# План

1. Загальна характеристика
   1. Фізичні властивості
   2. Електронна конфігурація та будова атома
2. Історія відкриття
3. Методи отримання та дослідження
4. Хімічні властивості
5. Використання
6. Список використаної літератури

# *Розділ 1. Загальна характеристика*

*Фізичні властивості:*

Атомний номер: **87**  
Атомна маса: **223,0197**  
Густина: **1870 кг/м3**

Температура плавлення: **27.0 °C (300.15 °K, 80.6 °F)**   
Температура кипіння: **677.0 °C (950.15 °K, 1250.6 °F)**Кількість протонів/електронів: **87**   
Кількість нейтронів: **136** (ізотоп **87Fr223**)Температура плавлення: **18-21°С**

*Електронна конфігурація та будова атома:*

### Електронна конфігурація: 1s22s22p63s23p63d104s24p6 4d104f145s25p65d106s26p67s1

### Будова атома:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ***Кількість енергетичних рівнів:******7***    **Перший енергетичний рівень:** **2** ел.  **Другий енергетичний рівень:** **8** ел. **Третій енергетичний рівень: 18** ел. **Четвертий енергетичний рівень: 32** ел. **П’ятий енергетичний рівень: 18** ел.  **Шостий енергетичний рівень: 8** ел**. Сьомий енергетичний рівень: 1** ел. |

### *Найбільш стабільні ізотопи:*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ***Ізотоп*** | ***Період напіврозпаду*** | ***Вид радіоактивності*** | ***Результат розпаду*** |
| Fr-212 | 20.0 хв | α/β+ | At-208/Rn-212 |
| Fr-221 | 4.8 хв | α/β– | At-217/Ra-221 |
| Fr-222 | 14.3 хв | β– | Ra-222 |
| Fr-223 | 21.8 хв | α/β– | At-219/Ra-223 |
| Fr-225 | 4.0 хв | β– | Ra-225 |
| Fr-210 | 3.18 хв | α/β+ | At-206/Rn-210 |

# *Розділ 2. Історія відкриття*

Кажуть, що немає правил без виключень. І якщо вважати правилом той факт, що історія відкриття хімічних елементів зв’язана насамперед із представниками сильної половини людства, то приємним виключенням будуть три жіночих імені, якими вправі пишатися слабка стать: Марія Склодовська-Кюрі – першовідкривач полонію і радію, Іда Ноддак (Такке), що відкрила реній, і Маргарет Пере, якій судилося відкрити франций. Анітрохи не применшуючи величезних заслуг Марії Склодовської-Кюрі та Іди Ноддак, відмітимо, що науковий успіх вони поділяли зі своїми чоловіками П’єром Кюрі і Вальтером Ноддаком, у той час як Маргарет Пере при «народженні» францію обійшлася «без сторонньої допомоги».

Відкриття елементу № 87 (а саме під цим номером значиться францій у таблиці елементів) хіміки усього світу чекали довго – практично сім десятиліть. Справа в тім, що Д. І. Менделєєв, споруджуючи стрункий будівлю своєї періодичної системи, не завжди мав «під рукою» підходящий «будівельний» матеріал, і тому багато клітинок таблиці залишилися порожніми. Але геніальний учений розумів, що ці порожнечі – справа тимчасова: відповідні їм «цеглинки» повинні існувати в природі, але поки їм вдається залишатися непоміченими. Менделєєв не тільки вказав майбутнє «місце проживання» ряду елементів, але і з великою точністю передбачив фізичні й хімічні властивості цих незнайомців.

Життя незабаром підтвердило блискучий прогноз ученого: у 1875 році були відкриті галій (Менделєєв називав його ека-алюмінієм, справедливо вважаючи, що по властивостях він буде схожий на свого сусіда зверху по таблиці елементів), у 1879 році – скандій (ека-бор), а в 1886 році – германій (ека-силіцій).

У статті «Природна система елементів і застосування її до вказівки властивостей невідкритих елементів», опублікованої в 1871 році, Менделєєв писав: «Потім у десятому ряді можна чекати ще основних елементів, що належать до I, II і III груп. Перший з них повинний утворювати оксид R2O, другий – RO, а третій – R2O3; перший буде подібний із цезієм, другий – з барієм, а всі їхні оксиди повинні володіти, звичайно, характером найенергійніших основ».

Йшли роки, науці ставали відомі все нові й нові елементи, але клітинка з номером 87, заброньована за ека-цезієм, продовжувала пустувати, незважаючи на численні спроби вчених ряду країн розшукати її законного власника. І хоча йому вдавалося вислизнути від допитливого погляду дослідників, багато його властивостей, зумовлених «географічним положенням» у періодичній системі, вже були відомі науці.

