

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



جامعة اسيوط / كلية العلوم

قسم الكيمياء

بحث مقدم لاستكمال متطلبات الحصول على درجة البكالوريوس

بغنوان :-

عنصر النحاس

إعداد الطالبة

سلطانة محمد السنوسي السائح

إشراف

أ.د. خليفة مصباح خليفة

العام الجامعي

2018/2017

فهرس المحتويات

الصفحة	المحتويات	ت
أ	الآية القرآنية	1
ب	الإهداء	2
ج	كلمة الشكر	3
4	الفهرس	4
6	الهدف من البحث	5
7	الملخص	6
الفصل الأول : الجدول الدوري		
9	مقدمة عن الجدول الدوري	8
9	أهمية الجدول الدوري	9
9	الجدول الدوري الطولي	10
10	فئات العناصر بالجدول الدوري	11
11	الدورات	12
الفصل الثاني: العناصر الانتقالية		
15	مقدمة على العناصر الانتقالية	14
15	العناصر الانتقالية الرئيسية	15
18	العناصر الانتقالية الداخلية	16
21	الخواص العامة للعناصر الانتقالية	17
الفصل الثالث: مجموعة النحاس		
24	مجموعة النحاس	19
25	نبذة عن النحاس	20
25	نبذة عن الفضة	21
26	نبذة عن الذهب	22
27	حالات الأكسدة	23
27	حالات الأكسدة +1	24
28	حالة الأكسدة +2	25
28	حالة التأكسد +3	26
الفصل الرابع: النحاس		
31	عنصر النحاس	28
31	وجوده في الطبيعة	29
32	خامات النحاس	30

32	موقعه في الجدول الدوري	31
33	التركيب الإلكتروني للنحاس	32
33	تحضير النحاس	33
34	الخواص الفيزيائية	34
35	الخواص الكيميائية	35
37	تطبيقات النحاس في الحياة	36
38	الدول المنتجة والمستهلكة للنحاس	37
38	مركبات النحاس	38
38	كلوريد نحاس الأحادي $CuCl$	39
39	فلوريد النحاس الثنائي CuF_2	40
39	كربونات النحاس الثنائي	41
40	كبريتات النحاس الثنائي $CuSO_4$	42
40	نترات النحاس الثنائي $Cu(NO_3)_2$	43
الفصل الخامس		
42	المراجع	44

أهداف البحث

يهدف البحث إلى دراسة مجموعة (النحاس-الذهب-الفضة) وذلك من حيث تشابه تركيبها الإلكتروني وتعدد حالات الأكسدة والمركبات التي تدخل في تركيبها، ثم دراسة عنصر النحاس بإعتباره من أكثر هذه العناصر نشاطاً وانتشاراً وذلك بمعرفة تركيبه الإلكتروني وطرق استخلاصه وتطبيقاته في الحياة، ومعرفة مركباته.

المخلص

تشمل هذه الدراسة أربع فصول حيث يحتوي الأول نبذة عن الجدول الدوري وتصنيفه، بينما يشمل الفصل الثاني مقدمة عامة للعناصر الانتقالية (f,d) والتعرف عليها من حيث تركيبها الإلكتروني وموقعها في الجدول الدوري، في حين يشمل الفصل الثالث مجموعة عنصر النحاس (النحاس-الذهب-الفضة) ودراسة هذه المجموعة من حيث التركيب الإلكتروني، وتعدد حالات تأكسدها، أما الفصل الرابع فقد اشتمل دراسة لعنصر النحاس من حيث وجوده في الطبيعة وطرق استخلاصه من خاماته، ومعرفة الدول المنتجة له والمستهلكة له، ومعرفة مركباته، وتطبيقاته في الحياة اليومية.

الفصل الأول

1.1: الجدول الدوري :-

الجدول الذي يقوم بترتيب العناصر حسب الزيادة في أرقامها الذرية وبالكيفية التي ترتب فيها العناصر المتشابهة في خواصها في عمود رأسي واحد يعرف هذا الجدول بالجدول الدوري، فالعناصر التي تقع في نفس العمود وتتشابه مع بعضها في الخواص فهي تنتمي إلى نفس المجموعة، كما تقسم هذه المجموعات إلى عائلتين (A,B)؛ فالعناصر التي تنتمي إلى نفس المجموعة هي عناصر متشابهة في خواصها بشكل كبير ولكنها تختلف عن العناصر التي تنتمي إلى مجموعات أخرى. هناك العديد من الجداول الدورية التي تم وضعها في فترات زمنية مختلفة إلا أن أساس ترتيبها ينطبق تماما مع ما جاء به القانون الدوري.⁽³⁾

2.1: أهمية الجدول الدوري :

الغرض الأساسي من الجدول الدوري هو ترتيب العناصر وتبويبها كيميائياً بشكل منظم، ويتكون ذلك الجدول الدوري الطويل حتى الآن من 109 عنصراً، كما يساعدنا الجدول الدوري الطويل لفهم أسباب تشابه بعض العناصر لبعضها الأخر وأيضاً أسباب اختلافها عن بقية العناصر الأخرى في خواصها، و أن هذا الجدول من شأنه المحافظة على البناء الإلكتروني لتلك العناصر. تكمن الخاصية الأخرى للجدول الدوري الطويل في مساعدتنا لفهم أسباب وجود تكرار تلك الخواص المتشابهة بعد فترات محددة ومنتظمة.⁽⁴⁾

3.1: الجدول الدوري الطولي :-

يتكون المحور الرأسي للجدول الدوري من المجموعات، بينما يتكون المحور الأفقي من الدورات، ويمكن تقسيم هذا الجدول إلى ثلاثة أقسام:

1- يحتوي القسم الأول (أقصى اليسار) منه على عناصر المجموعتين الأولى والثانية.

2- يحتوي القسم الثاني (أقصى اليمين) على مجموعات من الثالثة وحتى الثامنة .

تنتهي مجموعات القسمين الأول والثاني إلى عائلة A .

3- أما القسم الأوسط العائلة B من الجدول فيحتوي على العناصر الانتقالية والتي تنقسم أيضا إلى ثمانية مجموعات (4).

