

الباب العشرون

السليكون ومركباته

السليكون

س = ۳۸,۰۶

تاريخه

كانت السليكا (س ا) تعتبر عنصراً إلى أن أشار (لافوازيير) أنها مكونة غالباً من عنصر بسيط مؤكسد لحد ما . وفصل (جاي - لوساك وتينارد) في سنة ۱۸۱۱ عنصر السليكون في حالة مسحوق غير متبلور ، وفي عام ۱۸۲۳ حضر (برزيليوس) السليكون بتسخين البوتاسيوم مع فلوسليكات البوتاسيوم .

بو س فل ۶ + ۴ بو ← ۶ بو فل + س

واعتبره فلزا ، ثم اعتبره (ديني) لافلز تبعاً للنشابه الذي بينه وبين الكربون .

وحدته

لا يوجد السليكون على حالة إفراد في الطبيعة ، ولكن السليكا (س ا) كثيرة الانتشار ، وهي تدخل بنسبة كبيرة في تركيب القشرة الأرضية فان الكوارتز والرمل عبارة عن سليكا ، كما أن الصخور السليكاتية مكونة من سليكاتات معادن مختلفة (يحتوي الجرانيت على نحو ۲۰ - ۳۰ ٪ من السليكون) .

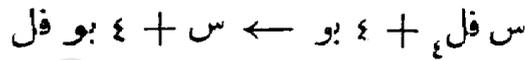
تحتوي بعض الينابيع الساخنة على سليكا مذابة ، وتوجد السليكا أيضاً في أنسجة النبات والحيوان ، خصوصاً في العظام والقش ، وريش الطيور وبعض الأسفنج .

تحضيره

ذكرت حالتان متآصلتان للسليكون تعرفان بالسليكون المتبلور وغير المتبلور . وهناك شك كبير في اعتبارهما متآصلتين بالمعنى الصحيح .

السايلكونه غير المتبلور

يمكن تحضيره بتسخين الصوديوم أو البوتاسيوم في جو من كلوريد أو فلوريد السليكون :-



تغسل الكتلة البنية المتكونة بالماء وحامض الأيدروفلوريك ، وتسخن للأحمرار ثم تغسل وتجفف . ويتكون السليكون غير المتبلور أيضاً بتسخين مزيج من فلوسليكات البوتاسيوم أو الصوديوم مع فلز البوتاسيوم :-

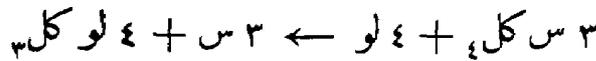


وتنظف الكتلة البنية كما سبق . ويختزل الكوارتز إلى سليكون بمرجه جيداً مع مسحوق المغنسيوم وتسخينه :-



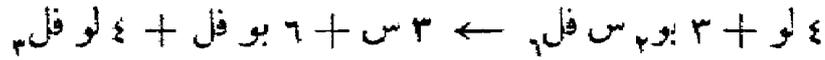
السليكونه المتبلور

يحضر السليكون المتبلور بأذابة السليكون في فلزات منصهرة وبتبريد المحلول فينصهر جزء من السليكون في حالة متبلورة . كما يحضر بأمرا تيار من بخار رابع كلوريد السليكون على ألومنيوم سبق صهره في جو من الأيدروجين ، فيةطير كلوريد الألومنيوم ، وينفرد السليكون حسب التفاعل :-



ثم يذوب السليكون في الألومنيوم المنصهر . وكلما يبرد الألومنيوم المنصهر ينفصل السليكون في صورة بلورات طويلة لامعة . ويمكن فصل الألومنيوم

بمعاملته بحامض ايدروكلوريك . وفي الامكان تحضير السليكون المتبلور أيضاً بتسخين مزيج من فلوسليكات البوتاسيوم أو الصوديوم ، أو مسحوق السليكا مع كمية كبيرة من الألومنيوم :-



يدوب السليكون في الزيادة من الألومنيوم المنصهر . يعامل المحلول البارد بحامض أيدروكلوريك للتخلص من الألومنيوم ، وبحامض الأيدروفلوريك لإزالة السليكا . وتخزل السليكا بتسخينها مع فلز المغنسيوم :-



وإذا استخدم مقدار كبير من المغنسيوم يتكون سليسيد المغنسيوم (مغ س) ، الذي يمكن أزالته وأكسيد المغنسيوم بمعاملتهما بحامض الأيدروكلوريك . ويحضر السليكون المتبلور في التجارة بتسخين الكوارتز مع لحم الكوك في فرن كهربائي :-

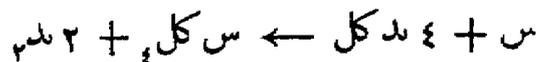


ويجب استعمال كمية كبيرة من السليكا وألا يتكون الكربوراندوم carborundum

خواصه

تباين صور السليكا المختلفة (مثل الكربون) في خواصها الطبيعية والكيميائية .

السليكون غير المتبلور مسحوق بني قاتم اللون غير متبلور كثافته (٢,٤) ينصهر على ١٤٢٠° تقريباً ويتطاير في القوس الكهربائي . وبتكليس في الهواء تتكون طبقة سطحية من السليكا تحمي العنصر من تأكسده تماماً . يشتعل السليكون في الكلور على ٤٥٠° تقريباً بتكوين رابع كلوريد السليكون . إذا سخن السليكون مع كلوريد الأيدروجين يتكون أيدروجين ورابع كلوريد سليكون :-



لا يذوب السليكون في الماء ولا في معظم الأحماض ، ولكنه يذوب في حامض الأيدروفلوريك مكونا حامض أيدروفلوسيليسيك :-



وبغليانه مع الأيدروكسيدات القلوية يتكون أيدروجين وسليكات قلوية .
يكون السليكون المتبلور بلورات أبرية رمادية قائمة اللون معتمة أو ألواحاً ثمانية الأسطح (نظام مكعبى) . والسليكون المتبلور شديد الصلابة لدرجة تكفى لخدش الزجاج ، وتختلف كثافته النوعية بين ٢,٣٤ ، ٣ تبعاً لدرجة الحرارة التى سخن إليها . ويشتمل عند تسخينه فى الكلور ويشتمل ذاتياً فى الفلور . لا يذوب السليكون فى الأحماض ، ولكنه يذوب فى مزيج من حامضى نثريك وأيدروفلوريك ؛ ينصهر فى ١٤٢٠° تقريباً ويتقطر فى فرن كهربائى . والسليكون المتبلور موصل ضعيف للكهرباء بينما غير المتبلور لا يوصلها . والسليكون المتبلور يشبه غير المتبلور كيميائياً ولكنه ليس فعالاً مثله . يتحد السليكون مع التروجين مكوناً نثريد سليكون ومع الفلزات بتكوين سليسيدات .

استعماره

يستعمل السليكون ، المحضر من الكوارتز وفحم الكوك فى الفرن الكهربائى ، فى عمل المزدوجات (السبائك) ؛ فيستعمل مزدوج السليكون مع الحديد لمقاومة الأحماض لذا يستخدم فى تقطير حامض النثريك ؛ وسليكون البرونز (سبيكة من القصدير والنحاس مع آثار من السليكون) يستعمل فى أسلاك التلغراف والتليفون . وتستعمل بعض مركبات السليكون وخاصة السليكا والكربوراندوم بكثرة .

أيدريدات وكريدات السليكون

الأيدريدات

يكون السليكون أيدريدات عديدة يشبه تركيبها الأيدروجينات المسكربنة البسيطة . وظاهر ، على كل حال ، أن قدرة الكربون لتكوين سلاسل طويلة من الذرات ، لا تظهر في السليكون إلا لحد ضعيف . ومن أمثلة أيدريدات السليكون :

السليكوميثان أو السليكان أو السيلان (س_٤ د_٤)

السليكو أيثان (س_٣ د_٦)

السليكو بروبان (س_٣ د_٨)

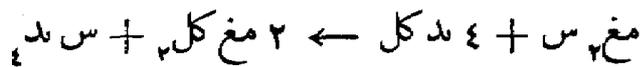
السليكو بوتان (س_٤ د_{١٠}) .

وذكر السليكو أيثيلين (س_٢ د_٦) والسليكو أستيلين (س_٢ د_٢) غير أن وجودهما مشكوك فيه .

وأيدريدات السليكون قليلة الثبات ، وهي ككثير من الأيدريدات الأخرى عوامل مختزلة .

