصائص وفي أنماط المناقشة مع زملائه.
- يستخدم مهارات البحث والاستقصاء في خبرة التَعلم 2-1، وسؤال التقويم رقم 44.

الجدول الدوري الحديث للعناصر



أعلى مستوى طاقة مملوء لأول 54 عنصر

1 H																	2 He
$1s^1$																	$1s^2$
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
$2s^1$	$2s^2$											$2p^1$	$2p^2$	$2p^3$	$2p^4$	$2p^5$	$2p^6$
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
$3s^1$	$3s^2$											$3p^1$	$3p^2$	$3p^3$	$3p^4$	$3p^5$	$3p^6$
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
$4s^1$	$4s^2$	$3d^1$	$3d^2$	$3d^3$	$3d^{5*}$	$3d^5$	$3d^6$	$3d^7$	$3d^8$	$3d^{10*}$	$3d^{10}$	$4p^1$	$4p^2$	$4p^3$	$4p^4$	$4p^5$	$4p^6$
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
$5s^1$	$5s^2$	$4d^1$	$4d^2$	$4d^{4*}$	$4d^{5*}$	$4d^5$	$4d^{7*}$	$4d^{8*}$	$4d^{10*}$	$4d^{10*}$	$4d^{10}$	$5p^1$	$5p^2$	$5p^3$	$5p^4$	$5p^5$	$5p^6$

بعض العناصر الانتقالية لديها تداخل بين أفلاك s و d

التوزيع الإلكتروني لأول 54 عنصرًا

1	الهيدروجين	$1s^1$
2	الهيليوم	$1s^2$
3	الليثيوم	[He] $2s^1$
4	البريليوم	[He] $2s^2$
5	البورون	[He] $2s^2\ 2p^1$
6	الكربون	[He] $2s^2\ 2p^2$
7	النيتروجين	[He] $2s^2\ 2p^3$
8	الأكسجين	[He] $2s^2\ 2p^4$
9	الفلور	[He] $2s^2\ 2p^5$
10	النيون	[He] $2s^2\ 2p^6$
11	الصوديوم	[Ne] $3s^1$
12	المغنيسيوم	[Ne] $3s^2$
13	الألومنيوم	[Ne] $3s^2\ 3p^1$
14	السيليكون	[Ne] $3s^2\ 3p^2$
15	الفوسفور	[Ne] $3s^2\ 3p^3$
16	الكبريت	[Ne] $3s^2\ 3p^4$
17	الكلور	[Ne] $3s^2\ 3p^5$
18	الأرجون	[Ne] $3s^2\ 3p^6$
19	البوتاسيوم	[Ar] $4s^1$
20	الكالسيوم	[Ar] $4s^2$
21	السكانديوم	[Ar] $4s^2\ 3d^1$
22	التيتانيوم	[Ar] $4s^2\ 3d^2$
23	الفناديوم	[Ar] $4s^2\ 3d^3$
24	الكروم	[Ar] $4s^1\ 3d^5$
25	المنجنيز	[Ar] $4s^2\ 3d^5$
26	الحديد	[Ar] $4s^2\ 3d^6$
27	الكوبالت	[Ar] $4s^2\ 3d^7$

28	النيكل	[Ar] $4s^2\ 3d^8$
29	النحاس	[Ar] $4s^1\ 3d^{10}$
30	الخارصين	[Ar] $4s^2\ 3d^{10}$
31	الجاليوم	[Ar] $4s^2\ 3d^{10}\ 4p^1$
32	الجرمانيوم	[Ar] $4s^2\ 3d^{10}\ 4p^2$
33	الزرنيخ	[Ar] $4s^2\ 3d^{10}\ 4p^3$
34	السيلينيوم	[Ar] $4s^2\ 3d^{10}\ 4p^4$
35	البروم	[Ar] $4s^2\ 3d^{10}\ 4p^5$
36	الكريبتون	[Ar] $4s^2\ 3d^{10}\ 4p^6$
37	الروبيديوم	[Kr] $5s^1$
38	السترونتيوم	[Kr] $5s^2$
39	الإيتريوم	[Kr] $5s^2\ 4d^1$
40	الزركونيوم	[Kr] $5s^2\ 4d^2$
41	النيوبيوم	[Kr] $5s^1\ 4d^4$
42	الموليبدنيوم	[Kr] $5s^1\ 4d^5$
43	التكنيشيوم	[Kr] $5s^2\ 4d^5$
44	الروثينيوم	[Kr] $5s^1\ 4d^7$
45	الروديوم	[Kr] $5s^1\ 4d^8$
46	البالاديوم	[Kr] $4d^{10}$
47	الفضة	[Kr] $5s^1\ 4d^{10}$
48	الكادميوم	[Kr] $5s^2\ 4d^{10}$
49	الإنديوم	[Kr] $5s^2\ 4d^{10}\ 5p^1$
50	القصدير	[Kr] $5s^2\ 4d^{10}\ 5p^2$
51	الأنتيمون	[Kr] $5s^2\ 4d^{10}\ 5p^3$
52	التيلوريوم	[Kr] $5s^2\ 4d^{10}\ 5p^4$
53	اليود	[Kr] $5s^2\ 4d^{10}\ 5p^5$
54	الزينون	[Kr] $5s^2\ 4d^{10}\ 5p^6$

الدرس 2-1
التوزيع الإلكتروني وخصائص عناصر السلسلة الانتقالية الأولى

مصادر تعلّم الدّرس

الوقت	المحتوى	موارد كتاب الطالب	موارد كتاب المعلم
1 حصّة	سلسلتا عناصر اللانثانيدات والأكتنيدات	الصفحتان 42، 43	الصفحتان 70، 71
1 حصّة	التوزيع الإلكتروني وقاعدة هوند	الصفحات 44-46	الصفحتان 72، 73
1 حصّة	توضيح التوزيع الإلكتروني لكلٍّ من الكروم والنَحاس	الصفحة 47	الصفحتان 73، 74
1 حصّة	الخصائص المميَّزة لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى	الصفحة 48	الصفحة 75
1 حصّة	البلّورات والمحاليل المائية المُلوّنة	الصفحة 49	الصفحتان 76، 77
2 حصّة	العناصر الانتقالية: التوزيع الإلكتروني والخصائص	الصفحة 50	الصفحات 78-85 ورقة النشاط 1-2

الزّمن المقترح للدّرس

يستغرق تنفيذ هذا الدرس 7 حصص صفّية، وتتضمَّن حصة واحدة لنشاط العناصر الإنتقالية : التوزيع الإلكتروني والخصائص،، ومناقشة أفكار.

الأنشطة	مواد من أجل النّشاط
1-2 العناصر الانتقالية: التوزيع الإلكتروني والخصائص	جدول دَوْريّ يحتوي على التوزيع الإلكتروني، عيّنات لبلّورات أو محاليل مائية، بعضها يحتوي على أيونات فلزّ انتقالي، وبعضها لا يحتوي على هذه الأيونات.

مخرجات التعلّم

C1202.1 يربط بين خصائص عناصر السلسلة الانتقالية الأولى والتوزيع الإلكتروني لذرات عناصرها.

C1202.2 يدرك أن العناصر الانتقالية تكوّن عادة أكثر من أيون ثابت واحد، وأن خصائصها الفيزيائية والكيميائية كفلزّات تكون متشابهة بشكل عام.

المعرفة السابقة

يُفترض أن يكون الطلاّب على دراية بالمواضيع الآتية:

- الأنواع المختلفة من التوزيعات الإلكترونية، مثل توزيع أوفباو، والتوزيع بحسب الأفلاك باستخدام ترميز الغاز النبيل، والتوزيع حسب قاعدة هوند (المربع-السهم) باستخدام ترميز الغاز النبيل.

المفردات

قاعدة هوند	Hund's rule
الليجند	Ligand

افتتاحية الدرس

1. ذكّر الطلاّب بأن الجداول الدورية المختلفة تزوّدنا بمعلومات كثيرة ومتعدّدة. ويمكنك عرض أنواع مختلفة من الجداول الدَوْرية على السبّورة، ثم اطلب من الطلاّب تحديد الاختلافات بينها.
2. أوضِّح بالمناقشة أنّ بعض الجداول الدورية تحتوي على معلومات أكثر من غيرها: يضع بعضها اللانثنيوم La والأكتينيوم Ac في بداية الفئة (d)، أمّا بعضها الآخر فيضعها في بداية الفئة (f)، وهذا موضّح في الصفحة التالية. ثم إنّ بعض الجداول تحتوي على مساحةً أسفل عنصري الهيدروجين H، والهيليوم He ما يجعلهما مفصولين عن بقية العناصر الموجودة في تلك المجموعات. قد يكون هذا لعدة أسباب:
   - إنّ عنصر الهيدروجين لا يُعدّ فلزّاً كالعناصر الموجودة في المجموعة الأولى (IA).
   - إنّ عنصر الهيليوم لا يحتوي على إلكترونات في المستوى الفرعي (p)؛ وبالتالي، فهو لا يُعدّ جزءًا من الفئة p. لذا، فإن التصنيف الدقيق للهيليوم He الذي يكون وفقًا لتوزيعه الإلكتروني فقط، يضعه في المجموعة الثانية (IIA) فوق عنصر البريليوم.

الدرس 2-1

التوزيع الإلكتروني وخصائص عناصر السلسلة الانتقاليّة الأولى

Electron Configurations and Properties of the First Row Transition Elements

العناصر الانتقاليّة هي مجموعة من عناصر الجدول الدوريّ، والتي تكوّن الجسر الذي يربط بين عناصر المجموعات الرئيسة فيه: حيث ترتبط هذه العناصر بين عناصر المجموعتين IA – IIA (1-2) وعناصر المجموعات IIIA – VIIIA (13-18). وقد أعطيت أرقام لمجموعات العناصر الانتقالية الخمس الأولى من IIIB إلى VIIB ورقم VIIIB للمجموعات الثلاث التالية ثم المجموعتين IB و IIB. أما الجدول الدوريّ الحديث، فيستخدم قواعد الأيوباك (IUPAC) لترقيم مجموعات العناصر باستخدام الأعداد من 1 إلى 18، كما يبيّن **الشكل 2-1**.

الشكل 2-1 جدول دوريّ يبيّن الترقيم الحديث والقديم لمجموعاته.

العناصر الانتقالية هي العناصر التي ينتهي توزيعها الإلكتروني بالمستوى الفرعي (d) أو المستوى الفرعي (f) ممتلئة جزئيًّا في الحالة الذرية أو الأيونية. عناصر المجموعة (12) IIB لديها توزيع إلكتروني ينتهي بأفلاك المستويين الفرعيين ns و (n-1)d (n≥4) الممتلئة كليًّا بالإلكترونات، ولكنّها لا تُعدُّ عناصر انتقالية في أكثر الأحيان.

مخرجات التّعلُّم

C1202.1 يربط بين خصائص عناصر السلسلة الانتقاليّة الأولى والتوزيع الإلكترونيّ لذرات عناصرها.

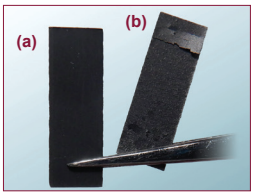
C1202.2 يدرك أن العناصر الانتقاليّة تكوّن عادة أكثر من أيون ثابت واحد، وأن خصائصها الفيزيائية والكيميائية كفلزات تكون متشابهة بشكل عام.

المفردات

Hund's rule	قاعدة هوند
Ligand	الليجند

سلسلتا عناصر اللانثانيدات والأكتنيدات

تقع سلسلتا عناصر اللانثانيدات والأكتنيدات في أسفل الجدول الدوريّ بعيدًا عن باقي العناصر الأخرى(أنظر الجدول الدوري في نهاية الكتاب). تتضمّن سلسلتا اللانثانيدات والأكتنيدات بعض العناصر الأقلّ شيوعًا، وجميعها عبارة عن فلزّات. تُعرف هذه العناصر بأنّها عناصر الفئة "f"، وتسمّى "العناصر الانتقاليّة الداخليّة". وبالتحرّك عبر هاتين السلسلتين من العناصر في الجدول الدوريّ، فإنّ عدد الإلكترونات الموجودة في فلك (s) الخارجيّ (6s، أو 7s) سيبقى اثنين.



الشكل 2-2 (a) عنصر الثوريوم المنقّى. (b) عنصر اليورانيوم المنقّى.

المجموعة f															
مجموعة اللانثانيدات 4f	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
مجموعة الأكتنيدات 5f	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

جميع عناصر اللانثانيدات والأكتنيدات لديها إلكترونان اثنان في الفلك الخارجي (s). لذلك، فإنّها تمتلك خصائص فيزيائيّة وكيميائية متشابهة تمامًا.

هذه العناصر متشابهة إلى حدّ كبير. لذلك، فقد واجه العلماء صعوبة في ابتكار طُرق للتعرّف إلى بعضها بناء على الاختلافات في كتلها الذرّية (انظر **الشكل 2-2**).

أمّا مجموعات فئات العناصر "s" و"p" الموجودة في الجدول الدوريّ، فإنّ عدد المجموعات الموجودة في كلّ فئة على الترتيب (2 و 6 و 10) يتوافق مع الحد الأقصى لعدد الإلكترونات الموجودة في مستويات الطاقة الفرعيّة (s) و(p) و(d). الغريب أننا نلاحظ في كثير من الجداول الدوريّة أنّ عناصر الفئة "f" تحتوي على (15) مجموعة رأسيّة (عموديّة)، أمّا مستوى الطاقة الفرعيّ (f) فيحتوي على (14) إلكترونًا كحدّ أقصى، لأن العنصرين التي تمت تسمية هاتين المجموعتين بناء عليهما (اللانثنيوم La والأكتينيوم Ac) توجد ضمن عناصرهما لذا، تفحّص التوزيع الإلكترونيّ لعنصرَي اللانثنيوم $_{57}La:[Xe]\ 5d^1\ 6s^2$ والأكتينيوم $_{89}Ac:[Rn]\ 6d^1\ 7s^2$ ثمّ أجب بنفسك عن الأسئلة أدناه استنادًا إلى التوزيع الإلكترونيّ لكلّ منهما، وإلى ما ناقشناه سابقًا، بغضّ النظر عن الأساس المنطقيّ لتصنيف الفلزّ بأنه فلزّ انتقاليّ أو أحد الفلزّات الانتقاليّة الداخليّة.

- أيصحُّ تصنيف عنصرَي اللانثنيوم والأكتينيوم بأنّهما من عناصر الفئة "d"، أم إنّهما من عناصر الفئة "f" ؟ وضّح إجابتك.
- ما عنوان المجموعة الذي تقترحه لسلسلة اللانثانيدات والأكتنيدات؟ وضّح إجابتك.

سلسلتا عناصر اللانثانيدات والأكتنيدات

1. يتمّ في الغالب تجاهل عناصر الفئة (f) في معظم المواضيع الكيميائية ، إلّا أن الكثير من الطلاّب، وبخاصةً المتحمّسون علميًا، سيطرحون أسئلة تتعلّق بهذه العناصر. وقد تمّ تصميم نشاط المشاركة هذا ليكون استباقيًا، ويعالج بعض الأسئلة الشائعة.

2. لا يحتاج الطلاّب إلى تصنيف هذه العناصر ووضع عناوين لها لفهم الكيمياء الخاصة بهم. لكن القيام بذلك سوف يساعدهم على فهم الطريقة التي تمّ بها ترتيب العناصر في الجدول الدوري وتنظيمها بشكل كامل.

3. اسأل الطلاّب : هل ينبغي تصنيف عنصري اللانثنيوم والأكتينيوم بأنهما من عناصر الفئة (d) أو من عناصر الفئة (f)؟ وضِّح إجابتك.

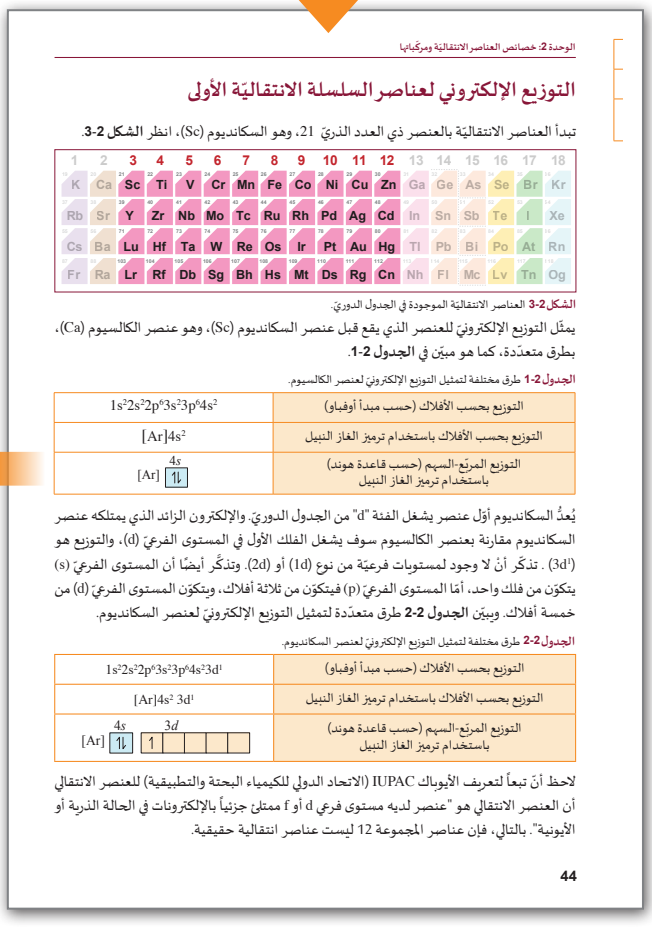
في كثير من الجداول الدورية، تمّ وضع اللانثنيوم La والأكتينيوم Ac بجانب العناصر 14 للفئة (f)، وتركت مواقعهما في الفئة (d) شاغرة من دون رموز. وهذا يعطي الطالب انطباعًا بأنهما من عناصر الفئة (f). اطلب إلى الطلاّب أن يكون التوزيع الإلكتروني لإلكترونات تكافؤها في هيئة s^2d^1، وعليهم أيضًا أن يستنتجوا أن هذه العناصر تنتمي إلى المجموعة (IIIB) من الفئة (d)، وبالتالي فهي تُعدّ من عناصر الفئة (d).

4. اسأل الطلاّب: ما عنوان المجموعة الذي تقترحه لسلسلتي اللانثانيدات والأكتنيدات؟ وضِّح إجابتك.

من الواضح أن السكانديوم موجود في المجموعة الثالثة (IIIB)، ومثله مثل اللانثنيوم La والأكتينيوم Ac، لهذا، فإنَّ التوزيع الإلكتروني لإلكترونات تكافؤ هذه العناصر سيكون في هيئة s^2d^1. وبالتالي، فمن المنطقي أن يستنتج الطلاّب أن اللانثنيوم La والاكتينيوم Ac ينتميان إلى المجموعة الثالثة (IIIB) أيضًا. عناصر اللانثانيدات والاكتيندات هي مجموعات متفرعة من La وAc ، وبالتالي فإن العنوان "المجموعة الثالثة (IIIB)" سيكون هو الأكثر منطقية.

التوزيع الإلكتروني وقاعدة هوند

1. ذكّر الطلاّب بأن طرق التوزيع الإلكتروني المختلفة تزوّدنا بالعديد من المعلومات المختلفة في ما يتعلّق بالبصمة الكميّة للإلكترونات. ويتم اختيار التوزيع الإلكتروني المناسب حسب المعلومات اللازمة لشرح الإلكترونات أو توقع سلوكها.
2. إن كتابة التوزيع الإلكتروني باستخدام ترميز الغاز النبيل الرئيس يجعل عملية التركيز على إلكترونات التكافؤ سريعة ومفيدة.
3. اطلب إلى الطلاّب إجراء مناقشة بمجموعات ثنائية حول ما إذا كان السكانديوم والخارصين عنصرين انتقاليين، مع توضيح إجاباتهم. **من المعروف أن العناصر الإنتقالية لديها توزيع إلكتروني ينتهي بالمستوى الفرعي (d) غير ممتلىء كليًا في الحالة الذرية أو في أي من حالات تأكسده. لذلك فإن كلا العنصرين عبارة عن فلزين يتبعان الفئة (d) ولا يتبعا مفهوم العنصر الانتقالي بشكل كامل، ولكن كليهما يمتلكان إلكترونات تكافؤ موجودة في الفلك (d). فلعنصر السكانديوم إلكتروناً واحداً في المستوى الفرعي (d) ويكوّن أيون واحد فقط (Sc^{3+}) يحتوي مستوى فرعي (d) فارغ. أما عنصر الخارصين فالمستوى الفرعي (d) الأخير ممتلىء كلياً بالالكترونات .**
4. ذكّر الطلاّب بقاعدة هوند، واطلب إليهم كتابة التوزيع الإلكتروني بحسب قاعدة هوند بترميز (المربع-السهم) للعناصر الانتقالية من السكانديوم إلى الخارصين، باستثناء الكروم والنحاس. يمكنك كتابة التوزيع الإلكتروني بترميز الغاز النبيل للعنصر الأول كمثال على السبّورة.
5. عندما يكمل الطلاّب مهماتهم، أكتب التوزيع الإلكتروني بحسب قاعدة هوند بترميز (المربع-السهم) والغاز النبيل لكلٍّ من الكروم والنحاس أيضًا.



الوحدة 2: خصائص العناصر الانتقالية ومركّباتها

التوزيع الإلكتروني لعناصر السلسلة الانتقاليّة الأولى

تبدأ العناصر الانتقاليّة بالعنصر ذي العدد الذريّ 21، وهو السكانديوم (Sc)، انظر **الشكل 2-3**.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

الشكل 2-3 العناصر الانتقالية الموجودة في الجدول الدوريّ.

يمثّل التوزيع الإلكترونيّ للعنصر الذي يقع قبل عنصر السكانديوم (Sc)، وهو عنصر الكالسيوم (Ca)، بطرق متعدّدة، كما هو مبيّن في **الجدول 2-1**.

الجدول 2-1 طرق مختلفة لتمثيل التوزيع الإلكترونيّ لعنصر الكالسيوم.

التوزيع بحسب الأفلاك (حسب مبدأ أوفباو)	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$
التوزيع بحسب الأفلاك باستخدام ترميز الغاز النبيل	$[Ar]4s^2$
التوزيع المربّع-السهم (حسب قاعدة هوند) باستخدام ترميز الغاز النبيل	[Ar] 4s ↑↓

يُعدُّ السكانديوم أوّل عنصر يشغل الفئة "d" من الجدول الدوريّ. والإلكترون الزائد الذي يمتلكه عنصر السكانديوم مقارنة بعنصر الكالسيوم سوف يشغل الفلك الأول في المستوى الفرعيّ (d)، والتوزيع هو ($3d^1$) . تذكّر أنّ لا وجود لمستويات فرعيّة من نوع (1d) أو (2d). وتذكّر أيضًا أن المستوى الفرعيّ (s) يتكوّن من فلك واحد، أمّا المستوى الفرعيّ (p) فيتكوّن من ثلاثة أفلاك، ويتكوّن المستوى الفرعيّ (d) من خمسة أفلاك. ويبيّن **الجدول 2-2** طرق متعدّدة لتمثيل التوزيع الإلكترونيّ لعنصر السكانديوم.

الجدول 2-2 طرق مختلفة لتمثيل التوزيع الإلكترونيّ لعنصر السكانديوم.

التوزيع بحسب الأفلاك (حسب مبدأ أوفباو)	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$
التوزيع بحسب الأفلاك باستخدام ترميز الغاز النبيل	$[Ar]4s^2\ 3d^1$
التوزيع المربّع-السهم (حسب قاعدة هوند) باستخدام ترميز الغاز النبيل	[Ar] 4s ↑↓ 3d 1

لاحظ أنّ تبعاً لتعريف الأيوباك IUPAC (الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية) للعنصر الانتقالي أن العنصر الانتقالي هو "عنصر لديه مستوى فرعي d أو f ممتلئ جزئياً بالإلكترونات في الحالة الذرية أو الأيونية". بالتالي، فإن عناصر المجموعة 12 ليست عناصر انتقالية حقيقية.

تطبيق قاعدة هوند

تنص **قاعدة هوند Hund's rule** على أنّ:

- الإزدواج بين إلكترونين في فلك من أفلاك مستوى فرعيّ لا يحدث إلا بعد أن تُشغل أفلاكه فُرادى أوّلًا.
- كلّ إلكترون موجود في فلك مشغول بشكل منفرد يمتلك الغزل نفسه (نفس إتجاه الدوران).

باستخدام قاعدة هوند، يمكننا توقّع ملء المستويات الفرعيّة (4s) و (3d) لعناصر السلسلة الانتقاليّة الأولى بحسب **الجدول 2-3**.

الجدول 2-3 التوزيع الإلكتروني المتوقع لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى.

العنصر	التوزيع الإلكتروني المتوقع			العنصر	التوزيع الإلكتروني المتوقع		
	الغاز النبيل	4s	3d		الغاز النبيل	4s	3d
$_{21}Sc$	[Ar]	↑↓	1	$_{26}Fe$	[Ar]	↑↓	↑↓ 1 1 1 1
$_{22}Ti$	[Ar]	↑↓	1 1	$_{27}Co$	[Ar]	↑↓	↑↓ ↑↓ 1 1 1
$_{23}V$	[Ar]	↑↓	1 1 1	$_{28}Ni$	[Ar]	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓ 1
$_{24}Cr$	[Ar]	↑↓	1 1 1 1 1	$_{29}Cu$	[Ar]	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ 1
$_{25}Mn$	[Ar]	↑↓	1 1 1 1 1	$_{30}Zn$	[Ar]	↑↓	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓

تمتلك ثمانية من عناصر السلسلة الانتقاليّة الأولى العشر توزيع إلكتروني مطابق لتوقّعات قاعدة هوند، أمّا العنصران الأخران فلا يتبعان هذه القاعدة، وهما الكروم والنحاس (انظر **الجدول 2-4**).

الجدول 2-4 التوزيع الإلكتروني الفعلي لعنصري الكروم، والنحاس.

العنصر	التوزيع الإلكترونيّ الفعلي		
	الغاز النبيل	(4s)	(3d)
$_{24}Cr$	[Ar]	1	1 1 1 1 1
$_{29}Cu$	[Ar]	1	↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓ ↑↓

سوف نبيّن السبب لعدم اتباع عنصريّ النحاس والكروم قاعدة هوند، بعد أن نلقي نظرة عن قرب على الفلزّات التي تتبع قاعدة هوند: هنالك علاقة وطيدة بين موقع العنصر في الجدول الدوريّ وتوزيعه الإلكترونيّ. وكما شاهدنا من قبل مع العناصر الأخرى، فإنّ العناصر الانتقاليّة تتبع النمط الموجود في الجدول الدوريّ.

شرح التوزيع الإلكتروني لكل من الكروم والنَحاس

هناك 10 عناصر انتقالية فقط في السلسلة الأولى. وهذا النشاط الاستكشافي يساعد الطلاّب على اختبار فهمهم لتوقّع التوزيع الإلكتروني بشكل أفضل لعناصر الفئة (d) بشكل عام.

1. ما العناصر الإنتقالية في السلسلة الثانية والسلسلة الثالثة التي تمتلك توزيعًا إلكترونيًا يختلف عمّا يمكن توقعه عند استخدام قاعدة هوند بدقّة؟

السلسلة الثانية: Nb, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag

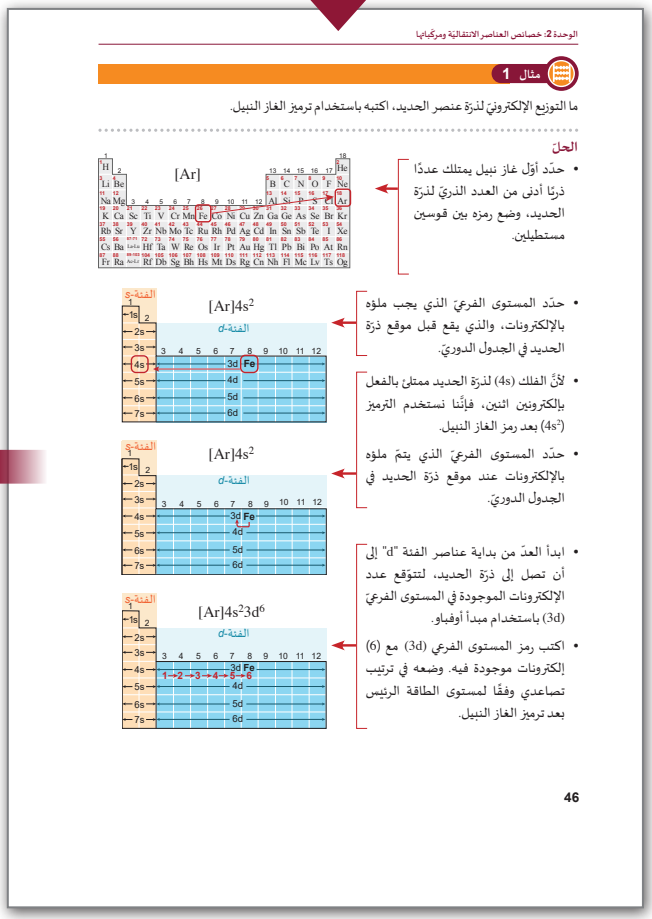
السلسلة الثالثة: Pt, Au

2. أيٌّ من هذه العناصر يمكن تفسيره باستخدام عملية التماثل؟

على الرغم من أن مفهوم التوزيع المتماثل للإلكترونات لا ينطبق بشكل كامل على عناصر الفئة (d)، إلّا أن النظرة الأولية للإلكترونات في هذا المحتوى ستساعد الطالب على فهم التوزيعات الإستثنائية أوّلاً، وربط فهمهم هذا بنظرية VSPER.

