**ЗАГАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ**

1 Особливості будови атомів металів

2 Фізичні властивості металів

3 Хімічні властивості

4 Способи отримання металів

5 Сплави

**1. Особливості будови атомів металів**

За найпершою класифікацією (А.Л. Лавуазьє та Й.Я. Берцеліус) прості речовини розділили на метали та неметали. До металів віднесли речовини з характерним „металічним” блиском, які можна кувати. М.В. Ломоносов дав таке визначення металів: ”Металлом называется светлое тело, которое ковать можно”. З розвитком хімії були виявлені інші властивості, характерні лише для металів.

Поділ хімічних елементів за складом зовнішніх електронних шарів на електронні родини дає змогу легко визначати місце металів у періодичній системі: це всі s-елементи (крім Н та Не), всі d-елементи, всі f-елементи. р-елементи потрібно поділити по діагоналі, яка проходить від Бору до Астату. Всі елементи нижче цієї діагоналі – метали.

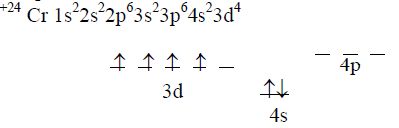
Атоми металів, на відміну від атомів неметалів, мають значно більший розмір атомних радіусів. Тому вони легко віддають валентні електрони, виступаючи відновниками. Відновні властивості металів зростають в електрохімічному ряду напруг металів від Au до К.

Найактивнішими є метали головної підгрупи ІА групи (валентність І), особливо Fr. Активними металами є також елементи ІІА групи (валентність ІІ), найактивніший з яких Ra.

Атоми металів побічних підгруп мають, як правило, у зовнішньому електронному шарі 1-2 електрони, а в передзовнішньому – більше восьми. Для цих металів характерні різні ступені окислення (залежно від кількості d-електронів на  передзовнішньому енергетичному рівні).

Наприклад:

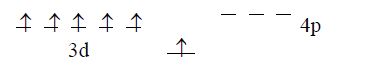
+24 Cr 1s22s22p63s23p64s23d4



У цьому стані характерний ступінь окислення для Хрому +2.

У збудженому стані:

+24 Cr\*



Тому можливі ступені окислення для Хрому у збудженому стані +3 (кожний із трьох електронів іону Cr3+ займає одну з орбіталей dxy, dxz, dyz, утворюючи систему з мінімальною енергією) та +6.

       В атомах d-елементів (перехідні метали) електрони заповнюють внутрішні енергетичні рівні, тому утримуються ядром сильніше, ніж електрони, розташовані на останньому енергетичному рівні. Цим і пояснюється те, що радіуси атомів елементів побічних підгруп менші, ніж передбачалися за аналогією з атомами металів головних підгруп за нормального заповнення електронних шарів. Тому й виникає різка зміна активності металів головних і побічних підгруп.

**2 Фізичні властивості металів**

Твердий агрегатний стан (за винятком ртуті), кристалічна структура, електро- та теплопровідність, специфічні механічні властивості (наприклад, пластичність). Вони непрозорі, мають металічний блиск. У найбільшій мірі властивість відбивати світло проявляється у срібла та індію, тому ці метали застосовуються при виготовлені звичайних та прожекторних дзеркал, рефлекторів. Метали мають блиск лише в компактному стані, а в дрібнодисперсному стані більшість з них чорного кольору і не мають блиску. (Наприклад, платинова чернь, або дрібнодисперсна мідь, яка витискається цинком із розчину мідного купоросу). Лише алюміній і магній зберігають металічний блиск навіть у порошкоподібному стані, вони здатні відбивати радіохвилі (ця властивість використовується в радіолокації).

      Щодо електропровідності: найкраще проводять струм золото, срібло, мідь, алюміній. З підвищенням температури електропровідність зменшується.

Пластичність металів (здатність прокатуватися в тонкі листи, витягуватися в дріт) зменшується в ряду: золото, срібло, мідь, свинець, цинк, залізо.

*Пластичність* – здатність змінювати форму без руйнування і зберігати її після припинення дії деформуючої сили. Найпластичніші – золото (з 1 г золота можна витягнути нитку довжиною 2000 м), срібло і мідь.