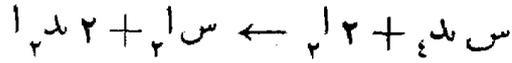
السليكوميثان أو السيلان أو السيمون (س_٤ د_٤)

يحضر هذا الغاز بفعل حامض الأيدروكلوريك المركز على سليسييد المغنسيوم :-

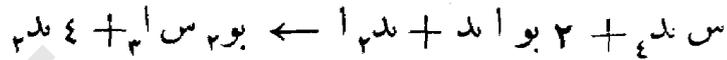


والسليكوميثان أو السيلان silane المتكون يكون مختلطاً مع الأيدروجين وأيدريدات سليكون أخرى ؛ ووجود السليكو أيثان يجعله يشتعل ذاتياً . ويمكن فصل هذه الغازات بأسالتها وذلك بأمرارها في أناء مبرد بالهواء السائل ثم تبخيرها جزئياً .

والسليكو ميثان غاز عديم اللون لا يشتعل ذاتياً على الضغط العادى .
ويحترق بلهب لامع :-



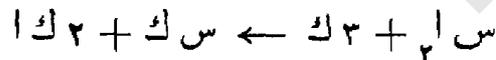
ويتحلل بتمريره فى محلول قلوئى :-



ويتسخينه إلى ٤٠٠° يتحلل إلى عناصره .

كربيد السليكونه أو سليبير الكبريه أو الكبريه اندوم (س ك)

يحضر هذا المركب بصهر مزيج من فحم الكوك والرمل فى فرن كهربائى
ذى مقاومة شديدة تقدر درجة حرارته بنحو ٢٥٠٠° . والفرن عبارة عن
صندوق كبير بنهايات دائمة وجوانب غير دائمة . ومثبت فى نهايتيه أقطاب
كبيرة من الكربون تنفذ خلال الفرن . يوضع فحم كوك محبب (خشن) بين
الأقطاب ويوضع حول أقطاب الكربون مزيج من فحم الكوك ، والرمل ؛
وبعض الملح ليساعد على صهر الكتلة ، وبعض نشارة الخشب لجعل الكتلة
مسامية ، وتثبت الجدران الجانبية بطوب غير متماسك تماما . يمرر تيار كهربائى
قوى خلال عبوة الفرن . ويمثل التغير الذى يحدث بالمعادلة الآتية :-



ويشتعل أول أكسيد الكربون فوق الفرن .

وتنتهى العملية بعد ٨ ساعات تقريباً . يترك الفرن بعد ذلك ليبرد ، تنزع
الجدران الجانبية ، ويزال كربيد السليكون . وتكون أفضل أنواعه القرب
من الوسط ، يصحن الناتج ويعامل بحامض كبريتيك للتخلص من الشوائب ؛
ثم يغسل ويجفف ويفصل كل نوع حسب حجمه

يتبلور الكربوراندوم النقى فى صورة ألواح سداسية ؛ وقد يكون شفافاً
وعديم اللون ، أو يختلف فى لونه من الأخضر الزمردى إلى البنى أو الأسود

والأنواع الأخيرة هي الأكثر شيوعاً ، وكثافته النوعية ٣,٢ . لا يتأثر الكربوراندوم بالأحماض حتى بحامض الأيدروفلوريك ، ويتحلل بصهره مع الأيدروكسيدات القلوية . وهو في صلابة الماس تقريبا ولذا يستعمل بكثرة كإداة ساحجة أو مفتتة فيعمل منه حجر الشحذ (المسن) ، وعجلات الطحن . . . الخ . ويقاوم الأنصهار ولذا يستعمل مخلوطه مع الطين لحماية جدران الأفران . . . الخ ضد الأنصهار .

السليكا أو ثاني أكسيد السليكون

السليكا أكثر مكونات القشرة الأرضية شيوعاً . وهي توجد بكثرة في المملكة المعدنية ، كما توجد في أنسجة الحيوانات ، والياف الخضروات . الخ . توجد السليكا (س ا م) في الطبيعة على حالة إنفراد و متحدة مع قواعد عديدة مكونة سيليكات معدنية كثيرة . وتوجد السليكا المنفردة في صورة متبلورة وغير متبلورة ، وللسليكا المتبلورة ثلاثة أنواع أساسية وهي : الكوارتز ، والتريدميت tridymite ، والسكريستوباليت cristobalite .

الكوارتز

يوجد الكوارتز في صورة منشورات سداسية تنتهي بأهرامات سداسية ، وذكر وجود بلورة كوارتز واحدة وزن طن تقريبا في كاليفاراس Calevaras في الولايات المتحدة . أنقى أنواع الكوارتز - يسمى بالبلور الصخري - عديم اللون ، كثافته النوعية ٢,٦٥١ ، وصلابته تكفي لقطع الزجاج . وتتلون البلورات أحيانا لوجود آثار من أكاسيد مختلفة . فيعطي ثاني أكسيد المنجنيز كوارتز بنفسجي محمر ، ويعزى لون الكوارتز المدخن إلى وجود مادة كربونية كما يعزى أظلام الكوارتز اللبني إلى وجود فقائيع هوائية لاحتصرت لها ويوجد الكوارتز أيضاً في باطن صخور الكوارتزيت quartzite والكوارتزوس quartzose

ولو أن السليكا غير فعالة كيميائياً على درجات الحرارة العادية إلا أنها تعمل كأندريد حامض قوى على درجات الحرارة العالية فتتحد مع القواعد ومع أكاسيد فلزية كثيرة مكونة سليكات منصهرة . وعند صهر السليكا مع كربونات الصوديوم يتصاعد ثاني أكسيد الكربون بفوران .

تستعمل السليكات الأكثر قابلية للانصهار (مثل سليكات الرصاص) في صناعة الزجاج والخزف المصقول . تذوب سليكات الصوديوم والبوتاسيوم في الماء ويباع مخلوئها تحت اسم الزجاج المائي water - glass ومادتهما الصلبة تحت اسم الزجاج الذائب . وتعود الخاصية الحامضية القوية للسليكا إلى أن معظم الأندريدات الحامضية - كـ CaO ، Fe_2O_3 ، الخ - تتطاير على درجات حرارة أقل بكثير من تطاير السليكا ولذا فبمجرد أن تستبدل كمية (مهما صغرت) من ثالث أكسيد الكبريت يتصاعد الأندريد القابل للتطاير وتبطل مقاومته للسليكا في اتحادها مع القاعدة . ويحل ثالث أكسيد الكبريت على درجات حرارة أقل محل السليكا في القواعد بسرعة لأن الظروف تكون عندئذ متساوية .

استعمال السليكا

أظهر (م . ا . جودان - M. A. Gaudin) عام ١٨٣٩ أنه يمكن صهر الكوارتز وتحويله إلى ما يشبه الزجاج ولم يعط لهذه الحقيقة أى انتباه خاص حتى عهد حديث نسبياً . يستعمل زجاج الكوارتز في صناعة الخيوط المرنة (المطاطة) لتعليق أجزاء الآلات الكهربائية الدقيقة . ويعمل من السليكا أنابيب ودوارق وأطباق . الخ . ويستعمل الحجر الرملى والكوارتزيت في صنع أحجار البناء والطواحين . الخ . يطحن الرمل أو الحجر الرملى مع قليل من الجير أو الطين ويعمل منه طوب يقاوم الانصهار . الخ . تشكل أنواع كثيرة من الكوارتز إلى حلى وأحجار للزينة . ويستعمل ما يعرف *kieselguhr* كسحوق للطلاء وفي صناعة الأسمنت والطوب العازل للحرارة .

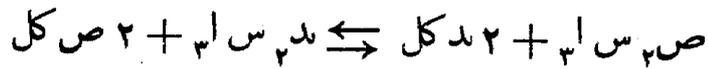
وتستخدم خواصه الامتصاصية في الصيدلة . الخ ، لتحضير المواد الصلبة المشبعة بالسوائل مثل المواد المعقمة لتجفيف الجروح ، ولامتصاص البروم وحامض الكبريتيك والنترولجيسيرول . الخ . وتعرف المادة الناتجة من امتصاص kieselguhr للنترولجيسيرول بالديناميت

ويستعمل الرمل بكثرة في البناء ، لكل من الاسمنت والمونة ، كما يستعمل في صناعة الحجر الصناعي والزجاج والطلاء وطوب السليكا المستعمل في أفران الصلب وغيرها . ويستعمل الرمل أيضاً في مرشحات المياه لتنقيتها .