Nb: التوزيع الإلكتروني المتوقّع هو s^2d^3، والتوزيع الإلكتروني الفعليَ هو s^1d^4

قد يكون امتلاكها فلكًا فارغًا، وخمسة أفلاك نصف ممتلئة أكثر تماثلًا.



الوحدة 2: خصائص العناصر الانتقالية ومركباتها

مثال 1

ما التوزيع الإلكترونيّ لذرّة عنصر الحديد، اكتبه باستخدام ترميز الغاز النبيل.

الحل

- حدّد أوّل غاز نبيل يمتلك عددًا ذرّيًا أدنى من العدد الذريّ لذرّة الحديد، وضع رمزه بين قوسين مستطيلين.

[Ar]

- حدّد المستوى الفرعيّ الذي يجب ملؤه بالإلكترونات، والذي يقع قبل موقع ذرة الحديد في الجدول الدوريّ.

[Ar]4s²

الفئة-s — الفئة-d — 3d Fe — 4s

- لأنّ الفلك (4s) لذرّة الحديد ممتلئ بالفعل بإلكترونين اثنين، فإنّنا نستخدم الترميز ($4s^2$) بعد رمز الغاز النبيل.
- حدّد المستوى الفرعيّ الذي يتمّ ملؤه بالإلكترونات عند موقع ذرّة الحديد في الجدول الدوريّ.

[Ar]4s²

الفئة-s — الفئة-d — 3d Fe — 4s

- ابدأ العدّ من بداية عناصر الفئة "d" إلى أن تصل إلى ذرّة الحديد، لتتوقّع عدد الإلكترونات الموجودة في المستوى الفرعيّ (3d) باستخدام مبدأ أوفباو.
- اكتب رمز المستوى الفرعي (3d) مع (6) إلكترونات موجودة فيه. وضعه في ترتيب تصاعدي وفقًا لمستوى الطاقة الرئيس بعد ترميز الغاز النبيل.

[Ar]4s²3d⁶

الفئة-s — الفئة-d — 3d Fe — 4s — 1→2→3→4→5→6

46

الدرس 2-1: التوزيع الإلكتروني وخصائص عناصر السلسلة الانتقالية الأولى

توضيح التوزيع الإلكترونيّ لكلّ من الكروم والنحاس

لا يتبع التوزيع الإلكترونيّ لكلّ من الكروم والنحاس ما تتوقّعه من استخدام قاعدة هوند (انظر **الجدول 2-5**)، فهذا ليس نتيجة استثناءات لقاعدة هوند. حيث أن هذه القاعدة هي النمط الأكثر شيوعًا لقاعدة ميكانيكا الكمّ.

تنصّ قاعدة الكمّ على الآتي: عندما تكون الذرّة في المستوى الاعتياديّ، تشغل الإلكترونات الأفلاك الأقل طاقة، بحيث تعطي الذرّة توزيعًا إلكترونيًا ذا طاقة كليّة هي الأدنى وتصبح أكثر استقرارًا. إضافة الى ذلك، تكون الذرّة ذات طاقة كليّة في حدّها الأدنى، عندما تكون الأفلاك ممتلئة بشكل كامل أو نصف ممتلئة أو فارغة.

الجدول 2-5 التوزيع الإلكترونيّ المتوقع مقابل التوزيع الإلكترونيّ الفعليّ لكلّ من الكروم والنحاس.

العنصر	المتوقع			الفعلي		
	الغاز النبيل	4s	3d	الغاز النبيل	4s	3d
$_{24}Cr$	[Ar]	↿⇂	↿ ↿ ↿ ↿ ↿	[Ar]	↿	↿ ↿ ↿ ↿ ↿
$_{29}Cu$	[Ar]	↿⇂	↿⇂ ↿⇂ ↿⇂ ↿⇂ ↿⇂	[Ar]	↿⇂	↿⇂ ↿⇂ ↿⇂ ↿⇂ ↿⇂

تبيّن حسابات طاقة الكمّ أنّ التوزيع $[Ar]4s^13d^5$ بالنسبة إلى الكروم يُعدّ أقل طاقة وأكثر إستقرارًا من التوزيع $[Ar]\ 4s^23d^4$. وبشكل مماثل بالنسبة إلى النحاس، فإنّ التوزيع $[Ar]4s^13d^{10}$ يُعدّ أقلّ طاقة وأكثر إستقرارًا من التوزيع $[Ar]\ 4s^23d^9$.

يتمّ تفسير الاختلافات في الطاقة بشكل جزئيّ من خلال عمليّة التماثل (التشابه في عدد الإلكترونات التي تملأ الأفلاك). لذا، قارنْ بين التوزيع الإلكترونيّ المتوقّع والتوزيع الإلكترونيّ الفعليّ الموجودَيْن في **الجدول 2-5**. يمتلك الكروم ستة أفلاك خارجيّة نصف ممتلئة وهذا يعطي التوزيع الإلكترونيّ لذرّة الكروم الطاقة الأدنى. وبالتالي تكون أكثر استقراراً. أما النحاس، فيمتلك أفلاك (d) ممتلئة كليًّا، وفلك (s) الخارجي نصف ممتلئ، مما يعطي التوزيع الإلكتروني لذرة النحاس الطاقة الأدنى وبالتالي تكون أكثر استقراراً.

يميل التوزيع ذو النمط الأكثر تماثلًا ($4s^13d^5$) إلى امتلاك طاقة كليّة أقلّ من النمط الأقلّ تماثلًا ($4s^23d^4$)، لأنّ الإلكترون يفزل حول محور في واحد من اتجاهين مختلفين . وهذا يفسّر التوزيع الإلكتروني لعناصر السلسلة الانتقاليّة الأولى، أما بالنسبة إلى عناصر السلسلة الانتقاليّة الثانية والثالثة والرابعة فإن ذلك يصبح أكثر تعقيداً. في بعض الأحيان تُرجّح عوامل ميكانيكا الكمّ عامل التماثل بالنسبة إلى هذه العناصر، ولا تجد لها نمطًا بسيطًا.

تذكّر أن النماذج لا يُتوقّع منها في العادة تفسير الطبيعة الفعليّة والكاملة للنظام. وفي الواقع، فقد تمّ تصميم النماذج لجعل عمليّة توقّع السلوكيّات أسهل مما ستكون عليه بدون استخدام هذه النماذج.

ما عناصر السلسلة الانتقاليّة التي تمتلك توزيعًا الكترونيًا يختلف عمّا يمكن توقّعه عند استخدام قاعدة هوند بدقّة؟ أهي عناصر السلسلة الانتقاليّة الثانية أم الثالثة؟

أيٌّ من هذه العناصر يمكن تفسيره باستخدام عمليّة التماثل؟

هل يمكن ملاحظة نمط معيّن بالنسبة إلى العناصر الانتقاليّة التي تمتلك توزيعًا إلكترونيًا شاذًّا عن القاعدة؟

47

شرح التوزيع الإلكتروني لكلٍّ من الكروم والنَحاس-تابع

Mo: التوزيع الإلكتروني المتوقّع = s^2d^4، والتوزيع الإلكتروني الفعليَ = s^1d^5
تكون الأفلاك الستة الممتلئة إلى النصف جميعها أكثر تماثلًا.

Ru: التوزيع الإلكتروني المتوقّع = s^2d^6، والتوزيع الإلكتروني الفعليَ = s^1d^7
ليست أكثر تمّاثلًا بشكل واضح.

Rh: التوزيع الإلكتروني المتوقّع = s^2d^7، والتوزيع الإلكتروني الفعليَ = s^1d^8
ليست أكثر تمّاثلًا بشكل واضح.

Pd: التوزيع الإلكتروني المتوقّع = s^2d^8، والتوزيع الإلكتروني الفعليَ = s^1d^9
ليست أكثر تمّاثلًا بشكل واضح.

Ag: التوزيع الإلكتروني المتوقّع = s^2d^9، والتوزيع الإلكتروني الفعليَ = s^1d^{10}
قد يكون امتلاكها الفلك الفرعي الممتلئ d أكثر تمّاثلًا.

Pt: مثل Pd

Au: مثل Ag

3. هل يمكن ملاحظة نمط معيّن للعناصر الانتقالية التي تمتلك توزيعًا إلكترونيًا شاذاً عن القاعدة؟
لا يوجد نمط معيّن للعناصر الانتقالية بإستثناء ذلك للعناصر الثلاثة الأولى فقط، والموجودة في المجموعة 11 (IB)، فلكل منها توزيع إلكتروني متوقّع هو s^2d^9، وتوزيع إلكتروني فعلي هو s^1d^{10}. اذكر للطلاب المهتمّين، أن العنصر الرابع الموجود في هذه المجموعة هو الرونتيغينيوم Rg، والذي يظنُّ أن له توزيعًا إلكترونيًا مساويًا لما هو متوقَّع، وهو (s^2d^9).

الخصائص المميَّزة لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى

يؤكِّد هذا السؤال الاستكشافي للطلاب الحاجة إلى استخدام الأرقام الرومانية في الأسماء المستخدمة بحسب قوانين IUPAC لكثير من المركّبات؛ لتمييزها من المركّبات الأخرى.

1. اسأل الطالب: ما عدد الأكاسيد المختلفة التي يمكن أن يكوّنها عنصر المنجنيز نظريًا؟

للمنجنيز 5 حالات تأكسد موجبة هي (2+، و3+، 4+، و6+، و7+). وبالتالي، فإنّ بالإمكان تكوين خمسة أكاسيد نظريًا:

1) أكسيد المنجنيز (II)، MnO

2) أكسيد المنجنيز (III)، Mn_2O_3

3) أكسيد المنجنيز (IV)، MnO_2، والذي يعرف باسم ثاني أكسيد المنجنيز. وهو مكوّن لبعض الأسمدة، ويستخدم أيضًا كعامل حفّاز؛ لبعض التفاعلات، إضافة إلى استخدامه في إنتاج كثير من المنتجات، مثل الدهانات، والزجاج، والخزف.

4) أكسيد المنجنيز (VI)، MnO_3 وهو من المركّبات النادرة.

5) أكسيد المنجنيز (VII)، Mn_2O_7، ويعرف باسم سابع أكسيد المنجنيز، وهو مركّب يكون سائلًا عند درجة حرارة الغرفة وقابلًا للانفجار!

6) ذكر الطلاب أن حالات التأكسد جميعها من 3+ إلى 7+ تمّت ملاحظتها في المنجنيز، على الرغم من أن بعضها قد تمّت ملاحظتها تحت ظروف نموذجيَة قياسية.

الوحدة 2: خصائص العناصر الانتقاليّة ومركباتها

الخصائص المميزة لعناصر السلسلة الانتقاليّة الأولى

حالات التأكسد

إنّ الاختلافات في الطاقة بين فلك (s) وأفلاك (d) ضئيلة جدًا في العناصر الانتقاليّة. لهذا السبب تُكوّن هذه العناصر حالات تأكسد متعدّدة ذات شحنات موجبة (انظر **الجدول 2-6**). حيث تترتب الإلكترونات بالحد الأدنى من الطاقة اعتماداً على خصائص العنصر الآخر في الرابطة الكيميائية. وهذا سبب آخر لتعدد حالات التأكسد الموجبة. وهذا يختلف عن العناصر الفلزية واللافلزية من الفئة "p" والتي تميل إلى أن يكون لدى بعضها حالة تأكسد واحدة شائعة أو أكثر لتكوين أيونات.

الجدول 2-6 حالات التأكسد الشائعة لعناصر السلسلة الانتقاليّة الأولى.

Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
+3	+2 +3 +4	+2 +3 +4، +5	+2 +3 +4، +6	+2 +3، +4 +6، +7	+2 +3	+2 +3	+2 +3	+1 +2	+2

عندما تُكوّن العناصر الانتقاليّة أيونات ذات شحنة موجبة، فإنّ أوّل الإلكترونات ستفقد من المستوى الفرعي (4s). فعلى سبيل المثال: عندما تفقد ذرّة حديد من توزيعها الإلكترونيّ $[Ar]\ 4s^2 3d^6$ إلكترونين لتكوين أيون (Fe^{2+})، ستتمّ إزالة كلا الإلكترونين من المستوى الفرعيّ (4s).

عندما تفقد ذرّة حديد ثلاثة إلكترونات، فإنّها تفقد أوّلًا إلكترونين من المستوى الفرعيّ (4s)، ثمّ تفقد الإلكترون الثالث من المستوى الفرعيّ (3d) (انظر **الجدول 2-7**).

نتيجة لتكوين العناصر الانتقاليّة لحالات تأكسد متعدّدة ذات شحنة موجبة، يمكن لهذه الفلزّات أن تتحد بنسب مختلفة مع أيونات سالبة أو جسيمات ذات حالة تأكسد سالبة مكونة مركبات مختلفة.

الجدول 2-7 التوزيع الإلكتروني لعنصر الحديد وبعض أيوناته.

الذرّة/الأيون	التوزيع الإلكترونيّ
Fe	$[Ar]\ 4s^2 3d^6$
Fe^{2+}	$[Ar]\ 4s^0 3d^6$
Fe^{3+}	$[Ar]\ 4s^0 3d^5$

يبيّن **الجدول (2-8)** بعض الأمثلة على أكاسيد مستقرة تكوّنت من الكروم والحديد وسيتم شرح كيفية تكون هذه الأيونات صفحة56.

الجدول 2-8 أكاسيد الكروم والحديد المستقرة.

الأيون	المُركّب
Cr^{2+}	CrO
Cr^{3+}	Cr_2O_3
Cr^{4+}	CrO_2
Cr^{6+}	CrO_3
Fe^{2+}	FeO
Fe^{3+}	Fe_2O_3

وهي مُركّبات مستقرة ولكن ليس كل حالات تأكسد العناصر الإنتقالية تكوّن مُركّبات مستقرة.

ما عدد الأكاسيد المختلفة التي يمكن أن يكوّنها عنصر المنجنيز نظريًا؟

48

البلّورات والمحاليل المائية المُلوّنة

1. أحضر للطالب بعض البلّورات والمحاليل المائية المُلوّنة لبعض العناصر الانتقالية على أنها أمثلة توضيحية. وعزّز مفهوم انفصال أفلاك d الموجودة في مجال الليجند، بتكليف الطلاّب التفكير برسم بعض الأشكال التي تشرح الطرائق الأخرى التي يمكن أن تنفصل بها أفلاك d نظريًا.

2. ناقش النقاط الآتية:

- لا تتمّ ملاحظة مجموعات الأفلاك المنفصلة جميعها، فبعض المجموعات الشائعة التي تكون مرتبطة بالأشكال الهندسية لمعقّداتها موجودة في الصفحة التالية. وهي ليست جزءًا من المعايير، ولكنها وُضعت هنا للطلاب الفائقين فقط.
- الجزم بأن عملية الانفصال تتأثر بنوع الليجند وعدد هذه الليجندات.
- يمكن لنوعين مختلفين من الليجندات أن تُحدثا نمط انفصال مشابهًا، ولكن الاختلاف في الطاقة بين الأفلاك المنفصلة والأفلاك الأصلية المنفصلة سيكون مختلفًا.

3. عند حدوث عملية الانفصال، يمكن أن تصبح بعض الأفلاك أقلّ طاقة ونشاطًا من الأفلاك الأساسيّة المنفصلة **الشكل 2-5**.

يمكن عقد جلسة مناقشة التكامل مع مادة الفيزياء عند هذه النقطة؛ وذلك لسؤال الطلبة عمّا يتذكرونه من مناهج الفيزياء في ما يتعلّق بامتصاص الضوء وانعكاسه.

حدّد بعد المناقشة، الألوان التي يتمّ امتصاصها في المواد الكيميائية المختلفة، والألوان التي تنعكس.

الدرس 2-1: التوزيع الإلكتروني وخصائص عناصر السلسلة الانتقالية الأولى

الخصائص المميّزة لعناصر السلسلة الانتقاليّة الأولى

البلّورات والمحاليل المائية الملونة

الخاصية الشائعة المُلاحظة للكثير من العناصر الانتقاليّة هي أنّ البلّورات والمحاليل المائيّة التي تحتوي على أيونات هذه الفلزّات تكون في الغالب ملوّنة (انظر **الشكل 2-4**).

الألوان المختلفة والملاحظة في أيونات الفلزّ الانتقاليّ في بلّوراته أو محاليله، تعود إلى أفلاك (d) الممتلئة بشكل جزئيّ لهذه الأيونات حيث تنخفض طاقات أفلاك (d) الخمسة بشكل طبيعيّ، وهذا يعني أن الأفلاك جميعها لديها الطاقة نفسها. ومع ذلك، فعندما ترتبط أيونات الفلزّ الانتقاليّ بجسيمات أخرى، تُسمّى **ليجندات Ligands**، تحدث عمليّة «انفصال» في أفلاك (d) مما يؤدي لاختلاف في طاقاتها.

الليجندات هي جزيئات أو أيونات سالبة ترتبط بشكل مباشر بأيون فلزّ مركزيّ ذي شحنة موجبة.

عند تكوين الروابط مع الليجندات، تصبح بعض أفلاك (d) أكثر طاقة من الأفلاك الأخرى، حيث تختلف الطريقة التي تنفصل بها أفلاك (d) حسب نوع الليجندات التي ترتبط بأيون الفلزّ المركزيّ. ويوضّح (**الشكل 5-2**) أحد الأمثلة على الكيفيّة التي يمكن أن تنفصل بها أفلاك (d) في طاقتها.

ويمكن تفسير تكوّن ألوان مركبات العناصر الانتقالية كما يلي:

يتمّ امتصاص فوتونات لها طاقة محدّدة (طاقة لون محدّد) من قبل إلكترونات أفلاك المستوى (d)، والتي تقفز من أفلاك ذات طاقة منخفضة إلى أفلاك ذات طاقة مرتفعة. عمليّة انفصال أفلاك (d) تجعل الاختلافات في الطاقة ضمن مدى طاقة الضوء المرئيّ. لذلك فإنّ امتصاص ألوان محدّدة ومعيّنة من الضوء يؤدّي إلى ظهور الأيون بلون مميز متمم للون الممتص. وعلى سبيل المثال، سيبدو مركّب كبريتات النحاس أزرق اللون، لأنّ الألوان المكمّلة الحمراء والخضراء سيتم إمتصاصها من الضوء الأبيض (**الشكل 2-6**).

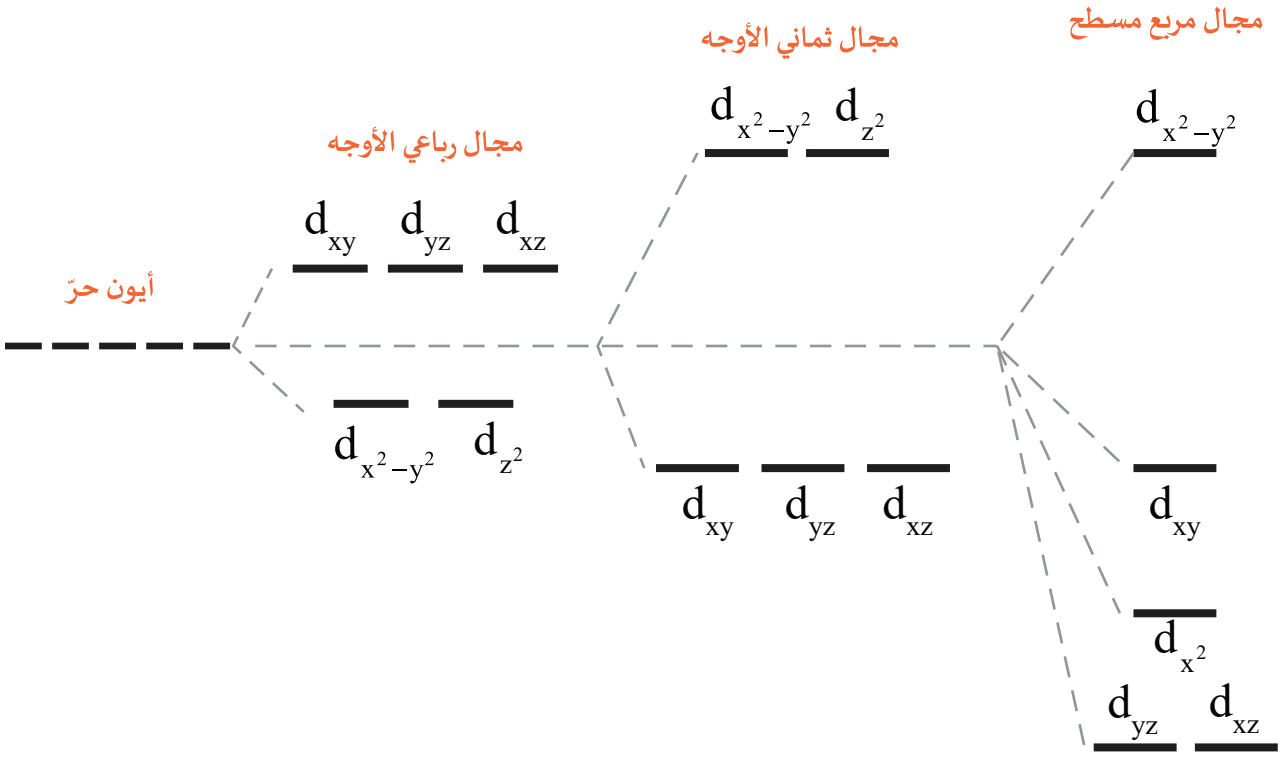
الشكل 2-4 (a) بلورات، (b) محاليل تحتوي على أيونات عناصر انتقاليّة.

الشكل 2-5 عمليّة «انفصال» أفلاك (d) لذرة مرتبطة.

الشكل 2-6 مركب كبريتات النحاس $CuSO_4$ أزرق اللون

49

مستويات الطاقة لأفلاك-d الموجودة في المركّبات ذات الأشكال الفراغية الشائعة



1-2 العناصر الانتقالية: التوزيع الإلكتروني والخصائص

الإجابات/ عيّنة بيانات

المواد المطلوبة: جدول دوري يحتوي على التوزيع الإلكتروني، عيّنات لبلّورات أو محاليل مائية، بعضها يحتوي على أيونات فلزّ انتقالي، وبعضها الآخر لا يحتوي على هذه الأيونات.

1. يمكن تقسيم هذا النشاط إلى جزءين: ينفّذ الجزء الأول المهمَّتين 1 و4، وينفّذ من الجزء الثاني المهمَّتين 2 و 3. ويمكن تنفيذ المهمَّتين 1 و 4 بشكل منفصل، أو يمكن تنفيذهما في المنزل، على أن تُنفَّذ المهمَّتان 2 و3 ضمن مجموعات صغيرة تتكوّن الواحدة منها من 3 طلاب على الأقلّ يتعاونون فيما بينهم.

تتمّ كتابة عيّنات الإجابات من كل مهمة في أماكنها المخصّصة لها.

المهمّة 1

ما العناصر التي لا تُظهر توزيعًا إلكترونيًا متوقعًا؟

قدّم تفسيرًا منطقيًا ومعقولًا لكلّ حالة شاذّة عن القاعدة.

الكروم والنحاس كلاهما لا يُظهرا توزيعًا إلكترونيًا متوقّعًا، واستنادًا إلى قاعدة الكمّ، فإنّ الإلكترونات تشغل الحالات التي لها مستوى الطاقة الأقلّ.

في الكروم، يعمل التوزيع المتماثل للإلكترونات على خفض الطاقة من خلال تقليل التنافر بين الإلكترونات.
أما في النحاس، وعندما يكون فلك d ممتلئًا بشكل كامل، يكون مستوى الطاقة أقلّ ممّا هو عليه عندما تكون هنالك 9 إلكترونات في فلك d.

الوحدة 2: خصائص العناصر الانتقالية ومركباتها

1-2 العناصر الانتقاليّة: التوزيع الإلكتروني والخصائص

سؤال الاستقصاء	هل تمتلك العناصر الانتقاليّة خصائص مميّزة وفريدة من نوعها، بما يُمكّن من استخدام هذه الخصائص للتمييز بينها وبين العناصر الأخرى؟
المواد المطلوبة	جدول دوريّ يحتوي على التوزيع الإلكتروني، عيّنات لبلّورات أو محاليل مائيّة بعضها يحتوي على أيونات فلزّ انتقاليّ، وبعضها لا يحتوي على هذه الأيونات.

الإجراءات

1. باستخدام قاعدة هوند والجدول الدوري:
   - اكتب التوزيع الإلكتروني لعناصر السلسلة الانتقاليّة الأولى.
   - قارن بين التوزيع الإلكتروني المتوقّع والتوزيع الإلكتروني الفعلي.
   - ما العناصر التي لا تُظهر توزيعًا إلكترونيًا متوقّعًا؟
   - قدّم تفسيرًا منطقيًا ومعقولًا لكلّ حالة شاذّة عن القاعدة.
2. أُعطيت مجموعة من المحاليل المائيّة والبلّورات:
   - أيٌّ منها يحتوي على أيونات عنصر انتقاليّ؟ برّر سبب اختيارك.
3. أُعطيت بلّورات، وصيغًا كيميائيّة لمركّبين، وعيّنة فلزّية واحدة لكلّ من الفناديوم والكروم والمنجنيز والحديد:
   - صنّف ألوان البلّورات في هيئة جدول.
   - ما الذي تستنتجه من الألوان التي تنقلها أيونات العنصر الانتقاليّ إلى بلّوراتها.
   - حدّد حالات التأكسد لكلّ عنصر انتقاليّ موجود في كلّ بلورة.
   - أجرِ بحثًا عن قيم الكثافة وقيم درجات الانصهار لكلّ من هذه البلّورات، ولخّص هذه الخصائص.
   - أجرِ بحثًا عن قيم الكثافة وقيم درجات الانصهار لمركبات مشابهة تحتوي على صوديوم وكالسيوم.
   - قارن بين خصائص مُركّبات العنصر الانتقاليّ وخصائص مُركّبات الصوديوم والكالسيوم التي تمّ إجراء بحث عنها، وأصدر تعميمًا إذا أمكن ذلك.
4. باستخدام التوزيع الإلكتروني الفعلي لعناصر السلسلة الانتقاليّة الأولى:
   - اقترح حالات تأكسد منطقية ومعقولة لكلّ عنصر.
   - قدّم تفسيرًا منطقيًا ومعقولًا يوضّح السبب الذي يؤدّي إلى تكوّن كلّ حالة تأكسد مقترحة.

50

العنصر	التوزيع الإلكتروني المتوقع		
	الغاز النبيل الرئيس	4s	3d
Sc	[Ar]	↿⇂	1
Ti	[Ar]	↿⇂	1 1
V	[Ar]	↿⇂	1 1 1
Cr	[Ar]	↿⇂	1 1 1 1
Mn	[Ar]	↿⇂	1 1 1 1 1
Fe	[Ar]	↿⇂	↿⇂ 1 1 1 1
Co	[Ar]	↿⇂	↿⇂ ↿⇂ 1 1 1
Ni	[Ar]	↿⇂	↿⇂ ↿⇂ ↿⇂ 1 1
Cu	[Ar]	↿⇂	↿⇂ ↿⇂ ↿⇂ ↿⇂ 1
Zn	[Ar]	↿⇂	↿⇂ ↿⇂ ↿⇂ ↿⇂ ↿⇂

العنصر	التوزيع الإلكتروني الفعلي		
	الغاز النبيل الرئيس	4s	3d
Sc	[Ar]	↿⇂	↿ ☐ ☐ ☐ ☐
Ti	[Ar]	↿⇂	↿ ↿ ☐ ☐ ☐
V	[Ar]	↿⇂	↿ ↿ ↿ ☐ ☐
Cr	[Ar]	↿	↿ ↿ ↿ ↿ ↿
Mn	[Ar]	↿⇂	↿ ↿ ↿ ↿ ↿
Fe	[Ar]	↿⇂	↿⇂ ↿ ↿ ↿ ↿
Co	[Ar]	↿⇂	↿⇂ ↿⇂ ↿ ↿ ↿
Ni	[Ar]	↿⇂	↿⇂ ↿⇂ ↿⇂ ↿ ↿
Cu	[Ar]	↿	↿⇂ ↿⇂ ↿⇂ ↿⇂ ↿⇂
Zn	[Ar]	↿⇂	↿⇂ ↿⇂ ↿⇂ ↿⇂ ↿⇂

المهمّة 2

جهّز 10 زجاجات في الغرفة الصفية تحتوي على محاليل مائية، وبلّورات تحتوي بعضها على مركّبات لعناصر انتقالية. بعض هذه المركّبات الشائعة مذكورة أدناه، ويمكنك أيضًا عرض صُوَر على السبّورة إذا لم تكن هذه المركّبات متوافرة. ويعتمد مفتاح الإجابة على ترتيب المواد الكيميائية المقترحة.

المواد الكيميائية المقترحة: 1) $CuSO_{4(s)}$، 2) $NaCl_{(s)}$، 3) $Cr_2O_{3(s)}$، 4) $K_2Cr_2O_{7(s)}$، 5) $FeCl_{3(aq)}$، 6) $Ni(NO_3)_{2(aq)}$، 7) حمض HCl مخفّف، 8) $KMnO_{4(aq)}$، 9) H_2O، 10) $CoCl_{2(aq)}$.