4.1: فئات العناصر بالجدول الدوري :-

يقسم الجدول الدوري إلى أربع مناطق (فئات) رئيسية ، وهي :

1- عناصر الفئة "s":

وتشغل المنطقة اليسرى من الجدول، وتحتوي على العناصر التي تقع إلكتروناتها الخارجية في المستوى الفرعي (s)، وهي تشمل عناصر المجموعة الأولى (IA) وتركيبها (ns^1)، وعناصر المجموعة الثانية (IIA)، وتركيبها (ns^2)، حيث (n) تحدد رقم مستوى الطاقة الأخير، وهي رقم الدورة في الوقت نفسه.(3)

2- عناصر الفئة "p":

وتشغل المنطقة اليمنى من الجدول، وتحتوي على العناصر التي تقع إلكتروناتها الخارجية في المستوى الفرعي (p)، وهي تشمل عناصر المجموعات (A-3)(A-4)(A-5)(A-6)(A-7) والمجموعة الصفرية (مجموعة الغازات النبيلة). (3)

3- عناصر الفئة "d":

وتشغل هذه العناصر المنطقة الوسطى من الجدول، وتشمل العناصر التي تقع إلكتروناتها الخارجية في المستوى الفرعي "d"، وحيث إن هذا المستوى الفرعي يتسع لعشرة إلكترونات؛ لذا نجدها تتكون من عشرة صفوف رأسية، منها سبعة صفوف تخص المجموعات B، وثلاثة صفوف لعناصر المجموعة الثامنة.

وتسمى عناصر الفئة "d" بالعناصر الانتقالية وتنقسم حسب رقم مستوى الطاقة الأخير أو الدورة، إلى ثلاث سلاسل، وهي:

1- السلسلة الانتقالية الأولى .

2- السلسلة الانتقالية الثانية.

3- السلسلة الانتقالية الثالثة.⁽³⁾

4- عناصر الفئة "f":

ويتتابع فيها امتلاء المستوى الفرعي "f" الذي يستوعب (14) إلكترونات وتتكون من سلسلتين هما :

1- سلسلة اللانثانيدات.

2- سلسلة الأكتينيدات⁽³⁾.

5.1: الدورات :-

يوجد بالجدول الدوري سبع دورات أو صفوف أفقية :-

- الدورة الأولى:

تتكون الدورة الأولى من عنصرين لا غير هما الهيدروجين و الغاز النبيل الهيليوم .

- الدورة الثانية:

تبدأ هذه الدورة بالليثيوم كفلز قلوي وتنتهي بغاز نبيل وهو النيون.

- الدورة الثالثة:

تبدأ هذه الدورة بالصوديوم وتنتهي بالغاز النبيل الأرجون.

- الدورة الرابعة:

تبدأ بالفلز القلوي وهو البوتاسيوم وتنتهي بالغاز النبيل وهو كريبتون .

- الدورة الخامسة:

تبدأ بالروبيديوم وتنتهي بالغاز النبيل الزينون.

- الدورة السادسة:

هذه الدورة أيضا دورة طويلة ولكنها تتكون من 32 عنصرا بالأرقام الذرية (55 وحتى 86) منها 8 عناصر عادية و 10 عناصر انتقالية.

- الدورة السابعة:

تتكون هذه الدورة الآن من 23 عنصرا تبدأ أرقامها من 87 وحتى 109 متضمنة آخر العناصر اكتشافا عن طريق بعض التفاعلات النووية.(3)

الجدول الدوري للعناصر الكيميائية

1 IA New Original												13 IIIA						14 IVA		15 VA		16 VIA		17 VIIA		18 VIIIA																					
1 H 1.00794	2 He 4.002602											3 B 10.811	4 C 12.0107	5 N 14.0064	6 O 15.9994	7 F 18.9984032	8 Ne 20.1797	9 Li 6.941	10 Be 9.012182											11 Na 22.98976928	12 Mg 24.3050											13 Al 26.9815386	14 Si 28.0855	15 P 30.973761998	16 S 32.065	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
19 K 39.0983	20 Ca 40.078	21 Sc 44.955910	22 Ti 47.887	23 V 50.9415	24 Cr 51.9961	25 Mn 54.938045	26 Fe 55.8457	27 Co 58.933200	28 Ni 58.6934	29 Cu 63.546	30 Zn 65.409	31 Ga 69.723	32 Ge 72.64	33 As 74.92160	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.798	37 Rb 85.4678	38 Sr 87.62	39 Y 88.90585	40 Zr 91.224	41 Nb 92.90638	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.90550	46 Pd 106.42	47 Ag 107.8682	48 Cd 112.411	49 In 114.818	50 Sn 118.710	51 Sb 121.760	52 Te 127.60	53 I 126.90547	54 Xe 131.293												
55 Cs 132.90545	56 Ba 137.327	57 to 71										72 Hf 178.49	73 Ta 180.9479	74 W 183.84	75 Re 186.207	76 Os 190.23	77 Ir 192.217	78 Pt 195.078	79 Au 196.96655	80 Hg 200.59	81 Tl 204.3833	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98038	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)																					
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 to 103										104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (266)	107 Bh (264)	108 Hs (265)	109 Mt (268)	110 Ds (271)	111 Rg (272)	112 Uub (285)	113 Uut (284)	114 Uuq (289)	115 Uup (288)	116 Uuh (289)	117 Uus (289)	118 Uuo (289)																					
Atomic masses in parentheses are those of the most stable or common isotope.																		Design: Coomph © 1997 Michael DeGuzh (mdeghuzh@swarth.com), http://www.swarth.com/coomph/																													
57 La 138.9055	58 Ce 140.116	59 Pr 140.90765	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.964	64 Gd 157.25	65 Tb 158.92534	66 Dy 162.500	67 Ho 164.93032	68 Er 167.259	69 Tm 168.93421	70 Yb 173.04	71 Lu 174.967	89 Ac (227)	90 Th 232.0381	91 Pa 231.03688	92 U 238.02891	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)																		

Note: The subgroup numbers 1-18 were adopted in 1984 by the International Union of Pure and Applied Chemistry. The names of elements 112-118 are the Latin equivalents of those numbers.

الفصل الثاني

1.2: مقدمة على العناصر الانتقالية:-

العناصر الانتقالية هي العناصر التي يمكن إشباع الطبقات الإلكترونية (d,f) لذراتها، لأنها تتضمن الكترونياً في الغلاف الخارجي لهذه العناصر تكون بها المدارات f معبأ جزئياً تسمى بالعناصر الانتقالية f أو مجموعة f، وتتكون العناصر الانتقالية من 68 عنصراً تشكل أربع مجموعات في الجدول الدوري بين عناصر تحت المستوى (s) وعناصر تحت مستوى (p) وتعتبر العناصر الانتقالية من أكثر العناصر استخداماً في حياتنا اليومية، وتنقسم العناصر الانتقالية إلى قسمين رئيسيين:

1- العناصر الانتقالية الرئيسية.

2- العناصر الانتقالية الداخلية.

1.1.2 العناصر الانتقالية الرئيسية :-

هي مجموعة من العناصر التي ينتهي تركيبها الإلكتروني لمجال التكافؤ f,d وتوزع في ثلاث سلاسل هي 5d,4d,3d يحتوي كل منها على عشرة عناصر.