أحماض السليسيك

المواد التي تسمى بأحماض السليسيك silicic acids هي مركبات غير محددة وليس من المحقق وجودها . وتعرف سليكات عديدة مشتقة من أحماض سليسيك متنوعة (توجد نظرياً) .

بتحميض محلول الزجاج المائي (سليكات الصوديوم أو البوتاسيوم وليكن ص_٢ س_٣) بحامض الأيدروكلوريك ينفصل جزء من حامض السليسيك في صورة كتلة جيلاينية hydrogel ويبقى الجزء الآخر في المحلول hydrosol . وإذا كان المحلول مخففاً تخفيفاً كافياً ، يبقى جميع حامض السليسيك في المحلول مع الزيادة من حامض الأيدروكلوريك ويتكون كلوريد الصوديوم حسب المعادلة :-



ويمكن فصل كلوريد الصوديوم وحامض الأيدروكلوريك من حامض السليسيك بالانتشار الغشائي .

يمكن الحصول على محلول رائق يحتوي على ٥ ٪ سليكا غروية في صورة hydrosol بالانتشار الغشائي ويمكن تركيز هذا المحلول بتسخينه في دورق إلى أن يحتوي على ١٤ ٪ حامض سليسيك ، ويصبح هذا المحلول بتركة بضعة أيام

جيلاتينا أو يتحول إلى حالة hydrogel . ويؤخر تحول حامض السليسيك من حالة (sol) إلى حالة (gel) وجود قليل من حامض الأيدروكلوريك أو أيدروكسيد قلوئى كما أن وجود قليل من كربونات الصوديوم يعمل على سرعة هذا التحول . وإذا ترك محلول حامض السليسيك الرائق ليتبخر فى الفراغ على ١٥° تقريباً ، يتحصل على جيلاتين شفاف يكون تركيبه ، عند تجفيفه فوق حامض كبريتيك ، (بد٣ س١) أى (س١ . بد٣) ، ويسمى حامض الميتاسليسيك وحضر حامض بهذا التركيب بانتزاع الماء من حامض السليسيك الجيلاتينى باستعمال كحول ٩٠ - ٩٥ ٪ . وحضر حامض تركيبه (س١ ، ٢ بد٣) أى (بد٣ س١) ويسمى حامض الأرتوسليسيك بانتزاع الماء من حامض السليسيك الجيلاتينى باستعمال الإثير المطلق وتجفيف المسحوق الأبيض غير المتبلور بين ورق الترشيح ؛ ويقال أن نفس المركب يتكون بفعل رابع كلوريد السليكون على الماء . وبتعريض حامض الأرتوسليسيك للهواء فإنه يفقد الماء . ويعرف عدد من أحماض سليسيك أخرى مثل حامض السليكو أ كساليك (بد١ . اس - س١ . ابد) وغيره .

ويمكن توضيح تكوين السليكاتات الفلزية بتجربة تعرف بحديقة السليكا . يملأ كأس كبير بمحلول سليكات صوديوم (كثافته النوعية ١,١) ، وتترك بلورات من نترات كوبلت وكدميوم وكبريتات نحاس ، حديدوز ، نيكل ، منجنيز وخارصين . الخ مثلاً تتساقط فى الكأس بحيث ترتكز على أجزاء مختلفة من قاع الكأس ، ويترك ليلة كاملة فى مكان هادئ ، فيشاهد ما يشبه أفرع النبات تبدو بأنها تنمو من البلورات ويكون لها شكل ولون مميز للفلز المستعمل (كبذرة) .

سليكا (جل Gel)

إذا سخن محلول سليكات الصوديوم إلى ١٠٠° وحل بحامض الأيدروكلوريك يتحصل على راسب جيلاتينى يعرف بسليكا (جل)

[س. ا. ن (بد. ا)] . ويتحصل عليها أيضاً بفعل كبريتات الصوديوم الأيدروجينية على محلول سليكات الصوديوم . ولهذا المادة قدره على امتصاص الرطوبة وتستعمل لتجفيف الهواء الساخن المستعمل في صهر الحديد ، كما تمكنها امتصاص المواد من المحاليل واستخدمت في تنقية البترول من الكبريت .

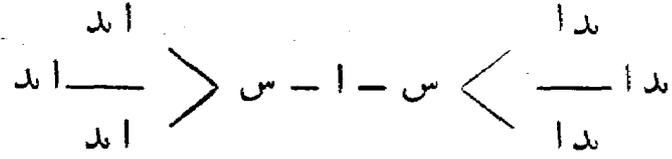
السليكاتات

يجعل أهمية السليكاتات لتكوينها جزء كبير من القشرة الأرضية ، بحث تركيبها موضوع عظيم الأهمية . ومن الصعب دراستها بالطرق الكيميائية لأن معظمها يبدو وجوده في الحالة الصلبة فقط ، وتفقد خاصية المجاميع المكونة لها أثناء العمليات الكيميائية . وتستخدم مصانع السليكاتات عادة نظام (ج . ج . برزيليوس - J. J. Berzelius) القديم لرمزها الأولى (الأجمالى) ، فمثلا يكتب رمز الفلسبار البوتاسى (بو. ا . لو. ا. ، ٦ س. ا.) وهكذا .

وتقسم السليكاتات عادة للأغراض الكيميائية على أساس مجموعات أحماض سليسيك نظرية . فإذا ابتدء بحامض الأرتوسليسيك مثلا (بد. س. ا.) أو $\left[\begin{array}{c} \text{ا.د} \\ \text{س} \\ \text{ا.د} \end{array} \right]$ ، ويعتقد أن هذا الحامض يفقد جزئى ماء

ويتحول إلى حامض الميتاسليسيك (س. س. ا.) أو $\left[\begin{array}{c} \text{ا.د} \\ \text{س} \\ \text{ا.د} \end{array} \right]$.

فتتطابق هذه الأحماض الأرتو والميتاسليكاتات مثل الويلميت willemite (خ. س. ا.) ، الأوليفين olivine (مغ ، ح. س. ا.) ، الزركون zircon (كن س. ا.) والتفرويت tephroite (ح. س. ا.) . . . الخ ، والولاستوميت wollastomite (ك. س. ا.) والآناساتيت enastatite (مغ س. ا.) . . . الخ . وقد يتجمع جزئيان من حامض الأرتوسليسيك فيتكون حامض الأرتو ثنائى السليسيك orthodilicic acid (بد. س. ا.) أو



وهذا يعطى مجموعة من الأرتو ثنائى السليكاتات مثل السربنتين serpentine (مغ ٣ س ٢ ا ٧) ، الباريسيليت barysilite (م ٣ س ٢ ا ٧) .. الخ . ويمكن بالمثل أن يعطى جزئين من حامض الميتاسيليسيك لمجموعة من الميتا - ثنائى - السليكاتات [مشتقة من (د ٣ س ٢ ا ٧)] وتستمر هذه الطريقة مكونة لأساس أرتووميتا وثالث وعديد السليكاتات . وبالمثل يمكن عمل رمز لسليكاتات الألومنيوم والقواعد الأخرى المركبة .

وقد حلت مسألة تركيب هذه المواد الصعبة بتحليل أشعة x وخاصة بواسطة (و . ل . براج - W. L. Bragg) ، (بولنج - Pauling) وبين هذا أن الفرق بين أقسام السليكاتات المختلفة يرجع بصفة مباشرة إلى ترتيب ذرات السليكون بالنسبة لذرات الأكسجين وبصفة غير مباشرة إلى باقى الترتيبات الأخرى . فيكون ترتيب السليكون والأكسجين أحيانا على صورة مجموعة مقفلة تشبه الأصل الحامضى العادى ، ولكن يكون تركيبها عادة غير منته بل يتسع بصفة مستمرة فى كل جزء من أجزاء البلورة .

نقنت الصخور

تظهر الصخور اختلافات يذنة فى سلوكها عند تعرضها مدة طويلة من الزمن فببق بعضها صلبا ، ويتفتت البعض الآخر إلى مسحوق فى زمن قصير نسبياً . ولم يظهر على كثير من آثار قدماء المصريين واليونان إلا علامات طفيفة من الانحلال ، بينما تتلف المباني المقامة من صخور تماثلها فى المالك الأخرى . وتتلف المباني المشيدة من الأحجار الجيرية بسرعة نسبياً عند تعرضها للابخرة الحامضية التى توجد فى جو المدن . فيتعرض الفيلسبار البوتاسى وكثير من سليكاتات ألومنيوم أخرى طبيعية لبعض التأثيرات الطبيعية فأنها تتحول

نهائياً إلى مسحوق أبيض (طين ومواد أخرى) متبلور أو غير متبلور (غروي) غير قابل للذوبان .