رقم الزجاجة	المادة	هل تحتوي على أيون عنصر انتقالي؟	السبب
1	$CuSO_{4(s)}$	نعم	لأن البلّورات مُلوّنة
2	$NaCl_{(s)}$	لا	لأن البلّورات بيضاء اللون
3	$Cr_2O_{3(s)}$	نعم	لأن البلّورات مُلوّنة
4	$K_2Cr_2O_{7(s)}$	نعم	لأن البلّورات مُلوّنة
5	$FeCl_{3(aq)}$	نعم	لأنه يشكّل محلولًا ملوّنًا
6	$Ni(NO_3)_{2(aq)}$	نعم	لأنه يشكّل محلولًا ملوّنًا
7	حمض HCl المخفّف	لا	لأن المحلول شفاف
8	$KMnO_{4(aq)}$	نعم	لأنه يشكل محلولًا ملوّنًا
9	H_2O	لا	لأن الماء سائل شفاف
10	$CoCl_{2(aq)}$	نعم	لأنه يشكّل محلولاً ملوّنًا

المهمّة 3

جهّز اثنتي عشر زجاجة، وعنونها بالأسماء والصيغ الكيميائية الآتية:

1) بلّورات الفناديوم، 2) بلّورات الكروم، 3) بلّورات المنجنيز، 4) بلّورات الحديد،

5) $V_2O_{5(s)}$، 6) $VC\ell_{3(s)}$، 7) $Cr_2O_{3(s)}$، 8) $Cr_2(SO_4)_{3(s)}$، 9) $MnO_{(s)}$،

10) $MnCO_{3(s)}$، 11) $FeC\ell_{2(aq)}$، 12) $FeSO_{4(s)}$.

فإذا تعذّر وجود أيّ من هذه المواد الكيميائية في المختبر، فإنّ عرض صورة له تحمل صيغته الكيميائية سيكون كافيًا.

اسم العينة	اللون	حالة التأكسد للعنصر الانتقالي	الكثافة g/cm^3	درجة الانصهار ^oC
بلّورات الفناديوم	فضي/رمادي	0	6.11	1910
بلّورات الكروم	فضي/رمادي	0	7.19	1907
بلّورات المنجنيز	فضي/رمادي	0	7.21	1246
بلّورات الحديد	فضي/رمادي	0	7.87	1538
$V_2O_{5(s)}$	أصفر	+5	3.36	690
$VC\ell_{3(s)}$	بنفسجي	+3	3.00	300 <
$Cr_2O_{3(s)}$	اخضر	+3	5.22	2435
$Cr_2(SO_4)_{3(s)}$	أرجواني	+3	3.1	90
$MnO_{(s)}$	أبيض	+2	5.43	1945
$MnCO_{3(s)}$	وردي فاتح	+2	3.12	200-300
$FeC\ell_{2(aq)}$	أخضر	+2	3.16	1251
$FeSO_{4(s)}$	أخضر	+2	2.84	70

أجرِ بحثًا عن قيم الكثافة وقيم درجات الانصهار لمركّبات مشابهة تحتوي على صوديوم وكالسيوم.

ستكون مركّبات الصوديوم المشابهة هي: Na_2O، و$NaC\ell$، وNa_2SO_4.

	كثافة المركّب (g/cm^3)	درجة انصهاره
Na_2O	2.27	1132 °C
$NaC\ell$	2.16	801 °C
Na_2SO_4	2.66	884 °C

ستكون مركّبات الكالسيوم المشابهة هي: CaO، و$CaC\ell_2$، و$CaSO_4$.

	كثافة المركّب (g/cm^3)	درجة انصهاره
CaO	3.34	2,572 °C
$CaC\ell_2$	2.15	772 °C
$CaSO_4$	2.32	1,460 °C

قارن بين خصائص مركّبات العنصر الانتقالي وخصائص مركّبات الصوديوم والكالسيوم التي تمّ إجراء بحث عنها، وأصدر تعميمًا إذا أمكن ذلك.

بشكل عام، تمتلك مركّبات العناصر الانتقالية كثافة عالية ودرجات انصهار مرتفعة مقارنة بمركّبات الصوديوم والكالسيوم. أمّا كبريتات العناصر الانتقالية فتمتلك درجات انصهار منخفضة مقارنة بكبريتات الصوديوم والكالسيوم.

المهمّة 4

في هذه المهمّة، سيكتب الطلاّب التوزيع الإلكتروني للعناصر، ثم يذكرون حالة التأكسد لكلّ عنصر. وسيذكر الطلاّب أيضًا سبب حالة التأكسد المتوقّعة هذه. ستختلف إجابات الطلاّب ، لأن معظم العناصر لها أكثر من حالة تأكسد واحدة، إلاّ أن عليهم أن يذكروا حالة تأكسد واحدة فقط في هذا النشاط. يمكنهم توضيح اختياراتهم لحالة التأكسد بذكر السبب الذي جعلهم يظنون أن مستوى الطاقة سيكون أقلّ في حالة التأكسد المحددة تلك.

السكانديوم

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$

يكتب بعض الطلاّب حالة التأكسد 2+، وفي ظنّهم أنَّ السكانديوم سيفقد الإلكترونات من فلك s. أما في الواقع، فإنَّ حالة التأكسد تساوي 3+، ويفقد السكانديوم الإلكترونات من فلك 4s، و أفلاك 3d.

التيتانيوم

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2$

يمتلك التيتانيوم 3 حالات تأكسد، وهي 2+، و3+، و4+، ويمكن للطلاب أن يذكروا أيًّا من هذه الحالات لتكون مرجعًا لهم.

الفناديوم

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^3$

يمتلك الفناديوم 4 حالات تأكسد، وهي 2+، و3+، و4+، و5+، ويمكن للطلاب أن يذكروا أيًّا من هذه الحالات لتكون مرجعًا لهم.

الكروم

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$

يمتلك الكروم 4 حالات تأكسد، وهي 2+، و3+، و5+، و6+، ويمكن للطلاب أن يذكروا أيًّا من هذه الحالات لتكون مرجعًا لهم.

المنجنيز

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^5$

يمتلك المنجنيز 5 حالات تأكسد، وهي 2+، و3+، و4+، و6+، و7+، ويمكن للطلاب أن يذكروا أيًّا من هذه الحالات لتكون مرجعًا لهم.

الحديد

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$

يمتلك الحديد حالتي تأكسد، وهما 2+، و3+، ويمكن للطلاب أن يذكروا أيًّا من هاتين الحالتين لتكون مرجعًا لهم.

الكوبالت

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^7$

يمتلك الكوبالت حالتي تأكسد، وهما 2+، و3+، ويمكن للطلاب أن يذكروا أيًّا من هاتين الحالتين لتكون مرجعًا لهم.

النيكل

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^8$

يمتلك النيكل حالتي تأكسد، وهما 2+، و3+، ويمكن للطلاب أن يذكروا أيًّا من هاتين الحالتين لتكون مرجعًا لهم.

النحاس

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^{10}$

يمتلك النحاس حالتي تأكسد، وهما 1+، و2+، ويمكن للطلاب أن يذكروا أيًّا من هاتين الحالتين لتكون مرجعًا لهم.

الخارصين

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10}$

يمتلك الخارصين حالة تأكسد واحدة فقط، وهي 2+.

تقويم الدرس 2-1 — الإجابات

1. أيُّ عنصر من عناصر السلسلة الانتقاليّة الأولى تتوقّع أنه يمتلك (7) إلكترونات موجودة في المستوى الفرعيّ (3d) ؟

a. الكوبالت
b. النحاس
c. السكانديوم
d. المنجنيز

a. الكوبالت

2. أيُّ زوج من عناصر السلسلة الانتقاليّة الأولى الآتية لا تمتلك التوزيع الإلكتروني المتوقع؟

a. الكوبالت والنحاس
b. السكانديوم والخارصين
c. الكروم والكوبالت
d. الكروم والنحاس

d. الكروم والنحاس

3. ما التوزيع الإلكترونيّ المتوقّع لذرّة (Mn) استنادًا إلى موقعها في الجدول الدوريّ؟

a. $[Ar]\ 4s^2 3d^5$
b. $[Ar]\ 4s^0 3d^5$
c. $[Ar]\ 4s^2 3d^2$
d. $[Ar]\ 4s^2 3d^4$

a. $[Ar]\ 4s^2 3d^5$

4. أيٌّ من الجمل الآتية تفسّر بالطريقة الأفضل الأسباب التي تجعل البلّورات والمحاليل المائيّة لأيونات الفلزّ الانتقاليّ تُظهِر لونًا مميزًا في كثير من الأحيان؟

a. ذرّات الفلزّات الانتقاليّة ملوّنة.
b. أفلاك d جميعها تمتلك الطاقة نفسها.
c. الإلكترونات الموجودة في أفلاك (s) الخارجيّة.
d. الليجندات المرتبطة بهذه الأيونات تفصل أفلاك (d) من حيث الطاقة.

d. الليجندات المرتبطة بهذه الأيونات تفصل أفلاك (d) من حيث الطاقة.

5. التوزيع الإلكترونيّ للأيون X^{3+} $[Ar]\ 3d^2$ 3+ فإن التوزيع الإلكتروني للذرة يكون:

a. $[Ar]\ 4s^0 3d^5$
b. $[Ar]\ 4s^3 3d^5$
c. $[Ar]\ 4s^2 3d^3$
d. $[Ar]\ 4s^2 3d^2$

c. $[Ar]\ 4s^2 3d^3$

6. أي من التوزيعَين الإلكترونيَّيْن الآتيَيْن هو الأقل طاقة: $4s^2 3d^4$ أم $4s^1 3d^5$. اعطِ سببًا بسيطًا لتبرّر إجابتك.

التوزيع الإلكتروني الأقلّ طاقة هو $4s^1 3d^5$؛ لأنَّ الأفلاك في هذا التوزيع تكون نصف ممتلئة، ما يجعلها أكثر استقرارًا من تلك التي تمتلك فلكًا فرعيًا غير ممتلئ.

7. أي تفسير، من حيث الطاقة، يوضح بشكل أفضل سبب عدم امتلاك بعض العناصر الانتقاليّة توزيعًا إلكترونيًا يمكن توقّعه من خلال مواقعها في الجدول الدوريّ؟

لأن التوزيع الإلكتروني لبعض العناصر الإنتقالية لا يمكن توقعه من خلال موقعها في الجدول الدوري فحسب قاعدة الكم يكون لتوزيعها الإلكتروني طاقة أعلى والتوزيع الموجود في الواقع هو التوزيع الذي يعطيها طاقة أقل وثبات أكثر.

إعادة تدريس

1. بمساعدة الطلاّب ، كوّن خريطة مفاهيم توضِّح خصائص العناصر الانتقالية جميعها التي تمّت تغطيتها في هذا الدرس.
2. تكوّن العناصر الانتقالية بلّورات مُلوّنة، ومحاليل مائية مُلوّنة أيضًا.
3. تشغل العناصر الانتقالية الرئيسة مستوى الطاقة الفرعي d.
4. عندما يرتبط أيون الفلزّ الانتقالي بجسيمات أخرى (ليجندات)، "تنفصل" أفلاك d من حيث الطاقة.

إثراء

1. يوجد في نشاط الاستقصاء 2-1الكثير من أنشطة التوسع.
2. اطلب إلى الطلاّب تفحّص الزجاجات العشر الموجودة على الطاولة في الغرفة الصفية. سيلاحظ الطلاّب الزجاجة التي تحتوي على أيون عنصر انتقالي وتلك التي لا تحتويه، وعلى الطلاّب إعطاء تبرير لإجاباتهم.
3. سيتفحّص الطلاّب الزجاجات الاثنتي عشرة التي تحتوي على فلزّات انتقالية مختلفة ومركّباتها، وعليهم أن يذكروا ألوان الفلزّات والمركّبات، وتوقّع حالة التأكسد (ويمكن إجراء هذا بتفحّص الصيغة الكيميائية للمركّب). ثم سيُطلب إلى الطلاّب إجراء بحث عن قيم الكثافة وقيم درجات الانصهار لكل مادة كيميائية.
4. سيُطلب إلى الطلاّب بعد ذلك تذكُّر مركّبات الصوديوم والكالسيوم التي تكون مشابهة لمركّبات العناصر الانتقالية، وإجراء بحث عن قيم كثافتها، وقيم درجات انصهارها، ومن ثمّ تحديد النمط فيها.

دليل المعلّم

الدرس 2-2
تكوين أيونات متعدّدة

مصادر تعلّم الدّرس

الموضوع/ الوقت	المحتوى	موارد كتاب الطالب	موارد كتاب المعلم
1 حصّة	المغناطيسيَة	الصفحتان 52، 53	الصفحتان 90، 91
2 حصّة	مستويات الطّاقة في العناصر الانتقالية والتوزيع الإلكتروني لأيونات الفلزات الانتقالية	الصفحات 54-56	الصفحتان 92-93
1 حصّة	تحديد العناصر الانتقاليَة وأيوناتها كعوامل مؤكسدة ومختزلة في تفاعلات الأكسدة والاختزال	الصفحات 57–59	الصفحات 93-96
1 حصّة	تفاعلات الحديد والفناديوم	الصفحة 60	الصفحات 97–99 ورقة النشاط 2-2

الزّمن المقترح للدّرس

يستغرق تنفيذ هذا الدرس 5 حصص صفية، تتضمّن حصة واحدة لنشاط تفاعلات الحديد والفناديوم، ومناقشة أفكار.

الأنشطة	مواد من أجل النّشاط
2-2 تفاعلات الحديد والفناديوم	كبريتات الحديد (II) المائية $FeSO_4 \cdot 7H_2O$، برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$، ثيوسيانات البوتاسيوم KSCN، ميتافاندات الأمونيوم NH_4VO_3، حمض الكبريتيك H_2SO_4، خارصين، دورق 100 mL، دورق مخروطي، مخبار مدرّج، ماصّة.

مخرجات التعلّم

C1202.2 يدرك أن العناصر الانتقالية تكوّن عادة أكثر من أيون ثابت واحد، وأن خصائصها الفيزيائية والكيميائية كفلزّات تكون متشابهة بشكل عام.

C1202.3 يفسّر كيف يؤثر تعدد حالات تأكسد أيونات العناصر الانتقاليّة في عملها كعوامل مؤكسدة أو عوامل مختزلة. ويعطي أمثلة على تفاعلات أكسدة واختزال لعناصر انتقاليّة.

المعرفة السابقة

يفترض أن يكون الطلاب على دراية بالمواضيع الآتية:

- حالات التأكسد لأيونات شائعة مثل O^{2-} و SO_4^{2-} و NO_3^-.

المفردات

متساوٍ إلكترونيًّا (أيزو إلكتروني)	Isoelectronic

افتتاحية الدرس

نشاط الاندماج حول مفهوم المغناطيسية، يثير اهتمام معظم الناس. يمكن استكمال هذا النشاط بنشاط عملي يدوي باستخدام مغناطيس دائم وبقوة مقبولة، مع عيّنات فلزّية متنوعة محدّدة، بعضها مغناطيسي وبعضها الآخر غير ذلك. ويمكن أن تكون عيّنات من الماجنيتيت وحجر المغناطيس إضافة رائعة إلى النشاط العملي.

الإجابات عن الأسئلة المتعلّقة بنشاط الاندماج تكون على النحو الآتي:

1. هل كل العناصر التي يسهل ملاحظة خواصها المغناطيسية عند الظروف القياسية من الضغط ودرجة الحرارة من الفلزّات؟

إن الحديد والنيكل والكوبالت أمثلة شائعة على الفلزّات المغناطيسية. أمّا النيوديميوم والساماريوم والغادولينيوم من الأمثلة الأقل شيوعًا، على الرغم من أن بعض الطلبة قد يكونون على دراية بمغانط النيوديميوم. وبالتالي، ستكون الإجابة "نعم"، إن كل العناصر التي يسهل ملاحظة خواصها المغناطيسية عند الظروف القياسية من الضغط ودرجة الحرارة هي من الفلزّات.

2. ما موقع هذه العناصر في الجدول الدوري؟

1) الحديد والنيكل والكوبالت جميعها هي من عناصر السلسلة الانتقالية الأولى ذات الأعداد الذرية المتتالية.

الدرس 2-2
تكوين أيونات متعدّدة
Multiple Ions Formation

يمكن العثور على فلزّ النحاس في حالته الحرّة، ويُسمّى «النحاس الخام» (**الشكل 2-7**). لكنّ المصدر الأكثر شيوعًا للحصول على فلزّ النحاس يأتي من تنقية أكثر من عشر خامات نحاس مختلفة.

يحتوي خام النحاس الأنقى والأكثر شيوعًا، وهو الكالكوبايرايت، $CuFeS_2$، *chalcopyrite*، على عنصر النحاس في حالة تأكسد(+1) (**الشكل 2-8**).

كان الملاكيت، *malachite*، $(CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2)$ واحد من أوائل الخامات التي استُخدمت لإنتاج عنصر النحاس. في الملاكيت يوجد عنصر النحاس في حالة تأكسد(+2). في الغالب لا توجد خامات الملاكيت بكميات كبيرة في الطبيعة؛ وفي الوقت الحاضر، فإنّ للملاكيت قيمة أكبر كونه يحتوي على صبغة خضراء ويُستخدم لإنتاج منتجات للزينة (**الشكل 2-9**).

الشكل 2-7 النحاس الخام.

الشكل 2-8 الكالكوبايرايت.

الشكل 2-9 ملاكيت مصقول.

مخرجات التعلُّم

C1202.2 يدرك ان العناصر الانتقالية تكوّن عادة أكثر من أيون ثابت واحد، وأن خصائصها الفيزيائية والكيميائية كفلزات تكون متشابهة بشكل عام.

C1202.3 يفسّر كيف يؤثر تعدد حالات تأكسد أيونات العناصر الانتقاليّة في عملها كعوامل مؤكسدة أو عوامل مختزلة. ويعطي أمثلة على تفاعلات أكسدة واختزال لعناصر انتقاليّة.

المفردات

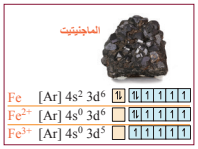
Isoelectronic متساوٍ إلكترونيًا (أيزوإلكتروني)

المغناطيسيّة

يُعدّ الماجنيتيت *magnetite* (**الشكل 2-10**) معدنًا مثيرًا للاهتمام لعدّة أسباب:

- يحتوي التركيب البلوريّ للماجنيتيت على الحديد في حالَتَي تأكسد مختلفتين (2+ و3+).
- الماجنيتيت مغناطيس بشكل طبيعيّ ويمكن مغنطته أيضًا.

الصيغة الكيميائيّة المتعارف عليها للماجنيتيت هي Fe_3O_4 حيث يوجد لكلّ أيونين من أيونات (Fe^{3+})، أيون واحد من أيون (Fe^{2+}).



الشكل 2-10 الماجنيتيت.

تتسبب طاقة (الغزل) الدوران للإلكترونات أن تتصرّف كمغناطيسات صغيرة. في معظم المُركّبات تزدوج الأقطاب المغناطيسيّة للإلكترونات بالدوران في اتجاهَيْن متعاكسَيْن (مع اتجاه عقارب الساعة / وعكس اتجاه عقارب الساعة) أو (الاتجاه إلى الأعلى / وإلى الأسفل) مما يسبّب إلغاء التأثيرات المغناطيسيّة. ومع ذلك ، يمكن أن يؤدّي المغناطيس الخارجيّ القويّ إلى ترتيب الإلكترونات جزئيًا للتنافر مع المغناطيس الخارجيّ، وهذا ما يُسمّى (الدايامغناطيسية *dimagnetism*).

تحتفظ العناصر الإنتقالية النقيّة التي تحتوي على إلكترونات مفردة بمغناطيسيّة تلك الإلكترونات غير المزدوجة. تُسمّى هذه العناصر (البارامغناطيسية *paramagnetic*) وتجذب مغناطيسًا خارجيًا بضعف، ولكنها لا تحتفظ بمغناطيسيّتها بمجرد إزالة المغناطيس الخارجيّ. من الأمثلة على العناصر البارامغناطيسية عناصر سكانديوم و تيتانيوم وفناديوم.

أما الحديد والكوبالت والنيكل فمن العناصر التي تسمى فرومغناطيسية *ferromagnetic* إذ أنها تجذب المغناطيس الخارجيّ بقوّة. يبيّن **الشكل 2-10** أنّ الحديد يحتوي على كثير من الإلكترونات المفردة، حيث تقوم ذرّات الحديد المتجاورة بترتيب أقطابها المغناطيسيّة معًا بإتّجاه واحد لجذب المغناطيس الخارجي. تمّ العثور على البلّورات المجهريّة لمركّب الماجنيتيت في الكثير من الأنواع المختلفة من الكائنات الحيّة. تنتج بعض أنواع البكتيريا هياكل تحتوي على الماجنيتيت. و تمّ التعرف أيضًا إلى بعض أنواع الطيور توجد بلورات الماجنيتيت بكثافة في مناقيرها، حيث يعطي الماجنيتيت إحساسًا مغناطيسيًا ويعمل كبوصلة داخليّة تساعد الطيور على معرفة اتجاهاتها. حتى أنه قد تمّ العثور أيضًا على الماجنيتيت في الدماغ البشريّ!

ابحث عن عناصر مغناطيسيّة أخرى للإجابة عن الأسئلة الآتية:

- هل كل العناصر التي يسهل ملاحظة خواصها المغناطيسية عند الظروف القياسية من الضغط ودرجة الحرارة من الفلزات؟
- ما موقع هذه العناصر في الجدول الدوري؟
- ما الصلة بين التوزيعات الإلكترونية لهذه العناصر؟
- هل تصبح العناصر غير المغناطيسيّة عند درجة الحرارة والضغط القياسيَّيْن مغناطيسيّة عند الظروف العالية جدًّا من الضغط؟

تابع : افتتاحية الدرس

2) النيوديميوم، والساماريوم، والغادولينيوم جميعها هي عناصر من اللانثانيدات المتباعدة بعدد ذري واحد.

3) من جهة أخرى، يبدو أنه لا توجد هنالك أية طريقة أخرى لتوقّع السلوك المغناطيسي عن طريق موقع عنصر في الجدول الدوري بمفرده. فلماذا نطرح هذا السؤال؟ لأن هذا ما يفعله العلم. فالعلم يبحث في العلاقات، والأنماط الموجودة في البحث بشرح السلوك وتوقّعه. وفي بعض الأحيان لم يتمّ العثور على مثل هذه الإجابات حيث نبحث عنها، وبالتالي نواصل بحثنا في أماكن أخرى.

3. ما الصلة بين التوزيعات الإلكترونية لهذه العناصر؟

Fe: $[Ar]4s^2 3d^6$

Co: $[Ar]4s^2 3d^7$

Ni: $[Ar]4s^2 3d^8$

Nd: $[Xe]6s^2 5d^0 4f^4$

Sm: $[Xe]6s^2 5d^0 4f^6$

Gd: $[Xe]6s^2 5d^1 4f^7$

تمتلك هذه العناصر جميعها فلك واحد غير مكتمل على الأقلّ من أفلاك dأوf، أي هناك فلك يحتوي على إلكتروناً واحداً وليس زوجاً من الإلكترونات. ولكن هذا يمكن أن يلاحظ في بعض الفلزات غير المغناطيسية. أربعة عناصر لها توزيعات إلكترونية متوقعة، و اثنان منها ليس لهما ذلك، وهما (Nd، وSm). لذلك، فإن الخاصية المغناطيسية يصعب توقّعها عن طريق التوزيع الإلكتروني بمفرده.

4. هل تصبح العناصر غير المغناطيسية عند درجة الحرارة والضغط القياسِيَّيْنِ مغناطيسيَّة عند الظروف العالية جدًّا من الضغط ودرجة الحرارة؟

يُعدّ الأكسجين، عندما يكون في حالته السائلة (درجة غليانه 183°C- عند الضغط القياسي)، مثالًا شائعًا على ذلك. يُحتمل أن يعرض المعلم صورًا أو مقاطع فيديو مُصوَّرة لهذه الظاهرة. كما يعتبر اكسيد المنجنيز مغناطيسيًّا عند درجات حرارة منخفضة جدًا (157°C-).

قد يحفّز هذا النشاط بعض الطلاب على استكشاف المغناطيسية بشكل أكبر مثل أنواع المغناطيسية، وهي (الدايامغناطيسية، والبارامغناطيسية، والفرّومغناطيسية).

مستويات الطاقة والتوزيع الإلكتروني للأيونات

1. ناقش مستويات الطاقة للمستويين الفرعيين 4s، و 3d وذلك بكتابة التوزيع الإلكتروني لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى. اذكر القواعد، فالمستوى الفرعي 4s يتمّ ملؤه أولًا، ثم المستوى الفرعي 3d. سوف تتغير طاقة 4s و 3d بعد شغلها بالإلكترونات. ولهذا السبب يفقد المستوى الفرعي 4s الإلكترونات أولًا.
2. عرّف الجسيمات المتساوية إلكترونيًا وشجّع الطلاب على أن يسمّوا الأيونات التي ستكون متساوية إلكترونيًا مع الأرجون.
3. تتكون الروابط الكيميائية عندما يكون هناك أفضلية بكسب الطاقة من خلال إعادة ترتيب الإلكترونات حول ذرات متعدّدة. العناصر الرئيسية (العناصر المُمثّلة) تصل إلى أقل طاقة ممكنة من خلال الوصول إلى توزيع إلكتروني مشابه للتوزيع الإلكتروني لأحد ذرّات العناصر النبيلة .
أما العناصر الانتقالية فأفضلية الطاقة لديها تلغى من خلال كسب أو خسارة العديد من الإلكترونات. بالمقابل، تعمل العناصر الانتقالية على تكوين روابط تصل خلالها إلى توزيع إلكتروني ذو الطاقة الأقل بقدر الإمكان لتقليل التنافر بين الإلكترونات من خلال :
- المستويات الفرعية s و d إما ممتلئة بالكامل أو فارغة بالكامل $s^0\ d^0$ أو $s^2\ d^{10}$
- مستوى فرعي نصف ممتلئ في كل فلك من أفلاك المستوى الفرعي $s^1\ d^5$ أو $s^0\ d^5$
4. اذكر شروط الحصول على طاقة أقلّ. إنها لفكرة جيدة أن تعرض **الشكل 2-12** على السبّورة.
5. هذا هو السبب في أن بعض العناصر لها حالتي تأكسد عامة. وضّح هذا باستخدام Fe كمثال على ذلك. الآن، اطلب إلى الطلاب استخدام حالات التأكسد من الدرس 2-1 (**الجدول 2-6**)، لشرح حالات التأكسد المختلفة. ولماذا تفقد بعض العناصر الكثير من الإلكترونات؟

الوحدة 2: خصائص العناصر الانتقالية ومركباتها

مستويات الطاقة في العناصر الانتقاليّة

الخصائص الكيميائيّة للعناصر الانتقاليّة معقّدة. عند دراسة السلسلة الأولى من العناصر الانتقاليّة التي لديها إلكترونات تكافؤ في المستويَيْن الفرعيَّيْن (4s) و (3d)نجد الآتي :

- تكون طاقة المستوى الفرعيّ (4s) أقلّ من طاقة المستوى الفرعيّ (3d) الفارغ حيث يمتلىء المستوى الفرعيّ (4s) قبل (3d) لكونه أقلّ طاقة تبعًا لمبدأ أوفباو (Aufbau principle)كما هو موضّح في **الشكل(2-a11)**.
- عندما يصبح المستوى الفرعيّ (3d) مشغولاً بالإلكترونات، تتغيّر الطاقات النسبيّة للمستويَيْن الفرعيَّيْن (4s) و(3d)وتصبح طاقة المستوى الفرعي (4s)أعلى قليلًا من طاقة (3d)، كما في **الشكل (2-b11)**.
- عندما تفقد الإلكترونات من أفلاك العناصر الانتقاليّة، فإنها تفقد من المستوى الفرعيّ (4s) أولًا كون طاقته أعلى.
- عندما تكون إلكترونات (3d) أقرب إلى النواة من أفلاك (4s) تكون طاقة أفلاك (3d)، و (4s) متماثلة تقريبًا.
- تحتوي معظم العناصر الانتقاليّة على إلكترونات (4s) نفسها (أي إنّ لديها إلكترونين اثنين)؛ لذلك، فإنّ الخصائص الكيميائيّة للعناصر الانتقاليّة متشابهة جدًا.

الشكل 2-11 مستويات الطاقة في أفلاك (s) و (d).

الجُسَيْمات المتساوية إلكترونياً

هي الجسيمات التي لها نفس التوزيع الإلكتروني ونفس عدد إلكترونات التكافؤ. يوضّح **الجدول 2-9** أمثلة لهذه الجسيمات. لاحظ أنّ Ne و Na^+ و Al^{3+} و O^{2-} جميعها تمتلك التوزيع الإلكتروني $1s^2 2s^2 2p^6$. وبقال إنّ هذه الجُسَيْمات متساوية إلكترونيًا (أيزو إلكترونية) Isoelectronic.