- السلسلة الانتقالية الأولى :-

بزيادة العدد الذري يتتابع فيها امتلاء تحت المستوى 3d وتقع في الدورة الرابعة بعد الكالسيوم وتشمل عشرة عناصر تبدأ بعنصر السكانديوم وتنتهي بعنصر الخارصين⁽⁸⁾. الجدول (1) يوضح العناصر الانتقالية الأولى⁽²⁾.

الرمز	العدد الذري	توزيع الالكترونات
Sc	21	[Ar]3d ¹ 4s ²
Ti	22	[Ar]3d ² 4s ²
V	23	[Ar]3d ³ 4s ²
Cr	24	[Ar]3d ⁴ 4s ²
Mn	25	[Ar]3d ⁵ 4s ²
Fe	26	[Ar]3d ⁶ 4s ²
Co	27	[Ar]3d ⁷ 4s ²
Ni	28	[Ar]3d ⁸ 4s ²
Cu	29	[Ar]3d ¹⁰ 4s ¹
Zn	30	[Ar]3d ¹⁰ 4s ²

- السلسلة الانتقالية الثانية:

زيادة العدد الذري بتتابع فيها امتلاء تحت المستوى 4d وتقع بالدورة الخامسة وتشمل عشرة عناصر تبدأ بعنصر اليوتيريوم وتنتهي بعنصر الكاديوم⁽⁸⁾.

جدول رقم (2) يوضح العناصر الانتقالية الثانية⁽²⁾.

رمز العنصر	عدده الذري	التوزيع الالكتروني
Y	39	[Kr]4d ¹ 5s ²
Zr	40	[Kr]4d ² 5s ²
Nb	41	[Kr]4d ⁴ 5s ¹
Mo	42	[Kr]4d ⁵ 5s ¹
Tc	43	[Kr]4d ⁵ 5s ²

التوزيع الالكتروني	عدده الذري	رمز العنصر
[Kr]4d ⁷ 5s ¹	44	Ru
[Kr]4d ⁸ 5s ²	45	Rh
[Kr]4d ¹⁰ 5s ⁰	46	Pd
[Kr]4d ¹⁰ 5s ¹	47	Ag
[Kr]4d ¹⁰ 5s ²	48	Cd

- السلسلة الانتقالية الثالثة :

بزيادة العدد الذري بتتابع امتلاء تحت المستوى 5d وتقع بالدورة السادسة وتشمل عشرة عناصر باللوتينيوم وتنتهي بالزئبق⁽⁸⁾.

جدول رقم (3) يوضح العناصر الانتقالية الثالثة:⁽²⁾

التوزيع الالكتروني	عدده الذري	رمز العنصر
[Xe]5d ¹ 6s ²	71	Lu
[Xe]5d ² 6s ²	72	Hf
[Xe]5d ³ 6s ²	73	Ta
[Xe]5d ⁴ 6s ²	74	W
[Xe]5d ⁵ 6s ²	75	Re
[Xe]5d ⁶ 6s ²	76	Os
[Xe]5d ⁷ 6s ²	77	Ir
[Xe]5d ¹⁰ 6s ⁰	78	Pt
[Xe]5d ¹⁰ 6s ¹	79	Au
[Xe]5d ¹⁰ 6s ²	80	Hg

2.1.2: العناصر الانتقالية الداخلية:-

هي مجموعة من العناصر التي ينتهي تركيبها الإلكتروني لمجال التكافؤ (d,f) وسميت بهذا الاسم لأنها تقع ضمن العناصر الانتقالية تشمل سلسلتين تقع في الجزء السفلي من الجدول الدوري وتحتوي كل منها أربعة عشر عنصراً وهاتان السلسلتان هما:

- سلسلة الأنتنيدات:-

زيادة العدد الذري يتابع فيها امتلاء تحت مستوى 4f وتقع في الدورة السادسة وتبدأ بالسيريوم وتنتهي بالوتثيوم⁽⁹⁾، وتسمى أيضاً بالعناصر الأرضية النادرة، وهذه التسمية تسمية تاريخية وتعتبر حالياً غير دقيقة لأنها ترجمت عن اللاتينية حيث كان يطلق على الأكاسيد اسم أرضي فتكون الترجمة هي الأكاسيد النادرة، وذلك لأنها توجد في خاماتها غالباً على هيئة أكاسيد إلا أنها ليست نادرة فأقلها وفرة يماثل في وفرته عنصر البزموت وقد أطلق تعبير نادرة للصعوبة الفائقة التي عاناها الكيميائيون القدماء في فصل هذه العناصر عن بعضها من خاماتها الطبيعية لأن هذه الخامات توجد مختلطة مع بعضها وتحتاج العديد من العمليات الكيميائية لفصل كل عنصر عن بقية العناصر المختلطة معه بصورة نقية وحالياً يمكن فصل الأنتنيدات عن بعضها بسهولة باستخدام المبادلات الأيونية.

وتتميز الأنتنيدات بتشابه في خواصها فجميعها ذات نشاط كيميائي مماثل لنشاط الكالسيوم فهي تتفاعل مع الماء وتطلق غاز الهيدروجين كما تذوب هيدروكسيداتها في الأحماض معطية ملحا وماء⁽⁹⁾.

- جدول الأنثيدات:-

الرمز	العدد الذري	التوزيع الالكتروني
La	57	[Xe]5d ¹ 6s ²
Ce	58	[Xe]4f ² 5d ⁰ 6s ²
Pr	59	[Xe]4f ³ 5d ⁰ 6s ²
Nd	60	[Xe]4f ⁴ 5d ⁰ 6s ²
Pm	61	[Xe]4f ⁵ 5d ⁰ 6s ²
Sm	62	[Xe]4f ⁶ 5d ⁰ 6s ²
Eu	63	[Xe]4f ⁷ 5d ⁰ 6s ²
Gd	64	[Xe]4f ⁸ 5d ⁰ 6s ²
Tb	65	[Xe]4f ⁹ 5d ⁰ 6s ²
Dy	66	[Xe]4f ¹⁰ 5d ⁰ 6s ²
Ho	67	[Xe]4f ¹¹ 5d ⁰ 6s ²
Er	68	[Xe]4f ¹² 5d ⁰ 6s ²
Tm	69	[Xe]4f ¹³ 5d ⁰ 6s ²
Yb	70	[Xe]4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²
Lu	71	[Xe]4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²

- سلسلة الأكتينيدات:-

زيادة العدد الذري يتابع فيها امتلاء تحت المستوى 5f وهي تقع في الدورة السابعة بعد الأكتينيوم وتبدأ بالثوريوم وتنتهي بعنصر اللورنسيوم وتسمى الأكتينيدات أيضاً بالعناصر المشعة لأن جميعها يتميز بالنشاط الإشعاعي نتيجة لعدم ثبوت أنويتها ولا يوجد في الطبيعة من الأكتينيدات سوى الثوريوم والبروتواكتينيوم واليورانيوم أما بقية العناصر التي بعد اليورانيوم فهي عناصر مصنعة تم

إنتاجها في المفاعلات النووية وذلك بقذف أنوية العناصر الثقيلة بنيوترونات أو بروتونات عناصر خفيفة مثل الهيليوم⁽⁹⁾.

