

سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

الجمعية الكيميائية  
السورية

جامعة البعث  
كلية العلوم  
قسم الكيمياء

# النيكل

إعداد الكيميائية

ناديا حسين العلي

بإشراف الأستاذ :

طارق إسماعيل كاخيا

سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

## سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

### مقدمة :

تضم الفصيلة الثامنة تسعة عناصر انتقالية ، حيث أنها تحتوي في كل دور على ثلاثة عناصر تدعى بالثلاثيات ، تقع الثلاثية الأولى المؤلفة من العناصر التالية الحديد Fe و الكوبالت Co و النيكل Ni في الدور الرابع ، أما الثلاثية الثانية المؤلفة من العناصر الروتينيوم Ru و الروديوم Rh و البلاديوم Pd فتقع في الدور الخامس ، و تقع الثلاثية الثالثة المؤلفة من الأوسميوم Os و الإيريديوم Ir و البلاتين Pt في الدور السادس .

و لقد تم تصنيف عناصر هذه الفصيلة في ثلاث ثلاثيات أفقية ، لأن التشابه بين عناصر الثلاثية الأولى أشد من تشابه كل عنصر من عناصر هذه الثلاثية مع العنصرين الآخرين الأثقل الواقعين تحته في هذه الفصيلة.

تتميز جميع عناصر الفصيلة الثامنة بثلاثياتها الثلاث بتشكيل معقدات متنوعة خاصة معقدات مع  $NH_3$  و  $CN$  و  $CO$  و  $NO$  .  
 ينقص ميل هذه العناصر إلى التفاعل مع الأكسجين في الثلاثية الواحدة من اليسار إلى اليمين في حين تزداد شدة التفاعل مع الكبريت بالترتيب نفسه ، و تزداد درجة الانصهار في العمود الواحد من الأعلى نحو الأسفل و تنقص من اليسار نحو اليمين فيكون الأوسميوم أعظمها مقاومة للحرارة في حين يكون النيكل أسهلها انصهاراً.  
 تعرف الثلاثية الأولى بزمرة الحديد أما العناصر الستة الأخرى فتعرف بزمرة المعادن البلاتينية .

## سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

تعتبر عناصر زمرة الحديد متوسطة النشاط الكيميائي فهي في الشروط العادية تتفاعل بدرجة تكاد لا تذكر مع اللامعادن النموذجية والجافة كالأوكسجين و الكبريت و الكلور و البروم إلا أنها بالتسخين تتفاعل معها بشدة خاصة إذا كان المعدن بحالة مسحوق .

تتحد عناصر زمرة الحديد في درجات مرتفعة من الحرارة مع السيليسيوم و الفوسفور و الزرنيخ و الانتمان و مع الألمنيوم أيضا فمزيج متساو من النيكل و الألمنيوم يتفاعل بانفجار ليشكل المركب NiAl ، و تمتص هذه المعادن غاز الهيدروجين في درجة عالية من الحرارة خاصة و يصبح امتصاصها لهذا الغاز أشد إذا كانت مسحوقة و تكون هذه الخاصة أشد بروزا في حالة النيكل الذي يعتبر وسيطا كيميائيا ممتازا في تفاعلات الهدرجة و لا تتشكل من امتصاص الهيدروجين مركبات محدودة التركيب تماما. و تمتص هذه المعادن أيضا غاز الآزوت و أكسيد الكربون . و سوف ندرس من هذه الفصيلة معدن النيكل .

### **تاريخ النيكل ووجوده في الطبيعة :**

ألف الصينيون النيكل دون أن يكتشفوه قبل الميلاد كمكون أساس لمادة Pai-Thung التي تعني النحاس الأبيض والتي تتكون من 40% نحاس ، 32% نيكل ، 25% زنك ، 3% حديد ، و تشبه الفضة في شكلها. و منذ ذلك الوقت لم تظهر مادة ( Pai-Thung ) في أوروبا إلا بعد النصف الأخير من القرن الثامن عشر الميلادي وبكميات قليلة . و قد كان الاعتقاد السائد في أوروبا آنذاك أن النيكل هو نفسه

## سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28

خام النحاس ، بسبب التشابه الكبير بينهما في الشكل الخارجي و المظهر الطبيعي و لهذا السبب لم يكن من السهل اختزال خام النيكل لإنتاج الفلز مما جعل الألمان يطلقون على الخام اسم ( Kupfer-Nickel ) حيث تعني كلمة (Nickel) بالألماني كلمة نحاس بينما تعني كلمة (Kupfer) الألمانية الشيطان ، و قد جاءت هذه التسمية من اعتقاد الناس أن الشيطان لا يسمح باستخلاص النحاس من تلك الخامة مما جعلهم يعتقدون أن تلك المادة الجديدة عبارة عن نحاس زائف . لهذا تم الاكتفاء بكلمة (Nickel) كاسم لهذا الفلز بواسطة العالم السويدي أكسيل كرونستد الذي أفصح في استخلاص فلز النيكل و لكن بصورة غير عالية النقاوة من خام الجرسدورفايت والتعرف عليه عام 1751 م ، وفي عام 1775 م تمكن بيرجمان من التعرف على النيكل كفلز منفصل يختلف عن النحاس . و في عام 1804 م تم استخلاص فلز النيكل بدرجة عالية النقاوة بواسطة الكيميائي ريتشر مما جعله يلم بتفاصيل أكثر عن صفاته الكيميائية والفيزيائية ممهدا الطريق لوضع الفلز ضمن المجموعة الفرعية الثامنة من مجموعات العناصر الانتقالية التي تقع بين المجموعتين الرئيسيتين الثانية و الثالثة من الجدول الدوري للعناصر بعد الحديد والكوبلت الذين يشبهانه في كثير من الصفات .

و قد ساعد التشابه الكبير بين الفضة و سبيكة النحاس-نيكل المعروفة ( بالنحاس الأبيض ) التي كان ينتجها الصينيون منذ العصور الوسطى في ازدهار تجارة النيكل خاصة و أن السبيكة المشار إليها أقل ثمنا من الفضة ، حيث شهدت الفترة من 1830 إلى 1839 م إنتاج

## سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

كميات تجارية من تلك السبيكة في ألمانيا و إنجلترا، أطلق عليها الفضة الألمانية أولاً و فضة النيكل لاحقاً.

