العناصر الانتقالية

تقسيم العناصر

مثـــاليـــة
عناصر التكتل S, P
تقع على جانبي الجدول الدوري
تشغل المجموعات A

انتقاليـــــة
عناصر التكتل d , f
تقع في وسط وأسفل الجدول الدوري
بين المجموعتين الرئيسيتين IIA –IIIA
تشغل المجموعات B

انتقالية رئيسية
عناصر التكتل d

انتقالية داخلية
عناصر التكتل f

السلسلة الأولى	السلسلة الثانية	السلسلة الثالثة	اللانثانيدات	الاكتنيـــدات
تقع في الدورة ٤ ويتم فيها امتلاء 3d	تقع في الدورة ٥ ويتم فيها امتلاء 4d	تقع في الدورة ٦ ويتم فيها امتلاء 5d	تقع في الدورة٦ ويتم فيها امتلاء 4f تشتق من اللانثانيوم $_{57}La$	تقع في الدورة ٧ ويتم فيها امتلاء 5f تشتق من الاكتينيوم $_{89}Ac$
تتكون من ١٠ عناصر	تتكون من ١٠ عناصر	تتكون من ١٠ عناصر	تتكون من ١٤ عنصر	تتكون من ١٤ عنصر
التركيب الإلكتروني العام لها	التركيب الإلكتروني العام لها	التركيب الإلكتروني العام لها	$_{54}[Xe]\ 6S^2\ 4f^{1-14}\ 5d^1$	$_{86}[Rn]\ 7S^2\ 5f^{1-14}\ 6d^1$
$_{18}[Ar]\ 4S^2\ ,\ 3d^{1-10}$	$_{36}[Kr]\ 5S^2,\ 4d^{1-10}$	$_{54}[Xe]\ 6S^2\ 4f^{14}\ 5d^{1-10}$		
تبدأ بعنصر السكانديوم $_{21}Sc$	تبدأ بعنصر اليتريوم $_{39}Y$	تبدأ بعنصر اللانثانيوم $_{57}La$		
وتنتهي بالخارصين $_{30}Zn$	وتنتهي بالكادميوم $_{48}Cd$	وتنتهي بالزئبق $_{80}Hg$		

التركيب الالكتروني العام للعناصر الانتقالية الرئيسية $ns^2, (n-1)d^{1\rightarrow10}$ [غاز خامل]

العنصر الانتقالي : هو عنصر فلزي يحتوي على غلاف فرعي d أو f مملوء جزئياً بالإلكترونات سواء في حالته الحرة(العنصرية) أو في أحد مركباته .

أمثلة :

العنصر	التوزيع الإلكتروني	نوعه	السبب	الدورة	ترتيبه في الدورة	المجموعة	السلسلة الانتقالية
$_{22}Ti$	$_{18}[Ar]\ 4S^2\ 3d^2$	انتقالي رئيسي	انتهي بالغلاف d الغير ممتلئ	الرابعة	الرابع	IVB	الاولى (3d)
$_{25}Mn$	$_{18}[Ar]\ 4S^2,\ 3d^5$	انتقالي رئيسي	انتهي بالغلاف d الغير ممتلئ	الرابعة	السابع	VIIB	الأولى
$_{40}Zr$	$_{36}[Kr]\ 5S^2,\ 4d^2$	انتقالي رئيسي	انتهي بالغلاف d الغير ممتلئ	الخامسة	الرابع	IVB	(4d) الثانية

توزيع الكتروني للأيون

$_{23}V^{+3}$	$_{18}[Ar]\ 4S^0\ ,3d^2$
$_{25}Mn^{+2}$	$_{18}[Ar]\ 4S^0\ ,3d^5$
$_{26}Fe^{+3}$	$_{18}[Ar]\ 4S^0\ ,3d^5$

NahgAlawel-T/Mohammed Yahia Farhan-2026

الخواص العامـــة

١) تتشابه معظم عناصر المجموعة d الانتقالية رأسيا في بعض الخواص الكيميائية والفيزيائية

٢) العناصر الانتقالية كلها فلزات صلبة (عدا الزئبق فهو سائل) وتعتبر فلزات نموذجية لأنها تمتاز باللمعان والبريق المعدني و قابلة لعمليات الطرق والسحب كما أنها ناقلة جيدة للحرارة والكهرباء

٣) العديد من مركبات العناصر الانتقالية لها خاصية البارا مغناطيسية نظراً لاحتوائها على الكترونات منفردة في أغلفتها الفرعية d

٤) لها درجات انصهار وغليان عالية

٥) تتميز العناصر الانتقالية بتعدد حالات التأكسد لخروج الكترونات المستوى الفرعي ns أولاً ثم الكترونات المستوى الفرعي n-1d تدريجياً لتقارب طاقة المستويين الفرعيين ns,n-1d .