- جدول الأكتينيدات:-

الرمز	العدد الذري	التوزيع الالكتروني
Ac	89	$[Rn]5f^06d^17s^1$
Th	90	$[Rn]5f^06d^27s^2$
Pa	91	$[Rn]5f^16d^17s^2$
U	92	$[Rn]5f^36d^17s^2$
Np	93	$[Rn]5f^56d^07s^2$
Pu	94	$[Rn]5f^66d^07s^2$
Am	95	$[Rn]5f^76d^07s^2$
Cm	96	$[Rn]5f^76d^17s^2$
Bk	97	$[Rn]5f^96d^07s^2$
Cf	98	$[Rn]5f^{10}6d^07s^2$
Es	99	$[Rn]5f^{11}6d^07s^2$
Fm	100	$[Rn]5f^{12}6d^07s^2$
Md	101	$[Rn]5f^{13}6d^07s^2$
No	102	$[Rn]5f^{14}6d^07s^2$
Lw	103	$[Rn]5f^{14}6d^17s^2$

3.1.2: الخواص العامة للعناصر الانتقالية:-

- 1- جميع العناصر الانتقالية من الفلزات باستثناء الزئبق فهو سائل .
- 2- قابلة للسحب والطرق.
- 3- لها بريق معدني وموصلة جيدة للحرارة والكهرباء.
- 4- لها درجات انصهار غليان مرتفعة.
- 5- ذات كثافة عالية نظراً لزيادة الكتلة الذرية من السكانديوم إلى النحاس .
- 6- حجمها الذرية صغيرة ، لأن زيادة العدد الذري يؤدي إلى زيادة عدد الشحنات الموجبة في النواة فيزداد جذبها للإلكترونات الخارجية فيقل الحجم الذري
- 7- تكون مع بعضها أو مع فلزات أخرى سبائك وتعرف السبيكة على أنها مصهور من فلزين أو أكثر وأحياناً من فلز ولا فلز بنسب معينة مثل سبيكة الذهب والنحاس .
- 8- تتميز يتعدد حالات التأكسد وذلك لوجود الإلكترونات المستويين الفرعيين 4s، 3d متقاربين في الطاقة، حيث تخرج الإلكترونات 3d بالتتابع تدريجياً لذا تتعدد حالات تأكسد عناصر السلسلة الانتقالية الأولى .
- 9- تميل العناصر الانتقالية إلى تكوين مركبات تناسقية بسبب صغر حجم الايونات ، وارتفاع شحنتها الموجبة، كذلك وجود فراغات تستقبل الإلكترونات من المركبات المعطية.
- 10- تتميز المركبات التناسقية بألوانها ، ويرجع سبب تلون مركباتها في المحاليل المائية إلى قدرة أيونات العناصر الانتقالية على تكوين أيونات معقدة مع جزيئات الماء.
- 11- لها خواص مغناطيسية وبشكل خاص بارامغناطيسية ويرجع ذلك إلى وجود الإلكترونات المدار f,d غير ممتلئة بالإلكترونات مما يؤدي إلى وجود إلكترونات مفردة .

12- تعطي جميع عناصر السلسلة الانتقالية الأولى حالة تأكسد +2 لوجود المستوى 4s وهو المستوى الخارجي الفرعي في جميع العناصر لذا تخرج إلكتروناته أولاً ويتكون التأكسد +2 أما السكندسيوم فيعطي التأكسد +3 لأنه يكون أكثر ثباتاً في حالة التأكسد +3⁽¹⁰⁾.

The image shows a periodic table with the following features:

- 1A:** Hydrogen (H)
- 2A:** Helium (He)
- 3A:** Boron (B)
- 4A:** Carbon (C)
- 5A:** Nitrogen (N)
- 6A:** Oxygen (O)
- 7A:** Fluorine (F)
- 8A:** Neon (Ne)
- 3B:** Scandium (Sc)
- 4B:** Titanium (Ti)
- 5B:** Vanadium (V)
- 6B:** Chromium (Cr)
- 7B:** Manganese (Mn)
- 8B:** Iron (Fe)
- 9B:** Cobalt (Co)
- 10B:** Nickel (Ni)
- 11B:** Copper (Cu)
- 12B:** Zinc (Zn)
- 3A:** Aluminum (Al)
- 4A:** Silicon (Si)
- 5A:** Phosphorus (P)
- 6A:** Sulfur (S)
- 7A:** Chlorine (Cl)
- 8A:** Argon (Ar)
- 3B:** Yttrium (Y)
- 4B:** Zirconium (Zr)
- 5B:** Niobium (Nb)
- 6B:** Molybdenum (Mo)
- 7B:** Technetium (Tc)
- 8B:** Ruthenium (Ru)
- 9B:** Rhodium (Rh)
- 10B:** Palladium (Pd)
- 11B:** Silver (Ag)
- 12B:** Cadmium (Cd)
- 3A:** Gallium (Ga)
- 4A:** Germanium (Ge)
- 5A:** Arsenic (As)
- 6A:** Selenium (Se)
- 7A:** Bromine (Br)
- 8A:** Krypton (Kr)
- 3B:** Rubidium (Rb)
- 4B:** Strontium (Sr)
- 5B:** Yttrium (Y)
- 6B:** Zirconium (Zr)
- 7B:** Niobium (Nb)
- 8B:** Molybdenum (Mo)
- 9B:** Technetium (Tc)
- 10B:** Ruthenium (Ru)
- 11B:** Rhodium (Rh)
- 12B:** Silver (Ag)
- 13B:** Cadmium (Cd)
- 14B:** Indium (In)
- 15B:** Tin (Sn)
- 16B:** Antimony (Sb)
- 17B:** Tellurium (Te)
- 18B:** Iodine (I)
- 19B:** Xenon (Xe)
- 3B:** Calcium (Ca)
- 4B:** Scandium (Sc)
- 5B:** Titanium (Ti)
- 6B:** Vanadium (V)
- 7B:** Chromium (Cr)
- 8B:** Manganese (Mn)
- 9B:** Iron (Fe)
- 10B:** Cobalt (Co)
- 11B:** Nickel (Ni)
- 12B:** Copper (Cu)
- 13B:** Zinc (Zn)
- 14B:** Gallium (Ga)
- 15B:** Germanium (Ge)
- 16B:** Arsenic (As)
- 17B:** Selenium (Se)
- 18B:** Bromine (Br)
- 19B:** Krypton (Kr)
- 3B:** Francium (Fr)
- 4B:** Radium (Ra)
- 5B:** Actinium (Ac)
- 6B:** Thorium (Th)
- 7B:** Protactinium (Pa)
- 8B:** Uranium (U)
- 9B:** Neptunium (Np)
- 10B:** Plutonium (Pu)
- 11B:** Americium (Am)
- 12B:** Curium (Cm)
- 13B:** Berkelium (Bk)
- 14B:** Californium (Cf)
- 15B:** Einsteinium (Es)
- 16B:** Fermium (Fm)
- 17B:** Mendelevium (Md)
- 18B:** Nobelium (No)
- 19B:** Lawrencium (Lr)

الفصل الثالث

1.3: مجموعة النحاس

تتضمن هذه المجموعة ثلاث عناصر هي النحاس Cu، الفضة Ag، الذهب Au بالإضافة إلى عنصر روتجينيوم Rg عدده الذري 111 ووزنه الذري 272 وترتيبه الإلكتروني ($5f^{14}6d^{10}7s^1$) ([Rn]).