تلا ذلك تطور هام في صناعة السبائك المحتوية على النيكل عندما أصدرت الولايات المتحدة الأمريكية عام 1851 م عملة من سبيكة نحاسية تحتوي 12 % نيكل ، ثم تبعتها دول أخرى لتزدهر تجارة النيكل بشكل ملحوظ .

يعتبر معدن النيكل العنصر الثاني و العشرين من حيث الوفرة في القشرة الأرضية حيث لا تتجاوز نسبته 0.02 % . كما يعد المعدن السابع بالنسبة لوفرة العناصر الانتقالية .

و من المتقد حالياً أن الحديد و النيكل هما العنصران الرئيسيان اللذان يشكلان نواة الكرة الأرضية .

بالرغم من وجود كثير من المعادن التي تحتوي على عنصر النيكل ، إلا أن معادن الكبريتيد و الأكاسيد تعد أهم المعادن الرئيسية اقتصادياً .

### **خامات الكبريتيدات :**

تشكل معادن الكبريتيدات حوالي 20 % من خامات إنتاج النيكل في العالم ، و لكن يقدر إنتاجها من الفلز بأكثر من 60 % ، حيث ينتج الباقي من خامات الأكاسيد التي تشكل الغالبية العظمى 80 % من مصادر خام الفلز .

و مقارنة بالكبريتيدات الأخرى المحتوية على فلز النيكل يعد معدن البنتلانديت ( Pentlandite )  $S_8$  و ( Ni , Fe ) أهم مصدر لإنتاج

## سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

النيكل ، حيث يتم منه إنتاج أكثر من 59 % من فلز النيكل في العالم . و على الرغم من أهمية البنتلانديت كمصدر رئيسي للنيكل إلا أن معادن البايرهوتيت  $Fe_2S_8$  (Pyrrhotite) و الكالكوبيرايت  $CuFeS$  (Chalcopyrite) ، لا تقل أهمية كمصدر للنيكل بسبب احتوائها على كميات قليلة من الفلز ، و يأتي في المرتبة الثانية من حيث الأهمية خامات كبريتيدية أخرى مثل البيرايت  $FeS_2$  و الكيوبانيت  $CuFe_2O_3$  و الفايولارايت  $NiFeS$  .

### الخامات الأوكسجينية :

تتكون خامات النيكل الأوكسجينية نتيجة تجوية صخور البريدوتايت (Peridotite) إلى معدن الأوليفين (Olivine) - سيليكات مغنيزيوم حديد- الذي يحتوي على 0.3 % من النيكل .

### استخلاص النيكل :

تختلف طرق استخلاص فلز النيكل حسب طبيعة الخام- كبريتيدي أم أو كسجيني- و تركيز النيكل فيه ، و كمية و أنواع الشوائب المصاحبة . و يمكن تقسيم تلك الطرق حسب نوع الخام إلى ما يلي :

### استخلاص النيكل الكبريتيدي :

يستخلص أكثر من 90 % من خام النيكل الكبريتيدي بواسطة التعدين الحراري . و رغم وجود عدة طرق للاستخلاص بواسطة التعدين ، إلا أنها لا تختلف من حيث الخطوات الرئيسية التي تشمل التحميص ، و الصهر ، و التحويل .

## سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

يبدأ الاستخلاص بالتعدين الحراري بعمليات التكسير و الطحن لفصل جزء كبير من الكبريتيدات عن بعضها البعض ، تمهيدا لفصل أكبر جزء من كبريتيد الحديد بالفصل المغناطيسي و يلي ذلك إضافة الماء للخام الناتج لفصل كبريتيد النيكل من كبريتيد النحاس بالتعويم ، حيث يبقى كبريتيد النحاس في القاع لكبر كثافته النوعية ، و يطفو كبريتيد النيكل مع الرغوة .

تبدأ بعد ذلك عملية تحميص خام النيكل الناتج عند درجة حرارة 600 - 700 درجة مئوية في وجود الهواء ، ليتم أكسدة جزء كبير من كبريتيد الحديد المتبقي ضمن الخام حيث أن درجة الحرارة المذكورة لا تسمح بأكسدة كبريتيدات النحاس و النيكل لألفة كبريتيد الحديد للأكسدة مقارنة بالكبريتيدات المذكورة . يتم بعد ذلك ضغط الخليط في قوالب للصهر و الاختزال في فرن دوار لإنتاج خليط من كبريتيد النحاس و النيكل يطلق عليه المت (Matte) . ينقل الخليط إلى مفاعل محول (Converter) ليتم التخلص من الحديد المتبقي على هيئة خبث من أكسيد الحديد بواسطة الصهر عند درجة حرارة 1400 درجة مئوية وفي وجود الهواء ، و يلي ذلك تبريد تدريجي للناتج للحصول على بلورات كبريتيدي النحاس و النيكل و سبائكهما ، ثم تخضع البلورات إلى عمليات تكسير و طحن ، ليتم فصل كبريتيد النحاس من كبريتيد النيكل بطريقة التعويم . بعدها يحمص كبريتيد النيكل في وجود الهواء ليتم أكسدته إلى أكسيد النيكل الذي يضاف إليه الكربون مع الكبس و



## سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

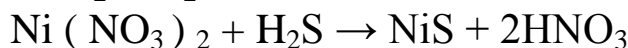
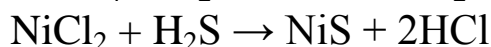
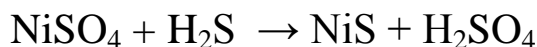
الضغط و يحفظ في قوالب ليتم تسخينه لإنتاج فلز النيكل بدرجة نقاوة حوالي 99 % .