       За ступенем твердості всі метали значно відрізняються один від одного. Наприклад, калій та натрій – м’які метали, їх можна різати ножем, а хром – найбільш твердий – за твердістю близький до алмазу.

Температура плавлення та густина металів також змінюється в широких інтервалах.

Найбільш легкоплавкий метал – ртуть (температура плавлення -38,8 оС), найбільш тугоплавкий – вольфрам (температура плавлення 3390 оС). Тому вольфрам застосовують для виготовлення ниток розжарювання для електричних ламп. Метали, які мають температуру плавлення вище 1000оС, називаються тугоплавкими, нижче – легкоплавкими.

За густиною всі метали поділяють на легкі та важкі. До легких належать метали, густина яких менше 6 г/см3: лужні (Li, Na, K, Rb, Cs), лужноземельні (Ca, Sr, Ba), а також магній, берилій, скандій, титан, алюміній, ітрій тощо. Але не всі з цих металів мають необхідні в практичній діяльності людини механічні властивості. З іншого боку широке використання металу обмежується його вартістю. Найбільш легким металом є літій, густина якого 0,53г/см3, а найбільш важким – осмій, густина якого 22,7г/см3.

Метали відрізняються відношенням до електромагнітного поля.

За *магнітним властивостями* виділяють метали:

1. *парамагнітні* – втягуються в магнітне поле за рахунок неспарених електронів – *d*-елементи: ванадій, ніобій, тантал;

2. *діамагнітні* – виштовхуються з магнітного поля – цинк, ртуть, мідь;

3. *феромагнітні* – зберігають намагнічений стан протягом певного часу – залізо, кобальт, нікель.

Схожість фізичних властивостей металів (електропровідність, блиск, пластичність, тугоплавкість) пояснюється особливістю будови їх кристалічних ґраток та металічним зв’язком. Метали мають кристалічну структуру, і для них характерні три типи кристалічних ґраток: кубічна гранецентрована, кубічна об’ємноцентрована і гексагональна. Характерні властивості металів є наслідком їхньої будови. Електрони, які заповнюють міжатомний простір, відбивають світлові промені. Це викликає непрозорість і блиск металів. Електрони в процесі свого переміщення всередині кристалічної ґратки металу переносять теплову енергію від нагрітих шарів до холодних. Хаотичний рух електронів у середині металу під дією прикладеної електричної напруги перетворюється в направлений, так  метали проводять електричний струм. При підвищенні температури металу збільшується амплітуда коливання атомів та іонів, розташованих у вузлах кристалічної ґратки. Це ускладнює переміщення електронів, і електрична провідність металу зменшується. Від удару метал не руйнується, хоча окремі шари кристалічної ґратки при цьому зміщуються. Зчеплення між шарами весь час зберігається завдяки можливості вільного перерозподілу електронів.

Зі зростанням кількості електронів на зовнішньому електронному рівні, зростає енергія іонізації і активність металів зменшується. Окрім того, легкість віддачі електронів залежить від того, наскільки далеко вони розташовані від ядра. Зі зменшенням атомного радіуса електрони сильніше притягаються до ядра і тим важче їх відірвати.

Зі сказаного можна зробити висновок: *оскільки кількість електронів в атомах в межах періоду зростає зліва направо, а радіус атома зростає в межах групи зверху вниз, то активність металів буде зростати в періоді справа наліво, а у межах групи – зверху вниз*.

**3. Хімічні властивості**

Метали мають відновні властивості. В цьому полягає їх головна, найбільш важлива загальна хімічна властивість. Тому атоми металів перетворюються лише в позитивно (додатньо) заряджені йони.

В ряду Al, Be, Mg, Ca, Li, Na, K, Rb, Cs відновна властивість збільшується. Метали як відновники вступають в реакції з різними окисниками, серед яких можуть бути прості речовини, кислоти, солі менш активних металів і деякі інші сполуки.

Відношення металів до простих речовин:

Метали утворюють оксиди, наприклад:

2Са + O2 → 2СаO;         2Fe + O2 → 2FeO,

лужні метали поводять себе по-різному по відношенню до кисню:

4Li + O2 → 2Li2O;        літій оксид

2Na + O2 → Na2O2;        натрій пероксид

K + O2 → KO2.                калій надпероксид,

Метали взаємодіють із галоґенами:

Ca + Cl2 → CaCl2.