تكوين الطين

تعرف الأدوار الأولى لتحلل (تفتت) الصخور الفلسبارية بظهور لون معتم يبلورات الفلسبار ، ويصبح الفلسبار معتماً شيئاً فشيئاً ، ثم يتفتت في النهاية . وينتج من تحلل الصخور السليكانية المعرضة للعوامل الطبيعية سليكا غروية ، فثلا الإوبال opal - وهو أحد الأدوار الأخيرة في تحلل الفلسبار وعدة سليكات ألومنيوم أخرى - هو طين . وعلى ذلك ينتج من تفتت سليكات الألومنيوم طين على حالة غروية تقريبا . تنحل الصخور الجرانيتية مع الفلسبار تاركة الطين مختلطاً مع أنواع مقاومة من الميكا mica والكوارتز ومعادن أخرى كونت الصخر الجرانيتي أصلاً . وأهم العوامل التي تسهل تفتت وإنحلال سليكات الألومنيوم هي : (١) الغازات البركانية [البخار وأبخرة حامض الأيدروفلوريك . . الخ] . (٢) ماء الصرف من موطن الفحم والمستنقعات ويحتوي هذا الماء على أحماض عضوية ذائبة فيه . (٣) ماء الينابيع والأمطار المحتوية على ثاني أكسيد الكربون . . الخ ذائبة فيه . تحتفظ التربة بجزء من القواعد الناتجة من تحلل الصخور ، بينما يتحول الجزء الآخر إلى كربوناتات ، ويحمل جزء من حامض السليسيك إلى البحر حيث يستعمل في بناء هياكل إحياء متنوعة ، ويبقى جزء منه على الأرض حيث يتحد مع المعادن القاعدية مكوناً الأسقياتيت steatite والسربنتين serpentine . الخ . وقد ينقل الطين بفعل تيارات الماء من المكان الذي تكون فيه (التلال مثلاً) إلى أمكنة أقل إنخفاضاً . وقد يحمل مع الطين جميع الأنواع المتخلفة من تفتت الصخور والتربة الخ .

ويكون الطين المنقول عادة (وليس دائماً) أقل نقاوة من الطين الأولى المتبقى . والطين المتبقى المتسكون من تفتت الصخور الجرانيتية المحتوية على قليل

من الحديد يفتح منه - بعد غسله وترسيبه - طين صيني أبيض يقرب تركيبه الأجمالى (الأولى) من (لوم ١ ، ٢ س ١ ، ٢ بد ١) ويسمى الطين الصينى غالباً بالكاؤولين kaolin . يسمى الجرانيت المتحلل الذى يغسل منه الطين الصينى بصخر الطين الصينى . والغرض من غسيل صخر الطين الصينى هو فصل الطين الصينى من الكوارتز والميكا . الخ غير المتحلله .

يطلق لفظ الطين صناعياً على مزيج من معادن مختلفة (على حالة حبيبات دقيقة) له الصفات الآتية : (١) مرن بدرجة تكفى لتشكيله عندما يكون رطباً ، (٢) يحفظ شكله عند تجفيفه بالرغم من انكماشه قليلاً ، (٣) وعند تسخين الكتلة المشكلة إلى درجة حرارة عالية تناسك مع بعضها مكونة كتلة صلبة مندججة بدون فقد حدودها الأصلية . جعلت هذه الخواص للطين أهمية عظمى فى الصناعات العالمية . يستعمل الطين فى صناعة طوب البناء وطوب الأحتراق والبوادر وقوابل الغازات والخزف . الخ ، ويستخدم الطين الصينى أيضاً بكثرة فى صناعة الورق والقطن . الخ .

الخزف والطوب

يعمل الخزف من مخلوط متجانس من الطين الأبيض المحروق مع الصوان أو الكوارتز، والفلسبار . يعجن المخلوط بالماء ، وينخل ، وينزع منه الماء جزئياً بالضغط أو الكبس أو أية طريقة أخرى ملائمة لتكوين كتلة مطاطة . ثم يشكل المخلوط إلى الصورة المرغوب فيها ، يجفف ، ويحرق على درجة حرارة بين ١٠٠٠° ، ١٢٠٠° حسب النوع المطلوب عمله . وهذا يكون ما يسمى بجسم البسكوت biscuit body . ويطحن مزيج قابل للانصهار يحتوى على بوروسليكات الرصاص ، الطين ، الفلسبار . الخ مع الماء ثم ينثر على سطح جسم البسكوت ويعاد حرق الجميع إلى ٩٠٠° أو ١٠٠٠° فيتغطى سطح (الجسم) بالمزيج المنصهر فى صورة غشاء زجاجى أو يصقل بإحدى طرق الصقل المختلفة . وقد تزين الآنية بطلائها بأكاسيد ملونة على جسم البسكوت قبل صقلها ، أو بدورها

بيكا منصهرة بعد صقلها وإعادة حرقها ، أو يلون الصقل بأكاسيد مناسبة .
وقد يحرق الصقل والجسم في عملية واحدة أو بدون حرق الجسم أولاً . وهناك
تنوع كثير في تركيب الجسم والصقل . وأنواع الخزف الرئيسية هي : **أواني**
الغناء earthenware وتعمل من الطين الأبيض المحروق والصوان ؛ **أواني**
(التي تشبه الزجاج) vitreous ware ومجمر الحديد تعمل من مخلوط بمائل
ولكنها تحتوي على مواد أكثر قابلية للانصهار وتحرق على درجة حرارة
أعلى ؛ **والصيني البامه hard porcelain** ويعمل من الطين والفلسبار والكوارتز
مع أو بدون قليل من الجير ؛ **الصيني الطرى soft porcelain** ويعمل من
الطين الجيرى والصوان الزجاجى ؛ **البامه parians** ويعمل من مزيج من
الفلسبار والطين ؛ وتعمل الأنواع الشائعة من الخزف من مخاليط خاصة غالباً
طين محلى مصقول بمزيج يحتوى على الجائينا وغيرها . وتوجد بها جميع درجات
المسامية **grades of porosity** متفاوتة بتدرج غير محسوس من الصينى الزجاجى
الشفاف إلى أكثرها مسامية . ولم يعمل أساس مرضى لتقسيمها للآن .
أنابيب الصرف drain pipes وتعمل أيضاً من الطين المحلى بحرقه إلى لون أحمر
ويصقل بنتر الملح فى القمينة . فيتطاير الملح وتؤثر الأبخرة على سطح الطين
وتغطيتها بقشرة تشبه الزجاج . **غوبين الترمين tobacco pipes** (غير المصقولة)
وتعمل من طين سليكاتى أى من طين يحتوى على سليكا بجزأة تجزئاً دقيقاً
طوب الحرارة **fire bricks** يصنع من طين يقاوم الانصهار يلين على ١٥٨٠° ،
وبشكل هذا الطين باليد أو ميكانيكياً ويحرق على ١١٠٠° إلى ١٢٠٠° . طوب
النار **الغوى** ويعمل عادة من طين أقل مقاومة للانصهار ويحرق على درجة
حرارة أقل .

الزجاج

الزجاج هو محلول تحت مبرد أو بمجد من عدة سليكاتات - أكثرها

شيوغا البوتاسيوم والكالسيوم والرصاص - ويصنع بصهر مخلوط من رمل
نظيف وحجر جيري وكر بونات صوديوم أو بوتاسيوم والليثارج أو الرصاص
الأحمر بنسب مضبوطة . وتضاف أحيانا آثار من ثاني أكسيد المنجنيز أو
السلينيوم لمعادلة اللون الأصفر أو الأخضر الناتج من وجود أكسيد الحديدوز
أو الحديديك الموجود في صورة شوائب في المواد المستعملة في صناعة الزجاج .
يصهر المزيج في أواني خزفية ، وعندما تبرد الكتلة المنصهرة إلى درجة الحرارة
المناسبة ، يجمع جزء منه على طرف أنبوبة من الحديد وتشكل إلى الصورة
المطلوبة بأدخالها إلى قالب ، أو بالنفخ في الأنبوبة وتلف أو تدار كتلة
الزجاج المطاطة إلى الشكل المطلوب . وتختلف تفاصيل العملية تبعاً للاغراض
التي سيعمل الزجاج من أجلها . ويكون الزجاج المبرد بسرعة عرضة للكسر
ولذا يجب تبريد الزجاج بالبطء المطلوب . وإذا برد الزجاج ببطء جداً فإنه
يتبلور .