تشترك معظم العناصر الانتقالية في حالة التأكسد (+٢) لأنها تفقد الكترونين من الغلاف الفرعي ns

٦) تتفق الفلزات الانتقالية مع الفلزات الرئيسية في الخواص الفيزيائية وتختلف في الخواص الكيميائية كما يوجد بعض التشابه بين مجموعات A وB فعلى سبيل المثال الثانية IIA مع IIB يوجد بعض التشابه بينها بشكل رئيسي على التركيب الكيميائي وحالة التأكسد الموجبة القصوى

٧) التوزيع الإلكتروني للعناصر الانتقالية يحدد خواصها الكيميائية والفيزيائية

NahgAlawel-T/Mohammed Yahia Farhan-2026

خواص المجموعات

المجموعة IB	المجموعة IIB	المجموعة IIIB	المجموعة IVB
النحاس $_{29}Cu$ والفضة Ag والذهب Au تسمى بفلزات العملة وتستخدم ايضا في عمل الحلي لخمولها الكيميائي تنتهي بالتوزيع الألكتروني $nS^1, (n-1)d^{10}$ $_{29}Cu: _{18}[Ar]4s^1, 3d^{10}$ يشذ التركيب الإلكتروني لبعض العناصر الانتقالية بسبب الثبات الإضافي للأغلفة الممتلئة والنصف ممتلئة	الخارصين $_{30}Zn$ والكادميوم Cd والزئبق Hg - كيمياء هذه العائلة بسيطة نسبيا لان لها أعداد تأكسد محدودة فالخارصين والكادميوم يظهران في حالة تأكسد +٢ فقط بينما الزئبق (+١ ، +٢) تعتبر عناصر هذه المجموعة غير انتقالية لأنها ممتلئة بالألكترونات d^{10} في حالتها العنصرية وفي حالة التأكسد تنتهي بالتوزيع الألكتروني $ns^2, (n-1)d^{10}$ $_{30}Zn: _{18}[Ar]\ 4s^2, 3d^{10}$	سكانديوم $_{21}Sc$ ويتيريوم y ولانثانيوم $_{57}La$ واكتينيوم $_{89}Ac$ من أكثر الفلزات الانتقالية نشاطاً لان لها جهود تأكسد تقارب جهود تأكسد الفلزات القلوية القريبة منها في الجدول ولذلك فهي تتفاعل مع الماء بشدة . تنتهي بالتوزيع الألكتروني $nS^2, (n-1)d^1$ السكانديوم يأخذ حالة تأكسد +٣)فقط	تيتانيوم $_{22}Ti$ ورزكونيوم Zr وهافنيوم Hf رغم انها توجد في الطبيعة بنسبة أعلى من عنصر الرصاص أو النحاس إلا أنها غالية الثمن لأن فصلها من خاماتها يتطلب عوامل مختزلة قوية جداً تنتهي بالتوزيع الألكتروني $nS^2, (n-1)d^2$

المجموعة VB	المجموعة VIB	المجموعة VIIB	المجموعة VIIIB
الفاناديوم ^{23}V و النيوبيوم Nb ، التنتاليوم Ta لها **جهود تأكسد عالية** (جهد تأكسد الفاناديوم ضعف جهد تأكسد الخارصين) – لا تتأثر بالأحماض المعدنية القوية ولا بالعوامل المؤكسدة القوية مثل الكلور والبروم لذلك يستخدم الفاناديوم في حفظ الأحماض المعدنية لأنه لا يتأثر بها) تنتهي بالتوزيع الألكتروني $nS^2, (n-1)d^3$ وأقصى عدد تأكسد لها +٥	الكروم $_{24}Cr$ و الموليبديوم Mo والتنجستن W تتميز **بمقاومتها الفائقة للتآكل** فمثلا الكروم لايتأكسد بسهولة بسبب تكون طبقة من الأكسيد على سطحه تحميه من التأكسد . (أقصى عدد تأكسد لها +٦) يشذ التوزيع الألكتروني للكروم $_{24}Cr : [\ Ar]\ 4S^1, 3d^5$	المنجنيز $_{25}Mn$ والتكنيتيوم Tc والرينيوم Re ويعتبر المنجنيز أكثر عناصر المجموعة شيوعاً وانتشارا حيث يعتبر العنصر الثالث عشر من حيث الوفرة في القشرة الأرضية ولهذه المجموعة أعداد تأكسد متعددة فالمنجنيز يكون مركبات بحالات تأكسد من (+٢ الى +٧)	عائلة الحديد Fe ،Co ، Ni عائلة البلاديوم Ru ، Rh ، Pd عائلة البلاتين pt، Ir، Os تتكون من تسعة عناصر وتشغل الاعمدة ٨ ، ٩ ، ١٠ وقسمت هذه المجموعة الى ثلاث ثلاثيات افقية لوجود تشابه افقي بين عناصرها أكثر من التشابه الرأسي .وكل مجموعة فيها تسمى بأشهر عنصر فيها وتستخدم فلزات عائلة البلاتين Pt في صناعة الحلي والأدوات المخبرية الطبية لأنها تتميز بخمولها الشديد.