### استخلاص النيكل الأكسجيني :

يستخلص النيكل الأكسجيني بشكل عام عن طريق الصهر حيث يتم أولاً إزالة محتوى الخام من الماء على هيئة ماء حر أو هيدروكسيد عن طريق التجفيف عند درجة حرارة 250 درجة مئوية . ثم يحول الخام الناتج إلى فرن درجة حرارته بين 800 - 900 درجة مئوية لإزالة المزيد من الماء ، يلي ذلك صهر الخام عند درجة حرارة أكثر من 1450 درجة مئوية ليتم حجز الناتج على هيئة حديد-نيكل ( 24 % نيكل ، 69% حديد ، 2% كربون ، 3% سيلكون ، 1.5 % نحاس ، نسبة قليلة من الفسفور ) ، و يخضع الخام الناتج إلى عملية تنقية يتم بموجبها إزالة الكربون و الكبريت و السليكون والفسفور ، يلي ذلك صهر الناتج بوجود الكبريت لتحويل الخام إلى كبريتيدات الحديد و النيكل ، بعد ذلك يضخ الهواء على مصهور الكبريتيدات ليتم أكسدة الحديد و إزالته ليبقى المت 75 % ( 80 % نيكل ، 1 - 4 % حديد ، 20 % كبريت ، 0.4 - 1.7 % كوبلت ) الذي يعالج لاستخلاص النيكل النقي .

سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

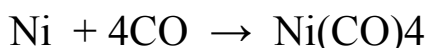
- كذلك يمكن استخلاص النيكل الأكسجيني عن طريق الصهر المائي الذي يتم بشكل عام حسب الخطوات التالية :
1. تحميص الخام بوجود الكبريت أو الكلور .
  - 2 . إذابة الناتج بالماء و غسله لاستخلاص محلول كبريتات أو كلوريدات النيكل و الكوبلت .
  - 3 . تحميص الراسب في الخطوة السابقة بالصودا، و إذابة الناتج بحمض الكبريت أو الكلور أو الآزوت لاستخلاص النيكل و الكوبلت .
  - 4 - ترسيب محاليل النيكل و الكوبلت بإضافة كبريتيد الهيدروجين إلى الكبريتيدات و ذلك عند درجة حرارة 120 درجة مئوية وضغط 10 جو وفقا للتفاعلات التالية :

استخلاص النيكل الزرنيخي :

يستخلص النيكل الزرنيخي بحرقه و تحويله إلى مزيج من الأكاسيد المعدنية و مركبات الزرنيخ . يحل هذا المزيج في حمض كلور الماء و من ثم يعامل بغاز كبريت الهيدروجين للتخلص من البزموت و النحاس والرصاص و يتم التخلص بعد ذلك من الحديد والزرنيخ بترسيبهما على شكل  $\text{CaHAsO}_4$  و  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  بمعالجة المحلول بكاربونات الكالسيوم و أخيرا بإضافة كلور الكلس إلى المحلول الباقي . يفصل الكوبلت في بدء الإضافة و من ثم النيكل بشكل الأكسيد  $\text{Ni}_2\text{O}_3$  ثم يرجع الأكسيد و ينقى المعدن الناتج بالتحليل الكهربائي . كما يمكن

## سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

الحصول على النيكل النقي بعد إرجاع أكسيده بمعالجته بأكسيد الكربون حيث يتشكل الكربونيل الطيار  $Ni(CO)_4$  الذي يتبخر و ينقل مع أول أكسيد الكربون إلى الأبراج التي تحوي حبات النيكل الصافي عند الدرجة 180 و الكربونيل المتحول إلى النيكل الصافي وأول أكسيد الكربون يستعمل مرة ثانية .



### تنقية النيكل :

رغم ملاءمة النيكل المستخلص بالطرق السابقة للكثير من الصناعات بسبب نقاوته التي تقارب 99 % إلا أن هناك استخدامات خاصة تتطلب مزيداً من النقاوة للفلز ، و في هذه الحالة يمكن إخضاع الفلز إما للتنقية بالمناخل الكهربائية أو التنقية الكربونيلية .

### التنقية الكهروليتيّة ( Electrolytic Refining ) :

تجري التنقية بالطريقة الكهروليتيّة بوجه عام في وعاء يحتوي على عدة خلايا كهروليتيّة تملأ كل واحدة منها بخليط من كلوريد وكبريتيد الزنك بوجود عدد من المصاعد المصنوعة من فلز أو مت النيكل ، و يتخلل بين كل مصعدين من المصاعد مهبط مصنوع من النيكل الصافي . و يتم توصيل التيار الكهربائي بين المصاعد والمهابط على التوازي ،

سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

و عند مروره فإن المصاعد تبدأ في الذوبان على شكل أيونات النيكل و يترسب النيكل النقي على المهابط .

التنقية الكربونيلية ( Carbonyl Refining ) :

تعتمد فكرة التنقية بهذه الطريقة على خاصية تفاعل النيكل غير النقي مع أول أكسيد الكربون عند الضغط الجوي العادي ، و عند درجة حرارة منخفضة نسبيا ( 40 - 80 درجة مئوية ) لتكوين غاز رباعي كربونيل النيكل ، و تعود أهمية هذا التفاعل إلى أنه تفاعل عكوس عند درجة حرارة ( 150 - 300 درجة مئوية ) و رباعي كربونيل النيكل سائل متطاير درجة انصهاره 19.3 - درجة مئوية ودرجة غليانه ( 42.5 درجة مئوية ) . و مقارنة بالنيكل فإن أغلب الشوائب الموجودة مع النيكل لا تتفاعل مع أول أكسيد الكربون فضلا عن أن بعضها مثل الحديد و الكوبلت لا تتفاعل بسرعة و لا تكون مواد متطايرة . و عليه يستفاد من التفاعل المذكور لفصل النيكل من شوائبه ، ثم استرجاعه مرة أخرى على شكل فلز خالص نسبة نقاوته تصل إلى 99.95 % برفع درجة الحرارة إلى ( 150 - 300 م ° ) :

الخواص الفيزيائية و الكيميائية للنيكل :

النيكل معدن أبيض- فضي قاس جدا يتميز بانجذابه بالمغناطيس و يشابه الكوبلت بخواصه الفيزيائية .

## سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /



العدد الذري : 28 ، و عدد الكتلة : 58.6934 ، كثافته (8900 كغ / م<sup>3</sup>) ، و نصف القطر الذري : 1.24 انغستروم ، و التكافؤ : 2 ، 3 ، درجة غليانه : 2732 درجة مئوية ، و درجة انصهاره : 1453 درجة مئوية . و التركيب الإلكتروني : [Ar] : 3d<sup>8</sup> 4s<sup>2</sup>



و للنيكل خمسة نظائر طبيعية مستقرة كتلتها (58 ، 60 ، 61 ، 62 ، 64) بنسب مئوية مقدارها ( 67.8 % ، 26.2 % ، 1.2 % ، 3.6 % ، 0.9 % ) على التوالي .  
أيضا يمكن إنتاج نظائر مشعة صناعيا بأعداد كتلية (56 ، 57 ، 59 ، 63 ، 65 ، 66 ، 67)

## سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

يتميز بأنه قابل للسحب و الطرق ، متوسط الصلابة ، و متين ، و شديد المقاومة للتآكل في وسائط عديدة .

. يقاوم التآكل في الهواء الجوي عند درجات الحرارة العادية . وعند تسخين معدن النيكل في الهواء فإنه يفقد بريقه و لمعانه . وعندما يكون في صورة مسحوق ناعم ، فإنه يتأكسد و يشتعل تلقائياً عند تعرضه للهواء الجوي ، لذا ينبغي تداوله بحرص .

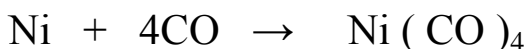
. يقاوم التآكل الذي تسببه المواد القلوية عدا النشادر ، ولذا يستخدم في إنتاج الصودا الكاوية . يعزى الثبات الكيميائي للنيكل إلى تشكيل طبقات أكسيدية على سطحه تتمتع بفعل وقائي شديد .

- قابل لامتصاص الهيدروجين حيث يزداد الامتصاص بارتفاع درجة الحرارة و درجة نعومة المسحوق لتكوين هيدريدات النيكل .

- والتكافؤ المميز للنيكل هو ( 2 ) و لا تعرف له سوى مركبات نادرة سريعة التفكك موافقة لتكافؤيه ( 3 ) و ( 4 ) أما في حالة تشكل المعقدات فإن التكافؤ غير المميز في حالة المركبات البسيطة يصبح مميزاً على الأغلب ، حيث يكون للنيكل التكافؤ ( 4 ) في معقدات عديدة ، كما هو الحال بالنسبة لبقية عناصر زمرة الحديد ، و يعطى ميل هذه العناصر إلى أخذ درجة الأكسدة المميزة للشوارد البسيطة بالاستناد إلى مبدأ ازدياد استقرار البنية الإلكترونية الخارجية لذرة العنصر أو شاردته عند تماثلها مع البنية الإلكترونية لغاز خامل أي عند إشباعها بثنائيات إلكترونية يبلغ عددها عدد الثنائيات الإلكترونية الخارجية في ذرة غاز خامل .

سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

. الصفة النادرة لفلز النيكل هي قدرته على التفاعل مع أول أكسيد الكربون عند درجة حرارة 60 درجة مئوية تقريبا لإنتاج رباعي كربونيل النيكل بتفاعل عكوس ، ينتج عنه فلز النيكل و أول أكسيد الكربون عند درجة 180 درجة مئوية تقريبا .



و يستخدم هذا التفاعل في الحصول على فلز النيكل النقي ، كما ذكرنا سابقا .

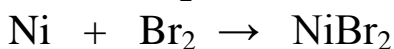
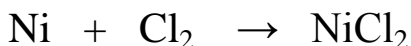
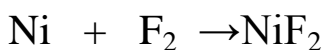
. تؤثر الحموض اللاعضوية الممددة ببطء على النيكل وخصوصا حمض الآزوت المخفف . أما حمض الآزوت المركز فإنه يصيب النيكل بحالة خمول .

. يتفاعل النيكل خلال التسخين مع الأكسجين والكبريت والكربون و

الفسفور و البور مشكلا المركبات التالية على الترتيب :



. كما أنه يتفاعل مع الهالوجينات وفق التفاعلات التالية :



و بما أنه لا يتأثر بالصودا الكاوية فإنه يستخدم في صنع الأواني

المستخدمة في إنتاج هيدروكسيد الصوديوم .

. ومن المركبات المعدنية العضوية للنيكل ذات الرابطة σ تلك التي

تستحصل بفعل هاليدات أريل المغنزيوم على المعقدات المربعة

(X = هالوجين ) ، وهي مركبات بلون أصفر و ذات

## سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28

مغناطيسية عكسية و لها الصيغة العامة  $(R_3P)_2NiX(Ar)$  و  $(R_3P)_2NiAr_2$  و التي لها بنية مربع مفروق .

**أكاسيد النيكل :**

أكسيد النيكل (NiO) :

لونه أخضر يحضر بتفكك الكربونات الموافقة في معزل عن الهواء ، لا ينحل في الماء أو القلويات و إنما ينحل في الحموض ليشكل الأملاح الموافقة لدرجة الأكسدة ( +2 ) . يرجع بالتسخين في تيار من الهيدروجين إلى معدن النيكل .

أكسيد النيكل (Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) :

لونه أسود ، لا ينحل في الماء ، يحصل عليه بتسخين بطيء لنترات أو كربونات النيكل في الهواء ، أو عندما يسخن أكسيد النيكل في الهواء ، و هو مؤكسد قوي يعتقد بأنه خليط من NiO و NiO<sub>2</sub> .

ثاني أكسيد النيكل (NiO<sub>2</sub>) :

يحضر ثاني أكسيد النيكل الأسود بتأثير عنصر البرومين أو هيبو كلوريت أو هيبو بروميت على هيدروكسيد النيكل ، أما الأخضر فيحضر بتأثير الهيدروكسيد على كلوريد النيكل بالبرودة ، ثم بالمعالجة بملح البوتاس القلوي . ومن الجدير بالملاحظة أن الأكسيد الأخضر يشبه بيروكسيد الهيدروجين في خواصه الكيماوية و يختلف في ذلك عن الأكسيد الأسود . لذلك فقد اقترح بأن الأكسيد الأخضر هو بيروكسيد أو أكسيد ممتاز مع Bivalent النيكل ، و الأكسيد الأسود هو ثاني أكسيد أو متعدد أكسيد نيكل رباعي التكافؤ . و إذا سخن أكسيد النيكل



## سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

مع كربونات الباريوم في فرن كهربائي ، فسوف تتشكل كتلة بلورية سوداء من باريوم النيكل ذو الصيغة  $BaO \cdot 2NiO_2$  . و هو يتفكك بتأثير الماء .