للفلزات الانتقالية كثير من الإلكترونات التي يجب أن تخسرها لتصبح متساوية إلكترونيًا (أيزو إلكترونية) مع أحد الغازات النبيلة. على سبيل المثال، يخسر عنصر الحديد (Fe) ثمانية إلكترونات ليصبح متساويًا إلكترونيًا مع الغاز النبيل الأرجون(Ar). ولكن **الجدول 2-9** يبيّن أن الأيون (Fe^{3+}) و الأيون (Mn^{2+})هما متساويان إلكترونيًا وذلك لأن الأيونين لديهما التوزيع الإلكتروني نفسه [Ar]$3d^5$. هذا يدل على أنّ هناك توزيعات إلكترونية مستقرّة ولديها طاقة منخفضة، على الرغم من أنها ليست متساوية إلكترونياً مع أحد الغازات النبيلة.

الجدول 2-9 التوزيعات الإلكترونيّة.

ذرّة/أيون	التوزيع الإلكترونيّ
Ne	$1s^2 2s^2 2p^6$
Na^+	$1s^2 2s^2 2p^6$
Al^{3+}	$1s^2 2s^2 2p^6$
O^{2-}	$1s^2 2s^2 2p^6$
Fe^{2+}	[Ar] $3d^6$
Fe^{3+}	[Ar] $3d^5$
Mn^{2+}	[Ar] $3d^5$

الدرس 2-2: تكوين أيونات متعدّدة

التوزيع الإلكترونيّ لأيونات الفلزّات الإنتقالية

تكوّن الفلزّات الإنتقالية حالات تأكسد متعدّدة (أيونات مختلفة الشحنة) لأنّ هناك عدّة حالات وسطية تخفض الطاقة، فتتكوّن بالتالي أيونات أو حالات تأكسد أكثر إستقراراً.

هذه الحالات هي تقريبًا أقلّ طاقة بسبب:

a. أن يكون المستوى الفرعي فارغًا كلياً.
b. أو لأنّ كلّ فلك لديه إلكترون واحد فقط (أي مستوى فرعي نصف ممتلئ بالإلكترونات)، وبالتالي يقل التنافر بين الإلكترونات.
c. أن المستوى الفرعي الممتلىء كليًا، وتكون جميع الإلكترونات فيه مزدوجة وتتحرك في إتجاه متعاكس.

الشكل 2-12 التوزيعات الإلكترونيّة التي لديها أقل طاقة.

- بالمقارنة مع العناصر الأخرى، تستطيع العناصر الانتقاليّة الوصول إلى توزيع إلكترونيّ أكثر استقرارًا من دون أن تصبح مشابهة في تركيبها الإلكترونيّ لغاز نبيل.
- للعناصر الانتقاليّة توزيعات إلكترونيّة متعدّدة لديها طاقة أقلّ من خلال توزيع متماثل للإلكترونات يقلّل من الطاقة عن طريق خفض التنافر بين الإلكترونات كما هو موضّح في(**الشكل 2-12**).
- تفسّر التوزيعات الإلكترونيّة منخفضة الطاقة المتعددة سبب امتلاك هذه العناصر حالات تأكسد متعدّدة، وتكوين أيونات موجبة متعدّدة.

يوضّح **الشكل 2-13** التوزيع الإلكترونيّ لأيونات الحديد (Fe) والمنجنيز (Mn). لكلّ من هذه الأيونات أحد التوزيعات الإلكترونية ذات الطاقة المنخفضة. الاختلافات في الطاقة صغيرة وتتأثّر بالعناصر الأخرى في المُركّب وبالتركيب البلوري للمركب. وهذا يفسّر العثور على كلّ من (Fe^{2+}) و(Fe^{3+}) في الماجنيتيت.

	4s	3d
Fe	↿⇂	↿⇂ 1 1 1 1
Fe^{2+}		↿⇂ 1 1 1 1
Fe^{3+}		1 1 1 1 1
Mn	↿⇂	1 1 1 1 1
Mn^{2+}		1 1 1 1 1

الشكل 2-13 التوزيع الإلكتروني لذرات وأيونات الحديد والمنجنيز.

كتابة التوزيع الإلكترونيّ للأيونات

اشرح للطلاب أنه يمكن لذرات وأيونات أن يكونوا جسيمات متساوية إلكترونيًا isoelectronic عندما يكون لديهم توزيع إلكتروني متماثل. فعلى سبيل المثال : الحديد Fe وأيون النيكل Ni^{2+} ليسا متساويان إلكترونيًا وذلك لأن كليهما لديهما عدد إلكترونات متساوية (26 إلكترونًا) ولكن توزيعهما الإلكتروني مختلفًا، Fe: $[Ar]4s^23d^6$ أما Ni^{2+} : $[Ar]4s^03d^8$ بينما يعتبر Fe^{3+} و Mn^{2+} متساويان إلكترونيًا إذ إنهما متساويان بعدد الإلكترونات ولديهما التوزيع الإلكتروني نفسه: $[Ar]4s^03d^5$

يسمح نشاط الاستكشاف هذا للطلاب باختبار قدرتهم على توقّع التوزيع الإلكتروني لكل من الذرات والأيونات؛ وذلك عن طريق تطبيق المفاهيم التي تعلّموها، والتي تتجاوز متطلبات عناصر السلسلة الانتقالية الأولى.

1. باستخدام موقع اليورانيوم فقط في الجدول الدوريّ، حدّد التوزيع الإلكترونيّ المتوقّع لذرّة اليورانيوم؟

1) عند العمل بشكل عكسي من العدد الذري لعنصر اليورانيوم الذي يساوي 92، فإنّ أقرب غاز نبيل له هو Rn، وعدده الذري يساوي 86.

2) بعد عنصر Rn، يوجد إلكترونان في المستوى الفرعي 7s.

3) أما اليورانيوم فهو العنصر الثالث بعد عنصر الأكتينيوم في السلسة الثانية من الفئة «f»، ومن المتوقّع أن يكون لعنصر اليورانيوم ثلاثة إلكترونات في المستوى الفرعي (5f). تذكر أن لا وجود للمستوى الفرعي(1f) أو(2f) أو(3f).

4) لذلك، نتوقّع أن يكون التوزيع الإلكتروني لذرة اليورانيوم على النحو الآتي: $[Rn]7s^26d^15f^3$، والذي يُعدّ التوزيع الإلكتروني الفعلي له.

2. باستخدام موقع العنصر فقط في الجدول الدوري، ما التوزيع الالكتروني المتوقّع لأيون Tm^{3+}؟

1) عند العمل بشكل عكسي من العدد الذري لعنصر الثوليوم وعدده الذي 69، فإنّ أقرب غاز نبيل له هو Xe وعدده الذري 54.

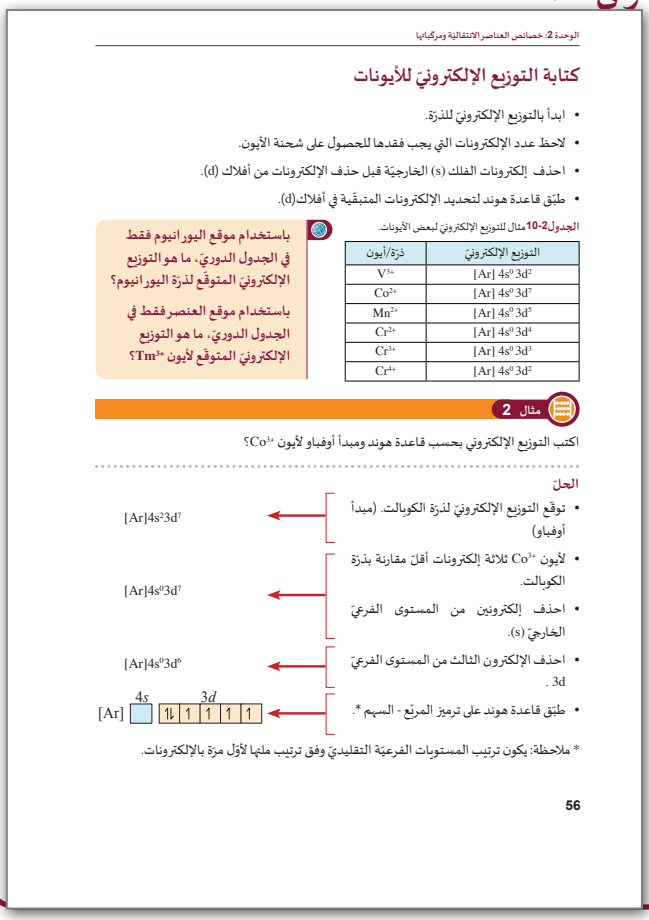
2) بعد عنصر Xe، يوجد إلكترونان في المستوى الفرعي 6s.

3) يوجد إلكترون واحد في المستوى الفرعي 5d لعنصر اللانثانيوم.

4) الثوليوم هو العنصر الثاني عشر بعد اللانثانيوم في السلسلة الأولى من الفئة «f»، ومن المتوقّع أن يكون لعناصر هذه السلسلة 12 إلكترونًا في المستوى الفرعي(4f).

5) لذلك، نتوقّع أن يكون التوزيع الإلكتروني لذرة الثوليوم على النحو الآتي: $[Xe]6s^25d^14f^{12}$. أما التوزيع الإلكتروني الفعلي له فسيكون على النحو الآتي: $[Xe]6s^25d^04f^{13}$.

6) سينتج الأيون 3+ من خسارة ثلاثة إلكترونات والتي تمّ نزعها من مستويات الطاقة الخارجية الرئيسة أولًا. وباستخدام التوزيع الالكتروني الفعلي، أو المتوقّع، فقد يكون التوزيع الإلكتروني لأيون Tm^{3+} على النحو الآتي: $[Xe]6s^05d^04f^{12}$.



الوحدة 2: خصائص العناصر الانتقالية ومركباتها

كتابة التوزيع الإلكترونيّ للأيونات

- ابدأ بالتوزيع الإلكترونيّ للذرّة.
- لاحظ عدد الإلكترونات التي يجب فقدها للحصول على شحنة الأيون.
- احذف إلكترونات الفلك (s) الخارجيّة قبل حذف الإلكترونات من أفلاك (d).
- طبّق قاعدة هوند لتحديد الإلكترونات المتبقّية في أفلاك(d).

باستخدام موقع اليورانيوم فقط في الجدول الدوريّ، ما هو التوزيع الإلكترونيّ المتوقّع لذرّة اليورانيوم؟

باستخدام موقع العنصر فقط في الجدول الدوريّ، ما هو التوزيع الإلكترونيّ المتوقّع لأيون Tm^{3+}؟

الجدول 2-10 مثال للتوزيع الإلكترونيّ لبعض الأيونات.

ذرّة/أيون	التوزيع الإلكترونيّ
V^{3+}	$[Ar]\ 4s^0\ 3d^2$
Co^{2+}	$[Ar]\ 4s^0\ 3d^7$
Mn^{2+}	$[Ar]\ 4s^0\ 3d^5$
Cr^{2+}	$[Ar]\ 4s^0\ 3d^4$
Cr^{3+}	$[Ar]\ 4s^0\ 3d^3$
Cr^{4+}	$[Ar]\ 4s^0\ 3d^2$

مثال 2

اكتب التوزيع الإلكتروني بحسب قاعدة هوند ومبدأ أوفباو لأيون Co^{3+}؟

الحلّ

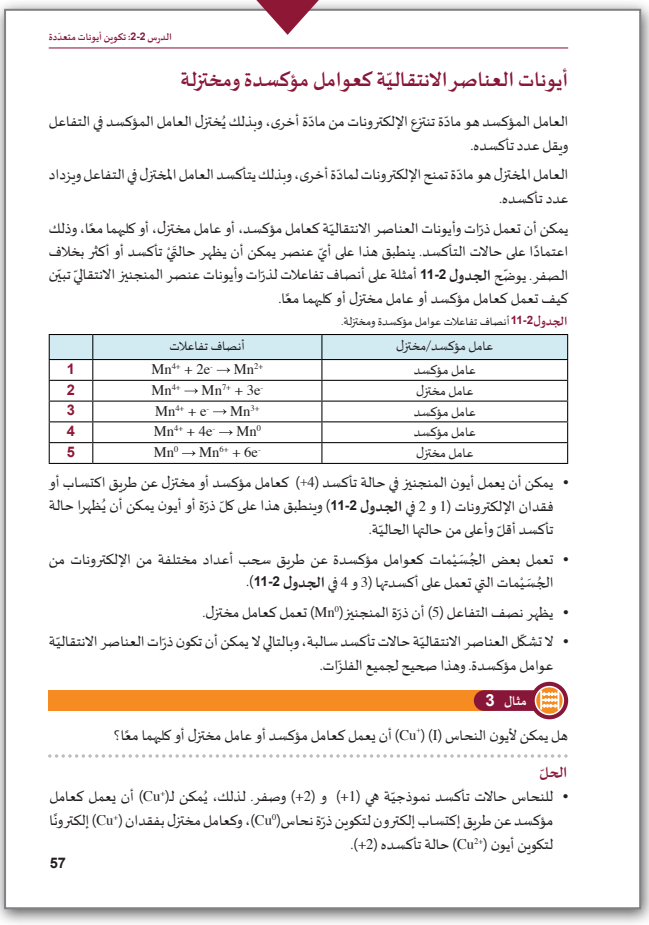
- توقّع التوزيع الإلكترونيّ لذرّة الكوبالت. (مبدأ أوفباو) $[Ar]4s^23d^7$
- لأيون Co^{3+} ثلاثة إلكترونات أقلّ مقارنة بذرّة الكوبالت. $[Ar]4s^03d^7$
- احذف إلكترونين من المستوى الفرعيّ الخارجيّ (s).
- احذف الإلكترون الثالث من المستوى الفرعيّ 3d. $[Ar]4s^03d^6$
- طبّق قاعدة هوند على ترميز المربّع - السهم *. $[Ar]$ 4s 3d

* ملاحظة: يكون ترتيب المستويات الفرعيّة التقليديّ وفق ترتيب ملئها لأوّل مرّة بالإلكترونات.

56

أيونات العناصر الانتقاليّة كعوامل مؤكسدة ومختزلة

1. اطلب إلى الطلاب أن يتذكروا تعريف كل من العامل المؤكسد، والعامل المختزل. واسمح لهم باستخدام ملاحظاتهم السابقة، أو الإنترنت لتحديث ذاكرتهم بشكل سريع.
2. استنادًا إلى حالات التأكسد لأيون الفلزّ الانتقالي، يمكن أن يعمل هذا الأيون، إما كعامل مختزل أو كعامل مؤكسد.
3. اعطِ الطلاب بعض المعادلات، واسألهم هل يعمل الأيون كعامل مختزل أم كعامل مؤكسد؟
4. أعطِ الطلاب أيونًا، واسألهم: ما الصيغة المتوقّعة عندما يتأكسد هذا الأيون؟ وما الصيغة المتوقّعة عندما يتمّ اختزاله؟



الدرس 2-2: تكوين أيونات متعدّدة

أيونات العناصر الانتقاليّة كعوامل مؤكسدة ومختزلة

العامل المؤكسد هو مادّة تنتزع الإلكترونات من مادّة أخرى، وبذلك يُختزل العامل المؤكسد في التفاعل ويقل عدد تأكسده.

العامل المختزل هو مادّة تمنح الإلكترونات لمادّة أخرى، وبذلك يتأكسد العامل المختزل في التفاعل ويزداد عدد تأكسده.

يمكن أن تعمل ذرّات وأيونات العناصر الانتقاليّة كعامل مؤكسد، أو عامل مختزل، أو كليهما معًا، وذلك اعتمادًا على حالات التأكسد. ينطبق هذا على أيّ عنصر يمكن أن يظهر حالتيْ تأكسد أو أكثر بخلاف الصفر. يوضّح **الجدول 2-11** أمثلة على أنصاف تفاعلات لذرّات وأيونات عنصر المنجنيز الانتقاليّ تبيّن كيف تعمل كعامل مؤكسد أو عامل مختزل أو كليهما معًا.

الجدول 2-11 أنصاف تفاعلات عوامل مؤكسدة ومختزلة.

	أنصاف تفاعلات	عامل مؤكسد/مختزل
1	$Mn^{4+} + 2e^- \rightarrow Mn^{2+}$	عامل مؤكسد
2	$Mn^{4+} \rightarrow Mn^{7+} + 3e^-$	عامل مختزل
3	$Mn^{4+} + e^- \rightarrow Mn^{3+}$	عامل مؤكسد
4	$Mn^{4+} + 4e^- \rightarrow Mn^{0}$	عامل مؤكسد
5	$Mn^{0} \rightarrow Mn^{6+} + 6e^-$	عامل مختزل

- يمكن أن يعمل أيون المنجنيز في حالة تأكسد (+4) كعامل مؤكسد أو مختزل عن طريق اكتساب أو فقدان الإلكترونات (1 و 2 في **الجدول 2-11**) وينطبق هذا على كلّ ذرّة أو أيون يمكن أن يُظهرا حالة تأكسد أقلّ وأعلى من حالتها الحاليّة.
- تعمل بعض الجُسَيْمات كعوامل مؤكسدة عن طريق سحب أعداد مختلفة من الإلكترونات من الجُسَيْمات التي تعمل على أكسدتها (3 و 4 في **الجدول 2-11**).
- يظهر نصف التفاعل (5) أن ذرّة المنجنيز (Mn^0) تعمل كعامل مختزل.
- لا تشكّل العناصر الانتقاليّة حالات تأكسد سالبة، وبالتالي لا يمكن أن تكون ذرّات العناصر الانتقاليّة عوامل مؤكسدة. وهذا صحيح لجميع الفلزّات.

مثال 3

هل يمكن لأيون النحاس (I) (Cu^+) أن يعمل كعامل مؤكسد أو عامل مختزل أو كليهما معًا؟

الحلّ

- للنحاس حالات تأكسد نموذجيّة هي (+1) و (+2) وصفر. لذلك، يُمكن لـ(Cu^+) أن يعمل كعامل مؤكسد عن طريق إكتساب إلكترون لتكوين ذرّة نحاس(Cu^0)، وكعامل مختزل بفقدان (Cu^+) إلكترونًا لتكوين أيون (Cu^{2+}) حالة تأكسده (+2).

57

تحديد العناصر الانتقالية و أيوناتها كعوامل مؤكسدة ومختزلة في تفاعلات الأكسدة والاختزال

يزوّد نشاط الشرح هذا فرصة للطلاب لعرض ما يعرفونه عن الأكسدة والاختزال بشكل عملي، وذلك عن طريق تطبيقه على مسألة جديدة.

1. اشرح ما يمكن أن يحدث في تفاعل واحد لكي يكون هناك أكثر من عامل مؤكسد أو أكثر من عامل مختزل.
2. قد يحتاج أحد الأنواع إلى نزع الإلكترونات من نوعين مختلفين أو أكثر من المواد.

تمّ تصميم نشاط الاستكشاف هذا لتقييم فهم الطلاب للعوامل المؤكسدة والمختزلة.

1. شيء للتفكير فيه: يستخدم المصطلحان "الكسب" و "الخسارة" عند الحديث عن نقل الإلكترونات. وقد تكون العملية أفضل بأن توصف بأنها "نزع" و "فقدان" الإلكترونات. إنّ أي جسيم لا يفقد الإلكترونات ما لم يكن هنالك جسيم آخر تكون جاذبيته للإلكترونات أكبر، ليكون قادرًا على انتزاعها.

الوحدة 2: خصائص العناصر الانتقالية ومركباتها

تحديد العناصر الانتقاليّة و أيوناتها كعوامل مؤكسدة ومختزلة في تفاعلات الأكسدة والاختزال

تتفاعل العوامل المؤكسدة والمختزلة عن طريق تبادل الإلكترونات. ولذلك، يوجد كلاهما على جانب المتفاعلات في المعادلة التي تمثّل تفاعلًا كيميائيًا غير انعكاسي. وللتعرّف إلى العوامل المؤكسدة والمختزلة:

- بيّن حالات التأكسد لجميع العناصر.
- العناصر التي ازدادت حالة تأكسدها تكون قد فقدت الإلكترونات وحدث لها عملية أكسدة، فهي عوامل مختزلة.
- أمّا العناصر التي انخفضت حالة تأكسدها فقد اكتسبت إلكترونات وحدث لها عملية إختزال، فهي عوامل مؤكسدة.

مثال 4

ما العوامل المؤكسدة والمختزلة في التفاعل الآتي؟

$5Fe + 2KMnO_4 + 16HC\ell \rightarrow 5FeC\ell_2 + 2MnC\ell_2 + 2KC\ell + 8H_2O$

الحلّ

- عيّن حالات التأكسد لجميع العناصر:

$$\overset{0}{5Fe} + \overset{+1\ +7\ -2}{2KMnO_4} + \overset{+1\ -1}{16HC\ell} \rightarrow \overset{+2\ -1}{5FeC\ell_2} + \overset{+2\ -1}{2MnC\ell_2} + \overset{+1\ -1}{2KC\ell} + \overset{+1\ -2}{8H_2O}$$

- ازدادت حالة تأكسد عنصر الحديد (Fe) من (0) إلى (2+) وبالتالي (Fe^0) هو عامل مختزل.
- انخفضت حالة تأكسد المنجنيز من (7+) إلى (2+). حيث مصدر (Mn^{7+}) هو $KMnO_4$ وبالتالي $KMnO_4$ هو عامل مؤكسد.

اشرح ما يجب أن يحدث في تفاعل واحد ليكون هناك أكثر من عامل مؤكسد أو أكثر من عامل مختزل.

مفهوم للمناقشة: يُستخدم المصطلحان «الكسب» و «الخسارة» عند الحديث عن نقل إلكترونات. وقد تكون العمليّة أفضل بأن توصف على أنها «نزع» و«فقدان» الإلكترونات. إذ لا يفقد أيُّ جُسَيم الإلكترونات ما لم يكن هناك جُسَيم آخر جاذبيته للإلكترونات أكبر ليستطيع انتزاعها.

58

الدرس 2-2: تكوين أيونات متعدّدة

مثال 5

إذا عمل ثاني أكسيد المنجنيز، MnO_2، كعامل مؤكسد، فماذا يمكن أن تكون حالة أو حالات تأكسد المنجنيز في النواتج؟

الحلّ

- تنتزع العوامل المؤكسدة الإلكترونات من الموادّ الأخرى. وبالتالي تكتسب العوامل المؤكسدة الإلكترونات وتختزل.
- حالة تأكسد المنجنيز في MnO_2 هي 4+.

$$\overset{+4\ -2}{MnO_2}$$

- سيؤدّي اكتساب الإلكترونات إلى انخفاض حالة تأكسد المنجنيز.
- باستخدام **الجدول 2-6**، يمكننا تحديد حالات تأكسد المنجنيز الشائعة الأقلّ من (4+) لتكون (3+) و(2+). وإذا أختزل أيون المنجنيز إلى عنصر المنجنيز، فستكون حالة التأكسد المحتملة الأخرى هي صفرًا.

مثال 6

حدّد العامل المؤكسد والمختزل في التفاعل الآتي:

$$Hg_2C\ell_2 \rightarrow Hg + HgC\ell_2$$

الحلّ

$$\overset{+1\ -1}{Hg_2C\ell_2} \rightarrow \overset{0}{Hg} + \overset{+2\ -1}{HgC\ell_2}$$

- عيّن حالات التأكسد لجميع العناصر.
- ازدادت حالة تأكسد إحدى أيونات الزئبق في $Hg_2C\ell_2$ من 1+ إلى 2+ وانخفضت حالة تأكسد أيون آخر من 1+ إلى الصفر.
- تمّ تحديد $Hg_2C\ell_2$ كعامل مؤكسد وعامل مختزل في هذا التفاعل.

يُسمّى "التفاعل"، حيث تتأكسد وتختزل المادّة نفسها على حدّ سواء، بتفاعل عدم التناسب (أكسدة وإختزال ذاتي) disproportionation.

59

تحديد العناصر الانتقالية و أيوناتها كعوامل مؤكسدة ومختزلة في تفاعلات الأكسدة والاختزال-تابع

2. من خلال التفكير في الأكسدة والاختزال على أنها "نزع" و "فقدان" للإلكترونات عوضًا عن "كسب" و "خسارة" للإلكترونات، سيحدّد الطلاب أن تكون تفاعلات الأكسدة والاختزال عملية نشطة ستحدث فقط عندما تكون لإحدى المواد الموجودة في التفاعل قوة كافية لجذب الإلكترونات، أي قوة كافية "لنزع" الإلكترونات من مادة أخرى.

يقدّم نشاط التوسّع مصطلح "تفاعل عدم التناسب (الأكسدة والاختزال الذاتي) **disproportionation**".

أعطِ الطلاب مثالًا، مثل المثال 6 الموجود في كتاب الطالب، وبعد ذلك، اطلب إليهم إجراء بحث والعثور على المزيد من الأمثلة على تفاعل عدم التناسب. وسيحتاج الطلاب أيضًا إلى كتابة المعادلة، وتحديد العنصر الذي يتمّ اختزاله وأكسدته في الوقت نفسه.

2-2 تفاعلات الحديد والفناديوم

الإجابات/ عيّنة بيانات

المواد المطلوبة: كبريتات الحديد (II) المائية $FeSO_4 \cdot 7H_2O$، برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$، ثيوسيانات البوتاسيوم KSCN، ميتافاندات الأمونيوم NH_4VO_3، حمض الكبريتيك H_2SO_4، خارصين، دورق 100 mL، دورق مخروطي، مخبار مدرّج، ماصّة.

يجب تنفيذ هذا النشاط ضمن مجموعات ثلاثية أو رباعية من الطلاب، ليتمكّنوا من التعاون وتبادل الملاحظات. ويجب أن يكون المعلم حريصاً أثناء تنفيذ هذا النشاط، وأن يتأكّد من أن الطلاب ينفذون النشاط العملي بكل أمان. يجب وضع النظارات الواقية طوال الوقت، وعلى الطلاب أن يكونوا حذرين عند تعاملهم مع المواد الكيميائية.

الجزء 1: تفاعل الحديد

ما لون محلول برمنجنات البوتاسيوم الحمضي؟

أرجواني

ما لون المحلول الموجود في الدورق الزجاجي بعد إضافة برمنجنات البوتاسيوم الحمضي؟

أصفر

ما لون محلول كبريتات الحديد (II)؟

أخضر فاتح

ملاحظة: لون المحلول أخضر فاتح ويتحول الى اللون الأصفر عند إضافة برمنجنات البوتاسيوم . بعد إضافة محلول الثيوسيانات البوتاسيوم يتحول الى اللون البني الغامق.

الوحدة 2: خصائص العناصر الانتقالية ومركباتها

2-2 تفاعلات الحديد والفناديوم

سؤال الاستقصاء	ما ألوان أيونات الحديد والفناديوم في تفاعلات الأكسدة والاختزال
المواد المطلوبة	كبريتات الحديد (II) المائية $FeSO_4 \cdot 7H_2O$، برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$، ثيوسيانات البوتاسيوم KSCN، ميتافاندات الأمونيوم NH_4VO_3، حمض الكبريتيك H_2SO_4، خارصين، دورق 100 mL، دورق مخروطيّ، مخبار مدرج، ماصّة.

الخطوات

الجزء 1: تفاعل الحديد

1. أضف (25mL) من محلول كبريتات الحديد (II) إلى دورق سعة (100 mL) و(1 mL)تقريبًا من محلول كبريتات الحديد (II) إلى أنبوب اختبار مُعَنْوَن باسم "Fe^{2+}" وسجّل لون المحلول.
2. سجّل لون محلول برمنجنات البوتاسيوم الحمضيّ وأضف قطرة في كلّ مرة إلى الدورق سعة (100 mL) المحتوي على محلول كبريتات الحديد (II). حرّك الخليط بشكل دائريّ بعد إضافة كلّ قطرة.
3. بعد إضافة 5 قطرات، اسحب باستخدام الماصّة (1 mL) تقريبًا من هذا المحلول وضعه في أنبوب اختبار ثانٍ مُعَنْوَن «Fe^{3+}».
4. استمرّ في إضافة محلول برمنجنات البوتاسيوم الحمضيّ إلى الدورق سعة (100 mL) إلى أن تلاحظ تغيّرًا دائمًا في اللون. سجّل لون هذا المحلول.
5. أضف ثلاث قطرات من محلول ثيوسيانات البوتاسيوم لكلّ من أنبوبي الاختبار وحرّك كلّ أنبوب بشكل دائريّ. سجّل اللون في كلّ أنبوب اختبار.
6. إذا أعطيت المعادلات الكيميائيّة للتفاعلات، حدّد العوامل المؤكسدة والمختزلة. وبناءً على ملاحظاتك، ضع اللون الذي تظهره كلّ مادّة تحت صيغتها في كلّ تفاعل.

الجزء 2: تفاعل الفناديوم

1. ضع (g 10) من الخارصين في دورق مخروطيّ سعة (250 mL).
2. باستخدام الماصّة، اسحب (5 mL) من محلول ميتافاندات الأمونيوم وضعها في أنبوب اختبار وسجّل لون المحلول.
3. أضف (150 mL) من محلول ميتافاندات الأمونيوم إلى دورق مخروطيّ سعة (250 mL) يحتوي الخارصين وأبدأ بتحريك الدورق بشكل دائريّ.
4. بعد كلّ تغيّر لون ملحوظ، اسحب باستخدام الماصّة (5 mL) من المحلول الموجود في الدورق المخروطي سعة (250 mL) وضعها في أنبوب اختبار جديد. قمْ بإنهاء التجربة عندما يصبح لون المحلول أرجوانيًا في أنبوب الاختبار.
5. إذا أعطيت المعادلات الكيميائيّة للتفاعلات التي حدثت، حدّد العوامل المؤكسدة والمختزلة لكلّ تفاعل.

