



الهاتف الذكيّ – الكيمياء الذكيّة

ديبورا كاتسيفيتش*

وليس لمُجرّد وجودها، وإنّما لها دور! مُعظم العناصر فلزيّة - 62 فلزّ مُختلف. مجموعة فلزّات مثيرة للاهتمام من اللانثانيدات، تقوم بدورًا هامًا، وتسمى أيضًا مجموعة الفلزّات النادرة. يمكنك العثور على حوالي 16 فلزًا نادرًا في عدة أنواع من الهواتف الذكيّة. هذه الفلزّات ليست بالضرورة نادر، لكن كميّتها محدودة وإنتاجها مُعقّد. يتمثل أحد التحديات التي تواجه مُصنّعي الهواتف الذكيّة هو في إيجاد بدائل لهم.

ستجد تفاصيل حول العناصر التي يتكون منها الهاتف الذكيّ واستخداماتها في الرسم التوضيحيّ التالي:

كُل واحد منّا لديه هاتف ذكيّ، والذي غالبًا ما نعطيه اهتمامًا مُباشرةً عندما نفتح أعيننا، قبل أي شيء آخر. كل سنتين- ثلاث سنوات، يقوم الكثير منا بالتقدّم إلى إصدار جديد مُحتمل ومُطوّر، مع أداء أكثر وأسرع. وراء الأداء وتنوّع الوظائف تقف كيمياء واسعة النطاق. في هذه المقال سوف نشير إلى مجموعة مُتنوّعة من العناصر التي تُساهم في الهاتف الذكيّ، وسوف نتمقّق في كيمياء الشاشة، وسنتطرّق إلى الإلكترونيات والبطارية.

كم عنصر يحسب رأيكم تمّ استخدامهم في الهاتف الذكيّ؟

70 من 83 عنصرًا ثابتًا في القائمة الدورية موجودة في الهاتف الذكيّ،

* د. ديبورا كاتسيفيتش. قسم تدريس العلوم، معهد وايزمان للعلوم

العناصر في الهاتف واستعمالاتها

الالكترونيكا

يستخدم النحاس لتوصيل الهاتف الذكي. النحاس، الفضة والذهب هي الفلزات الرئيسية التي يصنعون منها المكونات الكهربائية الدقيقة. التنتالوم (Ta) هو المكون الرئيسي للمكثفات الدقيقة.

29 Cu Copper	47 Ag Silver
79 Au Gold	73 Ta Tantalum

يستخدم النيكل في الميكروفون وأيضاً في التوصيلات الكهربائية الأخرى. السبائك التي تحتوي على البراسيوديميوم، الجادولينيوم والنيوديميوم تشارك في المغناطيس داخل السماعة والميكروفون. يتم استخدام النيوديميوم، التيربيوم والديسبروسيوم في وحدة الاهتزاز.

28 Ni Nickel	66 Dy Dysprosium	59 Pr Praseodymium
65 Tb Terbium	60 Nd Neodymium	64 Gd Gadolinium

يستخدم السيليكون لبناء رقائق الهاتف. تتأكسد مناطق معينة من الرقاقة المعزولة إلى أكسيد السيليكون. يتم إضافة عناصر مختلفة إلى السيليكون لجعله موصلًا كهربائيًا.

14 Si Silicon	8 O Oxygen	51 Sb Antimony
33 As Arsenic	15 P Phosphorus	31 Ga Gallium

يتم استخدام القصدير والرصاص في لحام التوصيلات الإلكترونية. الهواتف خالية من الرصاص ويتم اللحام باستخدام خليط من القصدير والنحاس والفضة.

50 Sn Tin	82 Pb Lead
-----------------	------------------

عادةً ما تكون العلب مصنوعة من سبائك المغنيسيوم. وأحياناً من البلاستيك. عندما يتعلق الأمر بالبلاستيك، فإنه يحتوي على معيقات الاحتراق، التي يحتوي معظمها على البروم. كما أنه مدمج في علبه من النيكل، مما يقلل من التداخل الكهرومغناطيسي.

6 C Carbon	12 Mg Magnesium
35 Br Bromine	28 Ni Nickel

الشاشة

أكسيد قصدير الإنديوم عبارة عن خليط من الأكاسيد المستخدمة لإنشاء طبقة شفافة موصلة للكهرباء وهي مهمة لتشغيل شاشات اللمس.