حيث تتميز عناصر هذه المجموعة بترتيب الكتروني خارجي شكله العام $(n-1)d^{10}ns^1$ هذا يعني أن ذرات هذه العناصر تحتوي على إلكترون واحد في المدار الخارجي s مع إشباع المدارات d في الطبقات الداخلية، واعتماداً على هذا الترتيب يمكن أن تكون هذه العناصر أحادية التكافؤ كما هو الحال في العناصر القلوية (عناصر المجموعة IA).⁽²⁾

إلا أن التقارب في مستويات طاقة الإلكترونات d والإلكترونات الخارجية s قد يسمح لإلكترون واحد أو للإلكترونين من الطبقة d أن يكونا إلكترونين تكافؤ .

فبهذا يمكن لهذه المعادن أن تأخذ حالات الأكسدة (+1، +2، +3) ومن خلال النشاط الكيميائي لهذه العناصر تبين أن حالة الأكسدة +1 هي مميزة لعنصر الفضة +2 لعنصر النحاس +3 لعنصر الذهب .

وفي هذه الحالات تكون الطبقة الإلكترونية الداخلية معبأة جزئياً فأيون النحاس الثنائي Cu^{2+} يحتوي على تسعة إلكترونات في الطبقة الإلكترونية الداخلية 3d في حين يحتوي أيون الذهب Au^{3+} على ثمانية إلكترونات في الطبقة الإلكترونية الداخلية 5d .

جدول (4) يوضح مجموعة النحاس

الترتيب الإلكتروني	الوزن الذري	العدد الذري	العنصر
[Ar]3d ¹⁰ 4s ¹	63.546	29	النحاس
[Kr]4d ¹⁰ 5s ¹	107.86	47	الفضة
[Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ¹	196.96	79	الذهب

1.1.3: نبذة عن النحاس:-

النحاس فلز لامع ، قابل للسحب والطرق ، لونه نحاسي محمر ، موصل جيد للحرارة والكهرباء ، يوجد في الطبيعة بكميات متوسطة الوفرة حيث تبلغ 0.012% وزناً في القشرة الأرضية ويمكن الحصول عليه :

(أ) باختزال أكاسيد الكربون

(ب) باستخلاصه من خام الكالكوبيريت CuFeS₂ المحتوي على الحديد والكبريت

2.1.3: نبذة عن الفضة:-

فلز أبيض اللون لامع ، سهل السحب والتشكيل ، موصل جيد للحرارة والكهرباء ، تأخذ الفضة في الطبيعة أشكال مختلفة فهي إما أن تكون على الصورة الفلزية نتيجة لخمولها الكيميائي أو متحدة مع الكبريت في صورة كبريتيد Ag₂S أو أن تكون متداخلة ضمن تركيبية خامة كبريتيد الرصاص وتكون نسبة الفضة في هذا الخام بين 0.01-1% كما يمكن أن تتواجد الفضة ضمن كبريتيد النحاس⁽²⁾.

الفضة من العناصر النادرة في الطبيعة وتقدر نسبة وجودها بحوالي 10⁻⁶% وزناً من القشرة الأرضية .

أما الخامات التي توجد بها هي :

1- الأجنثيت أو كبريتيد الفضة Ag_2S .

2- كلوريد الفضة $AgCl$.

3- خام البيورايت $Ag_2S.Sb_2S_3$ حيث يكون مترافقاً مع الرصاص .

3.1.3: نبذة عن الذهب :-

الذهب معدن أصفر لامع ، قابل للسحب والطرق ، متوسط الليونة ، موصل جيد للحرارة والكهرباء.

يوجد الذهب في الطبيعة حراً أو في شكل مركبات متحدداً مع التيلور في خام يسمى الذهب التيلوري ($AuTe_2$) ويوجد في حالات متحدة مثل تيلوريدات الفضة والذهب الذي يسمى خام كرنيريت $(Au,Ag)Te_2$. ويوجد الذهب مختلطاً بكميات من الفضة وكذلك النحاس والبلاتين وغيرها (2) .

جدول (5) يوضح حالات الأكسدة لمجموعة النحاس

العنصر	التركيب الإلكتروني	حالات الأكسدة
النحاس Cu	$[Ar]3d^{10}4s^1$	3+،2+،1+
الفضة Ag	$[Kr]4d^{10}5s^1$	3+،2+،1+
الذهب Au	$[Xe]4f^{14}5d^{10}6s^1$	5+،3+،2+،1+

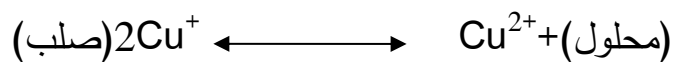
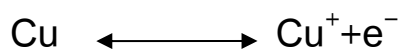
النحاس العنصر الأول في هذه المجموعة وتسمى هذه المجموعة باسمه ، وتوزيعه الإلكتروني $3d^{10}4s^1$ وفي هذه الحالة يكون النحاس أكثر استقراراً.

ومن الملاحظ أن النحاس يحتوي على إلكترون وحيد في الطبقة الخارجية مثله مثل البوتاسيوم ومع ذلك فإنهما يختلفان في الخواص الفيزيائية والكيميائية (5).

2.3: حالات الأكسدة:-

1.2.3: حالات الأكسدة +1:-

يعرف النحاس في الأكسدة +1 مركبات عديدة غير أن معظمها مركبات غير ثابتة في الحالة السائلة وأكثرها استقراراً في الحالة الصلبة . مركبات النحاس الأحادية مركبات ثنائية المغنطة وذلك بسبب أن المدارات d مملئة كلياً بالإلكترونات وهي مركبات ضعيفة الذوبان في الماء ويوجد النحاس الأحادي في المحاليل بتراكيز منخفضة جداً إذ لا يتجاوز تركيز النحاس في معظمها 10^{-2} مول² ، فمركبات النحاس الأحادية تتفكك بسهولة في الماء مكونة أيون النحاس المائي (2-5).