60

خام الفناديوم

جدول البيانات

	اللون الأصلي	التغيّر في اللون بعد إضافة KSCN
كبريتات الحديد (II)	أخضر فاتح	
Fe^{2+}	أخضر فاتح	لا تغير في اللون
Fe^{3+}	أصفر	محلول بني غامق

التفاعل

$$KMnO_{4(aq)} + H_2SO_{4(aq)} + FeSO_{4(aq)} \rightarrow K_2SO_{4(aq)} + MnSO_{4(aq)} + Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$

عامل مؤكسد — عامل مختزل أخضر فاتح — أصفر

الجزء 2: تفاعل الفناديوم

	اللون
NH_4VO_3 فقط	أصفر
اللون الأول الذي تمّ الحصول عليه بعد إضافة NH_4VO_3 إلى الخارصين	أزرق
اللون الثاني الذي تمّ الحصول عليه بعد إضافة NH_4VO_3 إلى الخارصين	أخضر
اللون الثالث الذي تمّ الحصول عليه بعد إضافة NH_4VO_3 إلى الخارصين	بنفسجي

التفاعلات

عامل مختزل

$$2VO_2^+ + Zn + 4H^+ \rightarrow 2VO^{2+} + Zn^{2+} + 2H_2O$$

أزرق

عامل مؤكسد

أصفر

عامل مختزل

$$2VO^{2+} + Zn + 4H^+ \rightarrow 2V^{3+} + Zn^{2+} + 2H_2O$$

أخضر

عامل مؤكسد

أزرق

عامل مختزل

$$2V^{3+} + Zn \rightarrow 2V^{2+} + Zn^{2+}$$

بنفسجي

عامل مؤكسد

أخضر

تقويم الدرس 2-2

الإجابات

1. أيٌّ من مجموعات الجُسَيْمات الآتية متساوية إلكترونيًا (أيزو إلكترونية)؟

a. Sc و V^{3+}
b. Fe و Ni^{2+}
c. Cr^{3+} و Co
d. Cu^{+} و Zn^{2+}

d. Cu^{+} و Zn^{2+}

2. من أي مستوي فرعي يتم فقد أوّل إلكترون من ذرّة عنصرٍ انتقاليٍّ في السلسلة الأولى لتكوين أيون موجب؟

a. 3s
b. 4s
c. 3d
d. 4d

b. 4s

3. أيٌّ ممّا يأتي هو التوزيع الإلكترونيّ الصحيح للأيون Zn^{2+} ؟

a. $[Ar]4s^{0}3d^{8}$
b. $[Ar]4s^{2}3d^{8}$
c. $[Ar]4s^{0}3d^{10}$
d. $[Ar]4s^{2}3d^{10}$

c. $[Ar]4s^{0}3d^{10}$

4. أيٌّ من الآتي يمثل العامل المختزل في المعادلة الكيميائيّة الآتية؟

$$Cr_{(s)} + 2HC\ell_{(aq)} \rightarrow Cr^{2+}_{(aq)} + 2C\ell^{-}_{(aq)} + H_{2(g)}$$

a. Cr
b. $C\ell^{-}$
c. Cr^{2+}
d. $HC\ell$

a. Cr

5. طبقًا **للجدول 2- 6**، أيُّ جسيم يمكن أن يعمل كعامل مؤكسد ومختزل في الوقت نفسه؟

a. Ni^{2+}
b. Cu^{2+}
c. Sc^{3+}
d. Mn^{7+}

a. Ni^{2+}

6. اشرح سبب عدم قدرة ذرّات الفلزّات على العمل كعوامل مؤكسدة؟

لأن ذرات الفلزّات لها طاقة تأين منخفضة. وهذا يعني أن ذرات الفلزّات لها قدرة أكبر على فقد إلكتروناتها، فتتأكسد، وهذه الذرات التي تتأكسد تسلك كعوامل مختزلة.

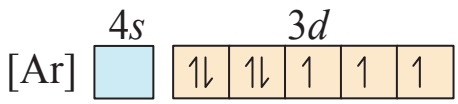
تقويم الدرس 2-2

الإجابات

7. هل يكون الحديد عاملًا مؤكسدًا أو عاملًا مختزلًا إذا تغيّرت حالة تأكسده في التفاعل من صفر إلى (2+)؟ اشرح إجابتك.

يكون الحديد عاملًا مختزلًا عندما تتغيّر حالة تأكسده من الصفر إلى(2+)، فقد ازدادت حالة التأكسد للحديد لأنه تأكسد واختزل ذرة أخرى أو أيونًا آخر، ما يجعله عاملًا مختزلًا.

8. ما الذرّة التي لدى أيونها ذو الشحنة (3+) توزيع إلكترونيّ حسب قاعدة هوند بترميز "المربّع-السهم" باستخدام الغاز النبيل الآتي؟



ذرة Ni هي التي لدى أيونها (3+) التوزيع الإلكتروني للغاز النبيل المعطى بحسب قاعدة هوند بترميز "المربع-السهم".

إعادة تدريس

1. من أكثر الأخطاء الشائعة بالنسبة إلى الطلاب، عملية التمييز بين العامل المؤكسد والعامل المختزل، ومن ثم التمييز بأن الأيون الذي تمّ اختزاله هو بالفعل عامل مؤكسد.
2. اطلب إلى الطلاب إعادة تعريف عمليتَي الأكسدة والاختزال: الأكسدة عملية فقد الإلكترونات، أما الاختزال فهو عملية كسب الإلكترونات.
3. عندما نشاهد المعادلة أولًا، نحتاج إلى كتابة حالات التأكسد لكل ذرة أو أيون موجود فيها.
4. أي من الذرات أو الأيونات تمّ اختزاله ، وأي منها تأكسد؟
5. الذرة أو الأيون الذي تمّ اختزاله هو عبارة عن عامل مؤكسد، أما الذرة أو الأيون الذي تأكسد فهو عبارة عن عامل مختزل.

إثراء

1. بإمكان الطلاب البحث في تفاعلات الأكسدة والاختزال للحديد والفناديوم.
2. لملاحظة تفاعل الأكسدة والاختزال للحديد، أضف برمنجنات البوتاسيوم الحمضية إلى كبريتات الحديد (II)، والذي يمكن تحديده بإضافة ثيوسيانات البوتاسيوم.
3. ولملاحظة تفاعل الأكسدة والاختزال للفناديوم، أضف ميتافاندات الأمونيوم إلى الخارصين، وحرّك الدورق بشكل دوراني. سيلاحظ الطلاب ألوانًا مختلفة عندما تتغيّر حالات التأكسد للفناديوم.
4. بعد الانتهاء من التجربة، سيتفحّص الطلاب معادلتَيْ كلا التفاعلين، ويسجّلون التغيّرات في الألوان في أثناء حدوث عمليتي الأكسدة والاختزال.

ملاحظات

الدرس 2-3
استخدامات الفلزّات الانتقاليّة و أيوناتها

مصادر تعلّم الدّرس

الموضوع/ الوقت	المحتوى	موارد كتاب الطالب	موارد كتاب المعلم
1 حصّة	رباعي كلوريد التيتانيوم	الصفحتان 62، 63	الصفحتان 106، 107
$\frac{1}{2}$ حصّة	استخدام العناصر الانتقالية كعوامل حفّازة	الصفحة 64	الصفحة 108
$\frac{1}{2}$ حصّة	المُحوّلات الحفّازة	الصفحة 65	الصفحة 109
1 حصّة	استخدامات العناصر الانتقالية	الصفحتان 66، 67	الصفحة 110
$\frac{1}{2}$ حصّة	المركّبات المُعقّدة للفلزّات الانتقالية	الصفحة 68	الصفحة 111
$\frac{1}{2}$ حصّة	أنواع اللّيجندات	الصفحة 69	الصفحة 111
1 حصّة	أعداد التّناسق للمركّبات المُعقّدة	الصفحة 70	الصفحة 112
1 حصّة	ألوان المركّبات المُعقّدة للفلزّات الانتقالية	الصفحتان 71، 72	الصفحتان 112، 113
1 حصّة	مركّبات النحاس (II) المُعقّدة	الصفحة 73	الصفحتان 114، 115 ورقة النشاط 3-2

الأنشطة	مواد من أجل النّشاط
3-2 مركّبات النحاس (II) المُعقّدة	كبريتات النحاس (II) خماسية الماء ($CuSO_4.5H_2O$)، محلول أمونيا، محلول هيدروكسيد الصوديوم، ماء مقطّر أو منزوع الأيونات، ميزان إلكتروني، دورق سعته (100 mL)، أنابيب اختبار، حامل أنابيب اختبار، ساق زجاجية.

مخرجات التعلّم

C1202.4 يذكر بعض الاستخدامات الشائعة لبعض العناصر الانتقاليّة، بما في ذلك أمثلة على عملها كعوامل حفّازة، ويربط استخدام العناصر الانتقاليّة مع خصائصها.

C1202.5 يوضّح أن العناصر الانتقاليّة تتّحد مع كلا الليجندات الأحادية والثنائية من خلال الروابط التناسقية لتكوين المركّبات المُعقّدة، والتي غالبًا ما تكون ملوّنة. ويعطي أمثلة على تفاعلات تبادل الليجندات.

الزّمن المقترح للدّرس

يستغرق تنفيذ هذا الدرس 7 حصص صفية، وتتضمّن حصة واحدة لنشاط حول مركّبات النحاس (II) المُعقّدة، ومناقشة أفكار.

المعرفة السابقة

يجب أن يكون الطلاب على دراية بالمواضيع الآتية:

- الفرق بين الرابطة التساهمية والرابطة الأيونية.
- العوامل المؤكسدة والعوامل المختزلة.

المفردات

Catalyst	عامل حفّاز
Complexes	المركّبات المُعقّدة
Complex ion	أيون مركّب معقّد
Monodentate ligands	ليجندات أحاديّة الترابط
Bidentate ligands	ليجندات ثنائيّة الترابط
Polydentate ligands	ليجندات متُعدّدة الترابط
Coordination number	عدد التناسق
Counter ion	أيون مقابل

افتتاحيّة الدرس

يزوّد نشاط الاندماج هذا الطلابَ ببعض الخصائص غير الاعتيادية لواحد من هاليدات الفلزّات المثيرة للاهتمام، والذي ينتمي إلى عناصر السلسلة الانتقالية الأولى . ويمنح الطلاب فرصة لتذكّر معلوماتهم عن الروابط الكيميائية، والقوى الجزيئية البينية لهذا المركّب .

1. لتقديم سلوك غير إعتيادي للفلزات الإنتقالية، ناقش مع الطلاب خصائص مثيرة للاهتمام لبعض عناصر الجدول الدوري. أحد هذه العناصر هو الزئبق. إذ يُعدّ الفلزّ الوحيد في الحالة الذرية (غير الجزيئية) الموجود في الحالة السائلة عند درجة حرارة الغرفة.
2. الإستكشاف الفعلي لهذا النشاط سيأتي من خلال عرض فيديو يبيّن عرضًا عمليًّا لخصائص المركّب رباعي كلوريد التيتانيوم. ويُعدّ مركّب رباعي كلوريد التيتانيوم مادة كيميائية مسبّبة للتآكل، فقد تسبّب ملامسته للجلد تهيجًا في الجلد وحروقًا شديدة، وقد تصل الخطورة إلى تلف في العين.
3. طريقة إعداد فيديو العرض العملي التوضيحي موجودة في الصفحة التالية.

الدرس 2-3

استخدامات الفلزّات الانتقاليّة و أيوناتها

Uses of Transition Metals and their Ions

أدّت الفلزّات الانتقاليّة دورًا مهمًا في تاريخ البشريّة قبل أن يصمّم مندلييف أوّل جدول دوريّ، وقبل حتى أن يكون لدى الإنسان أيّة معرفة بمفهوم العناصر.

الذهب والفضّة والنحاس فلزّات انتقاليّة، وهي الفلزّات الوحيدة التي يمكن العثور عليها في القشرة الأرضيّة في الحالة المنفردة وبكميّات كبيرة أيضًا. ونتيجة لخصائصها المميّزة والتي يُعدُّ بعضها غير نشط كيميائيًّا، فقد استُخدمت هذه الفلزّات لآلاف السنين في صنع النقود المعدنيّة، والمجوهرات وغيرها من الموادّ الأخرى الثمينة والقيّمة (انظر **الشكل 2-14**).

(a) (b) (c)

الشكل 2-14 (a) وعاء قديم مصنوع من النحاس. (b) نقود رومانية قديمة مصنوعة من الفضة. (c) تمثال قديم مصنوع من الذهب.

مخرجات التعلُّم

C1202.4 يذكر بعض الاستخدامات الشائعة لبعض العناصر الانتقاليّة، بما في ذلك أمثلة على عملها كعوامل حفّازة، ويربط استخدام العناصر الانتقاليّة مع خصائصها.

C1202.5 يوضّح أن العناصر الانتقاليّة تتّحد مع كلا الليجندات الأحادية والثنائية من خلال الروابط التناسقية لتكوين المُركّبات المعقدة، والتي غالبًا ما تكون ملوّنة. ويعطي أمثلة على تفاعلات تبادل الليجندات.

المفردات

Catalyst	عامل حفّاز
Complexes	المُركّبات المعقدة
Complex ion	أيون مركب معقد
Monodentate ligands	ليجندات أحادية الترابط
Bidentate ligands	ليجندات ثنائيّة الترابط
Polydentate ligands	ليجندات متعدّدة الترابط
Coordination number	عدد التناسق
Counter ion	أيون مقابل

62

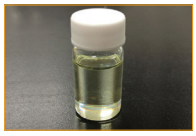
الدرس 2-3: استخدامات الفلزّات الانتقالية و أيوناتها

رباعي كلوريد التيتانيوم

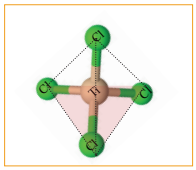
رباعي كلوريد التيتانيوم ($TiCl_4$) *Titanium tetrachloride* مُركّب مفيد للغاية وغير اعتياديّ، ينتج في الغالب من تفاعل خام التيتانيوم، وهو الإيلمنيت *(Ilmenite ($FeTiO_3$)*، مع غاز الكلور والكربون عند درجة حرارة مرتفعة، ويمثل هذا التفاعل بالمعادلة الكيميائية الآتية:

$$2FeTiO_3 + 7Cl_2 + 6C \xrightarrow{(900°C)} 2TiCl_4 + 2FeCl_3 + 6CO$$

عند درجة حرارة الغرفة يُعدُّ مُركّب $TiCl_4$ سائلًا صافيًا وعديم اللون . وهو أكثر كثافة من الماء بمقدار 70%، ومتطاير بشكل كبير (انظر **الشكل 2-15**). وجوده في هيئة سائل ما هو إلّا مؤشر ودليل مقنع على أنّ مُركّب $TiCl_4$ هو مُركّب تساهميّ، إذ تُعدُّ هذه خاصيّة غير اعتياديّة بشكل كبير لهاليدات الفلزّات الانتقاليّة، حيث أن معظم هاليدات الفلزّات عبارة عن موادّ أيونيّة، أو بوليمرات صلبة عند درجة حرارة الغرفة. ويرجع سبب خاصيّة تطايره هذه بشكل كبير إلى شكل جزيئه الهرميّ ذي الأوجه الأربعة (انظر **الشكل 2-16**)، ما يؤدّي إلى ضعف نسبيّ في قوى التجاذب البيّنية الجزيئية الناشئة عن قوى لندن التشتّتية.



الشكل 2-15 رباعي كلوريد التيتانيوم



الشكل 2-16 النموذج الجُزَيْئِيّ الهَنْدَسِيّ الشكل ذو الأوجه الأربعة لرباعي كلوريد التيتانيوم.

تنتج معظم كميّة فلزّ التيتانيوم (انظر **الشكل 17-2**) عن طريق تفاعل $TiCl_4$ وفلزّ المغنيسيوم عند درجة حرارة مرتفعة بحسب التفاعل المبيّن بالمعادلة الكيميائيّة الآتية:

$$TiCl_4 + 2Mg \xrightarrow{(1100°C)} Ti + 2MgCl_2$$

مُركّب ثاني أكسيد التيتانيوم، TiO_2، *Titanium dioxide* عبارة عن صبغة ناصعة البياض تُستخدم في الدهانات والموادّ البلاستيكيّة ومستحضرات التجميل والعناية بالبشرة. تفاعل رباعي كلوريد التيتانيوم مع الماء ينتج عنه ثاني أكسيد التيتانيوم TiO_2، وغاز كلوريد الهيدروجين HCl كناتج ثانويّ. كان هذا التفاعل يُستخدم من قبل الطائرات والسفن الحربية في الحرب العالمية الثانية لإنتاج ستار دخانيّ يحجب الأنشطة العسكرية، بحيث يتشكّل TiO_2 في هيئة بلورات صغيرة للغاية، وينتج سحابة بيضاء تقاوم التشتّت.

الشكل 2-17 سلك قياس ثقيل من التيتانيوم.

63

فيديو العرض التوضيحي العملي لرباعي كلوريد التيتانيوم

1. يستخدم العرض التوضيحي العملي أحد كتب العلوم القديمة (الكتب الكبيرة والثقيلة ستكون الأفضل)، بطريقة يتمّ بها وضع ثلاث قطرات من مركّب رباعي كلوريد التيتانيوم على عدة طبقات من إحدى صفحات هذا الكتاب. يجب أن يُهيّأ ذلك قبل العرض التوضيحي العملي بما لا يزيد عن 10 دقائق فقط.

2. عندما يتمّ فتح الكتاب على الصفحة التي تحتوي على مركّب رباعي كلوريد التيتانيوم، سوف يتصاعد دخان أبيض من هذه الصفحة. وبإمكان المعلم التعليق بعدة كلمات أو جمل مثل "يا للعجب إنّه موضوع جديد ومثير للاهتمام!"

3. يتمّ شرح الملاحظات على النحو الآتي: سوف يتفاعل مركّب رباعي كلوريد التيتانيوم مع الأكسجين الموجود في الهواء الجوي لإنتاج جُسَيمات محدّدة من ثاني أكسيد التيتانيوم. وعندما يتمّ إغلاق الكتاب، سوف ينفصل مركّب رباعي كلوريد التيتانيوم عن الأكسجين ولن يتفاعل. ومع ذلك، وعندما يفتح المعلم الكتاب على الصفحة التي تم إعدادها لهذا النشاط، فإنّ رباعي كلوريد التيتانيوم سيتفاعل مع الأكسجين الموجود في الهواء الجوي منتجًا جُسَيمات دقيقة من ثاني أكسيد التيتانيوم الذي يظهر في هيئة دخان متصاعد من الكتاب... وسيحبّ الطلاب هذا العرض التوضيحي العملي.

4. تتمّ عملية معادلة مركّب رباعي كلوريد التيتانيوم الموجود على صفحات الكتاب بأن نضيف إليه بيكربونات الصوديوم، محلول (صودا الخبز)، ثم يُترك ليجفّ ويُحتفظ بالكتاب لاستخدامه في عروض توضيحية أخرى يمكن إجراؤها في المستقبل.

5. احذر يؤدي هذا النشاط لتلف صفحات الكتاب لذلك، فعندما تريد إعداد شريط الفيديو بنفسك، فإنّ عليك أن أن تستخدم كتابًا لا تحتاج إليه في المستقبل.

استخدام العناصر الانتقالية كعوامل حفّازة

1. اسأل الطلاب: كيف يمكننا زيادة معدل سرعة التفاعل. سوف يتوصّل الطلاب إلى إجابات مختلفة كانوا قد تعلّموها في السنوات السابقة، مثل زيادة درجة حرارة المواد المتفاعلة، وزيادة مساحة السطح، وزيادة تركيز المواد المتفاعلة. عندها، عليك أن تضيف إلى الإجابات "استخدام العوامل الحفّازة"، فهذه المواد التي تعمل على زيادة معدل سرعة التفاعل من دون أن تُستهلك.
2. للحصول على مثال واقعي من الحياة اليومية، استخدام الحديد في عملية هابر لزيادة معدل سرعة التفاعل لإنتاج مزيد من الأمونيا.
3. يمكن استخدام بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) ليكون عرضًا توضيحيًّا سريعًا لتأثير العوامل الحفّازة.
4. في البداية، أظهر للطلاب أن بيروكسيد الهيدروجين يتفكك دون أي تأثيرات خارجية.
5. خذ ثلاثة أنابيب اختبار تحتوي على كميات متساوية من مركّب بيروكسيد الهيدروجين، ثم أضف ملعقة واحدة من أكسيد الحديد إلى أنبوب الاختبار الأول، وملعقة واحدة من ثاني أكسيد المنجنيز إلى أنبوب الاختبار الثاني، وملعقة واحدة من أكسيد النحاس إلى أنبوب الاختبار الثالث.
6. سيلاحظ الطلاب أن كمية الفقّاعات قد ازدادت بشكل كبير.

لجعل هذا الاختبار مقبولًا وعادلًا، بإمكان الطلاب تنفيذه ضمن مجموعات ثنائية أو ثلاثية، وقياس كمية الأكسجين المنطلقة من كل أنبوب اختبار. ويمكنك بعد ذلك أن تستنتج بعد المناقشة العامل الحفّاز كان الأكثر كفاءة.

الوحدة 2: خصائص العناصر الانتقالية ومركّباتها

استخدام العناصر الإنتقالية كعوامل حفّازة

استخدام مهمّ للغاية للفلزّات الانتقاليّة، ويتمثّل في كونها عوامل حفّازة Catalysts في التفاعلات الكيميائيّة.

- العامل الحفّاز مادّة تزيد من سرعة التفاعل الكيميائيّ من خلال تقليل طاقة التنشيط، دون أن تُستهلك في أثنائه ومن دون أن تتغيّر بشكل ملحوظ.

تزوّدنا العوامل الحفّازة بآليّة تفاعل بديلة يُمكن من خلالها أن تتفاعل الموادّ المتفاعلة لإنتاج نفس المواد الناتجة التي يمكن أن تنتج عن التفاعل غير المحفّز. يسرّع العامل الحفّاز التفاعل الكيميائي من خلال خفض طاقة تنشيط التفاعل لتصبح أقلّ بكثير ممّا هي عليه في التفاعل غير المحفّز. وتبيّن الخطوات الأربع الآتية كيف تعمل المادّة المحفّزة الصلبة، مثل البلاتين، على إجراء التفاعل:

1. الامتزاز adsorption: يتمّ امتزاز الجزيئات المتفاعلة، مثل NO، على سطح العامل الحفّاز، مثل البلاتين بسبب التجاذبات التي تحدث بين العامل الحفّاز والجزيئات المتفاعلة.
2. الانتشار diffusion: تنتشر الجزيئات المتفاعلة على طول سطح العامل الحفّاز إلى أن تتصادم.
3. التفاعل reaction: يُضعِف التجاذبُ الموجود بين العامل الحفّاز والموادّ المتفاعلة روابطَ محدّدة موجودة في أحد جزيئي المادتين المتفاعلتين أو في كليهما متيحًا بذلك حدوث تفاعل سريع عند التصادم.
4. الانتزاز (عكس الامتزاز) desorption: تصبح خصائص المادّة الناتجة مختلفة كليًا عن الموادّ المتفاعلة، ويرجع سبب التغيّر في الخصائص إلى الاختلافات التركيبية التي تجعل المادّة الناتجة غير منجذبة نحو سطح المادّة الحفّازة كما كانت من قبل. وفي غياب هذا النوع من التجاذب تنفصل جُزَيْئات المادّة الناتجة عن سطح العامل الحفّاز.

تُعَدُّ الفلزّات الانتقاليّة ومُرَكَّباتها عوامل حفّازة جيّدة بسبب قدرتها على تغيير حالة التأكسد، أو امتزاز الموادّ الأخرى على سطحها. ويوضّح **الشكل 2-18** هذه العمليّة.

الشكل 2-18 الخطوات الأربع للتفاعل المحفّز.

64

المحوّلات الحفّازة

يتمّ في أغلب الأحيان إهمال المثبّطات عند مناقشة المواد الحفّازة، على الرغم من أنّها تؤدّي دورًا حيويًا في بعض العلاجات الطبية، مثل العلاج الكيميائي لمرض السرطان. في مثل هذه الحالة تعمل المضادّات الحيوية، مثل البنسيلين، كمثبّطات تستخدم لقتل البكتيريا. أما المثبّطات الطبيعية الموجودة في جسم الإنسان فتتحكم في عمليات كثيرة مثل الأيض. سيقيّم نشاط الاستكشاف هذا فهم الطلاب للمواد الحفّازة عن طريق تطبيقه في الاتجاه المعاكس للمثبّطات.

1. إحدى الطرق المستخدمة لكي يفهم الطلاب عمل المواد الحفازة هي أن هذه المواد تكون مواقع جذب ، يمكن فيها لواحدة أو أكثر من المواد المتفاعلة أن ترتبط، مما يجعل عملية حدوث التصادم بين المواد المتفاعلة أسهل. وفي أثناء حدوث عملية الترابط بين المادة المتفاعلة بالمادة الحفّازة، فإنّ الرابطة الكيميائية تضعف أو تنكسر، مما يسمح للتفاعل بأن يحدث بشكل أسرع.
2. إنّ تطبيق هذا المفهوم في الاتجاه المعاكس أيضًا، يُعدّ إحدى الوسائل التي يمكن بها للمثبّط أن يبطىء التفاعل، وهي وسائل تمنع المواقع النشطة من التكوّن أو الترابط مع المواقع النشطة الموجودة على الجزيء، مما يمنع هذا الجزيء من التفاعل.
3. من المرجّح أن يتوصّل الطلاب إلى وسائل أخرى تتعلّق **بالشكل 2-18**، من شأنها أن تؤدّي إلى تباطؤ معدل سرعة التفاعل.

تُستخدم المثبّطات كأدوية؛ الأسبرين مثلًا، هو مثبّط يبطئ شدة الألم والتورُّم في الجسم. والأدوية التي تُعطى لمرضى نقص المناعة هي مثبّطات أيضًا، فهي تبطئ عملية نمو الفيروس وتخفف تكاثره.

الدرس 2-3: استخدامات الفلزّات الانتقالية وأيوناتها

المحوّلات الحفّازة

يُنتج العادم الموجود في المحرّكات التي تعمل بالجازولين (البنزين) غازات خطرة ملوّثة مثل أوّل أكسيد النيتروجين (NO)، وأوّل أكسيد الكربون (CO). وقبل أن ينطلق الغاز العادم إلى البيئة، فإنّه يمرّ عبر جهاز يُسمّى "محوّلًا حفّازًا" (انظر **الشكل 2-19a**). في داخل هذا المحوّل الحفّاز مادّة من السيراميك ذات مساحة سطح كبيرة مغطّاة بفلزّات انتقاليّة مثل الروديوم، أو البلاديوم أو البلاتين (انظر **الشكل 2-19b**). تساعد مساحة السطح الكبيرة على معالجة الغاز العادم بسرعة كبيرة. وتتصرّف الفلزّات الانتقاليّة كعوامل حفّازة لتعمل على تغيير الغازات الملوّثة كيميائيًا مع الوقود غير المتفاعل إلى جزيئات أقلّ ضررًا، مثل N_2، و CO_2، و H_2O (انظر **الشكل 2-20**).

الشكل 2-19 (a) قطع من موادّ من السيراميك من المحوّل الحفّاز. (b) مقطع عرضيّ لمحوّل حفّاز.

الشكل 2-20 الغازات الداخلة والخارجة عبر المحوّل الحفّاز.

المثبّطات عكس العوامل الحفّازة. فهي تُبطئ التفاعلات الكيميائيّة من خلال جعل عمليّة التفاعل أكثر صعوبة. بالإستعانة بالشكل 2-18، كيف يمكن للمادة المثبّطة أن تجعل عمليّة اندماج الموادّ المتفاعلة في التفاعل الكيميائيّ أكثر صعوبة.

65

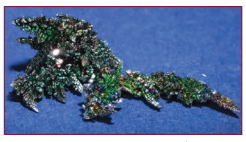
استخدامات العناصر الانتقالية

1. كلّف الطلاب أن يبحثوا عن استخدامات الفلزّات الانتقالية. عليهم رسم مُخطّط لكل فلزّ يوضح استخدامه.
2. بإمكان الطلاب أيضًا رسم مُخطّطات على قطعة كبيرة من الورق، بحيث يمكن عرضها في غرفة الصف.
3. تُعدّ عملية استخدام الفناديوم في إنتاج حمض الكبريتيك مهمة ومترابطة. لذا، ناقش عملية الترابط هذه، ثم اذكر الحالات التي يستخدم فيها الفناديوم. تعتبر عملية استخراج الفناديوم من النفط الخام صعبة للغاية، لذلك هي تكلفة إضافية في إنتاج النفط.
4. بغضّ النظر عن العناصر المذكورة هنا، اذكر استخدامات الفضة والذهب في الأجهزة الإلكترونية التي نستخدمها في وقتنا الحاضر. كلاهما موصلان جيّدان للكهرباء، ويؤدّيان دورًا كبيرًا في جعل الأجهزة التي نستخدمها في الوقت الراهن أصغر حجمًا.
5. يُعدّ الخارصين أيضًا عنصرًا مهمًا جدًا يستخدم في إنتاج المطّاط، والطلاء، والبطّاريات، وغيرها كثير.
6. في النهاية، وزّع طلاب الصف في مجموعات صغيرة، واطلب إليهم إجراء بحث عن استخدامات عنصرين انتقاليين لم يتم ذكرهما في الدرس.