Так, не викликало сумнівів, що елемент № 87 повинен бути надійним хоронителем лужних «традицій», що міцніють від літію до цезію. Цим обумовлювалася насамперед його висока реакційна здатність (вище, ніж у цезію), у зв’язку з чим він міг бути присутнім у природі лише у виді солей, що володіють більшою розчинністю, ніж у всіх інших солей лужних металів. Оскільки від літію до цезію знижувалася температура плавлення (від 180,5 до 28,5°С), резонно було думати, що ека-цезій у звичайних умовах повинний подібно ртуті знаходитися в рідкому стані. Для лужних металів (окрім літію) характерна ще одна закономірність: чим більше масове число елемента (тобто чим нижче він розташований у періодичній таблиці), тим менше його знаходиться в земній корі. Якщо врахувати, що вже на частку цезію в природі приходиться зовсім небагато атомів, то розташований під ним елемент № 87 міг і зовсім виявитися найрідкіснішим з рідкісних. Нарешті, радіоактивні «нахили» його сусідів праворуч (про які згадував у статті Менделєєв) – відкритих наприкінці XIX століття радію й актинію – дозволяли стверджувати, що і ека-цезій повинен мати радіоактивність.

Властивості елемента № 87 визначили два основних напрямки пошуку: одні вчені розраховували знайти його в мінералах лужних металів або в багатих ними водах мінеральних джерел і морів; інші воліли вести розшук на радіоактивних тропах, сподіваючись знайти ека-цезій серед продуктів розпаду сусідніх із ним елементів.

У 1913 році англійський радіохімік Дж. Кренстон повідомив, що він помітив у одного з ізотопів актинію слабке альфа-випромінювання (поряд з характерним для цього ізотопу бета-випромінюванням). Учений припускав, що при цьому може утворитися ізотоп елементу № 87. Через рік подібні результати були отримані австрійськими радіохіміками Мейером, Гессом і Панетом, що знайшли при дослідах з ізотопом актинію «незвані» альфа-частинки. «Ці частки утворяться при альфа-розпаді звичайно бета-активного 227Ас, – писали вони, – ...продуктом розпаду повинен бути ізотоп елементу № 87». Але припущення – ще не науковий факт, тим більше, що для сумнівів було чимало основ: по-перше, помічене альфа-випромінювання було настільки слабким, що не виходило за межі можливих погрішностей експерименту: по-друге, досліджуваний препарат актинію цілком міг містити домішки, «проживаючого» поруч протактинію, що здатний випромінювати альфа-частинки і тому міг легко ввести вчених в оману. Хоча ці дослідники, як з'ясувалося пізніше, знаходилися на правильному шляху, до відкриття елементу № 87 було ще далеко – цієї події залишалося чекати рівно чверть століття...

У 1925 році англієць І. Фріенд вирішив відправитися в Палестину, щоб вивчити води Мертвого моря, багаті лужними металами. «Уже кілька років назад, – писав він, – мені спало на думку, що якщо ека-цезій здатний до постійного існування, то його можна буде знайти в Мертвому морі». Що ж, ідея ця не позбавлена була змісту, але скільки не намагався вчений знайти рентгеноспектральним аналізом хоча б сліди елементу № 87, бажаних результатів він так і не домігся.

За допомогою спектроскопу намагалися виявити невловимий елемент і багато інших дослідників; адже саме він допоміг відкрити рубідій і цезій – найближчих родичів елементу № 87 по лужному сімейству. Не тільки концентрати морських солей, але і крупиці найрідших мінералів, зола грибів і попіл сигар, спалений цукор і кістки викопних тварин – здавалося б, усі потенційні власники атомів ека-цезію з'являлися перед об’єктивом спектроскопу, але прилад знову й знову засмучував експериментаторів.

Однак у вчених, що шукали ека-цезій, було не тільки засмучення, але і радість, часто, щоправда, передчасні: деякі їх «відкриття», яскраво спалахнувши спочатку, при перевірці виявлялися помилковими і тому швидко «закривалися». Так, у 1926 році в пресі з'явилося повідомлення англійських хіміків Дж. Дрюса і Ф. Лоринга про те, що вони нібито спостерігали лінії 87-го елементу на рентгенограмах сульфату марганцю і дали йому назва алкаліній. Через три роки американський фізик Ф. Аллісон опублікував дані своїх магнітооптичних досліджень, що дозволили йому, як він думав, знайти сліди шуканого елементу в малопоширених мінералах лужних металів – самарскиті, поллуциті і лепідоліті. На честь свого рідного штату вчений пропонував назвати 87-й віргінієм. У 1931 році його співвітчизникам Дж. Пепішу і Е. Вайнеру начебто б удалося спектроскопічним методом підтвердити наявність ліній віргінію в самарскіті, але незабаром з'ясувалося, що причиною появи незнайомих ліній був дефект кальцитового кристалу, встановленого в спектроскопі, яким користувалися вчені.