NahgAlawel-T/Mohammed Yahia Farhan-2026

عائلة الحديد : هي مجموعة أفقية تحتوي على ثلاثة عناصر هي (الحديد Fe، الكوبلت Co ، النيكل Ni)
(لها اعداد تأكسد +٢ ، +٣) والجدول الآتي يوضح تركيبها الإلكتروني ونصف القطر الذري لها)
ملاحظة : انصاف اقطارها تكون متقاربة (نصف القطر الأيوني يقل بزيادة العدد الذري) (وثبوت نسبي لنصف القطر الذري)

العنصر	رمز العنصر	التركيب الإلكتروني	الوزن الذري	نصف القطر (Å) الذري	نصف القطر (Å) الأيوني
حديد	^{26}Fe	$[Ar]\ 3d^6\ 4s^2$	٥٥,٨٥	١,١٦	٠,٧٦
كوبلت	^{27}Co	$[Ar]\ 3d^7\ 4s^2$	٥٨,٦٢	١,١٦	٠,٧٤
نيكل	^{28}Ni	$[Ar]\ 3d^8\ 4s^2$	٥٨,٧١	١,١٥	٠,٧٢

جدول (١-٣) خواص عائلة الحديد

الحديد Fe

فلز من العناصر الانتقالية الرئيسية d لا يوجد في صورة نقية إلا في النيازك يقع في الدورة الرابعة والمجموعة VIIIB والتركيب الإلكتروني له $_{26}Fe: [Ar]\ 4s^2,3d^6$
ملاحظة : لا يوجد الحديد منفردا في الطبيعة (علل) وذلك لنشاطه الكيميائي
ويعتبر الحديد من أكثر الفلزات الانتقالية استعمالاً وذلك لوفرته النسبية وسهولة استخلاصه من خاماته والحديد ليس قاسياً جداً ولكن عند إضافة كميات صغيرة من الكربون والفلزات الأخرى اليه لكي تتكون سبائك الفولاذ القوية وحتى يكتسب صلابة ولتحسين خواصه

خامات الحديد

الحديد فلز فعال نوعاً ما ويكون مركبات في حالتي التأكسد Fe^{2+} , Fe^{3+} (+٢ ، +٣)

علل : ايون الحديد III اكثر ثباتا من ايون الحديد II
جـ : لأن المستوى الفرعي 3d لأيون الحديد Fe^{3+} يكون نصف ممتلىء بالإلكترونات d^5 أي أكثر استقراراً ولذا تسهل اكسدة ايون الحديدوز الى ايون الحديديك Fe^{3+} $_{26}Fe^{2+}: [Ar]\ 4s^0,3d^6$ اقل استقرارا
$_{26}Fe^{3+}:[Ar]\ 4s^0,3d^5$ اكثر استقرارا

أكاسيد الحديد

يكون الحديد ثلاثة أكاسيد هي :- أكسيد الحديد II FeO وأكسيد الحديديك Fe_2O_3
واكسيد الحديد المغناطيسي Fe_3O_4 ($FeO.Fe_2O_3$)

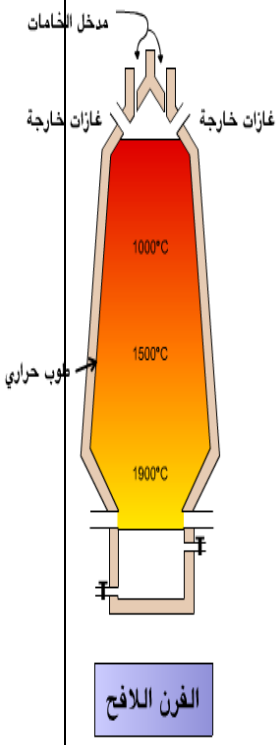
وأكسيد الحديد II صعب التحضير لأنه غير مستقر ويتحول الى Fe و Fe_2O_3 بواسطة عملية الأكسدة فعند تسخينه
$3FeO \longrightarrow Fe + Fe_2O_3$ وينتج