استخدامات الفناديوم والمنجنيز والتيتانيوم

الفناديوم

عند إضافة كميّات ضئيلة من الفناديوم إلى الفولاذ، فإنّ هذا يزيد من قوّته ومقاومته للتآكل على نحو كبير. يُستخدم الفناديوم أيضًا كعامل حفّاز في عمليّة إنتاج حمض الكبريتيك المستخدم في تكرير النفط. يُعدُّ الفناديوم (انظر **الشكل 2-21**) من الفلزّات النادرة نسبيًّا. ويوجد في القشرة الأرضية بنسبة مقدارها 0.012% فقط.



الشكل 2-21 بلّورات الفناديوم ذات الألوان الفرجية.

مُركّبات الفناديوم سامّة، وتؤدّي إلى تآكل بعض الأوعية المصنوعة من الفولاذ المقاوم للصدأ. لذا، فإنّ وجود هذه المُركّبات في النفط الخام غير مرغوب فيه. وإذا كان بالإمكان تطوير طرائق فعّالة لإزالة الفناديوم من النفط الخام، فإنّ شركات النفط ستكون قادرة على إنتاج جزء قيّم من البترول وتكرير منتج صديق للبيئة .

المنجنيز

يُستخدم المنجنيز لمنع حدوث الصدأ والتآكل على الفولاذ. يُعدُّ المنجنيز المتأيّن جزءًا من الأصباغ الصناعيّة التي تدخل في الكثير من الألوان، والتي تعتمد على حالة التأكسد لأيونات المنجنيز (Mn)، يُستخدم ثاني أكسيد المنجنيز كمادّة كاثود (مستقبل الإلكترونات) في البطّاريّات التي تتكوّن من الخارصين-الكربون، والبطّاريّات القلويّة. تُعدُّ برمنجنات الفلزّات القلويّة والقلويّة الأرضيّة أيضًا موادّ مؤكسدة قويّة. أمّا في علم الأحياء، فتُعدُّ أيونات المنجنيز (II) ضرورية للكثير من الإنزيمات التي تعمل على استقلاب (أيض) الأكسجين، بما في ذلك عمليّة البناء الضوئيّ التي تحدث في النباتات.

التيتانيوم

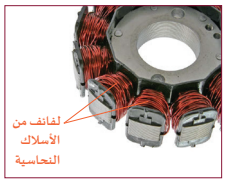
يحتلّ عنصر التيتانيوم المرتبة التاسعة من حيث كثرته ووفرته في القشرة الأرضيّة، إذ يشكّل ما يزيد عن 0.565% من كتلتها. والتيتانيوم عنصر قويّ جدًا عندما يكون في هيئته الفلزّية، إلّا أنّه فلزّ خفيف الوزن وأكثر قوّة من الفولاذ، غير أن كثافته أقلّ من نصف كثافة الفولاذ. يُعرف عن عنصر التيتانيوم بأنه مقاوم للتآكل، ولكنّه في الحقيقة فلزّ نشيط وفعّال، ويتأكسد بسرعة ليشكّل طبقة قويّة وقاسية ومقاومة كيميائيًّا. وهو فلزّ متوافق مع الأنسجة الحيوية، يُستخدم بشكل واسع في الزراعات الطبيّة (انظر **الشكل 2-22**).

الشكل 2-22 (a) يُستخدم التيتانيوم في زراعة الأسنان. (b) صورة أشعة للمرفق تبيّن الصفائح والبراغي المثبتة فيه والمصنوعة من التيتانيوم. (c) كرة الحوض (الورك) ومقبس الزراعة المصنوعة من التيتانيوم.

استخدامات النحاس والحديد

النحاس

يُعدُّ النحاس موصلًا جيّدًا للكهرباء ، وهو يأتي في المرتبة الثانية بعد الفضّة، وهو الفلزّ الأساسيّ المستخدم لتوصيل الكهرباء. جميع دول العالم تستخدم الموصلات الكهربائيّة المصنوعة من النحاس في ألواح دوائر الحاسوب، وفي داخل المنازل. وتُعدُّ بعض سبائك النحاس مهمّة أيضًا، بما فيها النحاس الأصفر (brass) والبرونز. تتكوّن سبيكة البرونز من النحاس والقصدير، أمّا سبيكة النحاس الأصفر فتتكوّن من النحاس والخارصين.



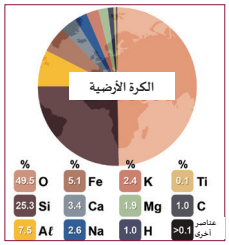
الشكل 2-23 أحد استخدامات النحاس في أجزاء المحوّلات والمولّدات.

الحديد

الحديد عنصر نشط في كثير من المُركّبات التي تستخدمها الكائنات الحية مثل بروتين الهيموجلوبين في الدم و الذي ينقل الأكسجين عبر جميع أنحاء أجسامنا.

ويُعدُّ الحديد العنصر الأكثر إنتاجًا من حيث كتلته من بين العناصر جميعها المستخدمة في التكنولوجيا البشريّة. عندما يندمج الحديد مع كميّة ضئيلة من الكربون يتحوّل إلى فولاذ. يُستخدم الفولاذ الكربوني الاعتياديّ في الكثير من الصناعات، ابتداءً من علب الأطعمة المعدنية، مرورًا بالسيّارات، ووصولًا إلى الجسور والبنايات. وتشتمل سبائك الفولاذ ذي القوّة العالية على عناصر أخرى إضافية موجودة في الحديد.

وحاليًا يتم إنتاج المئات من سبائك الفولاذ التي لها سلسلة عريضة من الخصائص، بما فيها زيادة القوّة، وقابليّة الطَرْق والسَحْب، ومقاومة التآكل. ويُعدّ الفولاذ المادّة التركيبيّة الأكثر أهميّة، والتي تُستخدم في البناء وتشييد الأبراج والجسور وتصنيع هياكل السيّارات والمحركات والأدوات بالإضافة إلى ملايين المنتجات المنزليّة.



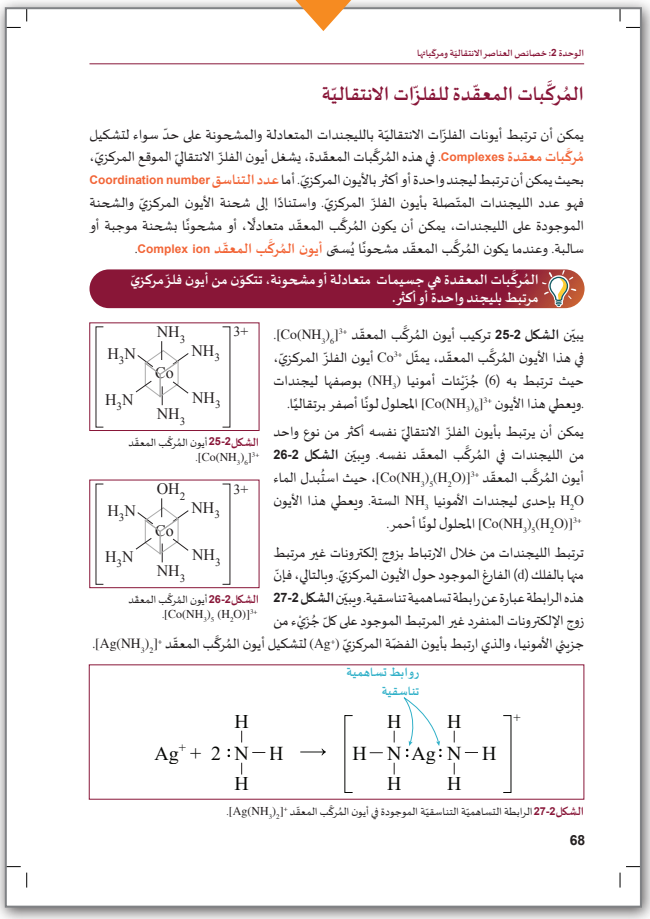
الشكل 2-24 النسب المئوية لوجود العناصر في القشرة الأرضية.

المركّبات المُعقّدة للفلزّات الانتقالية

1. عرّف المركّبات المُعقّدة موضّحًا أن أيون الفلزّ الانتقالي يوجد في مركز الليجندات المتُعدّدة. وذكّر الطلاب بأننا قد تعلمنا في الدرس 2-1 أن الليجندات تكون في الغالب مشحونة بشحنة سالبة.
2. عندما يكون للمركّب المتكوّن شحنة، فهو عبارة عن أيون معقّد.
3. يُسمّى عدد الليجندات المرتبطة بأيون الفلزّ المركزي "عدد التناسق".
4. إستخدمنا مصطلح الأيون المركزي مرات كثيرة. لذا، اعرض **الشكلين 2-25، 2-26** على السبّورة لشرح المصطلح.

أنواع الليجندات

1. أوضح أن الليجندات تتميّز بعدد الإلكترونات التي تتشارك فيها مع أيون الفلزّ المركزي.
2. اطلب من الطلاب أن يعرّفوا الليجندات أحادية الترابط، والليجندات ثنائية الترابط، والليجندات متُعدّدة الترابط باستخدام أسلوبهم الخاص. واطلب إليهم البحث عن مثال واحد على كل منها، لم يتمّ ذكره في الدرس.
3. استخدم مجموعة النماذج الجزيئية لتصميم بعض الليجندات متُعدّدة الترابط. ثم اعرض على الطلاب موقع الإلكترونات غير المرتبطة لتوضيح السبب الذي يمنع أن تتشارك الإلكترونات جميعها في عملية الترابط.



المُركّبات المعقّدة للفلزّات الانتقاليّة

يمكن أن ترتبط أيونات الفلزّات الانتقاليّة بالليجندات المتعادلة والمشحونة على حدّ سواء لتشكيل مُركّبات معقّدة Complexes. في هذه المُركّبات المعقّدة، يشغل أيون الفلزّ الانتقاليّ الموقع المركزيّ، بحيث يمكن أن ترتبط ليجند واحدة أو أكثر بالأيون المركزيّ. أما عدد التناسق Coordination number فهو عدد الليجندات المتّصلة بأيون الفلزّ المركزيّ. واستنادًا إلى شحنة الأيون المركزيّ والشحنة الموجودة على الليجندات، يمكن أن يكون المُركّب المعقّد متعادلًا، أو مشحونًا بشحنة موجبة أو سالبة. وعندما يكون المُركّب المعقّد مشحونًا يُسمّى أيون المُركّب المعقّد Complex ion.

المُركّبات المعقّدة هي جسيمات متعادلة أو مشحونة، تتكوّن من أيون فلزّ مركزيّ مرتبط بليجند واحدة أو أكثر.

الشكل 2-25 أيون المُركّب المعقّد $[Co(NH_3)_6]^{3+}$.

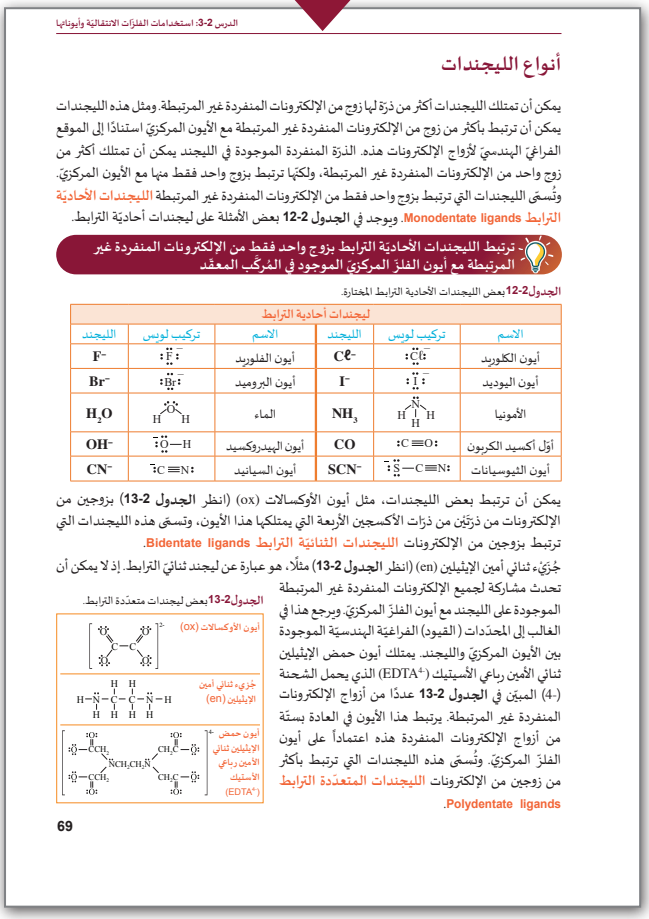
يبيّن **الشكل 2-25** تركيب أيون المُركّب المعقّد $[Co(NH_3)_6]^{3+}$. في هذا الأيون المُركّب المعقّد، يمثّل Co^{3+} أيون الفلزّ المركزيّ، حيث ترتبط به (6) جُزَيْئات أمونيا (NH_3) بوصفها ليجندات. ويعطي هذا الأيون $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ المحلول لونًا أصفر برتقاليًا.

يمكن أن يرتبط بأيون الفلزّ الانتقاليّ نفسه أكثر من نوع واحد من الليجندات في المُركّب المعقّد نفسه. ويبيّن **الشكل 2-26** أيون المُركّب المعقّد $[Co(NH_3)_5(H_2O)]^{3+}$، حيث استُبدل الماء H_2O بإحدى ليجندات الأمونيا NH_3 الستة. ويعطي هذا الأيون $[Co(NH_3)_5(H_2O)]^{3+}$ المحلول لونًا أحمر.

الشكل 2-26 أيون المُركّب المعقّد $[Co(NH_3)_5(H_2O)]^{3+}$.

ترتبط الليجندات من خلال الارتباط بزوج إلكترونات غير مرتبط منها بالفلك (d) الفارغ الموجود حول الأيون المركزيّ. وبالتالي، فإنّ هذه الرابطة عبارة عن رابطة تساهمية تناسقية. ويبيّن **الشكل 2-27** زوج الإلكترونات المنفرد غير المرتبط الموجود على كلّ جُزَيْء من جزيئي الأمونيا، والذي ارتبط بأيون الفضّة المركزيّ (Ag^+) لتشكيل أيون المُركّب المعقّد $[Ag(NH_3)_2]^+$.

الشكل 2-27 الرابطة التساهميّة التناسقيّة الموجودة في أيون المُركّب المعقّد $[Ag(NH_3)_2]^+$.



أنواع الليجندات

يمكن أن تمتلك الليجندات أكثر من ذرّة لها زوج من الإلكترونات المنفردة غير المرتبطة. ومثل هذه الليجندات يمكن أن ترتبط بأكثر من زوج من الإلكترونات المنفردة غير المرتبطة مع الأيون المركزيّ استنادًا إلى الموقع الفراغيّ الهندسيّ لأزواج الإلكترونات هذه. الذرّة المنفردة الموجودة في الليجند يمكن أن تمتلك أكثر من زوج واحد من الإلكترونات المنفردة غير المرتبطة، ولكنّها ترتبط بزوج واحد فقط منها مع الأيون المركزيّ. وتُسمّى الليجندات التي ترتبط بزوج واحد فقط من الإلكترونات المنفردة غير المرتبطة **الليجندات الأحاديّة الترابط Monodentate ligands**. ويوجد في **الجدول 2-12** بعض الأمثلة على ليجندات أحاديّة الترابط.

ترتبط الليجندات الأحاديّة الترابط بزوج واحد فقط من الإلكترونات المنفردة غير المرتبطة مع أيون الفلزّ المركزيّ الموجود في المُركّب المعقّد

الجدول 2-12 بعض الليجندات الأحادية الترابط المختارة.

ليجندات أحادية الترابط					
الاسم	تركيب لويس	الليجند	الاسم	تركيب لويس	الليجند
أيون الكلوريد	$:\ddot{Cl}:^-$	$C\ell^-$	أيون الفلوريد	$:\ddot{F}:^-$	F^-
أيون اليوديد	$:\ddot{I}:^-$	I^-	أيون البروميد	$:\ddot{Br}:^-$	Br^-
الأمونيا	$H-\ddot{N}(H)-H$	NH_3	الماء	$H-\ddot{O}(H)$	H_2O
أوّل أكسيد الكربون	$:C\equiv O:$	CO	أيون الهيدروكسيد	$\ddot{O}-H$	OH^-
أيون الثيوسيانات	$:\ddot{S}-C\equiv N:$	SCN^-	أيون السيانيد	$:C\equiv N:$	CN^-

يمكن أن ترتبط بعض الليجندات، مثل أيون الأوكسالات (ox) (انظر **الجدول 2-13**) بزوجين من الإلكترونات من ذرّتين من ذرّات الأكسجين الأربعة التي يمتلكها هذا الأيون، وتسمّى هذه الليجندات التي ترتبط بزوجين من الإلكترونات **الليجندات الثنائيّة الترابط Bidentate ligands**.

جُزَيْء ثنائي أمين الإيثيلين (en) (انظر **الجدول 2-13**) مثلًا، هو عبارة عن ليجند ثنائيّ الترابط. إذ لا يمكن أن تحدث مشاركة لجميع الإلكترونات المنفردة غير المرتبطة الموجودة على الليجند مع أيون الفلزّ المركزيّ. ويرجع هذا في الغالب إلى المحدّدات (القيود) الفراغيّة الهندسيّة الموجودة بين الأيون المركزيّ والليجند. يمتلك أيون حمض الإيثيلين ثنائي الأمين رباعي الأسيتيك ($EDTA^{4-}$) الذي يحمل الشحنة (-4) المبيّن في **الجدول 2-13** عددًا من أزواج الإلكترونات المنفردة غير المرتبطة. يرتبط هذا الأيون في العادة بستّة من أزواج الإلكترونات المنفردة هذه اعتمادًا على أيون الفلزّ المركزيّ. وتُسمّى هذه الليجندات التي ترتبط بأكثر من زوجين من الإلكترونات **الليجندات المتعدّدة الترابط Polydentate ligands**.

الجدول 2-13 بعض ليجندات متعدّدة الترابط.

أيون الأوكسالات (ox)	
جُزَيْء ثنائي أمين الإيثيلين (en)	
أيون حمض الإيثيلين ثنائي الأمين رباعي الأسيتيك ($EDTA^{4-}$)	

أعداد التّناسق للمركّبات المُعقّدة

1. ذكّر الطلاب بأن مصطلح "عدد التناسق" تم تعريفه للتوّ. وعوضًا عن تذكيرهم بالتعريف كاملًا، اطلب إليهم تعريف عدد التناسق والأيونات المركزية.
2. ناقشنا أن الأيونات المُعقّدة التي تكوّنت قد تحمل شحنة في بعض الأحيان، وهذه الرابطة سوف تتكوّن مع الأيونات المشحونة بشحنة معاكسة.
3. حلّ المثال 7 على السبّورة، وتحدَّ الطلّاب بأمثلة مشابهة.

ألـوان المـركّبات المُعقّـدة للفلزّات الانتقالية

سوف يتيح نشاط الشرح هذا للطلاب تطوير تفسير بشكل عكسي لما تم تقديمه لهم. وسيجري تقييم فهم الطلاب ما يقرأون.

تحدث عملية تميّه كلوريد الكوبالت (II) اللامائية بمصاحبة مجموعة من تغيُّرات في الألوان، وبشكل جوهري من اللّون الأزرق إلى الوردي.

1. اسأل الطلاب: كيف يمكن عكس تميّه مركّب سداسي كلوريد الكوبالت (II)؟

سيحتاج الطلاب إلى التفكير في طريقة لإزالة الماء. عمليَّة تسخين كلوريد الكوبالت (II) المشبع بالماء ذي اللون

الوحدة 2: خصائص العناصر الانتقالية ومركّباتها

أعداد التناسق للمركّبات المعقّدة

عدد التناسق للمركب المعقّد هو عدد الليجندات المرتبطة (جزيئات أو أيونات) بشكل مباشر بأيون الفلزّ المركزيّ. ويتمّ تحديد هذه الليجندات عن طريق تضمين كلّ من الصيغة الكيميائيّة لليجندات وعدد هذه الليجندات الموجودة في داخل القوسين المربّعين للصيغة الكيميائيّة لأيون المُركّب المعقّد.

تكون قيمة أعداد التناسق في الغالب ضمن مدًى يقع بين 2 إلى 12؛ وأكثر أعداد التناسق شيوعًا هما 4، و6، أمّا أعداد التناسق ذات القيمة الفرديّة فتكون نادرة جدًا. ويمكن أن تُكوّن أيونات المُركّب المعقّد مُركّبات عن طريق الروابط الأيونيّة مع الأيونات المشحونة بشحنات متعاكسة أو مع أيونات مُركّب معقّد مشحونة بشحنات متعاكسة، وهذه الأيونات تُسمّى **الأيونات المقابلة Counter ions**، وهي أيونات غير مرتبطة بشكل مباشر بأيون الفلزّ المركزيّ مثل ارتباط الليجندات به. في الصيغة الكيميائيّة، توضع رموز الأيونات المقابلة في خارج القوسين المربّعين لصيغة أيون المُركّب المعقّد الكيميائيّة.

مثال 7

حدّد أيون المُركّب المعقّد، والأيونات المقابلة، والشحنة الموجودة على أيون المُركّب المعقّد، والليجندات، وعدد التناسق لأيون الفلزّ المركزيّ، والشحنة الموجودة على أيون الفلزّ المركزيّ للمركب المعقد $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$

الحلّ

- توجد صيغة أيون المُركّب المعقّد في داخل القوسين المربّعين في الصيغة الآتية: $[Co(NH_3)_5Cl]^{2+}$.
- الأيونات المقابلة هي أيونا الكلوريد الموجودان في الصيغة: $[Co(NH_3)_5Cl]Cl_2$.
- يمتلك كلّ أيون من أيونَي الكلوريد شحنة سالبة واحدة (Cl^{-1}). لذا، يجب أن يمتلك أيون المُركّب المعقّد شحنة موجبة تساوي (+2). $[Co(NH_3)_5Cl]^{+2}Cl_2^{-1}$
- أيون الكوبالت هو أيون الفلزّ المركزيّ، وهو مرتبط بنوعين من الليجندات، هما: (الأمونيا (NH_3)، والكلوريد (Cl^{-1}): $[Co(NH_3)_5Cl]^{2+}$.
- هنالك 5 جُزَيْئات NH_3 أحاديّة الرابط موجودة في الأيون المعقّد: $[Co(NH_3)_5Cl]^{2+}$، وأيون كلوريد واحد أحاديّ الرابط $[Co(NH_3)_5Cl]^{2+}$؛ لذا، فإنّ عدد التناسق هو (6) : $(5 \times 1) + (1 \times 1) = 6$.
- يمتلك أيون المُركّب المعقّد شحنة موجبة تساوي (+2)، أمّا جُزَيْئات الأمونيا فلا تمتلك أيّة شحنة، وتمتلك أيونات الكلوريد شحنة سالبة تساوي (-1). لهذا، يمكن حساب الشحنة الموجودة على الكوبالت، وهو أيون الفلزّ المركزيّ، والتي تساوي (+3):
- تَحَقّقْ من ذلك: $(+3) + (0 \times 5) + ((-1) \times 1) = +2$

$$\overset{+3}{[Co}\overset{0\ 0\ 0\ 0\ 0}{(NH_3)_5}\overset{-1}{Cl]}^{2+}$$

70

الدرس 2-3: استخدامات الفلزّات الانتقالية وأيوناتها

ألوان المُركّبات المعقّدة للفلزّات الانتقاليّة

عندما ترتبط الليجندات بأيونات الفلزّات الانتقاليّة، تنفصل أفلاك (d) في طاقتها. يؤدّي هذا الانفصال في الطاقة إلى إنتاج عدد من المُركّبات المعقّدة تظهر بلون مميّز عند ملاحظتها في الضوء الأبيض. فعندما ترتبط ليجندات مختلفة بأيون الفلزّ الانتقاليّ، تنقسم أفلاكها من نوع (d) بطاقات مختلفة. وبالتالي، فعند استبدال الليجندات من أيون الفلز المركزي بليجندات أخرى مختلفة، يختلف لون المُركّب المعقّد الجديد عن المُركّب المعقّد الذي يسبقه.

الشكل 2-28 حجر كريم مقصوص ومصقول من: (a) الياقوت، (b) الزمرّد.

إن الألوان المميّزة التي تظهر بها أحجار الياقوت والزمرّد الكريمة يرجع سببها إلى وجود شوائب مكوّنة من أيونات (Cr^{3+}) في بلّورات كلّ منهما: أحجار الياقوت الكريمة هي بلّورات من أكسيد الألومنيوم، Al_2O_3، أمّا أحجار الزمرّد الكريمة فهي بلّورات من سيليكات ألومنيوم البريليوم، $Be_3Al_2(SiO_3)_6$. وقد استُبدل بما يقارب (1%) من أيونات الألومنيوم في كلتا البلّورتين بأيونات الكروم (III) عندما تشكّلت هذه البلّورات. والأيونات الموجودة في حجارة الياقوت تُقسم أفلاك أيونات الكروم من نوع (d) بشكل مختلف عن الأيونات الموجودة في حجارة الزمرّد، وبكون الناتج عبارة عن ألوان مميّزة لكلّ حجر كريم منهما (انظر **الشكل 2-28**).

إنّ بلّورات كلوريد الكوبالت (II)، $CoCl_2$، اللامائيّة (وتعني بدون ماء) ذات لون أزرق. عندما تتعرّض هذه البلّورات إلى الرطوبة، سترتبط جُزَيْئات الماء بالتركيب البلوريّ لبلّورات كلوريد الكوبالت (II)، $CoCl_2$، كليجندات بالأيون Co^{2+}. وعندما تمتصّ هذه البلّورات كمية كافية من الماء لتكوين مُركّب ثنائي الماء، $CoCl_2.2H_2O$، تحدث إزاحة في طاقة أفلاك (d) المنفصلة بالفعل نتيجة وجود أيونات الكلوريد مما يؤدي إلى تكوين بلورات أرجوانية اللون. ومع الاستمرار بامتصاص الرطوبة، تُشكل البلّورات في النهاية مُركّبًا سداسي الماء، $CoCl_2.6H_2O$، فيتغيّر لون البلّورات إلى اللون الورديّ. والمعادلات الكيميائيّة التي تمثّل هذه التحوّلات هي على النحو الآتي:

$$CoCl_2 + 2\,H_2O \rightarrow CoCl_2 \cdot 2\,H_2O$$
(زرقاء اللون) (أرجوانية اللون)

$$CoCl_2 \cdot 2\,H_2O + 4\,H_2O \rightarrow CoCl_2 \cdot 6\,H_2O$$
(أرجوانية اللون) (ورديّة اللون)

وضّح كيف يمكن عكس تميّه مُركّب سداسي كلوريد الكوبالت (II)، وكيف يمكنك أن تعرف أنّ عمليّة إزالة الماء منه كانت مكتملة.

71

ألوان المركّبات المُعقّدة للفلزّات الانتقالية - تابع

الوردي، هي الطريقة الأسهل لتحقيق هذه المهمة. وقد يتوصّل الطلاب إلى طريقة أخرى منطقية استنادًا إلى قاعدة خلفيتهم المعرفية العلمية.

2. كيف يمكنك أن تعرف أنَّ عمليّة إزالة الماء من كلوريد الكوبالت (II) كانت مكتملة.

يكون لون مركّب كلوريد الكوبالت (II) المشبع بالماء ورديًا، أمّا لون كلوريد الكوبالت (II) اللامائي فيكون أزرق، وبناءً على ذلك، ستكتمل العملية عند ملاحظة اللون الأزرق فقط.

يمكن استخدام هذه الفرصة لمناقشة بعض التطبيقات على هذه العملية. وعلى سبيل المثال، فإنّ ورقة اختبار كلوريد الكوبالت (II) ستتحوّل إلى اللون الأزرق، وستُظهر نتيجة إيجابية لوجود الماء عندما تتحول إلى اللون الوردي. ويمكن إعادة استخدام ورقة الاختبار هذه مجددًا، وذلك بتسخينها إلى أن تتحوّل الى اللون الأزرق مرة أخرى، ويمكن عرضها في الصف أيضًا.

يمكن استخدام هذه الفرصة لتعليم مصطلح "المجفف" (مادة تستخدم كعامل تجفيف لقدرتها على امتصاص الرطوبة). وتستخدم بعض المجفّفات التي تحتوي على كلوريد الكوبالت (II) لامتصاص الرطوبة من المناطق المغلقة الصغيرة نسبيًا. فعندما يتحوّل لون المجفف إلى اللون الوردي، فهذا يُعدّ مؤشرًا للمستخدم على أن المجفّف لم يعد بإمكانه استيعاب المزيد من الرطوبة. ولكن عملية تسخين المجفّف إلى أن يتحوّل لونه إلى اللون الأزرق تسمح بإعادة استخدامه مرة أخرى.

الوحدة 2: خصائص العناصر الانتقالية ومركّباتها

تابع - ألوان المُركّبات المعقّدة للفلزّات الانتقاليّة

تنصهر أيونات الكوبالت في الزجاج فتضفي عليه لونًا أزرق جميلًا (انظر **الشكل 2-29**)، وينسب هذا اللون الأزرق الى الكوبالت، لذلك يُسمّى "أزرق الكوبالت". وتنصهر أيونات الفلزّات الأخرى في الزجاج منتجة بذلك ألوانًا مختلفة.