والزجاج عظيم الفائدة جداً يندر أن تجاربه أية مادة أخرى من المواد التي
تستعمل يومياً من حيث الأهمية والاستعمال . والزجاج شائع ورخيص
وشفاف ويسهل تنظيفه ، ويمكن تلوينه بسرعة بالأكاسيد الفلزية ، يمكن تلميعه ،
يشكل أثناء انصهاره بالصورة المطلوبة ويظل محتفظاً بها باستمرار بعد تبريده .
لا يمكن الاستعاضة عنه أو استبداله في معظم التجارب العلمية في الكيمياء
والطبيعة والفلك وغيرها ومن الصعب التصور كم من العمليات يمكن إجراؤها
بدونه ، ولولاه لتأخر ناعدة قرون في علم الفلك والبكتيريولوجيا وعلم الأحياء .
وزجاج النوافذ هو سليكات الصوديوم والكالسيوم ويسمى أحيانا بالزجاج
الصودي soda - glass أو الزجاج الطري ويستعمل في عمل الأدوات الزجاجية
الكيميائية . زجاج النوافذ والأطباق وأدوات المائدة والزجاجات تعمل أيضاً
من نفس المكونات بنسب مختلفة وبدرجات تختلف في نقاوتها . زجاج
برهيميا Bohemian glass هو سليكات البوتاسيوم والكالسيوم . وهو زجاج

جامد وينصهر على درجة حرارة عالية ولذا يستعمل في عمل الأجهزة الكيميائية لمقاومة درجات الحرارة العالية وفي عمل أنابيب موازين الغلايات (القزانات) ، وغيرها . وهو يقاوم أيضاً فعل الماء كذيب أكثر من الزجاج الصودي . الزجاج بينا Jena glass هو نوع من زجاج البوتاسيوم الكالسيوم . الزجاج الصواني flint glass هو سليكات رصاص وبوتاسيوم . وهو لامع يكسر الضوء بدرجة أكثر من الأنواع الأخرى ، ويستعمل في صناعة العدسات للأغراض الضوئية . وتعمل بعض الأنواع كحلى وجواهر صناعية . ويمكن إضافة أكسيد فلزية إلى هذه المخاليط لتلوين الزجاج . ويعمل الزجاج الشفاف أو الأبيض بإضافة رماد العظام أو الفلورسبار أو الكريوليت يستعمل حامض البوريك أيضاً في صناعة زجاج له عامل انكسار على للأغراض الضوئية ولأنواع أجهزة كيميائية خاصة ويعرف هذا بزجاج البوروسليكات .

وصنع في السنين الأخيرة زجاج يحتوى على نسبة عالية من السليكا (مثل البيريكس والموناكس Pyrex & Monax) ويكون تبعاً لذلك ذو مقاومة شديدة جداً للحرارة (وللتغيرات الفجائية لدرجات الحرارة) واستعماله آخذ في الزيادة في المعمل والأفران . ويحتوى زجاج البيريكس على ٨٠٪ سليكا تقريبا .

هاليدات السليكون

يكون السليكون مع الهالوجينات عدداً من المركبات أهمها :

رابع فلوريد السليكون (س فل)

و رابع كلوريد السليكون (س كل)

وذكرت مركبات منها سادس كلوريد السليكون (س٦ كل) ، سليكو

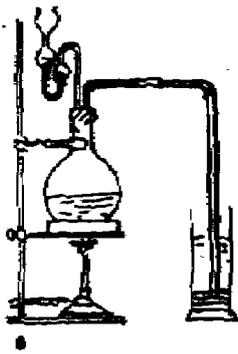
كلوروفورم (س مذ كل م) ، ومركبات علاماتها (س فل م) ، (س م كل م) ،
(س بر م) ، (س بر م) ، (س مذ بر م) ، (س ي م) ، (س م ي م) ، (س مذ ي م)
كما ذكرت عدة أكسي كلوريدات .

رابع فلوريد السليكونه أو رابع فلوسليكونه (س فل م)

مركب غازى هام . أكتشفه (ك . و . شيل) عام ١٧٧١ ، ثم حضره
(ج . بريستلى) ، وحدد تركيبه (ج . ل . جاى - لوساك) ، (ج . تينار)
سنة ١٨٠٨ ؛ (ج . ديفى) سنة ١٨١٢ ؛ و (ج . ج . برزيلوس) عام ١٨٢٤ .
ويحضر رابع فلوريد السليكون بفعل الفلور المباشر على السليكون غير المتبلور ،
كما يحضر أيضاً بفعل حامض الأيدروفلوريك على السليكا أو السليكات (مثل
الزجاج) :-



ويحضر رابع فلوريد السليكون عادة بفعل حامض الأيدروفلوريك
المحضر من مزيج من فلوريد الكالسيوم وحامض الكبريتيك على السليكا
يسخن المزيج فى دورق كما هو موضح فى (شكل ٤٥) يتصل به قمع أمان يحتوى
على زئبق . وتستعمل كمية زائدة من حامض الكبريتيك
لنقص الماء المتكون أثناء التفاعل .



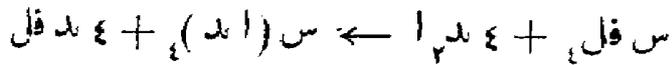
(شكل ٤٥)

نقصو حامض
الأيدروفلوسليكون

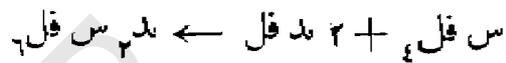
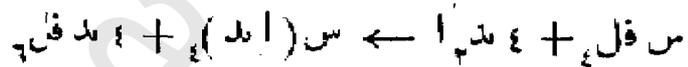
رابع فلوريد السليكون غاز عديم اللون ، رائحته
نفاذة تشبه كلوريد الأيدروجين ، وكثافة الغاز تطابق
الرمز (س فل م) . يتكاثف رابع فلوريد السليكون إلى
سائل عديم اللون ، يغلى على - ٦٥° تحت ضغط يقرب
من ٢٦ جو ، ويتجمد بتبريده أكثر من ذلك مكوناً مادة
صلبة بيضاء تنصهر على - ٧٧° ، تتسامى على - ٩٠° تحت
الضغط العادى بدون أن تتحول إلى سائل . لا يتأثر الزجاج برابع فلوريد
السليكون الجاف .

حامض الأيدروفلوسليسيك (سدس من قل ٦)

إذا مرر رابع فلوريد السليكون في الماء فإنه يتحلل ويرسب حامض السليسيك الجيلاتيني ويتكون فلوريد الأيدروجين :



ويتحد فلوريد الأيدروجين مباشرة مع جزء من رابع فلوريد السليكون مكوناً محلولاً مائياً من حامض الأيدروفلوسليسيك . ويمكن توضيح التفاعلات بالمعادلتين الآتيتين :



أو بكتابة التفاعل في معادلة واحدة :

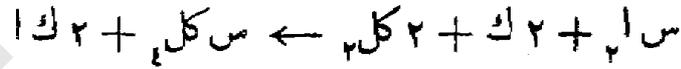


يفصل حامض السليسيك من المحلول المائي بالترشيح ، ولا يمكن تركيز المحلول المائي كثيراً بالتهجير لأنه يتحلل إلى رابع فلوريد سليكون وفلوريد أيدروجين .

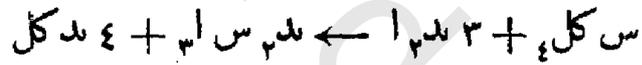
يحمز حامض الأيدروفلوسليسيك عباد الشمس الأزرق وتعادله القواعد بتكوين أملاح فلوسليكاتات fluosilicates . ومعظم الفلوسليكاتات متوسطة الذوبان في الماء ولكن تذوب فلوسليكاتات الباريوم والبوتاسيوم ، بصعوبة في الماء . ولذا يستعمل حامض الأيدروفلوسليسيك في اختبار أملاح الباريوم وفي تقدير البوتاسيوم ، كما يستعمل لأعطاء الخشب سطحاً يشبه الحجر فيخمس الخشب في ماء الجير أولاً ثم يعامل بحامض الأيدروفلوسليسيك ويستعمل الحامض أيضاً في الطب كقطر .