ووفقاً للتركيب الإلكتروني لأيون النحاس الأحادي $3d^{10}$ فإن هذا الأيون يجب أن يكون مستقر في الماء ويرجع عدم ثباته إلى صغر طاقة تميئها بالمقارنة مع طاقة تميئ أيون النحاس الثنائي ، إضافة إلى أن كثافة أيون النحاس الأحادي تقل عن كثافة أيون النحاس الثنائي ولذلك السبب تكون طاقة التجاذب بينه وبين جزيئات الماء أصغر من تلك التي بين النحاس الثنائي والماء .

2.2.3: حالة الأكسدة +2:-

يعرف النحاس بحالة التاكسد +2 معقدات كاتيونية مع الأمونيا و الأمينات والبريدين. والمثال المشهور هو المعقد $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ ذو اللون الأزرق الغامق.

كما يعرف النحاس أيضا بمعقدات متعادلة وأخرى أيونية مع عدد الليجانندات مثل الثايوسيانات والأوكزالات والثارثارات وأيوني الكلوريد والبروميد.

أما الفضة بحالة التأكسد +2 يعرف لها هما AgO, AgF_2 والمركب AgF_2 عامل مؤكسد قوي جداً ويعد من المواد المفلورة القوية جداً .

كما يعرف للفضة عدد من المعقدات الكاتيونية غالباً مثل المعقد $[Ag(Py)_4]S_2O_8$ ⁽⁶⁾

3.2.3: حالة التأكسد +3:-

لم تعرف للنحاس مركبات بسيطة بحالة التأكسد +3 ويمكن أن تكتسب هذه الحالة التأكسدية للنحاس نوعاً من الإستقرارية من خلال تكوين معقدات أنيونية مثل $[CuF_6]^{3-}, [Cu(IO_6)_2]$ ⁽⁶⁾.

ووجد أن مركبات الفضة بحالة التأكسد +3 نادرة جداً ، وذلك لأن جهد تأكسد تحول الفضة إلى أيون Ag^{3+} سالب كبير جداً . والمركبات المعروفة قليلة جداً وتحضر تحت ظروف خاصة ، ومن أمثلتها $K_2[Ag(IO_6)_2]$. وتدل القياسات المغناطيسية أن مثل هذه المركبات ذات صفات دايا مغناطيسية.

أما الذهب في حالة التأكسد +3 يكون مركبات بسيطة ثنائية العنصر ، وذلك بالإتحاد المباشر مع الأكسجين (Au_2O_3) ومع الكبريت (Au_2S_3) ومع الهالوجينات (AuX_3). ويميل الذهب بحالة التأكسد +3 لتكوين معقدات أنيونية وقليل من المعقدات الكاتيونية.

الفصل الرابع

1.4: عنصر النحاس:-

النحاس عنصر من عناصر الجدول الدوري يقع في الدورة الانتقالية الأولى ويعتبر أول عنصر في المجموعة الأولى IB وتسمى هذه المجموعة باسمه. والعدد الذري له هو 29 ووزنه الذري 63.546 وتوزيعه الإلكتروني $([Ar] 3d^{10}4s^1)^{(6-2)}$.

يعتبر النحاس من أول معادن تم استخدامه واستعماله من طرف الإنسان، وثاني المعادن من حيث تعدد المنافع بعد الحديد، وقد تم اكتشافه منذ أكثر من (عشرة آلاف عام) قبل الميلاد. وهو عبارة عن فلز محمر اللون يتغير لونه وخصائصه عندما يتحد مع عناصر أخرى مُشكِّلاً مركبات مختلفة، ويرجع اسم أو اشتقاق النحاس إلى الأصول من الاسم اللاتيني لجزيرة قبرص (Cyprus) وسمي الخام (Cuprum)، ثم حُرِّف عبر السنين إلى (Cuprum)، يتواجد في الطبيعة في عدة صور إما منفردة أو متحدة منها على سبيل المثال أكاسيد، يتم الحصول على جزءه النقي بواسطة الكهرلة أو التحليل الكهربائي، والنحاس مادة لينة قابلة للطرق تتفاعل كيميائياً أو فيزيائياً مع المصدر الخارجي وهو الجو مكونة الصدأ يعرف بأكسيد النحاس الذي يتميز أيضا بلون أخضر إضافة إلى المادة السامة، وبالإضافة إلى مميزاته أنه بطيء التفاعل مع الأحماض المخففة.⁽⁶⁻²⁾

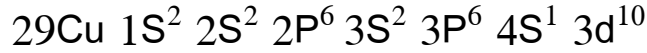
2.4: وجوده في الطبيعة:-

يوجد النحاس في الطبيعة بكميات متوسطة الوفرة حيث تبلغ نسبته 0.012% وزناً في القشرة الأرضية، كما أنه يوجد على هيئة خامات متحدة مع الكبريت والحديد. وتتواجد هذه الخامات في جميع أنواع الصخور.⁽²⁾

3.4: خامات النحاس:-

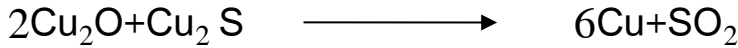
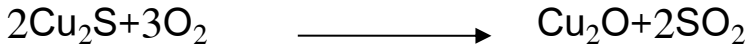
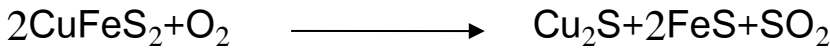
من أهم خامات النحاس الموجودة هي:

4.5: التركيب الإلكتروني للنحاس:-

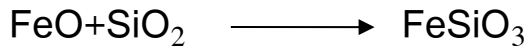
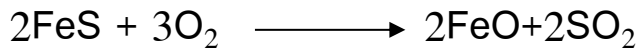


4.6: تحضير النحاس:-

يمكن الحصول على النحاس باختزال أكاسيده بالكربون أو باستخلاصه من خام الكالكوبيريت CuFeS_2 المحتوى على الحديد والكبريت وذلك بحرقه جزئياً لفصل الحديد على هيئة سيليكات ثم تسخين المزيج المتبقي فيتحول جزء من كبريتيد النحاس إلى أكسيد النحاس Cu_2O الذي يتفاعل مع الجزء المتبقي من كبريتيد النحاس⁽²⁾



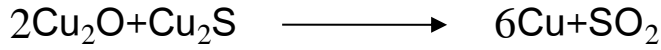
أما الحديد المصاحب للنحاس في خام الكالكوبيريت (2CuFeS_2) يتم تجنبه على شكل أكسيد الحديد FeO الذي يتم تحويله إلى سيليكات الحديد بعد تفاعله مع أكسيد السليكون