Найбільш активні метали головних підгруп настільки сильні відновники, що відновлюють навіть водень до ступеня окислення -1:

Ca + H2 → CaH2

               кальцій гідрид

Деякі платинові метали добре поглинають водень (1 об’єм паладію поглинає до 900 об’ємів водню), що зумовлює їх використання як каталізаторів в реакціях гідрування органічних сполук.

Менш енергійно метали взаємодіють із сіркою:

Fe + S https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/neorg_him_konspekt/img/img_51.jpg FeS.

Ще менш енергійно метали реагують з азотом і фосфором:

       3Mg + N2 → Mg3N2;

3Ca + 2P → Ca3P2.

Відношення металів до кислот:

Метали, що знаходяться в електрохімічному ряду напруг до водню, відновлюють йони гідрогену з розбавлених кислот (за винятком йонів гідрогену в HNO3):

2Al + 6HCl → 2AlCl3 + 3H2↑;

Fe + 2HCl → FeCl2 + H2↑.

 Метали, що знаходяться в ряду напруг  після водню, не відновлюють водень з розбавлених розчинів кислот. Тобто ці метали не взаємодіють з розведеними кислотами.

Розчини концентрованої сульфатної та нітратної кислот, а також розбавлені розчини нітратної кислоти, специфічно реагують з металами, при цьому утворюються такі продукти:

1) сіль певного металу,

2) продукт відновлення кислоти,

3) молекули води.

       Взаємодія з концентрованою сульфатною кислотою:

       – якщо метал знаходиться в електрохімічному ряду напруг до водню, то в результаті взаємодії з H2SO4 в залежності від умов перебігу реакції може відновлюватись SO2, S, H2S, наприклад:

       Zn + 2H2SO4 https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/neorg_him_konspekt/img/img_52.jpg ZnSO4 + SO2↑ + 2H2O;

       3Zn + 4H2SO4 https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/neorg_him_konspekt/img/img_53.jpg 3ZnSO4 + S + 4H2O;

4Mg + 5H2SO4 → 4MgSO4 + H2S↑ + 4H2O.

– якщо метал знаходиться в ряду напруг після водню, то з розчину H2SO4 відновлюється SO2:

Cu + 2H2SO4 → CuSO4 + SO2↑ + 2H2O;

2Ag + 2H2SO4 → Ag2SO4 + SO2↑ + 2H2O.

Взаємодія металів з азотною кислотою:

Таблиця. Взаємодія металів з азотною кислотою

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Активні метали  (Mg, Zn) | | | Метали середньої активності  (Fe, Cr, Ni) | | Малоактивні метали  (Pb, Cu, Hg, Ag) | | Благородні метали  (Au, Pt, Os, Ir) |
| з HNO3  конц. | з HNO3  розб. | з HNO3  дуже розб. | з HNO3 конц. | з HNO3  різної конц. | з HNO3 конц. | з HNO3  розбав. | з HNO3 будь-якої  конц. |
| NO | N2O або N2 | NH3 (солі амонію) | Не реагують | NO2, NO, N2O або NH3 | NO2 | NO | не реагують |

Відношення  металів до розчинів солей:

       При взаємодії з водними розчинами солей виконується таке правило: метали, які розташовані в електрохімічному ряду напруг ліворуч, відновлюють метали, що розташовані праворуч від них, з розчинів солей цих металів:

       Zn + Pb(NO3)2 → Zn(NO3)2 + Pb↓.

Тобто більш активний метал здатний відновлювати менш активний метал із розчину його солі.

Взаємодія з водою:

       Найбільш активні метали (Сa, Li, Na, K, Rb, Cs) реагують з водою за звичайних умов:

2Na + 2H2O → 2 NaOH + H2↑ (утворюються розчинні у воді основи – луги, і виділяється водень).

       Менш активні метали реагують з водою за підвищеної температури з виділенням водню і утворенням оксиду або гідроксиду відповідного металу:

       Zn + H2O https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/neorg_him_konspekt/img/img_54.jpg ZnO + H2↑.