رابع كلوريد السليكونه أو رابع كلوره وسيلكونه (س كل ٤)

يمكن تحضيره بتسخين السليكون أو حديد وسليكون أو كريد السليكون أو مزيج متجانس من الكربون والسليكا في تيار من الكلور :-



ويمكن طرد الكلور الزائد من السائل المتكثف برجه مع الزئبق وإعادة تقطيره . والسائل المتحصل عليه يدخل في الهواء الرطب . يوافق تركيبه وكثافته البخارية الرمز (س كل ٤) . يغلي رابع كلوريد السليكون على $٥٧,٥٧^\circ$ ويتجمد على -٧٠° ؛ يغلي رابع كلوريد الكربون على $٧٦,٨^\circ$ ويتجمد على $(-٢٣)^\circ$. ويحلل الماء رابع كلوريد السليكون إلى حامض السيليسيك والأيدروكلوريك :-



محتويات الكتاب

صفحة

١

المقدمة

٢

القسم الأول - عموميات

الباب الأول

٣

حالات المادة

٥

الأجسام المتجانسة وغير المتجانسة

٦

فصل المخالط إلى أجزاء متجانسة

٨

المواد النقية

٩

المواد البسيطة والمركبة

١٠

التغيرات الطبيعية والكيميائية

١٢

قانون عدم فناء المادة

الباب الثاني

١٤

قانون النسب الثابتة

١٥

قانون النسب المتضاعفة

١٦

قانون التناسب أو قانون النسب المتكافئة

١٦

الأوزان المتكافئة للعناصر

١٨

النظرية الذرية

الباب الثالث

٢٤

أسماء العناصر والمركبات

٢٧

رموز العناصر والمركبات

٢٨

المعادلات الكيميائية

الباب الرابع

صفحة

٥٧ - ٣٦

الخواص الطبيعية للغازات والابخرة

قانون بويل ٣٦ - قانون دالتون للضغوط الجزئية ٣٩ - قانون
جاي لوساك ٤٠ - المعادلة العامة للغازات ٤٣ - كثافة الغازات
٤٤ - تعيين الكثافة المطلقة ٤٤ - تعيين كثافة بخار المواد ٤٦ -
معادلة فان دورفاس ٤٣ - إسالة الغازات ٥٤

الباب الخامس

٥٨

قانون جاي لوساك للاتحاد الكيميائي

٥٨

قانون أفوجدرو

٦١

الحجم الجزيئي

٦٤

الذرات والجزيئات الحقيقية ووزنها المطلق

٦٥

تعيين الوزن الجزيئي التقريبي بواسطة قانون أفوجدرو

٦٧

تعيين الوزن الجزيئي بالضبط

٦٨

تعيين عدد الذرات في الجزيء بواسطة قانون أفوجدرو

الباب السادس

٧١

تعيين الوزن الذري

٧٢

تكافؤ الذرات

٧٩

الترتيب الدوري للعناصر

٨٤

الفلزات واللافلزات

٨٧

تركيب المادة

٨٨ - ٩١

النشاط الإشعاعي

طبيعة الأشعاع ٨٩ - التحول الذري ٩٠

صفحة

١٠٣-٩١

تركيب الذرة

نحويل العناصر ٩٢ - العدد الذرى ٩٣ - المشابهات الذرية ٩٤ -
ترتيب الأليكترونات خارج الذرة ٩٥

١٠٩ - ١٠٣

النفاذ والتركيب الأليكترونى

اختلاف تكافؤ العناصر ١٠٧

الباب السابع

١١٤ - ١٠٩

المحاليل

محاليل المواد الصلبة فى السوائل ١١٠ - محاليل السوائل فى سوائل
أخرى ١١٢ - محاليل الغازات فى السوائل ١١٣

١٢٣ - ١١٤

الانتشار الفضاى والضغط الأسموزى

تفسير عمل الغشاء نصف المنفذ ١١٧ - قياس الضغط الأسموزى
وتعيين الوزن الجزيئى ١١٨

١٢٣

التبخير والضغط البخارى

١٣٥ - ١٢٧

تعيين الوزن الجزيئى للمواد

من ارتفاع نقطة غليان محاليلها ١٢٧ - من انخفاض درجة تجمد
محاليلها ١٣١

الباب الثامن

١٤٤ - ١٣٥

سلك الأليكتروليات فى المحاليل

نظرية الأقسام الأليكترولىتى ١٣٧ - نظرية التأين والتحليل
الكهربائى ١٣٩ - توصيل المحاليل للتيار ١٤١ - التوصيل المكافئ
والتركيز ١٤٢

١٥٠ - ١٤٤

دوازاه الكيمياء

قانون فعل الكتلة ١٤٤ - تحليل يوديد الأيدروجين ١٤٥ - تأثير
الضغط والحرارة على الأتزان ١٤٧ - الأتزان الكيمياءى فى
المحاليل ١٤٨

صفحة

١٦٠ - ١٥٠

تطبيق قانونه فعل الكنت على محاليل الابلكتروليات

قانون أستوالد للتخفيف ١٥٠ - قوة الأحماض والقواعد ١٥١ -
تأين الماء ١٥٢ - الأتزان بين الأليكتروليات التي يكون بينها
أيون مشترك ١٥٢ - التعادل ١٥٤ - حاصل الأذابة ١٥٦ - التحليل
المائى للأملاح ١٥٨

١٦٣ - ١٦٠

قياس الحموضة والذابوية

الدلائل ١٦١

١٦٣

عمل الملامسة

القسم الثانى - اللافلزات ١٦٩

الباب التاسع

١٨٥ - ١٧٠

الايديروجين

تاريخه ١٦٥ - وجوده ١٦٥ - تحضيره ١٦٥ - خواصه ١٧٥ -
التجمع السطحى للايديروجين ١٧٧ - عمل الأيديروجين فى
الأختزال ١٧٨ - الأيديروجين الناشئ ١٧٩ - الأيديروجين
النشط ١٨٠ - الأيديروجين الذرى ١٨٠ - المشابهات الذرية
للايديروجين ١٨١ - استعماله ١٨٣ - موضع الأيديروجين فى
الترتيب الدرورى ١٨٤

الباب العاشر

١٨٥

الأوكسيجين والأوزون

١٩٢ - ١٨٥

الأوكسيجين

تاريخه ١٨٥ - وجوده ١٨٥ - تحضيره ١٨٥ - خواصه ١٨٩ -
الاحتراق ١٩٠ - تميزه من الغازات الأخرى ١٩١ - المشابهات
الذرية للاكسيجين ١٩١ - استعماله ١٩١

صفحة	
١٩٢	الأكاسيد
١٩٥	الأملاح والقواعد والأملاح
٢٠١	التأكسد والاختزال
٢٠٥ - ٢١١	الاوزون
	تاريخه ٢٠٥ - وجوده ٢٠٥ - تحضيره ٢٠٥ - خواصه ٢٠٧ - رمزه الجزئي ٢٠٨ - كشفه ٢١٠ - استعماله ٢١٠

الباب الحادي عشر

٢١١	مركبات الأيدروجين مع الأكسجين
٢٢٦ - ٢١١	الماء
	تاريخه ٢١١ - المياه الطبيعية ٢١١ - الماء العسر ٢١٤ - تقطيره ٢١٧ - خواصه الطبيعية ٢١٧ - التزهر والتميع ٢١٨ - خواصه الكيميائية ٢١٩ - تركيبه ٢٢١ - التحليل الكهربائي للماء ٢٢٣ - الماء كعامل ملامسة ٢٢٤

٢٢٣ - ٢٢٦	فوق أكسيد الأيدروجين
	تاريخه ٢٢٦ - تحضيره ٢٢٦ - خواصه ٢٢٧ - عمله كمؤكسد ٢٢٨ - عمله كاختزال ٢٢٩ - عمله كفوق مؤكسد ٢٣٠ - كشفه ٢٣١ - استعماله ٢٣٢

الباب الثاني عشر

٢٣٣	الفلور ومركباته
٢٣٣ - ٢٣٨	الفلور
	تاريخه ٢٣٣ - وجوده ٢٣٤ - تحضيره ٢٣٤ - خواصه ٢٣٥

صفحة	
٢٤٣ - ٢٣٨	مادى الايدروفلوريك
	تاريخه ٢٣٨ - تحضيره ٢٣٨ - تركيبه ورمزه ٢٤٠ - أملاحه ٢٤١
	استعماله ٢٤٢

