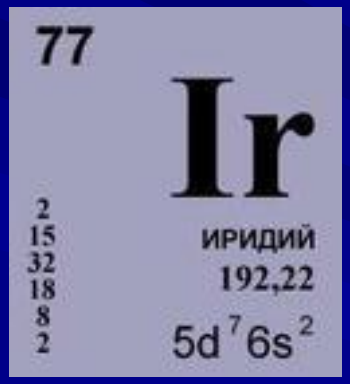
# ИРИДИЙ



# Общая характеристика элемента

**Ири́дий** — химический элемент с атомным номером 77 в периодической системе, обозначается символом Ir (лат. *Iridium*). Иридий — очень твёрдый, тугоплавкий, серебристо-белый переходный металл платиновой группы, обладающий высокой плотностью и сравнимый по этому параметру только с осмием (плотности Os и Ir практически равны с учётом расчетной погрешности). Имеет высокую коррозионную стойкость даже при температуре 2000 °C. Иридий был открыт в 1803 году английским химиком С. Теннантом одновременно с осмием, которые в качестве примесей присутствовали в природной платине, доставленной из Южной Америки. Название (др.-греч. ἶρις — радуга) получил благодаря разнообразной окраске своих солей. В соединениях проявляет степени окисления +3, +4, реже другие от +1 до +6.

# Как себя чувствует атом?

Электрон в атоме может переходить из данного состояния в состояния, характеризуемые меньшими значениями энергии, при этом, как правило, испускается квант электромагнитного излучения. Или, наоборот, в состояния, характеризуемые более высокими значениями энергии, тогда переход осуществляется, как правило, после того, как атом подвергся какому-либо внешнему воздействию, например, он поглотил квант электромагнитного излучения или провзаимодействовал с другой какой-либо частицей.

Если энергия одного из электронов в атоме больше некоторого нормального значения, принимаемого за энергию основного состояния, то такой атом называется возбужденным или, иначе, находящимся в возбужденном состоянии. Обычно возбужденное состояние атома не может существовать долго. Либо самостоятельно, либо опять-таки под воздействием какой-либо внешней причины такой атом переходит из возбужденного состояния в основное, излучая при этом один или несколько квантов.

# Основное и возбужденное состояние атома

1s2 2s2 2p6 3s2 3p6 4s2 3d10 4p6 5s2 4d10 5p6 6s2 4f14 5d7

Валентный слой - 5d7

1s2 2s2 2p6 3s2 3p6 4s2 3d10 4p6 5s2 4d10 5p6 6s2 4f14 5d7 6s2

Валентный слой - 6s2

# Соединения двухвалентного иридия

- *IrCl2* — блестящие тёмно-зелёные кристаллы. Плохо растворяется в кислотах и щёлочах. При нагревании до 773 °C разлагается на IrCl и хлор, а выше 798 ° C — на составные элементы. Получают нагреванием металлического иридия или IrCl3 в токе хлора при 763 °C.

Ir+Cl2 IrCl2

- *IrS* — блестящее тёмно-синее твёрдое вещество. Мало растворим в воде и кислотах. Растворяется в сульфиде калия. Получают нагреванием металлического иридия в парах серы.

Ir+S IrS

# Соединения трехвалентного иридия

- *Ir2O3* — твёрдое тёмно-синее вещество. Малорастворим в воде и этаноле. Растворяется в серной кислоте. Получают при лёгком прокаливании сульфида иридия (III).

Ir2(SO4)3+6NaOH□Ir2O3+3Na2SO4+3H2O

2IrCl3+6NaOH□Ir2O3+6NaCl+3H2O

- *IrCl3* — летучее соединение оливково-зелёного цвета. Плотность — 5,30 г/см³. Малорастворим в воде, щелочах и кислотах. При 765 °C разлагается на IrCl2 и хлор, при 773 °C на IrCl и хлор, а выше 798 °C — на составные элементы. Получают действием хлора на нагретый до 600 °C иридий.

2Ir+3Cl2□2IrCl3

- *IrBr3* — оливково-зелёные кристаллы. Растворяется в воде, мало растворим в спирте. Дегидратируется при нагревании до 105—120 °C. При сильном нагревании разлагается на элементы. Получают взаимодействием IrO2 с бромоводородной кислотой.

2IrO2*2H2O+8HBr3□2IrBr3*4H2O+Br2

- *Ir2S3* — твёрдое коричневое вещество. Разлагается на элементы при нагревании выше 1050 °C. Мало растворим в воде. Растворяется в азотной кислоте и растворе сульфида калия. Получают действием сероводорода на хлорид иридия (III) или нагреванием порошкообразного металлического иридия с серой при температуре не выше 1050 °C в вакууме.

Ir+2□Ir2S3

# Соединения четырехвалентного иридия

- *IrO2* — чёрные тетрагональные кристаллы с решёткой типа рутила. Плотность — 3,15 г/см³. Малорастворим в воде, этаноле и кислотах. Восстанавливается до металла водородом. Термически диссоциирует на элементы при нагревании. Получают нагреванием порошкообразного иридия на воздухе или в кислороде при 700 °C, нагреванием IrO2*n*H2O.

Ir+O2 IrO2

- *IrF4* — жёлтая маслянистая жидкость, разлагающаяся на воздухе и гидролизующаяся водой. tпл 106 °C. Получают нагреванием IrF6 с порошком иридия при 150 °C.

2IrF6+Ir 3IrF4

- *IrCl4*— гигроскопичное коричневое твёрдое вещество. Растворяется в холодной воде и разлагается тёплой (водой). Получают нагреванием (600—700 °C) металлического иридия с хлором при повышенном давлении.