خامـات الحديد

الاسم العلمي	اسم الخام	الصيغة الكيميائية	عدد التأكسد	لونـــه	نسبة الحديد فيه
أكسيد الحديد المغناطيسي	الماجنيتايت	Fe_3O_4 $FeO.Fe_2O_3$ $Fe(FeO_2)_2$	+٢ +٣	رمادي مائل للسواد	٤٠ – ٧٠٪ يعتبر من خامات الحديد المهمة (علل) لأنه غني بالحديد لذا يمكن فصله بسهولة عن الصخور عديمة الفائدة بواسطة مغناطيس قوي (نسبة الحديد فيه أكبر من الخامات الأخرى)
أكسيد الحديد III اللامائي	الهيماتيت	Fe_2O_3	+٣	أحمـــر	٤٥ -٥٠٪ واستخراجه يعد اقتصادياً (علل) لأنه من السهل اختزال الخامات الحمراء منه
أكسيد الحديد III المائي (متهدرت)	الليمونايت نسبة للونه الأصفر	$Fe_2O_3 .nH_2O$	+٣	أصفـر	٥٧,١٤ % حديد و ٢٥,٥٣ % ماء وهذا الأكسيد المميأ هو الصدأ Rust

NahgAlawel-T/Mohammed Yahia Farhan-2026

تعدين الحديد : عملية استخلاص الحديد من خاماته يمكن استخدامه بعدها عمليا ويستخرج الحديد من خاماته بواسطة **عملية الاختزال**



الشحنة : مزيج من الخامات تضاف من اعلى الفرن العالي عند تحضير الحديد و تتكون من

فحم الكوك C مادور فحم الكوك	حجر جيري $CaCO_3$ مادور الحجر الجيري	خام الهيماتيت Fe_2O_3	شوائب (مع الخام) حمضية	شوائب (مع الخام) مترددة امفوتيرية
يعتبر المادة المُختزِلة في الفرن يستخدم كوقود في رفع درجة حرارة الفرن عند احتراقها مع الاكسجين ويكون العامل المختزل CO $C + O_2 \rightarrow CO_2$ $CO_2 + C \rightarrow 2CO$ نحصل عليه من الفحم الحجري بعد تسخينه الى درجات حرارة مرتفعة بمعزل عن الهواء لمنع تأكسده ولطرد المواد المتطايرة منه مادور اول أكسيد الكربون co عامل مختزل يختزل الحديد من خام الهيماتيت Fe_2O_3 بحسب المعادلات الموضحة أدناه : تزداد درجة حرارة الفرن من اعلى الى اسفل الفرن يتناقص عدد تأكسد الحديد من اعلى الى اسفل الفرن	التخلص من الشوائب حيث يجعل الوسط قاعدي CaO تتفاعل معه الأكاسيد الحمضية أو الأكاسيد الامفوتيرية مكونا الخبث الذي يتكون من $CaSiO_3$ ، $Ca_3(PO_4)_2$ و $Ca(AlO_2)_2$ كما توضحه المعادلات حيث يطفو على سطح الحديد المصهور ويحميه من التأكسد لأن كثافته اقل من كثافة الحديد المصهور	لسهولة استخلاص الحديد منه	SiO_2 ، P_2O_5	AL_2O_3

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$
$$CaO + SiO_2 \rightarrow CaSiO_3$$ سيليكات كالسيوم
$$3\,CaO + P_2O_5 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2$$ فوسفات كالسيوم
$$CaO + AL_2O_3 \rightarrow Ca(ALO_2)_2$$ الومنيات كالسيوم

الشوائب — مكونات الخبث

قمة الفرن
وسط الفرن
اسفل الفرن

$$3Fe_2O_3 + CO \xrightarrow{230\text{-}380} 2Fe_3O_4 + CO_2$$
$$Fe_3O_4 + CO \xrightarrow{400\text{-}700\ C} 3FeO + CO_2$$
$$FeO + CO \xrightarrow{900} Fe + CO_2$$