49 In Indium	8 O Oxygen
50 Sn Tin	

زجاج الشاشة: الزجاج في معظم الهواتف الذكية هو من نوع سيليكات الألومنيوم، ويتكون من خليط من أكسيد الألومنيوم ($Al_2O_3(s)$) وأكسيد السيليكون ($SiO_2(s)$). هذا الزجاج معزز بأيونات البوتاسيوم التي تقوي الزجاج.

13 Al Aluminium	14 Si Silicon
8 O Oxygen	19 K Potassium

مجموعة متنوعة من مركبات الفلزات النادرة من عائلة اللانثانيدات مسؤولة عن إنتاج الألوان في شاشة الهاتف الذكي. تحمي بعض المركبات أيضاً من تغلغل الأشعة فوق البنفسجية لداخل الجهاز.

39 Y Yttrium	57 La Lanthanum	65 Tb Terbium
59 Pr Praseodymium	63 Eu Europium	66 Dy Dysprosium
64 Gd Gadolinium		

البطارية

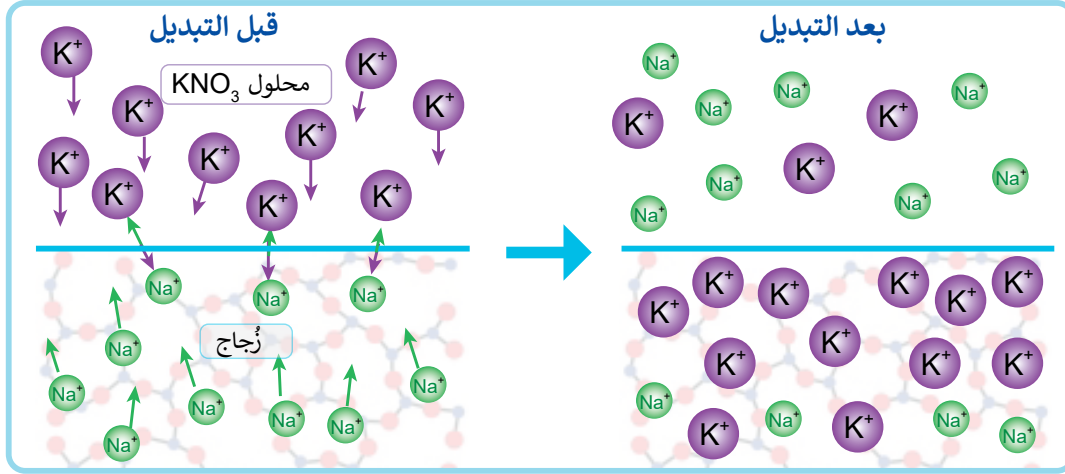
البطارية في الهاتف الذكي من نوع ليثيوم - أيون. الإلكترود الموجبة مصنوع من أكسيد كوبالت الليثيوم، $LiCoO_2(s)$ ، والإلكترود السالبة مصنوعة من الجرافيت، $C(s)$.

3 Li Lithium	27 Co Cobalt	8 O Oxygen
6 C Carbon	13 Al Aluminium	

رسم توضيحي 1. العناصر الأساسية في الهاتف الذكي. بالاعتماد على WWW.COMPOUNDCHEM.COM