النحاس الذي تم الحصول عليه بالطريقة السابقة تبلغ درجة نقاوته 97.94% حيث يحتوي على شوائب وهي زنك وورصاص وانتيمون وحديد ونيكل وكبريت وكمية نادرة من ذهب وفضة وبلاتين، ويمكن تنقية النحاس لنسبة 99.7% بإحدى الطرق التالية:-

- طريقة الأكسدة بالهواء الساخن :-

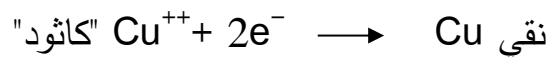
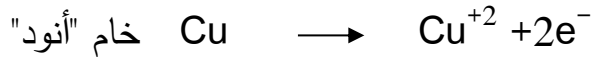
وذلك بصهر النحاس في الفرن ثم يمرر عليه تيار هواء ساخن فيتطاير الرصاص و الخارصين و الانتيمون ويتم التخلص من الكبريت بتفاعله مع أكسيد النحاس حيث يتطاير على شكل ثاني أكسيد الكبريت (2)



ثم إضافة الرمل مع الهواء في الثنائية فيكون خبث مع الحديد والنيكل ويفصل ما تبقى من أكسيد النحاس بفحم ساخن.

- طريقة التحليل الكهربائي:-

وذلك بالتحليل الكهربائي لمحلول كبريتات النحاس المحمضة بحمض الكبريتيك حيث يسكب محلول كبريتات النحاس في خلية كهربائية يحتوي على أنود من النحاس غير النقي بينما يتكون الكاثود من النحاس النقي وعند قفل التيار ينتقل النحاس النقي من الأنود إلى الكاثود أما الشوائب الأخرى تكون ذائبة في المحلول.



7.4: الخواص الفيزيائية:-

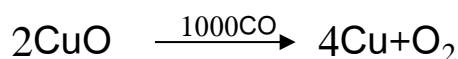
النحاس فلز لامع ، قابل للسحب والطرق ، موصل جيد للحرارة والكهرباء ويعتبر أشد المعادن توصيلاً للكهرباء بعد الفضة

جدول (6) يوضح الخواص الفيزيائية للنحاس

النحاس	الخاصية	ت
29	العدد الذري	1
63.546	الوزن الذري	2
[Ar]3d ¹⁰ 4S ¹	التوزيع الإلكتروني	3
8.92	الكثافة النوعية جم/سم ³	4
1083.4	درجة الانصهارم ⁰	5
2595	درجة الغليان م ⁰	6
1.28	نصف القطر الذري A ⁰	7
0.69	نصف القطر الأيوني M ⁺ ، A ⁰	8
0.80	نصف القطر الأيوني M ⁺⁺ ، A ⁰	9
7.73	طاقة التاين الأيون الأولى ev	10
20.3	طاقة التاين الثانية ev	11
36.8	طاقة التاين الثالثة ev	12
1.90	السالبية الكهربائية	13
مكعب	الشكل البلوري	14
نحاسي مائل للاحمرار	اللون	15
أحمر نحاسي لامع	المخدش	16

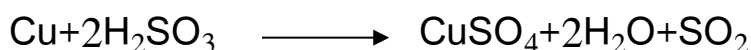
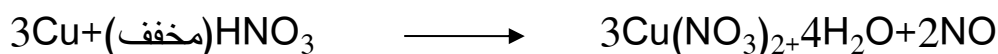
8.4: الخواص الكيميائية :-

لا يتأثر النحاس بالهواء الجاف عند درجة الحرارة العادية لكنه يتأكسد سطحياً في الهواء بعد التسخين مكوناً أكسيد النحاسوز الأحمر (CuO) وفقاً للمعادلة التالية :

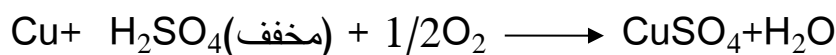
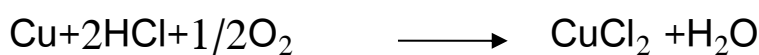


وهذا الأكسيد يكون طبقة متماسكة على السطح تحمي الفلز من استمرار التآكسد وهي التي تعطي النحاس لونه الأحمر ويتغطى النحاس في وجود ثاني أكسيد الكربون أو ثاني أكسيد الكبريت أو الكلوريد بطبقة خضراء من كربونات النحاس القاعدية ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$) أو كبريتات النحاس القاعدية ($\text{CuSO}_4 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$) أو كلوريد النحاسيك القاعدي ($\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$) على التوالي، وهذه الطبقة الخضراء تحمي الفلز من استمرار التأثر بالهواء.

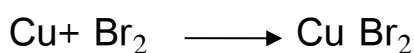
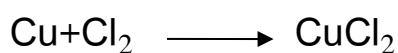
يتأثر النحاس بالأحماض المؤكسدة مثل حمض النيتريك المخفف وحمض الكبريتيك المركز مكوناً أملاح النحاس الثنائي والماء وناتج اختزال الحمض



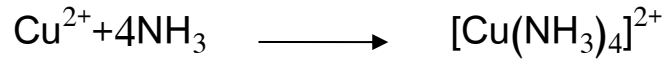
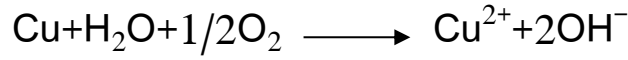
لكنه لا يتأثر بالأحماض غير المؤكسدة مثل الهيدروكلوريك والكبريتيك المخفف في غياب الهواء أو الأكسجين إلا أن هذه الأحماض في وجود الأكسجين تذيب النحاس مكونة أملاح المعدن والماء



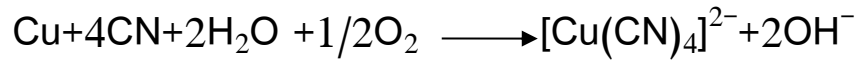
يتفاعل النحاس مع الهالوجينات بسهولة في درجة الحرارة العادية مكوناً الهاليدات



مع الأمونيا لا يتفاعل النحاس مباشرة مع النيتروجين لكنه يتفاعل مع غاز الأمونيا عند تسخينه لدرجة الاحمرار كما أنه يذوب في محلول الأمونيا في وجود الهواء أو الأوكسجين مكونا متراكب أيون رباعي أمين النحاس الثنائي



مع السيانييد يتفاعل النحاس مع السيانييد مكونا متراكب رباعي سيانييد النحاس الثنائي



يترسب النحاس من أملاحه بواسطة العناصر الأقل خمول مثل الحديد والخاصين والمنجنيز⁽²⁾.

9.4: تطبيقات النحاس في الحياة :-

1- صناعة الكهرباء: وتستهلك أكبر كمية من النحاس حيث يستخدم في صناعة أسلاك مولدات الكهربائية.