       Відношення металів до основ:

       Метали, гідроксиди яких амфотерні (Be, Al, Zn), як правило, взаємодіють з розчинами і кислот, і лугів, наприклад:

       Be + 2HCl → BeCl2 + H2↑;

       Be + 2KOH + 2H2O → K2[Be(OH)4] + H2↑

       Таким чином, відношення металів до неметалів, води, кислот, лугів, розчинів солей менш активних металів підтверджує їх головну хімічну властивість – відновну здатність.

МЕТАЛІДИ.

       Метали можуть утворювати хімічні сполуки між собою. Вони називаються інтерметалічні сполуки або металіди (наприклад, Na2Sb, AlSb, NiSb тощо). У них найчастіше не зберігаються ступені окиснення, характерні для сполук з неметалами. Тип хімічного зв’язку в металідах – металічний. За зовнішнім виглядом вони схожі на метали. Їх твердість вища, а пластичність набагато менша, ніж у металів, що утворюють металід. Металіди знайшли практичне застосування як напівпровідники.

СПОСОБИ ОДЕРЖАННЯ МЕТАЛІВ

Значна хімічна активність металів призводить до того, що в земній корі вони зустрічаються переважно у вигляді сполук: оксидів, сульфідів, сульфатів, хлоридів, карбонатів тощо. Тільки деякі метали зустрічаються у вільному стані (наприклад, золото, платина, іноді срібло та мідь, може зустрічатися ртуть). Метали, які розташовані в електрохімічному ряду напруг ліворуч від водню, у вільному стані не зустрічаються.

       Золото та платину отримують або шляхом механічного відділення їх від тієї породи, в якій вони містяться, наприклад, шляхом промивання водою, або шляхом вилучення їх з породи різними реагентами з наступним виділенням з розчину. Всі інші метали добувають хімічною переробкою їх природних сполук.

       Мінерали та гірські породи, що містять в своєму складі метали або їх сполуки та придатні для промислового отримання металів, називаються рудами.

       Для виділення металів з їхніх сполук, що містяться в рудах, необхідно здійснити процес їх відновлення:

Men+ + n → Me0.

       Отримання металів з руд – завдання металургії. Металургія – це наука про промислові способи отримання металів із природної сировини. Сучасна металургія отримує більше 75 металів та сплави на їх основі.

       Розрізняють чорну та кольорову металургію. До чорної металургії відноситься виробництво заліза, а також марганцю та хрому, тобто металів, які використовують в якості добавок до заліза, а до кольорової – виробництво всіх інших металів та їхніх сплавів.

       Залежно від способів отримання металів розрізняють піро-, гідро- те електрометалургію.

       Пірометалургія займає провідне місце у металургії. Вона охоплює способи отримання металів з руд за допомогою реакцій відновлення, що проходять за високої температури. В якості відновників застосовують вугілля, чадний газ, водень, метан:

       Сu2O + C → 2Cu + CO;                                Сu2O + CO → 2Cu + CO2.

       куприт  кокс                                                куприт  чадний газ

       Якщо руда – сульфід металу, її попередньо переводять в оксид шляхом випалювання:

2ZnS + 3O2 → 2ZnO + 2SO2,

потім оксид металу відновлюють:

               ZnO + C → Zn + CO.

       Відновлення металів за допомогою більш активних металів, називають металотермією. Наприклад:

               Cr2O3 + 2Al → 2Cr + Al2O3;

               TiCl4 + 2Mg → Ti + 2MgCl2.

Прикладом практичного застосування алюмінотермії є методика заварювання тріщин на залізничних коліях: у форму закріплену на рейці поміщають суміш ферум (ІІІ) оксиду та алюмінієвого пилу, в який вставлено запальник. При підпалюванні запальника починається екзотермічна реакція :

Fe2O3 +2Al → Al2O3 + 2Fe

За рахунок великої кількості теплоти екзотермічної реакції залізо виділяється в розплавленому стані і заповнює тріщину в рейкі.

Металотермією зазвичай отримують ті метали, які при відновленні їхніх оксидів вуглецем утворюють карбіди. Це Mn, Cr, Ti, Mo, W тощо.

       Іноді метали відновлюють з оксидів воднем. Наприклад:

               MoO3 + 3H2 → Mo + 3H2O;

               WO3 + 3H2 → W + 3H2O,  так отримують більш чисті метали.