رباعي أكسيد ثلاثي النيكل (  $Ni_3O_4$  ) :

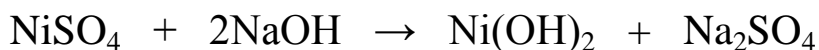
يتشكل عندما يمرر أكسجين رطب فوق كلوريد النيكل عند الدرجة 400 . و هناك شكوك حول وجوده ، حيث يعتقد البعض بأنه خليط من  $NiO$  و  $NiO_2$  .

كربونيل النيكل (  $Ni(CO)_4$  ) :

سائل عديم اللون ، يحصل عليه بمرور أول أكسيد الكربون على النيكل في الدرجة 50-80 . يغلي في الدرجة 43 ، و بالتسخين يتفكك إلى النيكل و أول أكسيد الكربون . و يستعمل صناعيا لتنقية النيكل بطريقة Mond .

هيدروكسيد النيكل (  $Ni(OH)_2$  ) :

لونه أخضر لا يحصل عليه مباشرة لعدم انحلال  $NiO$  في الماء لذا يحضر من إضافة محلول ماءات معدن قلوي و ليكن ماءات الصوديوم إلى محلول الملح الموافق و ليكن كبريتات النيكل



و هيدروكسيد النيكل لا ينحل في الماء و القلويات و إنما ينحل في الحموض مشكلا أملاح النيكل ، فهو ذو صفة قلوية . و لا يتأكسد عند التعرض للهواء ، يذوب في أملاح الأمونيوم و الأمونيا ، و يشكل

## سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28

الأمانيز (ammines) و على خلاف محلول الكوبالت المطابق لا يمتص الأكسجين من الهواء .

أملاح النيكل ( +2 ) :

تكون معظم أملاح الحموض القوية منحلّة في الماء ، و تكون محاليلها ذات تفاعل حمضي ضعيف بسبب الحلمة . أما الحموض الضعيفة نسبيا فتكون غالبا صعبة الانحلال كالكاربونات و الفوسفات . و تعطي معظم أملاح النيكل محاليل خضراء ، تنتج من تأثير الكبريتيد الأسود على كبريتيد الهيدروجين في محلول قلوي ، وبهيدروكسيد الأمونيوم و هو راسب أخضر شاحب و بالزيادة يعطي محلول أزرق . وفي حال وجود الكوبالت ، فإن النيكل يكتشف بإضافة زيادة من سيانيد البوتاسيوم إلى المحلول حتى تتشكل رواسب ثم تذوب ، بسبب تشكل سيانيد الكوبالت و النيكل ، و بتسخين المحلول ، يتأكسد سيانيد الكوبالت إلى سيانيد الكوبالتي ، و إذا أضفنا هيبو كلوريت أو هيبو بروميت الصوديوم بدلا من سيانيد البوتاسيوم ، فإننا نحصل على ثاني أكسيد النيكل الرطب ذو اللون الأسود بينما يبقى الكوبالت في المحلول . و بدلا عن ذلك ، يمكن استعمال دي ميتيل غليو كسيم في المحلول المحايد أو القلوي و هذا الكاشف ينتج النيكل بشكل قرمزي صلب ، و لا ينتج الكوبالت .

كربونات النيكل (NiCO<sub>3</sub>) :

سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

وهو عبارة عن بلورات ذات لون أبيض مخضر. تحضر كربونات النيكل من إضافة كبريتات النيكل إلى محلول ثاني كربونات الصوديوم المشبعة بثاني أكسيد الكربون وفق المعادلة :



كما أنه يتشكل من إضافة كربونات الصوديوم إلى محلول أحد أملاح النيكل .

فوسفات النيكل  $(\text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2)$  :

لونها أبيض مخضر. تحضر من إضافة محلول هيدروفوسفات الصوديوم إلى محلول كبريتات النيكل وفق المعادلة :



و تكون شاردة النيكل الثنائية في الحالة اللامائية صفراء اللون ويكون لون الملح أحيانا تابعا للون الشاردة السالبة المرتبطة ، أما ألوان الشوارد المميهة فهي الأخضر الزاهي لشاردة النيكل .

هاليدات النيكل  $(\text{NiX}_2)$  : (X = هالوجين)

يحصل عليها بتفاعل معدن النيكل مع الحمض الموافق و هي تتبلور في معظم الحالات مع ست جزيئات ماء و تتحل جيدا في الماء و الكحول باستثناء الفلوريدات و يختلف لونها في الحالة اللامائية حسب الهالوجين ، كما أن فقدانها التدريجي للماء يؤدي إلى تغير لونها .تشكل الهاليدات معقدات صيغتها العامة  $A_2[\text{MX}_4]$  ،  $A[\text{MX}_3]$  و تتناقص درجة ثبات هذه المعقدات من الفلور حتى اليود ، وسندرس كمثال على الهاليدات كلور النيكل :

## سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28

نحصل عليه بتأثير حمض كلور الماء المخفف على الأكسيد أو الكربونات ، يبلور من هذا المحلول بشكل بلورات خضراء ذات التركيب  $NiCl_2 \cdot 6H_2O$  ، الذي يزهر بعض الشيء في الهواء ، وبالتسخين .  
المرح اللامائي يمكن أن يحصل عليه أيضا بتأثير الكلور على النيكل المنقسم بشكل رقيق و هو صلب ذهبي اللون ، يتحد مع الأمونيا .

### كبريتات النيكل ( $NiSO_4$ ):

تتواجد كبريتات النيكل متبلورة مع ست أو سبع جزيئات ماء ( $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ ) و ( $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ ) وهي بلورات ذات لون أخضر . تحضر هذه الأملاح بتفاعل معدن النيكل مع حمض الكبريت الممدد، أو من تأثير حمض الكبريت الممدد على أكسيد أو كربونات النيكل. و هي مماثلة لكبريتات الحديد المميهة المطابقة و كذلك كبريتات المغنيزيوم .