الباب الثالث عشر

٢٤٣	الكلور ومركباته
٢٥٤ - ٢٤٢	الكلور
	تاريخه ٢٤٣ - وجوده ٢٤٢ - تحضيره ٢٤٣ - خواصه ٢٤٩
٢٦٢ - ٢٥٤	مادى الايدروكلوريك
	تاريخه ٢٥٤ - وجوده ٢٥٤ - تحضيره ٢٥٤ - خواصه ٢٥٧ - استعماله ٢٦٠ - أملاحه ٢٦٠ - اختبار الكلوريدات ٢٦٠
٢٦٢	أكاسيد الكلور
٢٦٤	الأحماض الأوكسيجينية للكلور
٢٦٩ - ٢٦٤	مادى تحت الكلورين
	تحضيره ٢٦٤ - خواصه ٢٦٤ - أملاحه ٢٦٥ - تحت كلوريت الصديوم ٢٦٥ - مسحوق قصر الألوان ٢٦٦ - تقدير الكلور الفعال فى مسحوق قصر الألوان ٢٦٧ - استعمال مسحوق قصر الألوان ٢٦٨
٢٦٩	حامض الكلوروز والكلورينات
٢٧٤ - ٢٧٠	مادى الكلوريك وأموم
	تاريخه ٢٧٠ - تحضيره ٢٧٠ - خواصه ٢٧٠ - أملاحه ٢٧١
٢٧٦ - ٢٧٤	مادى ثور الكلوريك
	تحضيره ٢٧٤ - خواصه ٢٧٤ - أملاحه ٢٧٥

الباب الرابع عشر

صفحة	
٢٧٦	البروم ومركباته
٢٨٢ - ٢٧٦	البروم
	تاريخه ٢٧٦ - وجوده ٢٧٦ - تحضيره ٢٧٧ - خواصه ٢٨٠
	استعماله ٢٨٢
٢٨٧ - ٢٨٢	مادى الايدروبروبيك
	تحضيره ٢٨٣ - خواصه ٢٨٥ - أملاحه ٢٨٦
٢٨٧	حامض تحت البروموز وأملاحه
٢٨٨	حامض البروموز
٢٩٠ - ٢٨٨	مادى البروبيك وأهمه
	تحضيره ٢٨٨ - خواصه ٢٨٨ - أملاحه ٢٨٩

الباب الخامس عشر

٢٩٠	اليود ومركباته
٢٩٦ - ٢٩٠	اليود
	تاريخه ٢٩٠ - وجوده ٢٩٠ - تحضيره ٢٩١ - خواصه ٢٩٢
	استعماله ٢٩٥
٢٩٩ - ٢٩٦	مادى الايدروبروبيك
	تحضيره ٢٩٦ - خواصه ٢٩٧ - أملاحه ٢٩٨ - استعماله ٢٩٨
٢٩٩	كلوريدات اليود
٢٩٩	أكاسيد اليود
٣٠٠	حامض تحت اليودوز

صفحة	
٣٠٢-٣٠٠	مادّض البوردك وأهموم تحضيره ٣٠٠ - خواصه ٣٠١ - أملاحه ٣٠١
٣٠٣-٣٠٢	مادّض فوى البوردك وأهموم

الباب السادس عشر

٣٠٣	الكبريت ومركباته
٣١٥-٣٠٣	الكبريت تاريخه ٣٠٣ - وجوده ٣٠٣ - استخراجه وتحضيره ٣٠٤ - تحميمه ٣٠٩ - أشكاله التآصلية ٣١٩ - خواصه ٣١٢ - استعماله ٣١٥
٣٢٠-٣١٥	كبريتيم الايرودومين وجوده ٣١٥ - تحضيره ٣١٥ - خواصه ٣١٧ - استعماله ٣٢٠
٣٢٠	أكاسيد الكبريت وأحماضه الأوكسيجينية
٣٢٩-٣٢٢	ثنائى أكسيد الكبريت والكبريتينات تاريخه ٣٢٢ - تحضيره ٣٢٢ - خواصه ٣٢٤ - الكبريتينات ٣٢٨ استعماله ٣٢٩
٣٣٢-٣٢٩	ثالث أكسيد الكبريت تحضيره ٣٢٩ - خواصه ٣٣١ - استعماله ٣٣٢
٣٥٠-٣٣٢	مادّض الكبريتيك والكبريتانات تاريخه ٣٣٣ - وجوده ٣٣٣ - تحضيره (طريقة الحجر الرصاصية ٣٣٣ - تقطير كبريتات الحديدوز ٣٤٢ - طريقة الملامسة ٣٤٣) محاليله المائية ٣٤٥ - خواصه ٣٤٦ - الكبريتانات ٣٤٩ - استعماله ٣٤٩
٣٥٠	حامض الثيوكبريتيك

صفحة	
٣٥٣	خامض الأيدروكبريتيك
٣٥٤	سابع أكسيد الكبريت وأحماض فوق الكبريتيك
٣٥٥	الأحماض الثيونية

الباب السابع عشر

٣٥٨	النتروجين ومركباته
٣٦٤ - ٣٥٨	النتروجين
	تاريخه ٣٥٨ - تحضيره ٣٥٨ - خواصه ٣٦٢
٣٧٦ - ٣٦٤	أيدريدات النتروجين
٣٧٦ - ٣٦٥	الامونيا
	تاريخها ٣٦٥ - وجودها ٣٦٥ - تحضيرها ٣٦٥ - خواصها ٣٦٩
	التأزت ٣٧٢ - استعمالها ٣٧٣ - رمزها الجزئى ٣٧٣
٣٧٦ - ٣٨١	أملاح الامونيوم
	كلوريد الامونيوم ٣٧٦ - نترات الامونيوم ٣٧٨ - كبريتات الامونيوم ٣٧٩ - كربونات الامونيوم ٣٧٩ - كبريتيدات الامونيوم ٣٨٠
٣٨٨ - ٣٨١	الهواء الجوى
	تاريخه ٣٨١ - تحليله ٣٨٢ - تركيبه ٣٨٦ - خواصه ٣٨٧
٣٨٨	أكسيد النتروجين وأحماضه الاكسيجينية
٣٨٩ - ٣٩١	أكسيد النترور
	تاريخه ٣٨٩ - تحضيره ٣٨٩ - خواصه ٣٩٠
٣٩٥ - ٣٩١	أكسيد النتريك
	تحضيره ٣٩١ - خواصه ٣٩٣

صفحة	
٣٩٥	ثالث أكسيد النتروجين وحامض النتروز والنتريتات
٣٩٩ - ٣٩٧	ثاني أرفون أكسيد النتروجين
٣٩٩	تحضيره ٣٩٧ - خواصه ٣٩٨
٤٠٩ - ٤٠٠	خامس أكسيد النتروجين
	حامض النتريك والنتراتات
	تاريخه ٤٠٠ - صناعته (من حامض الكبريتيك و نترات
	الصوديوم ٤٠٢ - من الهواء الجوي ٤٠٣ - من الأمونيا ٤٠٤)
	محاليله المائية ٤٠٤ - خواصه ٤٠٥ - استعماله ٤٠٨ - النتراتات
	٤٠٨ - الماء الملكي ٤٠٩
٤٠٩	سادس أكسيد النتروجين

الباب الثامن عشر

٤١٠	الفوسفور ومركباته
٤١٨ - ٤١٠	الفوسفور
	تاريخه ٤١٠ - وجوده ٤١٠ - تحضيره في الصناعة ٤١٠ - خواصه
	٤١٣ - أشكاله الأصلية ٤١٣ - خواص الفوسفور الأصفر ٤١٤ -
	خواص الفوسفور الأحمر ٤١٦ - استعماله ٤١٨
٤٢١ - ٤١٨	أبهرات الفوسفور
	الفوسفين ٤١٨ - مركبات الفوسفونيوم ٤١٩ - فوسفيد
	الأيديروجين السائل ٤٢٠ - أيديريد الفوسفور الصلب ٤٢١
٤٢٤ - ٤٢١	ألمبيد الفوسفور
	ثالث أكسيد الفوسفور ٤٢٢ - خامس أكسيد الفوسفور ٤٢٣