عندما توضع أيونات المُركّبات المعقّدة في المحاليل التي تحتوي على ليجندات محتملة، يمكن أن يحدث تفاعل متبادل، حيث تتبادل الليجندات الموجودة في المحاليل مع الليجندات الموجودة في أيونات مُركّبات المعقّد. إذا كانت الليجندات الجديدة ستكوّن روابط مع أيون الفلزّ المركزيّ أقوى من الليجندات المرتبطة الموجودة أصلًا.

الشكل 2-29 مزهرية ووعاء لونهما "أزرق الكوبالت".

على سبيل المثال، تكوّن أيونات الكوبالت (II) المائيّة (Co^{2+}) أيون مركب معقّد الكوبالت (II) سداسي الماء، $[Co(H_2O)_6]^{2+}$: عند إضافة حمض االهيدروكلوريك المركّز إلى المحلول، ستتبادل أيونات الكلوريد ($C\ell^-$)، القادمة من حمض الهيدروكلوريك مع ليجندات جُزَيْئات الماء المرتبطة بأيون الكوبالت (II) المركزيّ لتكوين أيون مركب معقّد رباعي كلوريد الكوبالت (II) $[CoCl_4]^{2-}$ عندها سيتغيّر لون المحلول من اللون الورديّ إلى اللون الأزرق الداكن عندما تحدث عمليّة تبادل الليجندات(انظر **الشكل 2-30**).

الشكل 2-30 تبادل الليجند كوبالت (II).

والمعادلة الكيميائيّة التي تصف هذا التفاعل هي على النحو الآتي:

$$[Co(H_2O)_6]^{2+} + 4HC\ell \rightarrow [CoC\ell_4]^{2-} + 6H_2O + 4H^+$$

في بعض الأحيان يمكن أن يحدث تبادل جزئيّ بين الليجندات، كما هو الحال عند حدوث تفاعل بين أيون معقّد النحاس سداسي الماء، $[Cu(H_2O)_6]^{2+}$، والأمونيا، NH_3. في هذا التفاعل، سيحدث تبادل بين أربع من ليجندات جُزَيْئات الماء الست وأربع جزيئات أمونيا، بحيث يكون لون المحلول في البداية أزرق فاتحًا، ثمّ يتغيّر لونه بسرعة إلى الأزرق الداكن جدًا نتيجة لتكوّن أيون مركب معقّد جديد. تكون عمليّة تبادل الليجندات في الغالب غير مكتملة عندما يحدث تداخل فراغيّ (غير مرتبط-موضعي) بين الليجندات. هذا يعني أن عمليّة تبادل الليجندات تتوقّف قبل أن يتمّ تبادل الليجندات جميعها إذا احتلّت الليجندات الجديدة مساحة أكبر حول أيون الفلز المركزي من الليجندات المُسْتَبدَلة.

$$[Cu(H_2O)_6]^{2+} + 4\ NH_3 \rightarrow [Cu(NH_3)_4(H_2O)_2]^{2+} + 4\ H_2O$$

(أزرق فاتح) (أزرق داكن)

72

3-2 مركّبات النحاس (II) المُعقّدة

الإجابات/ عيّنة بيانات

المواد المطلوبة: كبريتات النحاس (II) خماسية الماء ($CuSO_4.5H_2O$)، محلول أمونيا، محلول هيدروكسيد الصوديوم، ماء مقطّر أو منزوع الأيونات، ميزان إلكتروني، دورق سعته (100 mL)، أنابيب اختبار، حامل أنابيب اختبار، ساق زجاجية.

يجب تنفيذ هذا النشاط في مجموعات ثلاثية ليتمّكن الطلاب من التعاون، وتبادل الملاحظات. يجب أن يبقى المعلم يقظًا أثناء تنفيذ هذا النشاط، وأن يتأكد من تنفيذ الطلاب للتجربة بسلامة وأمان. ويجب ارتداء النظارات الواقية طوال الوقت. وعلى الطلاب توخّي الحيطة والحذر عند التعامل مع المواد الكيميائية. عند إجراء مناقشة التفاعلات الكيميائية للتجربة، تأكد من أن الطلاب يعرفون الخطوة التي تمثل كل تفاعل.

اطلب إلى الطلاب إبراز أيون المركّب المُعقّد، بحيث يمكنهم بعد ذلك تحديد الليجندات المختلفة التي شاركت في كلّ تفاعل، ثم أوضح بالمناقشة أنّ وجود هذه الليجندات هو المسؤول عن التغيّر في المظهر.

الملاحظات:

لون كبريتات النحاس (II) خماسية الماء ($CuSO_4.5H_2O$)

لونها: أزرق داكن

الدرس 2-3: استخدامات الفلزات الانتقالية وأيوناتها

3-2 مُركّبات النحاس (II) المعقّدة

سؤال الاستقصاء	هل يمكن تطوير الكشف النوعي عن أيونات النحاس (II) من خلال الملاحظات والتجارب البسيطة في المختبر؟
المواد المطلوبة	كبريتات النحاس (II) خماسيّة الماء ($CuSO_4.5H_2O$)، محلول أمونيا، محلول هيدروكسيد الصوديوم، ماء مقطّر أو منزوع الأيونات، ميزان إلكترونيّ، دورق سعته (100 mL)، أنابيب اختبار، حامل أنابيب اختبار. ساق زجاجيّة.

الإجراءات المختبريّة

1. زن (5g) تقريبًا من بلّورات كبريتات النحاس (II) خماسيّة الماء، ثمّ ضع هذه البلّورات في دورق سعته (100 mL)، ولاحظ لونها.
2. أضف (50 mL) تقريبًا من الماء المقطّر أو المنزوع الأيونات إلى الدورق، وحرّك بساق زجاجيّة إلى أن تذوب البلّورات جميعها.
3. صبّ (5 mL) تقريبًا من هذا المحلول في أنبوب اختبار، وضع العنوان الآتي له: "$[Cu(H_2O)_6]^{2+}$"، ثمّ ضع أنبوب الاختبار هذا على حامل الأنابيب.
4. صبّ نصف المحلول في دورق آخر سعته (100 mL).
5. ابدأ بإضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) إلى أحد الدورقَيْن، قطرة بعد قطرة، وحرّك المخلوط بلطف وحذر بعد إضافة كلّ قطرة. استمرّ بإضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى أن يحدث تغيّر ملحوظ في معظم أجزاء المحلول.
6. صبّ (5 mL) تقريبًا من هذا المحلول في أنبوب اختبار، وضع العنوان الآتي له: "$Cu(OH)_2$"، ثمّ ضع أنبوب الاختبار هذا على حامل الأنابيب.
7. باستخدام محلول الأمونيا ($NH_{3(aq)}$)، كرّر الخطوة 5 مع المحلول الموجود في الدورق الآخر الذي يحتوي على محلول كبريتات النحاس (II). في البداية، ستتمّ ملاحظة كلا التفاعلين، ثمّ سيتمّ تفسير هذه الملاحظات في أوراق العمل. استمرّ بإضافة قطرات من محلول الأمونيا إلى أن يتشكّل محلول متجانس.
8. صبّ (5mL) تقريبًا من هذا المحلول في أنبوب اختبار، وضع العنوان الآتي له: "$[Cu(NH_3)_4(H_2O)_2]^{2+}$"، ثمّ ضع أنبوب الاختبار هذا على حامل الأنابيب.
9. باستخدام المحاليل الموجودة في الأنابيب الثلاثة المُعَنْوَنَة، دوّن الملاحظات التي تصف هذه المحاليل. أهي صافية أم عكرة (مشيرة إلى تشكّل راسب في المحلول)؟ ما لون هذه المحاليل؟

ما الملاحظات الإضافية التي يجب إجراؤها وأخذها بالحسبان باستخدام إجراءات مشابهة لتطوير اختبار نوعيّ لأيونات النحاس (II) (Cu^{2+})؟

73

مركّبات النحاس (II) المُعقّدة	المظهر
$[Cu(H_2O)_6]^{2+}_{(aq)}$	محلول أزرق صافٍ ومتجانس
$Cu(OH)_{2(s)}$	مخلوط أزرق فاتح وغير متجانس
$[Cu(NH_3)_4(H_2O)_2]^{2+}$	محلول أزرق داكن متجانس

التفاعلات:

$$CuSO_4 \cdot 5H_2O_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow [Cu(H_2O)_6]^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

أزرق صافٍ أزرق داكن

$$[Cu(H_2O)_6]^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow Cu(OH)_{2(s)} + 6H_2O_{(l)}$$

راسب أزرق فاتح

$$[Cu(H_2O)_6]^{2+}_{(aq)} + 4NH_{3(aq)} \rightleftharpoons [Cu(NH_3)_4(H_2O)_2]^{2+}_{(aq)} + 4H_2O_{(l)}$$

محلول أزرق داكن

سؤال

ما الملاحظات الإضافية التي يجب إجراؤها وأخذها بالحسبان باستخدام إجراءات مشابهة لتطوير اختبار نوعيّ لأيونات النحاس (II) (Cu^{2+})؟

الملاحظات الإضافية التي يجب إجراؤها على أملاح النحاس (II) الأخرى القابلة للذوبان هي إجراء إختبار عملي لنرى ما إذا كانت ستعطي النتائج نفسها.

تقويم الدّرس 2-3

الإجابات

1. أيٌّ من المجموعات الآتية تبيّن الترتيب الصحيح لخطوات عمليّة التحفيز؟
   a. انتزاز ← انتشار ← تفاعل ← امتزاز
   b. انتشار ← تفاعل ← انتزاز ← امتزاز
   c. تفاعل ← امتزاز ← انتشار ← انتزاز
   d. امتزاز ← انتشار ← تفاعل ← انتزاز
   d. امتزاز ← انتشار ← تفاعل ← انتزاز

2. أيُّ زوج من أزواج الليجندات الآتية يُعدُّ كلُّ واحد منهما أحاديَّ الترابط؟
   a. الأمونيا (NH_3)، و ($EDTA^{4-}$)
   b. أيون الفلوريد (F^-)، والأوكسالات (ox)
   c. أيون الكلوريد ($C\ell^-$)، والإيثيلين ثنائي الأمين (en)
   d. أيون الهيدروكسيد (OH^-)، وأول أكسيد الكربون (CO)
   d. أيون الهيدروكسيد (OH^-)، وأول أكسيد الكربون (CO)

3. أيٌّ من الأسباب الآتية يُعدُّ الأكثر احتمالًا لتغيّر اللون في التفاعل الذي يتضمّن أيونًا مركبًا معقّدًا؟
   a. حدوث تبادل لليجند.
   b. تحوّل المحلول القاعديّ إلى محلول حمضيّ.
   c. تحوّل المحلول الحمضيّ إلى محلول قاعديّ.
   d. تغيّر التوزيع الإلكترونيّ لأيون الفلزّ المركزيّ.
   a. حدوث تبادل لليجند.

4. أيٌّ من الأعداد الآتية يمثّل عدد التناسق الموجود في $[Ni(CN)_2C\ell_2]^{2-}$؟
   a. 2
   b. 4
   c. 5
   d. 6
   b. 4

تقويم الدرس 2-3 — الإجابات

5. حدّد الأيون المُركَّب المعقّد، والأيونات المقابلة، والشحنة الموجودة على أيون المُركَّب المعقّد، والليجندات، وعدد التناسق لأيون الفلزّ المركزيّ، والشحنة الموجودة على أيون الفلزّ المركزيّ للمركّب المعقّد $K_3[Cu(C\ell)_5]$؟

صيغة الأيون المركّب المُعقّد موجودة في الأقواس $[Cu(C\ell)_5]^{3-}$.

أما الأيونات المقابلة فهي أيونات البوتاسيوم الثلاثة التي توجد خارج الأقواس: $(3K^+)$.

ولتحديد الشحنة الموجودة على الأيون المركّب المُعقّد، علينا أن نعرف شحنة الأيونات المقابلة أولًا. فشحنة أيون بوتاسيوم واحدة تساوي 1+، مع الإشارة إلى أن ثلاثة أيونات للبوتاسيوم تكون موجودة. وهكذا، تكون الشحنة الكلية للأيونات المقابلة تساوي 3+.

ولموازنة هذه الشحنة، فإن شحنة الأيون المركّب المُعقّد يجب أن تساوي 3-.

أما الليجندات فهي عبارة عن 5 أيونات كلوريد.

وعدد التناسق لأيون الفلزّ المركزي يساوي 5.

لذا، ستمتلك أيونات الكلوريد شحنة كليه مقدارها 5-، أما الشحنة الكلية للأيون المركّب المُعقّد فتساوي 3-. ويمكن كتابة ذلك بطريقة حسابية على النحو الآتي:

$$X - 5 = -3$$

$$X = +2$$

عندها، تكون شحنة أيون الفلزّ المركزي، وهو النحاس، تساوي 2+.

6. ما الشحنة الموجودة على أيون الفلزّ المركزيّ في أيون المُركَّب المعقّد $[PdC\ell_4]^{2-}$؟

أيون الفلزّ المركزي هو Pd. والشحنة الكلية لأيون المركّب المُعقّد تساوي 2-. والشحنة على كل أيون كلوريد تساوي 1-.

ويمكن كتابة ذلك بطريقة حسابية على النحو الآتي:

$$X + (-1 \times 4) = -2$$

$$X = +2$$

لذا، تكون الشحنة على البلاديوم تساوي 2+.

7. ما عدد الليجندات الكلّي الموجودة في أيون المُركَّب المعقّد $[Co(en)_2C\ell_2]^+$؟

عدد الليجندات الكلي يساوي 4.

8. حدّد نوع الرابطة التي تكوّنت بين أيون الفلزّ المركزيّ الموجود في مركّب معقّد ما وليجنداته.

تكوّنت رابطة تساهمية تناسقية بين الَليجند و أيون الفلزّ المركزي.

9. لماذا لا تمتلك الليجندات شحنة موجبة في العادة؟

الليجندات هي جزيئات، أو أيونات ترتبط بشكل نموذجي مع أيونات الفلزّات الانتقالية. ولأنّ هذه الأيونات تكون مشحونة بشحنة موجبة، فإن شحنة الليجند ستكون في الغالب سالبة.

إعادة تدريس

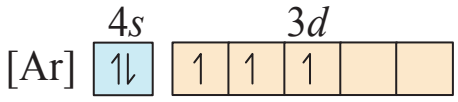
1. يمكن لكل طالب إجراء بحث، والعثور على أيونات المركّب المُعقّدة الخاصة به، ثم يحدّد أيون الفلزّ المركزي، والليجندات ، وعدد التناسق، والأيونات المقابلة. ويجب على المعلم التحقُّق من إجابات الطلاّب جميعهم.
2. الآن، سيتبادل الطلاب هذه الليجندات مع زملائهم. وسيحدّد الزميل أيون الفلزّ المركزي، والليجندات، وعدد التناسق، والأيونات المقابلة. بإمكان الطلاب في هذه اللحظة التحقُّق من إجاباتهم.
3. بإمكان الطلاب الآن التشارك في المعلومات المتعلّقة بأيونات المركّب المُعقّدة. استمرَّ في تنفيذ هذا النشاط لمدة 10 دقائق.

إثراء

1. سيلاحظ الطلاب مركّبات النَحاس (II) مُعقّدة ومختلفة: في البداية سيذوّب الطلاب كبريتات النحاس (II) خماسية الماء ($CuSO_4.5H_2O$) في ماء مقطّر ليحصلوا على أيونات $[Cu(H_2O)_6]^{+2}$.
2. سيضيف الطلاب بعد ذلك NaOH إلى نصف كمية محلول كبريتات النحاس (II) لتكوين $Cu(OH)_2$.
3. تتمثّل الخطوة الأخيرة في إضافة محلول الأمونيا إلى كمية محلول كبريتات النحاس (II) المتبقّية لتكوين $[Cu(NH_3)_4(H_2O)_2]^{2+}$.
4. حدّد بالمناقشة ما يُعدُّ أيونات مركّب معقد، وعيّن الليجندات الموجودة في كلّ منها، فالليجندات المختلفة تُنتج موادّ مختلفةً.

اختيار من متعدّد

1. ما العنصر الذي يُمثِّل توزيعه الإلكترونيّ حسب قاعدة هوند بترميز "المربّع-السهم" باستخدام الغاز النبيل الآتي:



a. التيتانيوم
b. الفناديوم
c. الكروم
d. المنجنيز

b. الفناديوم

2. ما العنصر الذي له التوزيع الإلكترونيّ $[Ar]\ 4s^1 3d^5$؟

a. الحديد
b. النحاس
c. سكانديوم
d. الكروم

d. الكروم

3. أيٌّ من العناصر الآتية يمكن أن يتمّ العثور عليه في بلّورات ذات لون أزرق؟

a. الحديد
b. الصوديوم
c. الكالسيوم
d. النحاس

d. النحاس

4. ما العنصر الذي له حالات تأكسد موجبة متعدّدة؟

a. النيكل
b. الليثيوم
c. الباريوم
d. البوتاسيوم

a. النيكل

5. أيُّ عنصر يشكّل كلوريدات لها الصيغة العامة $XC\ell$ و $XC\ell_2$؟

a. الزنك
b. الكوبالت
c. النحاس
d. الكروم

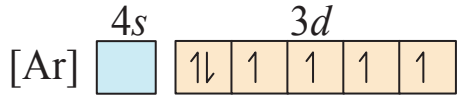
c. النحاس

6. أيٌّ من الأيونات متساوٍ إلكترونيًا (آيزو إلكترونيّ) مع Mn^{3+}؟

a. Fe^{3+}
b. Ti^{3+}
c. Cr^{2+}
d. Mn^{2+}

c. Cr^{2+}

7. أيٌّ من الأيونات الآتية لديه التوزيع الإلكترونيّ حسب قاعدة هوند بترميز "المربّع-السهم" بإستخدام الغاز النبيل:



a. Ti^{4+} **c.** Ni^{2+}

b. Fe^{2+} **d.** Zn^{4+}

b. **Fe^{2+}**

8. * ما العامل المؤكسد في المعادلة الكيميائية التالية ؟

$$10FeSO_4 + 2KMnO_4 + 8H_2SO_4 \rightarrow 5Fe_2(SO_4)_3 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O$$

a. $FeSO_4$ **c.** $KMnO_4$

b. H_2SO_4 **d.** $Fe_2(SO_4)_3$

c. **$KMnO_4$**

9. * أيٌّ من الآتي يمكن أن يكون عاملًا مؤكسدًا أو عاملًا مختزلًا؟

a. Cu^0 **c.** Sc^{3+}

b. Cr^{3+} **d.** Zn^{2+}

b. **Cr^{3+}**

10. ما التوزيع الإلكترونيّ لأيون النحاس Cu^+؟

a. $[Ar]4s^13d^9$ **c.** $[Ar]4s^03d^{10}$

b. $[Ar]4s^23d^8$ **d.** $[Ar]4s^13d^{10}$

c. **$[Ar]4s^03d^{10}$**

11. أيٌّ مما يأتي هو السبب الأصحّ لعدم كتابة صيغة العامل الحفّاز كمتفاعل في المعادلة الكيميائيّة؟

a. تعمل العوامل الحفّازة على تسريع التفاعل الكيميائيّ.

b. يتمّ إنتاج العوامل الحفّازة في أثناء التفاعل الكيميائيّ.

c. لا تستهلك العوامل الحفّازة في أثناء التفاعل الكيميائيّ.

d. لا تتفاعل العوامل الحفّازة مع الموادّ المتفاعلة في التفاعل.

c. **لا تستهلك العوامل الحفّازة في أثناء التفاعل الكيميائيّ.**

12. ماذا يحدث في خلال خطوة الامتزاز في التفاعل الحفّاز؟

a. تخرج جزيئات الناتج من سطح العامل الحفّاز.

b. تنتشر جزيئات الناتج على طول سطح العامل الحفّاز.

c. تنتشر جزيئات الموادّ المتفاعلة على طول سطح العامل الحفّاز.

d. تُمتَصّ جزيئات الموادّ المتفاعلة على سطح العامل الحفّاز.

c. تنتشر جزيئات الموادّ المتفاعلة على طول سطح العامل الحفّاز.

13. ما خصائص التيتانيوم التي تجعله مفيدًا ليستخدم في الزراعة الطبيّة؟

a. كثافة منخفضة نسبيًا وقويٌّ ومتوافق بيولوجيًّا

b. كثافة منخفضة نسبيًا وقوي وقابل للتحلّل

c. كثافة عالية نسبيًا وقوي وحيويّ بيولوجيًّا

d. كثافة عالية نسبيًّا وقوي وحيويّ في التحلّل

a. كثافة منخفضة نسبيًا وقويٌّ ومتو افق بيولوجيًّا

14. أيّ من الآتي يحدّدُ بشكل صحيح أيون الفلزّ المركزيّ والليجندات في المُركَّب المعقّد $[Fe(NH_3)_5Br]^{2+}$؟

a. أيون مركزيّ = Br ؛ الليجندات = NH_3

b. أيون مركزيّ = Fe ؛ الليجندات = NH_3

c. أيون مركزيّ = Br ؛ الليجندات = Fe ، NH_3

d. أيون مركزيّ = Fe ؛ الليجندات = Br ، NH_3

d. أيون مركزيّ = Fe ؛ الليجندات = Br ، NH_3

***15.** ما شحنة الأيون المُركَّب المعقّد في $[Fe(CO)_4C\ell_2]C\ell$؟

a. +1 **c.** +4

b. +2 **d.** +6

a. +1

****16.** أيٌّ ممّا يأتي عدد التناسق المرتبط بأيون الفلزّ المركزيّ لا يساوي (6)؟

a. $[Co(en)_3]^{3+}$

b. $[Cu(CN)_4]\ Br_2$

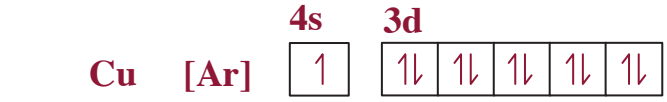
c. $[Cr(NH_3)_2(ox)_2]\ Br$

d. $[Co\ (H_2O)_4\ (NH_3)\ (OH)]\ Br$

b. $[Cu(CN)_4]\ Br_2$

17. ارسم التوزيع الإلكترونيّ لذرة النحاس حسب قاعدة هوند بترميز "المربّع-السهم" لغاز نبيل

التوزيع الإلكتروني الرئيس حسب قاعدة هوند بترميز "المربّع-السهم" لغاز نبيل يمثّل ذرة النحاس هو:



18. أيُّ عنصر له التوزيع الإلكترونيّ $[Ar]\ 4s^2 3d^1$؟

بحسب قاعدة هوند، العدد الذري لهذا العنصر هو:

18 + 1 + 2 = 21

هذا يعني أن هذا التوزيع الإلكتروني يمثل عنصر السكانديوم

19. معتمدًا على الأفلاك (d)، اشرح السبب الذي يمنع المحلول المائيّ لأيونات الكالسيوم من إظهار لون مميّز.

الكالسيوم لا يحتوي أيّ الكترونات في أفلاك (d)، فلا يوجد أفلاك يمكنها أن تنفصل لذلك لا يُظهر أيّ لون.

20. ما عدد الأفلاك نصف الممتلئة والتي سيتمّ تمثيلها من خلال التوزيع الإلكترونيّ لذرّة الكوبالت(Co)؟

هنالك 3 أفلاك نصف ممتلئة سيتمّ تمثيلها من خلال التوزيع الإلكترونيّ لذرّة الكوبالت.

21. باستخدام **الجدول 2-6**، اكتب الصيغ الممكنة نظريًّا لأكاسيد الفناديوم جميعها.

بحسب الجدول 2-6، فإن الفناديوم له حالات التأكسد الآتية: +2، و+3، و+4، و+5.

عندما يكون للفناديوم حالة تأكسد تساوي +2، فسوف يتشكّل أكسيد الفناديوم، وصيغته هي: VO

عندما يكون للفناديوم حالة تأكسد تساوي +3، فسوف يتشكّل أكسيد الفناديوم، وصيغته هي: V_2O_3

عندما يكون للفناديوم حالة تأكسد تساوي +4، فسوف يتشكّل أكسيد الفناديوم، وصيغته هي: إما V_2O_4 أو VO_2.

عندما يكون للفناديوم حالة تأكسد تساوي +5، فسوف يتشكّل أكسيد الفناديوم، وصيغته هي: V_2O_5

22. أي عناصر السلسلة الانتقاليّة الأولى تحتوي ذرّاتها على إلكترون واحدغير مرتبط على الأقلّ في المستوى الفرعيّ (3d)؟

هنالك 8 عناصر انتقالية في السلسلة الأولى من السكانديوم الى النيكل لها ذرات تحتوي على إلكترون واحد غير مرتبط على الأقلّ في المستوى الفرعيّ (3d).

23. ما الاسم الذي يُطلَق على الجُسَيْمات التي ترتبط مباشرة بأيونات الفلزّ المركزيّ؟

الجُسَيمات التي ترتبط مباشرة بأيونات الفلزّ المركزيّ تسمَى «الليجندات».

24. ما العنصر الذي يحتوي على أيون (2+) المتساوي إلكترونيًّا (ايزو إلكترونية) مع أيون (Cu^+)؟

التوزيع الإلكتروني للنحاس (Cu^+) هو: $[Ar]4s^03d^{10}$
لذا، سيكون لأيون Zn^{2+} التوزيع الإلكتروني نفسه.

25. من حيث التوزيع الإلكترونيّ، اشرح سبب قدرة الكثير من عناصر السلسلة الانتقالية الأولى على تكوين أيونات متعدّدة؟

بسبب تقارب طاقة الإلكترونات في المستويين الفرعيين (4s) و(3d) فإن إلكترونات المستوى الفرعي (4s) تُفقد أولاً ثم يُفقد عدد متفاوت من إلكترونات المستوى الفرعي (3d) فتنتج أيونات متعددة. كذلك، فإنَّ هناك كثيرًا من التوزيعات الإلكترونية التي يمكن أن تشكّلها العناصر الانتقالية لتكون أكثر استقرارًا مثال التوزيع الإلكتروني نصف الممتلىء (s^0d^5 وs^1d^5) أو ممتلىء بالكامل (s^0d^{10})، ونتيجة لذلك، فإن الكثير من هذه العناصر تستطيع تشكيل كثير من الأيونات الموجبة بحسب التوزيع الأقل طاقة.

26. ارسم التوزيع الإلكترونيّ لأيون Mn^{4+} حسب قاعدة هوند بترميز "المربّع -السهم" وبدلالة الغاز النبيل.

Mn^{4+} [Ar] | 4s: ☐ | 3d: ↑ ↑ ↑ ☐ ☐

27. أيُّ عنصر له أيون يحمل شحنة مقدارها (3+) له توزيع إلكترونيّ $[Ar]\ 4s^03d^4$؟

التوزيع الإلكتروني للذرة قبل نزع 3 إلكترونات منها هو $[Ar]\ 4s^23d^5$
وهذا التوزيع الإلكتروني يمثّل عنصر المنجنيز (Mn).

28. حدّد كلًّا من العامل المؤكسِد والعامل المختزِل في المعادلة الكيميائيّة الآتية:

$$4CrC\ell_2 + O_2 + 6H_2SO_4 \rightarrow 2Cr_2(SO_4)_3 + 8HC\ell + 2H_2O$$

لتحديد العامل المؤكسد والعامل المختزل، يجب علينا أن نكتب حالات التأكسد لكل عنصر:

$$\overset{+2\ -1}{4CrC\ell_2} + \overset{0}{O_2} + \overset{+1\ -2}{6H_2}\overset{+3\ -2}{S}O_4 \rightarrow \overset{+3\ -2}{2Cr_2}(SO_4)_3 + \overset{+1\ -1}{8HC\ell} + \overset{+1\ -2}{2H_2O}$$

تتغيّر حالة التأكسد للأكسجين من 0 إلى 2-. ويُعدّ عاملًا مؤكسدًا، لأن عدد تأكسده تناقص وزاد عدد التأكسد للكروم من 2+ إلى 3+ في مركب $CrC\ell_2$ لذلك يعمل $CrC\ell_2$ كعامل مختزل.

29.* اشرح السبب في عدم قدرة (Cr^{6+}) على أن يعمل كعامل مختزل، ويستطيع (Mn^{6+}) ذلك في الوقت نفسه.

لكي يعمل Cr^{6+} كعامل مختزل، يجب أن يزداد عدد التأكسد للأيون، فالكروم لا يمكن له أن يكوّن أيونًا له حالة تأكسد أعلى من 6+. أمّا المنجنيز فيمكن له أن يكوّن أيونًا له حالة تأكسد تساوي 7+. وهذا يعني أن المنجنيز يمكن أن يعمل كعامل مختزل.

30. اشرح سبب قدرة (Fe^{2+}) العمل كعامل مؤكسد أو عامل مختزل.

يعمل الأيون كعامل مؤكسد إذا نقص عدد تأكسده، ويعمل كعامل مختزل إذا ازداد عدد تأكسده.

يمكن أن يعمل Fe^{2+} كعامل مؤكسد بإضافة إلكترونين اليه ليصبح Fe.

أمّا Fe^{2+} فيمكن أن يعمل كعامل مختزل، وذلك بفقد إلكترون واحد منه ليصبح Fe^{3+}.