2IrCl3+Cl2 2IrCl4

- *IrBr4* — расплывающееся на воздухе синее вещество. Растворяется в этаноле; в воде (с разложением), диссоциирует при нагревании на элементы. Получают взаимодействием IrO2 с бромоводородной кислотой при низкой температуре.

IrO2+4HBr IrBr4+2H20

- *IrS2* — твёрдое коричневое вещество. Малорастворим в воде. Получают пропусканием сероводорода через растворы солей иридия (IV) или нагреванием порошкообразного металлического иридия с серой без доступа воздуха в вакууме.

Ir+2S IrS2

- *Ir(OH)4* (IrO2·2H2O) образуется при нейтрализации растворов хлороиридатов(IV) в присутствии окислителей. Осадок Ir2O3·*n*H2O выпадает при нейтрализации щёлочью хлороиридатов (III) и легко окисляется на воздухе до IrO2. Практически нерастворим в воде.

# Соединения шестивалентного иридия

- *IrF6* — жёлтые тетрагональные кристаллы. tпл 44 °C, tкип 53 °C, плотность — 6,0 г/см³. Под действием металлического иридия превращается в IrF4, восстанавливается водородом до металлического иридия. Получают нагреванием иридия в атмосфере фтора в трубке из флюорита. Сильный окислитель, реагирует с водой и монооксидом азота.

$Ir+3F_2 \rightarrow IrF_6$

- *IrS3* — серый, малорастворимый в воде порошок.Получают нагреванием порошкообразного металлического иридия с избытком серы в вакууме. Строго говоря, не является соединением шестивалетного иридия, так как содержит связь S-S.

$IrCl_4+7S \rightarrow IrS_3+2S_2Cl_2$

# Распространение в природе и месторождения

Содержание иридия в земной коре ничтожно мало (10−7 масс. %). Он встречается гораздо реже золота и платины. Встречается вместе с родием, рением и рутением. Относится к наименее распространённым элементам. Иридий относительно часто встречается в метеоритах. Не исключено, что реальное содержание металла на планете гораздо выше: его высокая плотность и высокое родство к железу могли привести к смещению иридия вглубь Земли, в ядро планеты, в процессе её формирования из расплава.

Иридий содержится в таких минералах, как невьянскит, сысертскит и ауросмирид.

Коренные месторождения осмистого иридия расположены в основном в перидотитовых серпентинитах складчатых областей (в ЮАР, Канаде, США, на Новой Гвинее).

# Основные химические свойства

Иридий устойчив на воздухе при обычной температуре и нагревании, при прокаливании порошка в токе кислорода при 600—1000 °C образует в незначительном количестве $IrO_2$. Выше 1200 °C частично испаряется в виде $IrO_3$. Компактный иридий при температурах до 100 °C не реагирует со всеми известными кислотами и их смесями. Свежеосажденная иридиевая чернь частично растворяется в царской водке с образованием смеси соединений Ir(III) и Ir(IV). Порошок иридия может быть растворён хлорированием в присутствии хлоридов щелочных металлов при 600—900 °C или спеканием с $Na_2O_2$ или $BaO_2$ с последующим растворением в кислотах. Иридий взаимодействует с $F_2$ при 400—450 °C, а с $Cl_2$ и S при температуре красного каления.

$2IrF_6+10H_2O \rightarrow 2Ir(OH)_4+12HF+O_2$

$IrF_6+NO \rightarrow NO[IrF_6]$

# Основные физические свойства

Иридий представляет серебристо-белый очень твердый и довольно ломкий металл, в котором различимы отдельные кристаллы. При температуре красного каления он малоковкий, однако поддается обработке напильником и полировке. Плотность 22,65 г/см3, Тпл.= 2447°С. Кристаллическая структура — кубическая гранецентрированная с периодом *a0*=0,38387 нм; электрическое сопротивление — 5,3·10−8Ом·м (при 0 °С); коэффициент линейного расширения — 6,5·10−6 град; модуль нормальной упругости — 52,029·106 кг/мм².

Стабильными являются изотопы 191Ir и 193Ir. Период полураспада 192Ir — 74 дня.

# Биологическое значение и экологическая безопасность

Не играет никакой биологической роли. Металлический иридий нетоксичен, но некоторые соединения иридия, например, его гексафторид (IrF6), очень ядовиты.

$Ir + 3F_2 \rightarrow IrF_6$

# Применение

- Особый интерес в качестве источника электроэнергии вызывает его ядерный изомер иридий-192m2 (имеющий период полураспада 241 год).
- Сплавы с W и Th — материалы термоэлектрических генераторов, с Hf — материалы для топливных баков в космических аппаратах, с Rh, Re, W — материалы для термопар, эксплуатируемых выше 2000 °C, с La и Ce — материалы термоэмиссионных катодов.
- Иридий используется также для изготовления перьев для ручек. Небольшой шарик из иридия можно встретить на кончиках перьев и чернильных стержней, особенно хорошо его видно на золотых перьях, где он отличается по цвету от самого пера.
- Иридий в палеонтологии и геологии является индикатором слоя, который сформировался сразу после падения метеоритов.
- Иридий, наряду с медью и платиной, применяется в свечах зажигания двигателей внутреннего сгорания (ДВС) в качестве материала для изготовления электродов, делая такие свечи наиболее долговечными (100—160 тыс. км пробега автомобиля) и снижая требования к напряжению искрообразования. Изначально использовался в авиации и гоночных автомобилях, затем, по мере снижения стоимости продукции, стал употребляться и на массовых автомобилях. В настоящее время такие свечи доступны для большинства двигателей, однако являясь наиболее дорогими.
- Иридий-192 является радионуклидом с периодом полураспада 74 сут, широко применяемым в дефектоскопии, особенно в условиях, когда генерирующие источники не могут быть использованы (взрывоопасные среды, отсутствие питающего напряжения нужной мощности).