و هو أفضل ملح معروف للنيلك و قابل للذوبان في الماء بسهولة ، يتحد مع غاز الأمونيا و يشكل مركب غير مستقر أزرق غامق مماثل للمركب المطابق للكبريتات النحاسية . يشكل أيضا مركب مضاعف مستقر مع كبريتات الأمونيوم و هي كبريتات أمونيوم نيكل ( $(NH_4)_2SO_4 \cdot NiSO_4 \cdot 6H_2O$ ) ، مماثلة لكبريتات الأمونيوم الحديدية ، والتي تستعمل على نطاق واسع في تصفيحات النيكل .

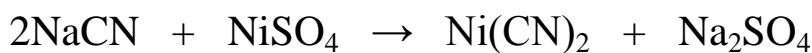
تشكل الكبريتات أملاحا مضاعفة أو معقدات صيغتها العامة  $A_2[M(SO_4)_2] \cdot 6H_2O$  حيث A معدن قلوي أو شاردة الأمونيوم .

## سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

و تستخدم كبريتات النيكل في عملية الطلاء بالكهرباء ، و يمكن ترسيب سبائك تتألف من فلزين أو أكثر باستخدام محاليل أملاح الفلزات التي تتألف منها السبيكة و من أمثلة السبائك المستخدمة للطلاء: النيكل الأسود .

### سيانيدات النيكل (Ni(CN)<sub>2</sub>):

تحضر بشكل راسب غير متبلور بإضافة سيانيد معدن قلوي إلى محلول الملح الموافق وفق المعادلة:



ينحل هذا الراسب في مزيد من الكاشف حيث تتشكل لدينا معقدات سيانيدية .

### ثيو سيانيدات النيكل (Ni(SCN)<sub>2</sub>):

تتحل جيدا في الماء . تشكل مع ثيو سيانيدات المعادن القلوية

المعقدات  $[\text{Ni(SCN)}_4]_2$  و  $[\text{Ni(SCN)}_6]_4$  .

### نترات النيكل (Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>):

يذوب النيكل بسهولة في حمض الأزوت الممدد ، و بالتبخير نحصل على محلول يحتوي على بلورات خضراء ذات التركيب  $\text{Ni(NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  و هي قابلة للذوبان جيدا في الماء . وبالتسخين فإن بعضا من ماء التبلور يتبخر ، لكن النترات تتفكك قبل أن تصبح أكسيد لا مائي لين و بيرو كسيد الأزوت و أكسجين كما في المعادلة :



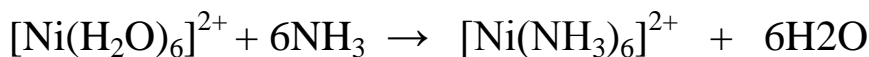
### كبريت النيكل (NiS):

## سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

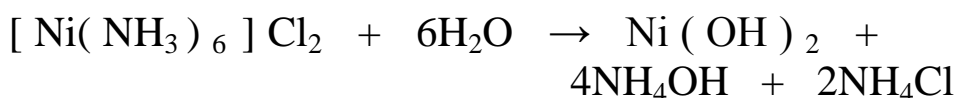
ذو لون أسود ، يحضر من تفاعل كبريتيد الأمونيوم إلى محلول ملح النيكل ، أو بمرور كبريتيد الهيدروجين خلال محلول ملح النيكل الذي يحتوي على كلوريد الأمونيوم و الأمونيا . و هو قابل للذوبان في الحموض . و يشبه كبريتيد الكوبالت في ذلك ، و لا يشبه كبريتيد الهيدروجين في المحلول الحمضي ، و هو عديم الذوبان في الحموض بعد تحضيره بوقت قصير . و قد افترض (Thiel and Gessner) عام 1914 وجوده بثلاثة أشكال .

### المعقدات النشارية :

يشكل النيكل (+2) مع المرتبطات الحاوية على ذرات الأكسجين و الأزوت المانحة معقدات ثابتة فعند إضافة محلول النشار المركز إلى محاليل أملاح النيكل ( +2 ) فإنه يتشكل معقد النيكل النشاري الأزرق وفق المعادلة :



وهذه المعقدات تتفكك بالماء و تتحلل بدرجات متفاوتة كما يلي :



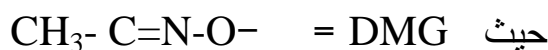
و عندما تقل نسبة  $\text{NH}_3$  في المحلول يحدث تفاعل إزاحة جزئي بين النشار و الماء فيتشكل  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4(\text{H}_2\text{O})_2]^{2+}$  ، و تكون الحلمة جزئية إذا كان تركيز النشار كبير لذا فإن ترسيب هذا المعدن بشكل ماءات لا يمكن أن يكون تاما إذا استخدمت بالترسيب ماءات الأمونيوم .

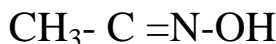
سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

يشكل النيكل ( 2 + ) بسهولة عددا كبيرا من المعقدات التي لها الأشكال البنوية الرئيسية التالية : (ثمانية وجوه ، مربع مستو ورباعي الوجوه ) .

تتميز المعقدات المربعة المستوية للنيكل (+2) بأنها ديامغناطيسية وهي غالبا حمراء في حين تكون المعقدات رباعية الوجوه للنيكل (+2) عادة زرقاء شديدة . أما المعقدات ثمانية الوجوه فإنها تتلون غالبا باللون الأزرق أو الأزرق المحمر أو باللون الأخضر

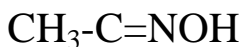
و نذكر من المعقدات المربعة المستوية ذات الديامغناطيسية للنيكل المعقد مثنى ثنائي ميتيل غليو كسيماتو النيكل (+2)  $[Ni(DMG)_2]$



$$|$$


و يعين النيكل كفيما و كميا بترسيبه بثنائي ميتيل غليو كسيم في محاليل أساسية خفيفة حيث يتشكل راسب أحمر وردي و هو معقد مخلبي :



$$|$$


## سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

و هذا التفاعل يعرف بتفاعل **جوكاييف** ، و يساعد على فصل النيكل عن الكوبالت حيث أن الكوبالت لا يشكل راسبا مع هذا الكاشف و يعين النيكل أيضا بترسيبه بشكل الأكسيد  $Ni_2O_3$  بمزيج من البوتاس الكاوي و ماء البروم و من ثم بوزن  $NiO$  الناتج من تكليس الراسب .