2- صناعة السبائك : مثل سبيكة البرونز - سبيكة النحاس والنيكل والزنك - سبيكة البرونز والفسفور والقصدير - سبيكة البرونز والسيلكون - سبيكة البرونز والنحاس والألومونيوم.

3- اللحم و الغذاء.

10.4: الدول المنتجة والمستهلكة للنحاس:-

- أهم الدول المنتجة للنحاس في العالم

جمهورية شيلي أكبر الدول منتجة للنحاس بنسبة (37%) من الإنتاج العالمي تليها الولايات المتحدة الأمريكية بنسبة (10%) ثم أندونيسيا بنسبة (10%) ثم استراليا بنسبة (8%) وباقي الإنتاج موزع بين دول العالم بنسبة (35%) وأهم الدول التي تقوم بتصفية النحاس هي ألمانيا وإيطاليا وكوريا الجنوبية أما بالنسبة لإنتاج النحاس فقد بلغ إنتاج (13 دولة) رئيسية في عام (1989م) حوالي (7.1 مليون طن) وفي عام (2003م) بلغ إنتاج أكبر منجم للنحاس في العالم كوديكو ما يقرب من (1.56 مليون طن) وقد بلغ إنتاج شيلي في نفس العام حوالي (4.9 مليون طن) وفي عام (2006م) أنتجت ما يقرب من (5.7 مليون طن).⁽⁷⁾

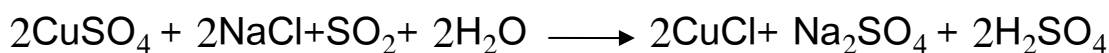
- الدول المستهلكة للنحاس:⁽⁷⁾

أما بالنسبة للدول المستهلكة للنحاس تأتي أمريكا ثم الصين وقد بلغ الاستهلاك العالمي من النحاس في عام (1989م) حوالي (8.6 مليون طن) و في عام (2005م) تجاوز استهلاك الإنتاج بحوالي 385 ألف طن.⁽⁷⁾

11.4: مركبات النحاس:

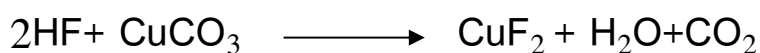
1.11.4:- كلوريد نحاس الأحادي CuCl

مركب كيميائي له الصيغة CuCl، ويكون على شكل بلورات عديمة اللون (في الحالة النقية) والتي تتحول إلى خضراء نتيجة الأكسدة بأكسجين الهواء، ينتج كلوريد النحاس الأحادي من تمرير غاز ثاني أكسيد الكبريت في محلول مشبع من كبريتات النحاس الثنائي بملح كلوريد الصوديوم حيث يترسب كلوريد النحاس الأحادي بشكل مباشر من المحلول الناتج حسب العادلة.



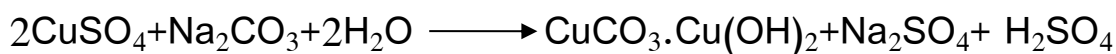
2.11.4: فلوريد النحاسي الثنائي CuF_2 :-

هو مركب كيميائي له الصيغة CuF_2 ، ويكون على شكل بلورات بيضاء شغوفة للرطوبة في الشكل الخالي من الماء، في حال دخول جزيئي ماء في التركيب البنية البلورية، ويكون على شكل مسحوق أزرق باهت ويحضر مركب فلوريد النحاس الثنائي من تفاعل حمض هيدروفلوريك مع كربونات النحاس.



3.11.4: كربونات النحاس الثنائي :-

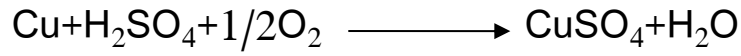
مركب كيميائي له الصيغة CuCO_3 ، ويكون على شكل بلورات خضراء، الشكل المعتدل منه صعب الإستحصال فهو يتلازم دائما مع هيدروكسيد النحاس الثنائي مشكلا كربونات النحاس القاعدية $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ويوجد في الطبيعة في معدن الزنجر (المالاكيت) ويحضر عند إضافة محلول من كبريتات النحاس الثنائي إلى محلول من كربونات الصوديوم حسب المعادلة.



4.11.4: كبريتات النحاس الثنائي CuSO_4 :-

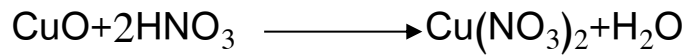
مركب كيميائي له الصيغة CuSO_4 ، ويكون على مسحوق بلورات زرقاء يكون خماسي هيدرات $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ، في حين أنه على شكل مسحوق ذي لون أبيض على الرمادي عندما يكون

بالشكل اللامائي ، يحضر المركب من إذابة فلز النحاس في حمض الكبريتيك الممدد والساخن بوجود أكسجين الهواء.(7)



5.11.4: نترات النحاس الثنائي $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$:-

مركب كيميائي له الصيغة $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ، ويكون على شكل بلورات زرقاء على ثلاث أشكال حسب ارتباط الماء في الشبكة البلورية للمركب، فيوجد شكل خالي من الماء وثلاثي هيدرات، وهو الشكل الأثبت، كما يوجد سداسي هيدرات، ويحضر مركب نترات النحاس الثنائي من إذابة أكسيد النحاس الثنائي في حمض النيتريك الممدد حسب المعادلة :



المراجع

المراجع

أولاً: المراجع العربية:

1. عبد العزيز إبراهيم الواصل، معتصم إبراهيم خليل، كيمياء اللانثيدات والأكتينيدات، قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة الملك سعود.
2. خليفة مصباح خليفة، كتاب الكيمياء الغير عضوية للعناصر الانتقالية، منشورات جامعة سبها، (2008).
3. حسن أحمد شحاتة، كتاب أساسيات الكيمياء العامة، مكتبة الدار العربية للكتاب.
4. محمد بشير حسن، محمد الأمين صابر، عثمان إبراهيم عثمان، أسس ومبادئ الكيمياء الجزء الأول، الدار العربية للنشر، الطبعة الأولى.
5. محمد مجدي واصل، مبادئ الكيمياء العامة، دار الفجر للنشر والتوزيع القاهرة (2004).
6. محمد مجدي واصل، أساسيات كيمياء العناصر، دار طيبة للنشر والتوزيع (2006).

ثانياً: المراجع الانجليزية:

7. A.I.Vogel ., Text Book of Macro and Semi Micro jNew York (1979).
8. S. Pfirrmann et al .(2009). "A Dinuclear Nickel(I)Dinitrogen Complex and its Reduction in Single – Electron Steps .
9. john، B.F.G. and Mccleverty،J.A .Nitric Oxide Compounds of transition Metals ، prong . Inorg .Chemic (1966).

ثالثاً: المواقع الإلكترونية:

10. حسن بخيت، بوابة العرب للثروات الطبيعية
(<http://kenanaonline.com/users/hasan/posts/68442>)