У 1937 році румунський хімік Г. Хулубей заявив, що ека-цезій знайдений їм у поллуциті, і запропонував іменувати новий елемент молдавієм. Але ні алкалінію, ні віргінію, ні молдавію не довелось зайняти вакантну клітинку в лівому нижньому куті періодичної таблиці.

Продовжували пошуки і прихильники радіоактивного напрямку. Ще в 1925 році одеський хімік Д. Добросердов висловив на сторінках «Українського хімічного журналу» розуміння про фізичні і хімічні властивості ека-цезію, підкресливши, зокрема, що він «неодмінно повинний бути досить радіоактивним елементом». Але вчений при цьому помилково припустив, що радіоактивність калію і рубідію обумовлена домішками 87-го елементу, який він пропонував назвати руссієм, якщо честь відкриття випаде на долю вчених-росіян.

Роком пізніше цікаві результати удалося одержати відомим радіохімікам О. Гану (Німеччина) і Д. Хевеши (Угорщина). Ретельне дослідження радіоактивних рядів деяких ізотопів актинію показало, що при альфа-розпаді одного з них утворюється ізотоп ека-цезію, щоправда, з кожного мільйона атомів вихідної речовини можна одержати лише кілька атомів 87-го елементу.

Така була ситуація в науці до 1938 року, коли в пошуки ека-цезію включилася Маргарет Пере – співробітниця паризького Інституту радію, учениця Марії Склодовської-Кюрі. Насамперед Пере вирішила повторити вже на той час давні експерименти Мейера, Гесса і Панета. Недарма кажуть, що часто в науці «нове – це добре забуте старе». Підтвердженням цього може служити історія відкриття елементу № 87.

Проробивши досліди, Пере, подібно своїм попередникам, знайшла присутність тих же альфа-частинок. Необхідно було довести, що їх джерелом є не домішки протактинію, а актиній. Провівши воістину ювелірне очищення актинію від усіх можливих домішок і «дочірніх продуктів» (тобто продуктів його радіоактивного розпаду), а потім досліджувавши отриманий найчистіший препарат актинію, Пере з'ясувала, що ізотоп цього елементу з масовим числом 227 має «радіоактивну вилку», або, інакше кажучи, здатний розпадатися по двох напрямках – з випромінюванням бета- і альфа-частинок. Правда, «зуби» у цієї вилки виявилися далеко не однаковими: лише в 12 випадках з тисячі ядра актинію випускали альфа-частинки, у всіх же інших випадках вони випромінювали бета-частинки (тобто електрони), перетворюючи в ядра ізотопу торію. Ну, а що ж відбувалося при альфа-випромінюванні?

Розрахунок показував, що, викинувши альфа-частинку (тобто ядро гелію), ядро ізотопу актинію «худло» рівно настільки, щоб стати не чим іншим, як ядром ізотопу 87-го елементу. Дійсно, у результаті досвідів з'являвся продукт розпаду актинію з властивостями важкого лужного радіоактивного металу. Це і був ніколи раніше не зафіксований у природі довгоочікуваний ека-цезій, точніше, його ізотоп з масовим числом 223. Так у 1939 році був відкритий один із останніх доуранових елементів. На честь своєї батьківщини Пере назвала його францієм.

# *Розділ 3. Методи отримання та дослідження*

Францій-223 довгий час був єдиним ізотопом, що застосовувався в дослідах по вивченню хімічних властивостей елементу № 87. Тому природно, що хіміки шукали методи прискореного виділення його з 227Ас. У 1953 році М. Пері і відомий французький радіохімік Ж. Адлов розробили експрес-метод виділення цього ізотопу за допомогою паперової хроматографії,

За цим методом розчин 227Ас, що містить 223Fr, наноситься на кінець паперової стрічки, що занурюється в спеціальний розчин. При русі розчину по паперовій стрічці відбувається розподіл по ній радіоелементів. 223Fr, як лужний метал, рухається з фронтом розчинника і відкладається після інших елементів. Пізніше Адлов запропонував використовувати для виділення 223Fr складну органічну сполуку -тенойлтрифторацетон (ТТА). Описаним методом за   
10–40 хвилин удається виділити чистий препарат францію-223. Через малий період напіврозпаду працювати з цим препаратом можна не більше двох годин, після чого утворюється помітна кількість дочірніх продуктів і потрібно або очищати францій від них, або виділяти його заново.