**و من المعقدات النشارية نذكر :**

فوق كلورات سداسي أمين النيكل (+2):

يحضر من إضافة محلول النشار تدريجيا إلى محلول كبريتات أو كلوريد النيكل حتى ينحل الراسب المتشكل ثم نضيف إلى المحلول الناتج محلول كلورات الصوديوم فنلاحظ تشكل راسب قليل الانحلال من معقد فوق كلورات سداسي أمين النيكل .

كلوريد هكسا أمين النيكل (+2):

نحل كمية من كلوريد النيكل سداسي الماء في مقدار من الماء الدافئ ، ثم نرشح و نضيف كمية من محلول الأمونيا المركزة ببطء إلى المحلول مع التحريك السريع حتى ذوبان راسب هيدروكسيد النيكل الأخضر . ندع المحلول لكي يهدأ في درجة حرارة الغرفة مدة نصف ساعة ثم نجمع بلورات سداسي أمين النيكل بالترشيح .

ثنائي نثرو رباعي أمين النيكل  $^{+2}$   $[Ni(NH_3)_4(NO_2)_2]$  :

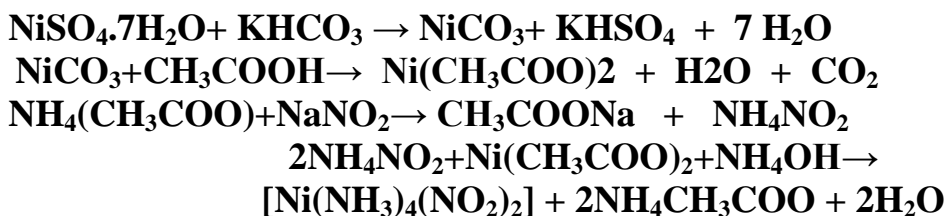
نحل كمية من كبريتات النيكل  $NiSO_4 \cdot 7H_2O$  في أقل كمية ممكنة من الماء و نحل في وعاء آخر كمية من كربونات البوتاسيوم الحامضية في أقل كمية ممكنة من الماء أيضا .



سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28

نمزج المحلولين و نغلي المزيج على النار حتى يتوقف التفاعل نرشح و نغسل الراسب بالماء الساخن . ننقل الراسب إلى بيشر ، ثم نحل كمية من حمض الخل الثلجي في مقدار من الماء ، و نضيفه إلى الراسب السابق . نسخن على حمام مائي حتى انحلال جميع كربونات النيكل ، نحل أي راسب يتشكل عندما يبرد المحلول بإضافة كمية قليلة من حمض الخل . و نحفظ بعد ذلك المحلول . نحل كمية من خلات الأمونيوم و كمية من نترت الصوديوم في أقل كمية ممكنة من الماء . نسخن الناتج قليلا . نرشح الناتج قليلا .نمزج محلول خلات النيكل الذي حصلنا عليه سابقا مع المحلول الأخير و نضيف كمية من ماءات الأمونيوم المركزة . نحرك السائل و نتركه حتى تترسب البلورات .

نترك المحلول فترة من الزمن ، ثم نقوم بالترشيح و نغسل الراسب بالغول ، و نترك البلورات تجف و ذلك وفق المعادلات التالية :



وهناك معقدات أخرى بالإضافة إلى المعقدات النشاردية نذكر منها :

رباعي سيانو نيكالات (+2) البوتاسيوم :

نحل كمية من كبريتات النيكل  $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  في مقدار من الماء . ثم نحل كمية من سيانيد البوتاسيوم في مقدار من الماء . نضيف ببطء مع التحريك محلول سيانيد البوتاسيوم إلى محلول كبريتات النيكل (+2) . نرشح الراسب المتشكل و نغسله بالماء ثم نحل الراسب

سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28

السابق في محلول مؤلف من كمية من سيانيد البوتاسيوم و مقدار من الماء . نبحر المحلول الأحمر إلى نصف حجمه تقريبا . نبرد المحلول و نرشح البلورات الصفراء-البرتقالية و نجفف فنحصل على المعقد المطلوب .

و نستطيع أكسدة النيكل (+2) إلى (+3) بإضافة عدة نقاط من ماء البروم إلى هيدروكسيد النيكل (+2) و بالتسخين يلاحظ أكسدة  $Ni^{2+}$  إلى  $Ni_2O_3$  وفق المعادلة التالية:



مركبات النيكل (+3) :

هيدروكسيد النيكل  $(Ni(OH)_3)$  :

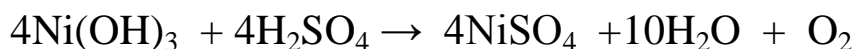
لونه أخضر مسود ، و للحصول عليه تعالج ماءات النيكل (+2) بمؤكسد قوي كالكلور أو البروم في وسط قلوي ، وعند وفق التفاعل التالي :



أو عندما يعالج ملح النيكل مع محلول المسحوق القاصر . و إذا وجد الأكسيد مع هيدروكسيد لا يبدو أساسي ، لذلك عندما يعالج مع الحموض ينتج أملاح و أكسجين و هذه الأملاح هي :

أملاح الشاردة  $Ni^{3+}$  و إنما أملاح الشاردة  $Ni^{2+}$  إذ يحدث

تفاعل أكسدة و إرجاع كما في التفاعل التالي :



استعمالات النيكل :

## سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

يستخدم النيكل بشكل رئيسي في صناعة السبائك حيث يمكن خلطه مع كثير من الفلزات مثل النحاس و المنغنيز و الحديد و الكروم و يستخدم خاصة في السبائك غير الحديدية و الصلب لتحسين جودتها من حيث المتانة ، و مقاومة التآكل ، و الصلادة و خصائصه الجيدة عند درجات الحرارة العالية.