       Гідрометалургія охоплює способи отримання металів з розчинів їхніх солей. При цьому метали, що входять до складу руди, спочатку переводять у розчин за допомогою відповідних реактивів, а потім вилучають з цього розчину:

               CuO + H2SO4 → CuSO4 + H2O.

 Мідь переходить у розчин у вигляді сульфату, потім її вилучають з розчину електролізом або витісняють за допомогою  порошку заліза.

               CuSO4 + Fe → Cu + FeSO4.

Гідрометалургійним методом отримують до 25% усієї міді, яку видобувають. Так добувають і золото, якщо воно розсіяне у руді:

               4Au + 8KCN + O2 + 2H2O → 4K[Au(CN)2] + 4KOH;

               2K[Au(CN)2] + Zn → K2[Zn(CN)4] + 2Au.

       Електрометалургія охоплює способи отримання металів за допомогою електролізу. Цим способом добувають із розплавлених оксидів або солей головним чином легкі метали: алюміній, натрій тощо.  Наприклад, з розплаву NaCl при використанні інертних електродів:

https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/neorg_him_konspekt/img/img_56.jpg

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| –К | https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/neorg_him_konspekt/img/img_57.jpg | 2 |
| +А | https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/neorg_him_konspekt/img/img_58.jpg | 1 |
|  | https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/neorg_him_konspekt/img/img_59.jpg | |

       Отже в основі всіх способів отримання металів з їхніх сполук лежать окисно-відновні процеси.

СПЛАВИ

Поряд з цінними властивостями, метали мають і таки характеристики, які небажані при виготовленні різних виробів. Наприклад, мідь та алюміній мають гарну електро- і теплопровідність, пластичність, але вони м’які, легко деформуються, і тому в чистому вигляді є непридатними для виготовлення металічних виробів. Тому частіше використовують сплави. Сплави – це системи, які складаються з двох або декількох металів та  мають властивості, характерні для металічного стану.

Ознаки, за якими можна класифікувати сплави:

* за кількістю компонентів: подвійні, потрійні тощо;
* за структурою: гомогенні (однофазні), гетерогенні (суміші), що складаються з декількох фаз;
* за характером металу, що складає основу сплаву –  чорні (сталь, чавун), кольорові (сплави алюмінію, міді, нікелю і т.д.);
* за характерними властивостями (тугоплавкі, легкоплавкі, жароміцні, високоміцні, тверді, корозійностійкі);
* за технологічними ознаками: ливарні (для виготовлення деталей ливарними шляхом) та деформаційні (піддаються штампуванню, прокату та іншим видам обробки).

До складу сплавів можуть входити також неметали, наприклад, вуглець, кремній, бор. Властивості сплавів дуже різноманітні, вони залежать від складу сплаву та його внутрішньої структури.

Температура плавлення сплавів зазвичай нижча, а міцність і твердість вища, ніж у компонентів, які його утворюють. Сплав золота і срібла має більшу твердість, тоді як окремі метали є порівняно м’якими. Хімічний зв’язок у сплавах металічний. Сплави мають меншу електричну провідність і теплопровідність, ніж метали, що їх утворюють. Корозійна стійкість багатьох сплавів вища, ніж індивідуальних металів.

**Найбільш важливі сплави кольорових металів:**

Сплави на основі міді:

Латунь – сплав міді (від 60 до 90%) і цинку (40-10%). Міцніший за мідь, стійкий до окиснення. Застосовується в машинобудуванні, виготовленні побутових виробів.

Бронза. Давня справжня бронза – це сплав міді і 8-10% олова. Зараз олов’яна бронза поступово витісняється іншими бронзами, які мають кращі конструкційні властивості, до того ж, олово – дефіцитний метал. Алюмінієві бронзи містять 5-11% алюмінію. Наприклад, з алюмінієвої бронзи роблять розмінну монету „мідь”, виготовляють авіаційні двигуни. Свинцева бронза містить 25-28% свинцю, застосовується для виготовлення підшипників. Кремнієва бронза містить 4-5% кремнію, використовується  як дешевий замінник олов’яної бронзи.