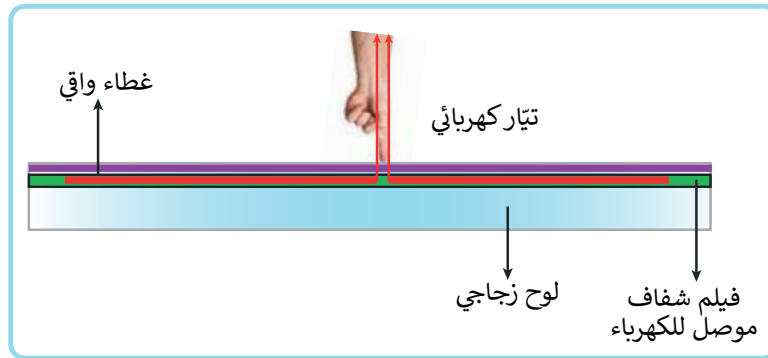
الشاشة والزجاج

شاشات اللمس مصنوعة بشكل أساسي من زجاج سيليكات الألومنيوم، وهو خليط من أكسيد الألومنيوم وثاني أكسيد السيليكون، ثم يتم وضعها في حمام ساخن من الملح المنصهر من نوع نترات البوتاسيوم. الهدف من هذا الإجراء هو السماح لأيونات الصوديوم الأصغر بمغادرة الزجاج وأيونات البوتاسيوم الأكبر لتحل محلها. تشغل الأيونات الأخيرة مساحة أكبر ويتم ضغطها على بعضها البعض عندما يبرد الزجاج، وفي هذه العملية يتم إنشاء طبقة ضغط على الزجاج مما يزيد من قوته ومقاومته ضد التلف الميكانيكي. هذا الزجاج قوي جدا ويُسمى Gorilla Glass



رسم توضيحي 2. تحضير زجاج الغوريلا

الزجاج المعزول لا يوصل للكهرباء. على الرغم من أن الزجاج يحتوي على أيونات، إلا أنها ثابتة في مكانها وتمنع تدفق الكهرباء. لذلك، يجب طلاء الشاشة الزجاجية بطبقة شفافة رقيقة من مادة موصلة، وعادة ما تكون أكسيد قصدير الإنديوم، والتي يتم وضعها عادةً في ألواح دقيقة من خيوط اللخمة لتشكيل نمط شبكي. تعمل هذه الشبكة الموصلة كمكثف وتخزن الشحنات الكهربائية. عند لمس الشاشة، يتم نقل القليل من الشحنات إلى الإصبع. تُسجّل الشاشة انخفاضاً في الجهد عند دخول هذه الشحنة الكهربائية إلى الإصبع، وتتم معالجة موقع انخفاض الجهد بواسطة برنامج وهذا ما يعطي أمراً للإجراء الناتج. يدخل هذا التيار الكهربائي الصغير في الإصبع لأن الجلد موصل للكهرباء - ويرجع ذلك أساساً إلى مزيج الملح والرطوبة في أطراف الأصابع. هذه هي الطريقة التي يصبح بها الجسم جزءاً من الدائرة، حيث يتدفق القليل من الكهرباء عبر الجسم في كل مرة نستخدم فيها شاشة اللمس في الهاتف. توجد أيضًا بعض العناصر النادرة Rare earths في الطبقة الدقيقة. تتواجد هذه العناصر بكميات صغيرة جدًا. تمتص الضوء المرئي وتُطليق الألوان التي تظهر على الشاشة.



رسم توضيحي 3. شاشة لمّس تكافئية

الإلكترونيكا

هناك مجموعة متنوعة من العناصر والمركبات التي تخدم إلكترونيات الهاتف الذكي. الرقاقة، مُعالج الهاتف، مصنوع من السيليكون النقي الذي يتعرض للأكسجين والحرارة من أجل إنتاج طلاء من أكسيد السيليكون على السطح. ثم تتم بعد ذلك إزالة أجزاء من طبقة أكسيد السيليكون للسماح بمرور التيار. السيليكون غير موصل للكهرباء دون أن يتم "تسميمه" بعناصر أخرى؛ تتضمن هذه العملية قصف السيليكون بمجموعة متنوعة من

العناصر، مثل الفوسفور، الأنتيمون، الزرنيخ، البورون، الإنديوم أو الجاليوم. يتم إنتاج أنواع مُختلفة من أشباه الموصلات (P أو N) اعتمادًا على العنصر "المُسمّم".

تتكوّن المُكوّنات الكهربائية الدقيقة والأسلاك في الهاتف بشكل أساسي من النحاس، الذهب والفضة. يُستخدم التنتالوم أيضًا كمُكوّن رئيسي في المكثفات الدقيقة. لعملية لحام المُكوّنات الإلكترونية، تمّ استخدام مزيج من القصدير، الفضة والنحاس في السنوات الأخيرة.