يستخدم 60 % من النيكل في صناعة الصلب المقاوم للصدأ و 13% لصناعة سبائك النيكل ، و قد توسع استخدام النيكل في الصناعة بفضل الخصائص الجيدة خاصة التي يكسبها للسبائك مثل :

\* الخواص الميكانيكية الجيدة المقاومة للتآكل في الأوساط الحمضية و الأساسية و في الجو و محاليل الأملاح .  
\* احتفاظه بالمرونة و المقاومة و الاستطالة عند درجات الحرارة العالية و المنخفضة .

\* خواصه المغناطيسية .

\* لونه الفضي الجذاب .

و تستخدم سبائك النيكل ذات النقاوة التجارية في كثير من الاستخدامات الصناعية مثل :

أجهزة تصنيع الأغذية - براميل نقل المواد الكيميائية - الأجهزة الإلكترونية - أجزاء مكونات الصواريخ و المركبات الفضائية - المصابيح القلوية - المبادلات و العوازل الحرارية .

## سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

و فضلا إلى ذلك ، يضاف إلى النيكل فلزات أخرى لصناعة سبائك ذات صفات جيدة . و هناك حوالي 3000 سبيكة تحتوي على النيكل في الاستعمال اليومي .

من أشهر هذه السبائك الفضة الألمانية و تتكون من ( النيكل ، الزنك ، النحاس ، مغطاة بطبقة من الفضة بالطلاء الكهربائي ) وتستخدم كبديل عن الفضة في الزينة و الديكور .

وهناك عدة أنواع من السبائك الهامة للنيكل ، مثلا فولاذ النيكل الذي يحتوي 5-2% من النيكل يستعمل في صناعة الصناديق والأغلفة الخارجية ، سبيكة كروم النيكل الذي يحتوي 3-1.5% من النيكل و 1.2-0.5% من الكروم قاسية جدا و مقاومة للصدمات و تستعمل في عمود محركات الاحتراق الداخلية و في أدوات المطبخ و المغاسل و أدوات الجراحة .

## سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /



و تستعمل سبيكة النيكل كروم أيضا في صناعة المقاومات حيث إن المقاومات المصنوعة منها تسمح بإنتاج درجات حرارة تصل إلى 10100 م ، بينما تسمح المقاومات المصنوعة من كريد السيلكون بالوصول إلى درجات حرارة 10500 م .

و بالنسب المئوية الأعلى من النيكل و الكروم ( 6-12% من النيكل و 16-18% من الكروم ) ينتج لدينا فولاذ مقاوم للصدأ يدعى **stainless steels** . حيث أن ثلثي النيكل الجديد و أكثر النيكل المعاد يستعمل لصناعة الفولاذ المقاوم للصدأ . و هو يستعمل بنسبة كبيرة في البيت ، في الهندسة المعمارية ، في الرعاية الصحية ، في تحضير الطعام و في كافة الصناعات .

## سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

و بالنسب المئوية الأعلى نحصل على سبائك مقاومة للتأكسد عند درجات الحرارة العالية كعناصر تسخين في الحرائق الكهربائية. كما تستعمل في البتروكيماوية الكيميائية ، و صناعة المركبات الفضائية .

سبيكة النيكل و الحديد التي تحتوي على 21.5 % من النيكل و 78.5 % من الحديد لها خواص مغناطيسية غير عادية لذلك تستخدم للإرسال الهاتفي و الإبراق السريع و سبيكة تحتوي 60 % من الحديد و 40 % من النيكل و الذي يستعمل في الزجاج يستعمل بنفس النسبة في صناعة المصابيح الكهربائية. و سبيكة مؤلفة من 70% نيكل و 30 % نحاس والتي تعرف بمعدن (monel) مقاومة جدا للتآكل و تستعمل في الصناعة الكيماوية و للأغراض المحلية والهندسة البحرية .

وسبيكة Cupronickel و المؤلفة من 75 % نحاس و 25 % نيكل هي الآن السبيكة القياسية لبريطانية و هي تسمى بالعملة الفضية .

وسبيكة النيكل بالنحاس و المنغنيز Manganin تستعمل لحلزونات المقاومة الكهربائية نظرا لمقاومة سعتها الحرارية النوعية العالية ومقاومة معامل حرارتها المنخفض جدا .

كما يستعمل النيكل لجعل أنصال عنفات محطات الكهرباء أكثر كفاءة بحوالي 18 % حيث يجعل من الممكن توليد قوة كهربائية أكثر من أي وقود مستخرج .

كما أن النيكل جزء رئيسي في العديد من أنظمة البطارية القابلة للشحن ، و يستعمل في الإلكترونيات ، و الأدوات الكهربائية ، وتجهيز سلطة الطوارئ و النقل . فالنيكل هو المكون الرئيسي في العديد من

## سلسلة عناصر الجدول الدوري / 28 /

المواد المختلفة التي تستعمل من قبل المجتمع في العديد من الصناعات المختلفة .

و قد وجد للنیکل و بعض المعادن الثقيلة ( حديد ، فضة ، ألنيوم ، منغيز ، كوبات ، نحاس ، زنك ، كادميوم ) تأثير مثبط على نمو فطر مونو أسكس رير ، عندما تضاف على هيئة أملاح الكبريت لمنبت زنك دوکس آجار . سواء أضيف على أفراد ، أو كان مصاحبا لحمض الجبريليك .

كما وجد أن تناول النيكل و الكوبات في جرعات يحددها المختص ، 4 مرات في الأسبوع لفترة أسبوعين أو ثلاثة ، يساعد على تحسين عملية الهضم .

كما يستخدم النيكل في صناعة الكثير من الإكسسوارات التي يرتديها الرجال و النساء فهو موجود في الأزرار و الحلبي و مستحضرات العناية بالأظافر و غيرها . و هناك بعض الأشخاص يعانون من حساسية النيكل لذلك يجب أن يمنعوا الاتصال المباشر مع ما يرتديه من كماليات تحتوي على النيكل ، كما أن بعض الأطعمة قد تحتوي على النيكل التجاري كالفسنق و الشوكولا و الشاي و القهوة والمشمش المعلب و البيرة .