31. ما سبب امتصاص سطح العامل الحفّاز لجزيء؟

لأنّ التجاذب بين العامل الحفّاز وجزيء المادة المتفاعلة يجعل الجزيء ممتصًّا على سطح العامل الحفّاز.

32. اذكر اسم جُزَيْء واحد أو أكثر يقوم المحوّل الحفّاز بتحويل الغازات الخطرة إليه .

يتمّ تحويل الغازات الخطرة إلى N_2، وCO_2، وH_2O بواسطة المحولَ الحفّاز.

33. أيُّ عنصر من عناصر السلسلة الانتقالية الأولى هو أيون الفلزّ المركزيّ في جُزَيء الهيموجلوبين؟

عنصر الحديد هو أيون الفلزّ المركزي في جُزَيء الهيموجلوبين.

34. أيُّ عنصر انتقاليّ هو الفلزّ الأساس في سبائك البرونز؟

النحاس هو الفلزّ الأساس في سبائك البرونز.

35. أي عنصر هو أكثر عناصر السلسة الاولى الانتقاليّة وفرة في قشرة الأرض؟

الحديد هو أكثر عناصر السلسلة الانتقالية الأولى وفرة في قشرة الأرض.

36. ما الفلك الذي يتشارك إلكترونات مع الليجندات لأيون عنصر في السلسلة الانتقالية الأولى ، ولماذا يجب أن يكون هذا الفلك فارغًا؟

يتشارك الفلك (d) من أفلاك أيون العنصر الموجود في السلسلة الانتقالية الأولى في الإلكترونات مع الليجندات. ويجب أن يكون هذا الفلك فارغًا، لأن أيون العنصر يشكّل مع الليجندات رابطة تساهمية تناسقية.

37. ما عدد الليجندات المرتبطة بأيون الفلزّ المركزيّ في المُركَّب $[Fe(CN)_6]C\ell_4$؟

عدد الليجندات المرتبطة بأيون الفلزّ المركزي هو 6.

38. ما عدد التناسق لأيون الفلزّ المركزيّ في المُركَّب $[Ni(CO)_2C\ell_2]$؟

عدد التناسق لأيون الفلزّ المركزي يساوي 4.

39. ما شحنة أيون الفلزّ المركزيّ في الأيون المُركَّب المعقّد $[MnF_6]^{4-}$؟

يحمل الأيون المركّب المُعقّد شحنة كلية مقدارها -4، ويحمل كل أيون فلوريد شحنة مقدارها -1، وهنا يوجد 6 أيونات فلوريد. ويمكن كتابة ما سبق بشكل حسابي على النحو الآتي:

$$X + (-1 \times 6) = -4$$

$$X = +2$$

الأيون المركزي في أيون المركّب المُعقّد هذا هو المنجنيز، وله شحنة مقدارها +2.

40. بيّن كيف يُمكن للأيون المُركَّب المعقّد $[Co(ox)_3]^{4-}$ أن يرتبط بثلاثة ليجندات مع أنَّ عدد تناسقه يساوي 6؟

أيون الأوكسالات هوثنائي الترابط، وهذا يعني أنه يتشارك في زوجين من الإلكترونات مع أيون الفلزّ المركزي. ولكل أيون أوكسالات عدد تناسقي يساوي 2، وهذا يجعل العدد التناسقي الكلي يساوي 6.

41. ما شحنة أيون الفلزّ المركزيّ في المُركَّب المعقّد $[Co(H_2O)_4(NH_3)(OH)]C\ell$؟

الجزيء ليس له شحنة. ونعلم أن أيون الكلوريد يحمل شحنة مقدارها 1-، وهذا يعني أن أيون المركب المعقد يحمل شحنة مقدارها 1+. أما الأمونيا والماء فلا يحملان أيّة شحنة، ويحمل الهيدروكسيد شحنة مقدارها 1-. وعند تطبيق هذا نحصل على:

$$\overset{+2}{[Co}\overset{0}{(H_2O)_4}\overset{0}{(NH_3)}\overset{-1}{(OH)]}$$

لذا، سيحمل الكوبالت شحنة مقدارها 2+.

42. ما عدد التناسق لأيون الفلزّ المركزيّ في الأيون المُركَّب المعقّد $[Ni(NH_3)_2(en)]^{2+}$؟

جزيء الإيثيلين ثنائي الأمين هوثنائي الترابط، وهذا يعني أنه يرتبط عن طريق تشاركه بزوجين من الإلكترونات مع أيون الفلزّ المركزي. وهنالك جزيئان من الأمونيا، كل منهما يشارك بزوج من الإلكترونات فقط، ما يعني أن العدد التناسقي هو:

$$2 + 2 = 4$$

43. ناقش في مجموعات ثنائيّة ما إذا كان يجب تصنيف السكانديوم والخارصين على أنّهما عناصر انتقاليّة. مستندًا إلى تعريف العناصر الانتقاليّة بأنها عناصر الفئة "d" وهي العناصر التي تكوّن أكثر من أيون مستقرّ واحد مع مستويات فرعيّة (d) مملوءة جزئيًا، ادعم موقفك بشواهد أخرى.

سوف يكون للطلاب وجهات نظر مختلفة في هذا الشأن. يجب أن يتحدث معظمهم عن حقيقة مفادها أن كلا من السكانديوم والخارصين يشكّل أيونًا واحدًا مستقرًا فقط. في الخارصين، يكون المستوى الفرعي (d) ممتلئًا بشكل كامل وبالتالي يكوّن أيون Zn^{2+} فلك (s) فارغ و أفلاك (d) ممتلئة بالكامل، أما السكانديوم يكون لديه إلكتروناً واحداً في المستوى الفرعي (d) لذلك في حالة الأيون Sc^{3+} يكون المستويين الفرعيين (s)و (d) فارغين من الإلكترونات بالكامل.

والتأكيد أن كلا العنصرين يعتبرا من عناصر الفئة (d) ولكن ليسا من العناصر الإنتقالية حسب مفهوم العنصر الإنتقالي. ولكن العنصرين لديهما إلكترونات في المستوى الفرعي (d).

44. يستخدم الكثير من عناصر السلسلة الانتقالية الأولى المختلفة في العمليّات الصناعيّة في قطر. تشمل أمثلة هذه العمليّات الموادّ الكيميائيّة لإنتاج وتكرير النفط. حيث يمكن استخدام هذه العناصر كعوامل حفّازة، أو موادّ كيميائيّة متفاعلة، أو لصنع الأدوات أو المعدات. ابحث عن عنصرين انتقاليَّيْنِ من عناصر السلسة الأولى واكتب فقرة قصيرة حول كلٍّ منها تتضمّن:

a. العمليّة الصناعيّة التي يتمّ استخدامها فيها .

b. كيف يستخدم العنصر في هذه العملية – حيث يجب أن يكون واحد على الأقلّ من التطبيقات كحفّاز؟

c. ما هي خصائص العنصر التي تجعله مفيدًا في هذا التطبيق بالذات؟

سيكون لدى الطلاب إجابات مختلفة. استخدم قواعد التقييم على الصفحة التالية لتصنيف البحث.

العناصر الانتقالية في العمليات الصناعيَة في قطر	العلامة
المحتوى	
اختيار الطالب لعنصرين انتقاليين واضح. كتب الطلاب وصفًا مفصّلًا وواضحًا للعملية الصناعية التي يستخدم فيها هذان العنصران، وكيفيةّ استخدامهما بالفعل. وقد تم ذكر استخدام العنصر كعامل حفّاز، ووُصِفت خصائص كلا العنصرين، والخاصية التي تجعلهما مفيدين في العمليات التي تم إبرازها.	5
أجرى الطالب بحثًا عن عنصرين انتقاليين، ووصف كيفية استخدامهما في العمليات الصناعية في قطر. وذُكرت خصائص كلا العنصرين باختصار مع ذكر بعض فوائدهما في العمليات الصناعية.	3
أجرى الطالب بحثًا عن عنصر واحد فقط، ولم يتمّ ذكر عملية استخدام العوامل الحفّازة.	1
التنظيم	
تم ترتيب الأفكار المتُعدّدة ذات الصلة بالحقائق، ودعمها بشكل منطقي بأمثلة متُعدّدة. كما أن النقاط المفاهيمية الرئيسة صحيحة. وبإمكان القارىء أن يتبع خط تفكير منطقي متناسق.	5
تم ترتيب فكرة واحدة، أو حقيقة رئيسة واحدة على الأقل بشكل منطقي مدعّمة بأمثلة متُعدّدة. لا توجد أخطاء مفاهيمية. بإمكان القارئ تتبع خط تفكير منطقي.	3
تم ذكر الحقائق من دون أدلة أو أمثلة كافية، وقد تكون هناك أخطاء مفاهيمية، كان من الصعب على القارئ تتبُّع خط منطقي للتفكير.	1
طريقة العرض	
أنيق، ومطبوع، ومقروء مع وجود عدد من الرسوم التوضيحية، والجداول، والأشكال، والرسوم البيانية، التي تدعم الأفكار أو الحقائق الرئيسة. قواعد اللغة والتهجئة كانت جيّدة.	5
أنيق، ومقروء، ويحتوي على نص يتضمّن رسومًا توضيحية، أو رسومًا بيانية قليلة، أو جاء خاليًا من الرسوم التوضيحية والبيانية. قواعد اللغة والتهجئة كانت مقبولة.	3
مكتوب بخط اليد بطريقة ضعيفة، أو مطبوع ولكنه يتضمّن أخطاء قواعد لغوية غير مقبولة، وأخطاء إملائية.	1
المجموع	

ملاحظات

أوراق عمل

الاسم ..... التاريخ .....

نشاط 2-1 العناصر الانتقالية: التوزيع الإلكتروني والخصائص

سؤال الاستقصاء	هل تمتلك العناصر الانتقالية خصائص مميّزة وفريدة من نوعها، بما يُمكّن من استخدام هذه العناصر للتمّييز بينها وبين العناصر الأخرى؟
الموادّ المطلوبة	جدول دوري يحتوي على التوزيع الإلكتروني، عيّنات لبلّورات أو محاليل مائية، بعضها يحتوي على أيونات فلزّ انتقالي، وبعضها لا يحتوي على هذه الأيونات.

خلفية معرفية عن الموضوع

العناصر الانتقالية هي العناصر التي تكون فيها المستويات الفرعية (d) ممتلئة بشكل جزئي. وعلى الرغم من أن العناصر التي تكون فيها المستويات الفرعية (d)ممتلئة بشكل كامل لا تعدّ دائمًا عناصر انتقالية، إلّا أنها تُظهر الخصائص نفسها تقريبًا.

العناصر الانتقالية

3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 VIIIB	9 VIIIB	10 VIIIB	11 IB	12 IIB
21 Sc Scandium 44,955908	22 Ti Titanium 47,867	23 V Vanadium 50,9415	24 Cr Chromium 51,9961	25 Mn Manganese 54,938044	26 Fe Iron 55,845	27 Co Cobalt 58,933194	28 Ni Nickel 58,6934	29 Cu Copper 63,546	30 Zn Zinc 65,38
39 Y Yttrium 88,90584	40 Zr Zirconium 91,224	41 Nb Niobium 92,90637	42 Mo Molybdenum 95,95	43 Tc Technetium (98)	44 Ru Ruthenium 101,07	45 Rh Rhodium 102,90550	46 Pd Palladium 106,42	47 Ag Silver 107,8682	48 Cd Cadmium 112,414
57 - 71 Lanthanoids	72 Hf Hafnium 178,49	73 Ta Tantalum 180,94788	74 W Tungsten 183,84	75 Re Rhenium 186,207	76 Os Osmium 190,23	77 Ir Iridium 192,217	78 Pt Platinum 195,084	79 Au Gold 196,966569	80 Hg Mercury 200,592
89 - 103 Actinoids	104 Rf Rutherfordium (267)	105 Db Dubnium (268)	106 Sg Seaborgium (269)	107 Bh Bohrium (270)	108 Hs Hassium (269)	109 Mt Meitnerium (278)	110 Ds Darmstadtium (281)	111 Rg Roentgenium (282)	112 Cn Copernicium (285)

57 La Lanthanum 138,90547	58 Ce Cerium 140,116	59 Pr Praseodymium 140,90766	60 Nd Neodymium 144,242	61 Pm Promethium (145)	62 Sm Samarium 150,36	63 Eu Europium 151,964	64 Gd Gadolinium 157,25	65 Tb Terbium 158,92535	66 Dy Dysprosium 162,500	67 Ho Holmium 164,93033	68 Er Erbium 167,259	69 Tm Thulium 168,93422	70 Yb Ytterbium 173,045	71 Lu Lutetium 174,9668
89 Ac Actinium (227)	90 Th Thorium 232,0377	91 Pa Protactinium 231,03588	92 U Uranium 238,02891	93 Np Neptunium (237)	94 Pu Plutonium (244)	95 Am Americium (243)	96 Cm Curium (247)	97 Bk Berkelium (247)	98 Cf Californium (251)	99 Es Einsteinium (252)	100 Fm Fermium (257)	101 Md Mendelevium (258)	102 No Nobelium (259)	103 Lr Lawrencium (266)

تُظهر العناصر الانتقالية مجموعة واسعة ومتنوعة من الخصائص الكيميائية. فالسلسلة الأولى من العناصر الانتقالية معروفة بمركّباتها المُلوّنة، وحالات تأكسدها المتعدّدة. كما تعدّ هذه المركّبات عوامل مختزلة أو مؤكسدة حسب حالة تأكسد الأيون. سيجعل هذا النشاط الطلاب يألفون السلسلة الأولى من العناصر؛ وذلك بإجراء البحث، وملاحظة هذه العناصر ومركّباتها.

الاسم ..... **التاريخ** .....

المهمة 1

اكتب التوزيع الإلكتروني المتوقّع للعناصر في الجدول أدناه.

العنصر	التوزيع الإلكتروني المتوقع		
	الغاز النبيل الرئيس	4s	3d
Sc		☐	☐☐☐☐☐
Ti		☐	☐☐☐☐☐
V		☐	☐☐☐☐☐
Cr		☐	☐☐☐☐☐
Mn		☐	☐☐☐☐☐
Fe		☐	☐☐☐☐☐
Co		☐	☐☐☐☐☐
Ni		☐	☐☐☐☐☐
Cu		☐	☐☐☐☐☐
Zn		☐	☐☐☐☐☐

الاسم ..... **التاريخ** .....

ابحث عن التوزيع الإلكتروني الفعلي للعناصر واكتبه في الجدول أدناه.

العنصر	التوزيع الإلكتروني الفعلي		
	الغاز النبيل الرئيس	4s	3d
Sc		☐	☐☐☐☐☐
Ti		☐	☐☐☐☐☐
V		☐	☐☐☐☐☐
Cr		☐	☐☐☐☐☐
Mn		☐	☐☐☐☐☐
Fe		☐	☐☐☐☐☐
Co		☐	☐☐☐☐☐
Ni		☐	☐☐☐☐☐
Cu		☐	☐☐☐☐☐
Zn		☐	☐☐☐☐☐

ما العناصر التي لا تُظهر توزيعًا إلكترونيًا متوقّعًا؟

قدّم تفسيرًا منطقيًا ومعقولًا لكلّ حالة تعتبر شاذّة عن القاعدة.

الاسم ..... التاريخ .....

المهمة 2

تفحّص الزجاجات العشر المتوافرة في الغرفة الصفية. في الجدول أدناه، عيّن الزجاجات التي تحتوي على أيون عنصر انتقالي، والزجاجات التي لا تحتوي عليه. أعط سببًا منطقيًا لإجابتك.

رقم الزجاجة	هل تحتوي على أيون عنصر انتقالي؟	السبب المنطقي للإجابة
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

الاسم ..... التاريخ .....

المهمة 3

تفحّص الزجاجات الاثنتي عشرة المتوافرة في الغرفة الصفية لهذا النشاط، ثم املأ الجدول أدناه.

اسم العيّنة	اللون	حالة التأكسد	الكثافة g/cm^3	درجة الانصهار °C

الاسم ..... **التاريخ** .....

أجرِ بحثًا عن قيم الكثافة وقيم درجات الانصهار لمركّبات مشابهة تحتوي على صوديوم وكالسيوم.

قارن بين خصائص مركّبات العنصر الانتقالي وخصائص مركّبات الصوديوم والكالسيوم التي تمّ إجراء البحث عنها، وأصدر تعميمًا إذا أمكن ذلك.

الاسم ..... **التاريخ** .....

باستخدام التوزيع الإلكتروني الفعلي لعناصر السلسلة الانتقالية الأولى:

- اقترح حالات تأكسد منطقية لكل عنصر.
- قدّم تفسيرًا منطقيًا يوضح السبب الذي يؤدّي إلى تكوّن كلّ حالة تأكسد مقترحة.

السكانديوم

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

التيتانيوم

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

الفناديوم

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

الاسم ..... **التاريخ** .....

الكروم

المنجنيز

الحديد

الكوبالت

الاسم ..... **التاريخ** .....

النيكل

النحاس

الخارصين

الاسم ..... التاريخ .....

نشاط 2-2 تفاعلات الحديد والفناديوم

سؤال الاستقصاء	ما ألوان الحديد والفناديوم في تفاعلات الأكسدة والاختزال.
الموادّ المطلوبة	كبريتات الحديد (II) المائية $FeSO_4 \cdot 7H_2O$، برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$، ثيوسيانات البوتاسيوم KSCN، ميتافاندات الأمونيوم NH_4VO_3، حمض الكبريتيك H_2SO_4، خارصين، دورق 100 mL، دورق مخروطي، مخبار مدرّج، ماصّة.

خلفية معرفية عن الموضوع

يمكن التعرّف على حالات التأكسد للعناصر الانتقالية بملاحظة الألوان التي تُظهرها الأيونات المختلفة في المحلول، ويمكن تحديد حالة تأكسد الحديد بسهولة، وذلك بإضافة ثيوسيانات البوتاسيوم KSCN إلى المحلول. عندما تكون أيونات الحديد Fe^{3+} موجودة، فإنّ محلولًا أصفر اللون يتكوّن، أما إذا لم ينتج عن إضافة ثيوسيانات البوتاسيوم KSCN أيّ تفاعل، فهذا يعني أن أيونات الحديد Fe^{3+} لم تكن موجودة في المحلول.

خطوات إجراء النشاط 1

تفاعل الحديد

1. خذ أنبوبَي اختبار، وعَنْوِن الأنبوب الأول باسم "Fe^{2+}"، وعَنْوِن الأنبوب الثاني باسم "Fe^{3+}".
2. أضف (25 mL) من محلول كبريتات الحديد (II) إلى دورق سعته (100 mL) و(1 mL) تقريبًا من محلول كبريتات الحديد (II) إلى أنبوب اختبار مُعَنْوَن باسم "Fe^{2+}" وسجّل لون المحلول.
3. سجّل لون محلول برمنجنات البوتاسيوم الحمضيّ وأضف قطرة في كلّ مرة إلى الدورق سعة (100 mL) المحتوي على محلول كبريتات الحديد (II). حرّك الخليط بشكل دائريّ بعد إضافة كلّ قطرة.
4. بعد إضافة 5 قطرات، اسحب باستخدام الماصّة (1 mL) تقريبًا من هذا المحلول وضعه في أنبوب اختبار ثانٍ مُعَنْوَن بـ"Fe^{3+}".
5. استمرّ في إضافة محلول برمنجنات البوتاسيوم الحمضي إلى الدورق سعة (100 mL) إلى أن تلاحظ تغيرًا دائمًا في اللون. سجِّل لون هذا المحلول.
6. أضف ثلاث قطرات من محلول ثيوسيانات البوتاسيوم إلى كُلٍّ من أنبوبي الاختبار وحرّك كل أنبوب بشكل دائريّ. سجّل اللون في كلّ أنبوب اختبار.
7. إذا أعطيت المعادلات الكيميائيّة للتفاعلات، حدّد العوامل المؤكسدة والمختزلة. وبناءً على ملاحظاتك، ضع اللون الذي تظهره كلّ مادّة تحت صيغتها في كلّ تفاعل.

الاسم ..... التاريخ .....

الملاحظات والنتائج

ما لون محلول برمنجنات البوتاسيوم الحمضي؟

.....

.....

ما لون المحلول الموجود في الدورق الزجاجي بعد إضافة برمنجنات البوتاسيوم الحمضي؟

.....

.....

املأ الجدول أدناه:

	اللون الأصلي	التغيّر في اللون بعد إضافة KSCN
كبريتات الحديد (II)		
Fe^{2+}		
Fe^{3+}		

التفاعل

$$KMnO_{4(aq)} + H_2SO_{4(aq)} + FeSO_{4(aq)} \rightarrow K_2SO_{4(aq)} + MnSO_{4(aq)} + Fe_2(SO_4)_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$$

الاسم ..... التاريخ .....

خلفية معرفية عن الموضوع

يُعدّ الفناديوم فلزًّا انتقاليًا يستخدم في السبائك المختلفة، وله أربع حالات تأكسد تكون جميعها مستقرّة في المحاليل المائية، وهي (2+، و 3+، و 4+، و 5+).

وتحتوي ميتافاندات الأمونيوم على الفناديوم، والتي تكون حالة تأكسده فيها تساوي 5+، حيث تُغيّر عملية إضافة الخارصين حالة تأكسد الفناديوم من 5+ إلى 4+، ثم إلى 3+، وفي النهاية إلى 2+. وتُظهر حالة تأكسد لونًا مختلفًا، ما يجعل التعرّف إليها سهلًا.

خطوات إجراء النشاط 2

تفاعل الفناديوم

1. ضع (10 g) من الخارصين في دورق مخروطيّ سعته (250 mL).
2. باستخدام الماصّة، اسحب (5 mL) من محلول ميتافاندات الأمونيوم وضعها في أنبوب اختبار وسجّل لون المحلول.
3. أضف (150 mL) من محلول ميتافاندات الأمونيوم إلى دورق مخروطيّ سعته (250 mL) يحتوي الخارصين، وابدأ بتحريك الدورق بشكل دائري.
4. بعد ملاحظة كلّ تغيّر في اللون، اسحب، باستخدام الماصّة، (5 mL) من المحلول الموجود في الدورق المخروطي سعة (250 mL) وضعها في أنبوب اختبار جديد. قمْ بإنهاء التجربة عندما يُصبّح لون المحلول أرجوانيًّا في أنبوب الاختبار.
5. إذا أعطيت المعادلات الكيميائيّة للتفاعلات التي حدثت، حدّد العوامل المؤكسدة والمختزلة لكلّ تفاعل.

الملاحظات والنتائج

املأ الجدول أدناه:

	اللون
NH_4VO_3 فقط	
اللون الأول الذي تمّ الحصول عليه بعد إضافة NH_4VO_3 إلى الخارصين	
اللون الثاني الذي تمّ الحصول عليه بعد إضافة NH_4VO_3 إلى الخارصين	
اللون الثالث الذي تمّ الحصول عليه بعد إضافة NH_4VO_3 إلى الخارصين	

الاسم ..... التاريخ .....

التفاعلات

$$2VO_2^+ + Zn + 4H^+ \rightarrow 2VO^{2+} + Zn^{2+} + 2H_2O$$

$$2VO^{2+} + Zn + 4H^+ + \rightarrow 2V^{3+} + Zn^{2+} + 2H_2O$$

$$2V^{3+} + Zn \rightarrow 2V^{2+} + Zn^{2+}$$

الاسم ..... التاريخ .....

نشاط 2-3 مركّبات النحاس (II) المُعقّدة

سؤال الاستقصاء	هل يمكن تطوير الكشف النوعي عن أيونات النحاس (II) من خلال الملاحظات والتجارب البسيطة في المختبر؟
الموادّ المطلوبة	كبريتات النحاس (II) خماسية الماء ($CuSO_4.5H_2O$)، محلول أمونيا، محلول هيدروكسيد الصوديوم، ماء مقطّر أو منزوع الأيونات، ميزان إلكتروني، دورق سعته (100 mL)، أنابيب اختبار، حامل أنابيب اختبار، ساق زجاجيَة.

خلفية معرفية عن الموضوع

يمكن أن تُشكَّل جزيئات الماء وأيونات الهيدروكسيد وجزيئات الأمونيا أيونات مُعقّدة بترابطها مع أيونات الفلزّات الانتقالية. فالأيون المُعقّد عبارة عن أيون له أيون مركزي موجب محاط بليجندات. أما الليجندات فهي جزيئات، أو أيونات سالبة، تسهم بزوج واحد من الإلكترونات لتكوين رابطة تساهمية تناسقية. في هذه التجربة سنلاحظ بعض مركّبات النَحاس(II) المُعقّدة .

خطوات إجراء النشاط

1. زِنْ (5 g) تقريبًا من بلّورات كبريتات النحاس (II) خماسية الماء، ثمّ ضع هذه البلّورات في دورق سعته (100 mL)، ولاحظ لونها.
2. أضف (50 g) تقريبًا من الماء المقطّر أو منزوع الأيونات إلى الدورق، وحرّك بساق زجاجيّة إلى أن تذوب البلّورات جميعها.
3. صُبّ (5 mL) تقريبًا من هذا المحلول في أنبوب اختبار، وضع العنوان الآتي له: "$Cu(H_2O)_6$"، ثمّ ضع أنبوب الاختبار هذا على حامل الأنابيب.
4. صُبّ نصف المحلول في دورق أخر سعته (100 mL).
5. ابدأ بإضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) إلى أحد الدورَقَيْن، قطرة بعد قطرة، وحرّك المخلوط بلطف وحذر بعد إضافة كل قطرة. استمرّ بإضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم إلى أن يحدث تغيّر ملحوظ في معظم أجزاء المحلول.
6. صُبّ (5 mL) تقريبًا من هذا المحلول في أنبوب اختبار، وضع العنوان الآتي له: "$Cu(OH)_2$"، ثم ضع أنبوب الاختبار هذا على حامل الأنابيب.

7. باستخدام محلول الأمونيا $NH_{3(aq)}$، كرّر الخطوة 5 مع المحلول الموجود في الدورق الآخر الذي يحتوي على محلول كبريتات النحاس (II): في البداية ستتمّ ملاحظة كلا التفاعلين، ثم سيتمّ تفسير هذه الملاحظات في أوراق العمل. استمّر بإضافة قطرات من محلول الأمونيا إلى أن يتشكّل محلول متجانس.

8. صُبّ (5mL) تقريبًا من هذا المحلول في أنبوب اختبار، وضع العنوان الآتي له: "$[Cu(NH_3)_4(H_2O)_2]^{2+}$"، ثمّ ضع أنبوب الاختبار هذا على حامل الأنابيب.

9. باستخدام المحاليل الموجودة في الأنابيب الثلاثة المُعَنْوَنَة، دوّن الملاحظات التي تصف هذه المحاليل. أهي صافية أم عكرة (مشيرة إلى تشكّل راسب في المحلول)؟ وما لون هذه المحاليل؟

الملاحظات والنتائج

املأ الجدول أدناه:

مركّبات النحاس (II) المُعقّدة	المظهر
$[Cu(H_2O)_6]^{2+}_{(aq)}$	
$Cu(OH)_{2(s)}$	
$[Cu(NH_3)_4(H_2O)_2]^{2+}$	

التفاعلات

التفاعلات التي تمّت ملاحظتها وتمّ شرحها في المعادلات المعطاة. اكتب ألوان الأيونات المتشكّلة:

$$CuSO_4 \cdot 5H_2O_{(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow [Cu(H_2O)_6]^{2+}_{(aq)} + SO_4{}^{2-}_{(aq)}$$

$$[Cu(H_2O)_6]^{2+}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)} \rightarrow Cu(OH)_{2(s)} + 6H_2O_{(l)}$$

$$[Cu(H_2O)_6]^{2+}_{(aq)} + 4NH_{3(aq)} \rightleftharpoons [Cu(NH_3)_4(H_2O)_2]^{2+}_{(aq)} + 2H_2O_{(l)}$$

الأسئلة

ما المؤشرات الإضافية التي يجب ملاحظتها، وأخذها بالحسبان باستخدام إجراءات مشابهة لتطوير نوعيّ لأيونات النحاس (II) (Cu^{2+})؟

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته
#منهاج#دولة#قطر
اهلا وسهلا بكم في موقعكم موقع المنهاج القطري
نهتم بكل ما يخص المعلم الطالب وولي الامر
نجمع لكم الملفات من جميع الأماكن لنضعها لكم في مكان
واحد يسهل عليكم التحميل
ملاحظة :. جميع الملفات التي يتم نشرها
مجاني ١٠٠%
دعواتكم
الموقع العربي الأول للموارد التعليمية المجانية
منصة رقمية تضم الموارد التعليمية لخدمة العملية
التعليمية والتربوية الداعمة للمعلم والطالب وولي الأمر
منتديات صقر الجنوب هو الموقع الرائد بالشؤون التعليمية والتربوية والذي
يدعم بدوره كل من له علاقة في هذا المجال سواء الطلاب,
المعلمين , أولياء الأمور وغيرهم دون الحاجة إلى تسجيل الدخول للموقع
ملفات مجانية وكل ما يخص المنهاج القطري محدث نجمعها لكم من مصادرها
ونضعها لكم في مكان واحد لتحميل المجاني

المنهاج القطري محدث نسخة ١٤٤٦-٢٠٢٤

لزيارة موقع المنهاج القطرية محدثة

WWW.JNOB-JO.COM