صفحة

٤٢٧ - ٤٢٤

أحماض الفوسفور

حامض الفوسفوروز ٤٢٤ - حامض الأرتوفوسفوريك ٤٢٥

حامض البيروفوسفوريك ٤٢٧ - حامض الميتافوسفوريك ٤٢٧

٤٢٧

اختبار الفوسفاتات

٤٢٢ - ٤٢٨

هاليدات الفوسفور

ثالث كلوريد الفوسفور ٤٢٨ - خامس كلوريد الفوسفور ٤٢٩

كلوريد الفوسفوريل ٤٣١

الباب التاسع عشر

٤٣٣

الكربون ومركباته

٤٤٤ - ٤٣٣

الكربون

وجوده ٤٣٣ - تأصله ٤٣٣ - أنواع الكربون ٤٣٤ - خواص

الكربون ٤٤١ - الكرييدات ٤٤٣ - مركبات الكربون مع

الأيديروجين ٤٤٣

٤٤٤

غاز الاستصباح

٤٤٧

الذهب

٤٤٨

مركبات الكربون مع الأكسجين

٤٥٣ - ٤٤٨

أول أكسيد الكربون

تحضيره ٤٤٨ - خواصه ٤٥٠ - تركيبه ٤٥٢ - ميزات واستعماله ٤٥٢

٤٥٨ - ٤٥٣

ثاني أكسيد الكربون

تحضيره ٤٥٣ - خواصه ٤٥٤ - عمله الفسيولوجي ٤٥٦

تركيبه ٤٥٦

٤٥٨

الكربوناتات

٤٥٨

ثاني كبريتيد الكربون

٤٦٠

السيانوجين

الباب العشرون

صفحة

٤٦٢	السليكون ومركباته
٤٦٦ - ٤٦٢	السليكونه
	تاريخه ٤٦٢ - وجوده ٤٦٢ - تحضيره ٤٦٣ - خواصه ٤٦٤
	استعماله ٤٦٥
٤٦٨ - ٤٦٦	أيزومرات وكربيدات السليكونه
	الأيديديات ٤٦٦ (السليكوميثان ٤٦٦) - كريد السليكون
	(الكربورانديوم) ٤٦٧
٤٧١ - ٤٦٨	السليكا
	الكوارتز ٤٦٨ - السليكا غير المتبلورة ٤٦٩ - خواص السليكا ٤٦٩
	استعمال السليكا ٤٧٠
٤٧١	أحماض السليسيك
٤٧٣ - ٤٧٩	المعدنات
	تفتت الصخور ٤٧٤ - تكوين الطين ٤٧٥ - الخبز والطوب
	٤٧٦ - الزجاج ٤٧٧
٤٨٢ - ٤٧٩	هاليدات السليكونه
	رابع فلوريد السليكون ٤٨٠ - حامض الأيدروفلوسليسيك ٤٨١
	رابع كلوريد السليكون ٤٨١



الصواب	الخطا	صفحة	سطر
$\Delta \infty$	$\Delta \infty$	١٤٣	٥
$\Delta \mathcal{E}$	$\Delta \mathcal{E}$	١٤٣	٦
$\frac{\Delta \mathcal{E}}{\Delta \infty} = 1$	$\frac{V \mathcal{E}}{\Delta \infty} = 1$	١٤٣	٩
ك ا ٢ + ب و ا ند ← ب و ب ك ا ٣ + ب د ٢ ا ب د ٢ ا + ك ← ب د ٢ + ك ا ويشترط (ص ٣ لو ا ٣) الممتصه على	ك ا ٢ + ب و ا ند ← ب و ب ك ا ٣ + ب و ا ٣ + ب د ٢ ا ب د ٢ ا + ك ← ب د ٢ + ك ا ٣ ويشترط (ص ٣ لو ا ٣) الممتصه	١٧٢	٥
occlusion	adsorbtion	١٧٢	٢٠
شحناتها المنفصلة في النواة متماثلة	شحناتها الكهربية في النواة متماثلة	١٧٤	١٤
٢ بو من ا + ٣ ب د ٢ ك ب ا + ٥ ب د ٢ ا ← ٢ بو ب ك ب ا + ٢ من ك ب ا + ٨ ب د ٢ ا + ٥ ب ا ٢ من (ا ند) ٢ + ٢ ك ا (ا ند) ٢ + ا ← ٣ بو كل ا ٣ + ٢ ب د ٢ ك ب ا ← بو كل ا + ... الخ وهي تتوقف على أكسيدة	٢ بو من ا + ٣ ب د ٢ ك ب ا + ٥ ب د ٢ ا ← ٢ بو ب ك ب ا + ٢ من ك ب ا + ٦ ب د ٢ ا + ٥ ب ا ٢ من (ا ند) ٢ + ٢ ك ا (ا ند) ٢ ← ٣ بو كل ا ٣ + ٢ ب د ٢ ك ب ا ← ٢ بو كل ا + ... الخ وهي تتوقف على أكسيدة	١٧٤	١٦
٢ كا اكل ٢ + ٣ ر ا ← ٢ كا كل ٢ + ٣ ر ا ه با (كل ا ٣) + ب د ٢ ك ب ا ← با ك ب ا + ٢ ب د كل ا ٣ كا (كل ا ٣) ٢ + ٢ بو كل ← كا كل ٢ + ٢ بو كل ا ٣ ٣ ي + ٢ بو ا ند ← ب و ي + ب و ا ي + ب د ٢ ا (ب د ٢ ك ب ا ٢) ٣ كا (ا كل) ٢ + ٤ ن ب د ← ٣ كا كل ٢ + ... الخ (شكل ٤٤)	٢ كا اكل ٢ + ٣ ر ا ← ٢ كا كل ٢ + ٣ ر ا ه با (كل ا ٣) ٢ + ب د ٢ ك ب ا ← با ك ب ا + ٢ ب د كل ا ٣ كا (كل ا ٣) ٢ + ٢ بو كل ← كا كل ٢ + ٢ بو كل ا ٣ ٣ ي + ٢ بو ا ند ← ب و ا + ب و ا ي + ب د ٢ ا (ب د ٢ ك ب ا ٢) ٣ كا (ا كل) ٢ + ٤ ن ب د ← ٣ كا كل ٢ + ... الخ (شكل ٤٣)	١٧٧	١٩
٢ بو من ا + ٣ ب د ٢ ك ب ا + ٥ ب د ٢ ا ←	٢ بو من ا + ٣ ب د ٢ ك ب ا + ٥ ب د ٢ ا ←	١٧٨	٧
٢ بو ب ك ب ا + ٢ من ك ب ا + ٨ ب د ٢ ا + ٥ ب ا	٢ بو ب ك ب ا + ٢ من ك ب ا + ٦ ب د ٢ ا + ٥ ب ا	١٨١	١١
٢ من (ا ند) ٢ + ٢ ك ا (ا ند) ٢ + ا ←	٢ من (ا ند) ٢ + ٢ ك ا (ا ند) ٢ ←	١٨٧	١٤
٣ بو كل ا ٣ + ٢ ب د ٢ ك ب ا ←	٣ بو كل ا ٣ + ٢ ب د ٢ ك ب ا ←	٢٤٦	٢٢
٢ بو كل ا + ... الخ	٢ بو كل ا + ... الخ	٢٦٣	٥
وهي تتوقف على أكسيدة	وهي تتوقف على أكسيدة	٢٦٨	١
٢ كا اكل ٢ + ٣ ر ا ← ٢ كا كل ٢ + ٣ ر ا ه	٢ كا اكل ٢ + ٣ ر ا ← ٢ كا كل ٢ + ٣ ر ا ه	٢٦٨	٣
با (كل ا ٣) + ب د ٢ ك ب ا ←	با (كل ا ٣) ٢ + ب د ٢ ك ب ا ←	٢٧٠	٨
با ك ب ا + ٢ ب د كل ا ٣	با ك ب ا + ٢ ب د كل ا ٣	٢٧٢	٢٥
كا (كل ا ٣) ٢ + ٢ بو كل ←	كا (كل ا ٣) ٢ + ٢ بو كل ←	٣٠٠	٦
كا كل ٢ + ٢ بو كل ا ٣	كا كل ٢ + ٢ بو كل ا ٣	٣٢١	٢١
٣ ي + ٢ بو ا ند ←	٣ ي + ٢ بو ا ند ←	٣٦٢	٤
ب و ي + ب و ا ي + ب د ٢ ا	ب و ا + ب و ا ي + ب د ٢ ا	٤٥٩	١٦
(ب د ٢ ك ب ا ٢)	(ب د ٢ ك ب ا ٢)	٤٥٩	
٣ كا (ا كل) ٢ + ٤ ن ب د ←	٣ كا (ا كل) ٢ + ٤ ن ب د ←		
٣ كا كل ٢ + ... الخ	٣ كا كل ٢ + ... الخ		
(شكل ٤٤)	(شكل ٤٣)		
(شكل ٤٤)	(شكل ٤٣)		