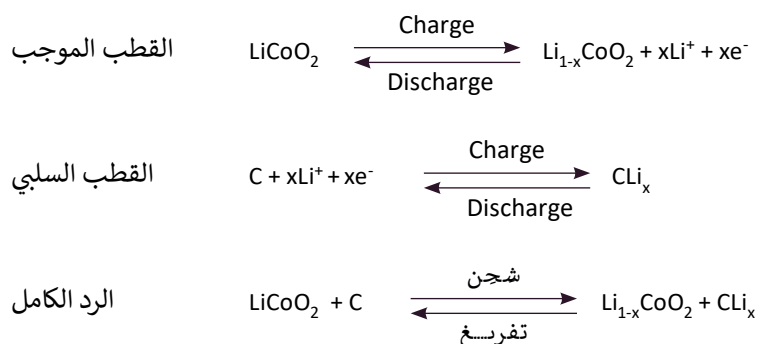
يحتوي ميكروفون الهاتف ومُكبر الصوت على مغناطيسات، والتي عادة ما تكون من سبائك النيوديميوم، الحديد والبورون، على الرغم من وجود الديسبروريوم والبرايسوديميوم في السبيكة أيضًا. هذه أيضًا موجودة في وحدة الاهتزاز بالهاتف.

البطارية

تعمل بطارية الليثيوم أيون الصناعية على تشغيل مُعظم الهواتف الذكيّة. وتتمثل ميزته في كثافة الطاقة العالية جدًا والقدرة على الحفاظ على عدد كبير من دورات التفريغ والشحن.

في البطارية التي تتكوّن من كاثود LiCoO_2 (C_(s)) وأنود الجرافيت (C_(s))، أثناء عملية التفريغ، تخرج أيونات الليثيوم من الجرافيت (الأنود)، وتُمرّ عبر الإلكتروليت غير المائي وتدخل بين طبقات أكسيد الكوبالت. يُغيّر الكوبالت درجة تأكسده وتحوّل الكاثود إلى أكسيد الليثيوم الكوبالت. هذه العملية مصحوبة بانتقال الإلكترونات من الأنود إلى الكاثود عن طريق الدائرة الخارجية وتتيح تفعيل أي جهاز.

عند الشحن، تخرج أيونات الليثيوم من أكسيد كوبالت ليثيوم وتعود عن طريق الإلكتروليت إلى مبنى طبقات الجرافيت، من خلال إطلاق الإلكترونات. في الواقع، تعتمد بطارية الليثيوم - أيون على دورات إقحام (إدخال) وإلغاء إقحام (إطلاق) أيونات الليثيوم في هيكل مُتعدّد الطبقات. تظهر أنصاف التفاعلات التي تحدث عند الأنود والكاثود أثناء الشحن والتفريغ أدناه:



حاز العلماء، أكيرا يوشينو ومايكل ستانلي ويتنجهام وجون جودناف، بسبب بطارية الليثيوم - أيون على [جائزة نوبل في الكيمياء لعام 2019](#)، وفي التعليق للجائزة كُتب من بين ما كُتب: "لقد أنتجوا عالمًا قابلاً للشحن. البطارية الخفيفة، القابلة للشحن والقوية يتم استعمالها اليوم في عدّة مجالات، بدءًا من الهواتف الذكيّة للحواسيب النقالة وحتى السيّارات الكهربائية. ويمكنها أيضًا تجميع الكثير من الطاقة من مصادر الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، وبالتالي تمكين مجتمع خالٍ من الوقود [...] لقد أحدثت هذه البطاريات ثورة في حياتنا منذ أن دخلت الأسواق لأول مرة في عام 1991، فقد أسست الأسس لمجتمع لاسلكي وخالٍ من الوقود، كما أنها تُعتبر مساهمة كبيرة للجنس البشري [...] "

في الختام، لا شك أنّ الهاتف الذكيّ - هو جهاز الذي يستخدم مجموعة مُتنوّعة من العناصر، وهو من بين الأجهزة التي يمكنها تعظيم مهنة الكيمياء.

المصادر

<https://www.independent.co.uk/news/science/mobile-phones-elements-periodic-table-endangered-chemicals-st-andrews-a8739921.html>

<https://www.compoundchem.com/2014/02/19/the-chemical-elements-of-a-smartphone/>

<https://www.acs.org/content/acs/en/education/resources/highschool/chemmatters/past-issues/archive-2014-2015/smartphones.html>

<https://www.sciencealert.com/watch-the-chemistry-of-a-smartphone>

<https://www.calcalist.co.il/local/articles/0,7340,L-3710873,00.html>

<https://www.energy.gov/eere/articles/how-does-lithium-ion-battery-work>