Мідно-нікелеві сплави:

Мельхіор. Містить 29-33% нікелю, стійкий до дії морської води, перегрітого пару та інших агресивних середовищ. Застосовують для виготовлення побутових речей: виделок,  ложок, ножів. Мельхіор із вмістом нікелю 18-20% іде на виготовлення монет „срібло”. Нейзільбер – сплав міді, нікелю (13,5-16,5%) та цинку (18-22%) – з нього виготовляють медичні інструменти, побутовий посуд, художні вироби.

Сплави на основі нікелю:

Ніхром – сплави нікелю з хромом і з добавкою інших металів. Наприклад, 80% нікелю, 20% хрому або 60% нікелю, 25% заліза, 15% хрому. Їх використовують для виготовлення нагрівальних приладів.

Сплави на основі алюмінію:

Силуміни. Сплав алюмінію (85-90%) з кремнієм (10-15%). За міцністю силуміни не гірші від сталі, але набагато легші і мають винятково високі ливарні властивості, широко застосовуються в машинобудуванні.

Дюралюмін. Це складний сплав: ≈ 4% міді, 1% магнію, 1% кремнію, 1% мангану та 93% алюмінію. Для них характерні високі механічні властивості, за твердістю вони наближаються до сталі, але в 3 рази легші за неї. Алюмінієві сплави широко застосовуються в авіаційній техніці, авто- та кораблебудуванні, також їх використовують для обшивки літаків, автобусів.

***Класифікація металів.***

Існують різноманітні способи класифікації металів. Наведемо загальну класифікацію з урахуванням фізичних властивостей металів.

Усі метали поділяють на дві велику групи: *чорні та кольорові*.

***Чорні метали*** – темно-сірого кольору, з високою густиною (крім лужноземельних), мають високі температури плавлення та кипіння, високу твердість. Серед них виділяють:

1. *метали родини заліза* – Fe, Co, Ni, а також Mn. Їх застосовують для одержання сплавів заліза;

2. *тугоплавкі метали* – температура плавлення яких перевищує температуру плавлення заліза (1536 0С) – Мо, W. Застосовуються як легуючі добавки до сталей;

3. *уранові метали* – актиноїди – метали ІІІВ підгрупи V періоду;

4. *рідкісноземельні метали* – лантаноїди – метали ІІІВ підгрупи VII періоду;

5. *лужні та лужноземельні метали* – елементи ІА та ІІА підгруп.

***Кольорові метали*** – забарвлені (жовті, червоні, білі), м’які, пластичні, мають низькі температури плавлення та кипіння. Їх поділяють на:

1. *легкі метали* – лужні метали, Be, Mg, Al (густина не більша 5 г/см3);

2. *благородні метали* – Ag, Au, метали родини платини (VIIIB підгрупа, 5 і 6 період). Усі вони хімічно малоактивні.

3. *легкоплавкі метали* – температура плавлення яких нижча від температури плавлення заліза.

## Цікаві факти про метали

* Самим твердим металом на Землі є хром. Цей блакитно-білий метал був відкритий в 1766 році під Єкатеринбургом.
* І навпаки, найбільш м’якими металами є алюміній, срібло та мідь. Завдяки своїй м’якості вони знайшли широке застосування в різних областях, наприклад, в електроапаратобудуванні.
* Золото – яке протягом століть було самим дорогоцінним металом має і ще одну цікаву властивість – це самий пластичний метал на Землі, що володіє до того ж відмінною тягучістю та ковкістю. Також золото не окислюється при нормальній температурі (для цього його треба нагріти до 100°С), володіє високою теплопровідністю і вологостійкістю. Напевно всі ці фізичні характеристики роблять справжнє золото таким цінним.
* Ртуть – унікальний метал, перш за все тим, що він єдиний з металів, що має рідку форму. Причому в природних умовах ртуті в твердому вигляді не існує, оскільки її температура плавлення -38°С, тобто в твердому стані вона може існувати в місцях, де просто таки дуже холодно. А при кімнатній температурі 18°С ртуть починає [випаровуватися](https://www.poznavayka.org/uk/fizika-uk/viparovuvannya-viznachennya-umovi-i-osoblivosti-protsesu/).
* Вольфрам цікавий тим, що це найбільш тугоплавкий метал у світі, щоб він почав плавитися потрібна температура 3420°С. Саме з цієї причини в електричних лампочках нитки розжарювання, що приймають основний тепловий удар, виготовлені з вольфраму.