يسمى الحديد السائل الذي يتم سحبه من الفرن العالي بالحديد الفضي ويتكون من ٩٥% حديد تقريباً ، ٤% كربون تقريباً مع بعض الكميات البسيطة من السليكون والمنجنيز والفوسفور أما الخبث فيمكن استعماله في صناعة الاسمنت وفي رصف الطرق

NahgAlawel-T/Mohammed Yahia Farhan-2026

خـواص الحديد

أ) الخواص الفيزيائية

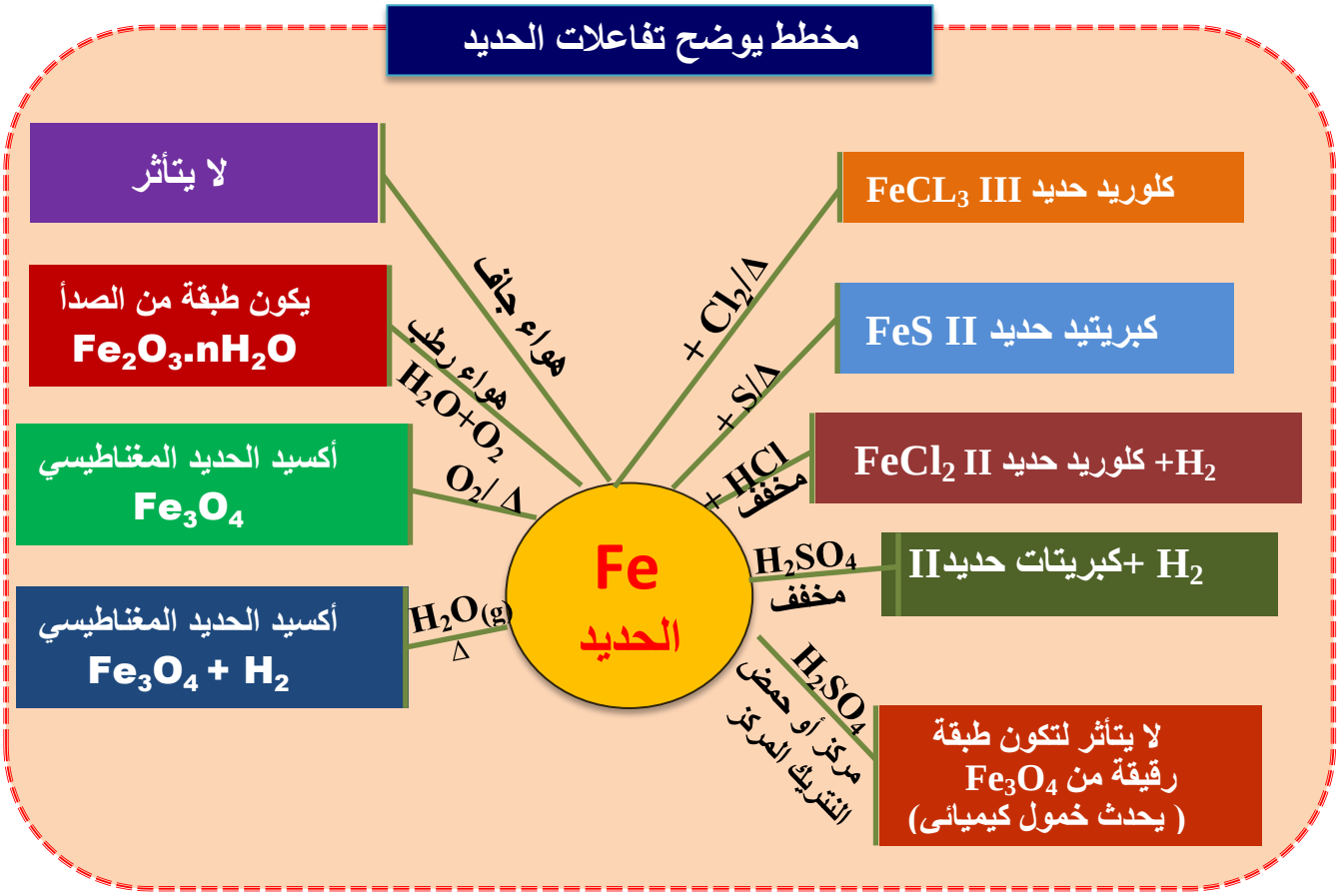
١- الحديد النقي في حالته الصُلبة فلز فضي ابيض اللون ليّن
٢- جيد التوصيل للحرارة والكهرباء و قابل للطرق والسحب
٣- كثافته عند درجة ٢٠م° ٧,٨٧٤ جم/سم٣ ودرجة انصهاره تساوي ١٥٣٥م° ودرجة غليانه ٢٧٥٠م° وعند انصهار الحديد يزداد حجمه بمقدار ٤,٤%. (مسحوق الحديد أسود وغالباً مايتوفر في المعامل المدرسية باسم برادة الحديد)
٤- يعتبر الحديد من المواد المختزِلة (عامل مختزل) لأنه يفقد الكتروناته اثناء التفاعل

ب) الخواص الكيميائية للحديد

تأثير الهواء على الحديد	في الهواء الجاف عند درجة حرارة الغرفة	لا يتأثر الحديد بالهواء الجاف عند درجة حرارة الغرفة
	في الهواء الساخن	عند تسخين الحديد لدرجة الاحمرار فانه يتفاعل مع الاكسجين وكذلك مع بخار الماء $3Fe + 2O_2 \xrightarrow{\Delta} Fe_3O_4$ $3Fe + 4H_2O_{(g)} \xrightarrow{\Delta} Fe_3O_4 + 4H_2\uparrow$
	في الهواء الرطب	يتفاعل الحديد مع الهواء الرطب (مع الأكسجين) مكونة طبقة من الصدأ الصدأ : طبقة هشة مسامية غير قادرة على وقاية الحديد من مواصلة التآكل ولحماية الحديد من التآكل نستخدم عملية الجلفنة $4Fe + 3O_2 + 2H_2O \longrightarrow 2(Fe_2O_3.H_2O)$ (الصدأ)
تفاعل الحديد مع اللافلزات	التفاعل مع الكلور	يتكون كلوريد الحديد III : $2Fe + 3Cl_2 \xrightarrow{\Delta} 2FeCl_3$ علل : عدم تكون كلوريد الحديد II . لأن الكلور عامل مؤكسد يؤكسد الحديد II إلى الحديد III.
	التفاعل مع الكبريت	يتكون كبريتيد الحديد II : $Fe + S \xrightarrow{\Delta} FeS$
تفاعل الحديد مع الأحماض	التفاعل مع حمض الهيدروكلوريك المخفف أو المركز	$Fe + 2HCl \xrightarrow{\text{مخفف}} FeCl_2 + H_2$ يتكون كلوريد الحديدوز ويتصاعد غاز الهيدروجين : علل : عدم تكون كلوريد الحديد (III) . لأن الهيدروجين عامل مختزل يختزل الحديد (III) إلى الحديد (II).
	التفاعل مع حمض الكبريتيك المخفف فقط	$Fe + H_2SO_4 \xrightarrow{\text{مخفف}} FeSO_4 + H_2$ يتكون كبريتات الحديدوز ويتصاعد غاز الهيدروجين علل : لا يتفاعل الحديد مع حمض الكبريتيك أو النيتريك المركزين . وذلك لتكون طبقة من أكسيد الحديد المغناطيسي Fe_3O_4 على سطح الحديد تحميه من التأكسد

NahgAlawel-T/Mohammed Yahia Farhan-2026

مخطط يوضح تفاعلات الحديد



الكشف عن الحديد في أحد أملاحه

التجربة	أيون الحديدوز Fe^{+2}	أيون الحديديك Fe^{+3}
محلول ملح الحديد + محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH (صودا الكاوية) (أو محلول هيدروكسيد الأمونيوم) NH_4OH	يتكون راسب(اخضر داكن) من هيدروكسيد الحديدوزII	يتكون راسب بني محمر هلامي(جيلاتيني) من هيدروكسيد الحديديك III
محلول ملح الحديد + محلول حديدو سيانيد البوتاسيوم $K_4[Fe(CN)_6]$	يتكون راسب أزرق فاتح(باهت) في الظروف العادية من حديدو سيانيد الحديدوز II	يتكون راسب أزرق قاتم (من حديدو سيانيد الحديدIII (ازرق بروسيا)
محلول الملح + محلول حديدي سيانيد البوتاسيوم $K_3[Fe(CN)_6]$	يتكون راسب أزرق قاتم من حديدي سيانيد الحديدوز II(ازرق ترنبل)	يتكون لون بني
محلول الملح + محلول ثيوسيانات البوتاسيوم KSCN	لا يظهـــر لون أو راسب (قد يتكون لون احمر بعد فترة بسبب تأكسد الحديد II الى حديد III)	يظهر لون أحمر دموي من ثيوسيانات الحديد III

NahgAlawel-T/Mohammed Yahia Farhan-2026