З розвитком техніки прискорення іонів і створенням циклотронів були розроблені нові методи одержання францію. При опроміненні торієвих або уранових мішеней протонами високих енергій утворяться ізотопи францію. Найбільш стійким з них виявився францій-212 з періодом напіврозпаду 19,3 хвилини. За 15 хвилин опромінення 1 г урану пучком протонів з енергією 660 МеВ на синхроциклотроні Лабораторії ядерних проблем Об'єднаного інституту ядерних досліджень у Дубні утворюється 5∙10–13г францію-212 з активністю 2,5∙107розпадів за хвилину.

Виділення францію з опромінених мішеней – процес досить складний. За дуже короткий час його потрібно виділити з суміші, що містить майже всі елементи періодичної системи. Кілька методик виділення францію з опроміненого урану розроблено радянськими радіохіміками А. К. Лаврухіною, А. А. Позняковим і С. С. Родіним, а з опроміненого торію – американським радіохіміком Е. Хайдом. Виділення францію засноване на осадженні його з нерозчинними солями (перхлоратом або кремневольфраматом цезію) або з вільною кремневольфрамовою кислотою. Час виділення францію цими методами складає 25–30 хвилин.

Ще один спосіб одержання францію заснований на реакціях, що відбуваються при опроміненні мішеней зі свинцю, таллію або золота багатозарядними іонами бора, вуглецю або неону, прискореними на циклотронах або лінійних прискорювачах. Придатні такі пари «мішень + снаряд»: Pb+B; Tl+C; Au+Ne. Приміром, францій-212 утворюється при опроміненні золотої фольги іонами неону-22 з енергією 140 МеВ:

79Au197 + 10Ne22 = 89Ac219 = 87Fr 212+ 2He4 + 30*n*1

Як же здійснюються «алхімічні» процеси XX століття? Найтоншу золоту фольгу (товщиною усього кілька мікрон), поміщену в касету, опромінюють прискореними іонами неону – відбувається ядерна реакція, у результаті чого утворюється ізотоп францію з масовим числом 212. Після півгодинної «артпідготовки» касету з фольгою доставляють у лабораторію, де в захисній шафі за допомогою маніпулятора опромінене золото витягають з касети. Зовні фольга виглядає так само, як і перед дослідом; насправді ж вона містить десятки тисяч атомів францію. Відверто кажучи, зовсім не густо, але сучасним ученим найчастіше приходиться мати справу буквально з декількома атомами речовини. Так, елемент № 101 (згодом названий мендєлєвієм) був відкритий американськими вченими, коли в них «у руках» побувало всьго 17 атомів, та й то не одночасно, а в результаті приблизно дюжини експериментів (по 1–2 у кожному). Так що десятки тисяч атомів – це цілий скарб.

Отже, францій одержаний, але робота з ним тільки починається: адже його треба витягти з золота й очистити від усіх інших осколків розпаду атомних ядер, а вже потім піддати детальному дослідженню. Усе це треба проробити воістину з «космічною» швидкістю, оскільки період напіврозпаду ізотопу францію, який одержують при «обстрілі» золота, лише 19 хвилин.

Спочатку фольгу розчиняють у «царській горілці» і за допомогою спеціальних «золотоуловлювачів» видаляють весь дорогоцінний (але зовсім зайвий у даній ситуації) метал. Тепер треба переконатися, що ця операція пройшла успішно: електронні прилади, в основі роботи яких лежить метод мічених атомів, категорично «заявляють», що в розчині немає жодного атома золота. Але все ще не вилучені інші домішки. Якщо вони залишаться, то досліджувати францій безглуздо, тому що картина може бути перекручена і вчені отримають неправдиву інформацію. А відпущений час невблаганно скорочується.

Позбавлений золота розчин кілька разів проганяють крізь колонку, що заповнена речовиною, що жадібно поглинає всі зайві продукти ядерних реакцій і пропускає лише францій. І ось нарешті очищення закінчене. Крапельку розчину розміщають у поглиблення на тефлоновій пластинці й опромінюють могутнім потоком інфрачервоних променів. Через кілька секунд від краплі нічого не залишається. Але випарувався тільки розчин, а атоми францію повинні «лежати» на пластинці. Щоб переконатися в цьому, її вставляють у камеру чутливого приладу, де створюється вакуум, і крихітна неонова лампочка сигналізує про те, що францій є. Але чому горить лише одна з багатьох лампочок? Це означає, що францій чистий. Якби до нього приєднались сторонні атоми, то загорілися би й інші лампочки. Але, на щастя, непотрібної ілюмінації немає – можна приступати до хімічного дослідження францію. А на цю завершальну і, мабуть, найвідповідальнішу стадію експерименту відведені лічені хвилини, інакше від францію залишаться лише спогади. Не випадково вчені в жарт називають такі досліди «хімією на бігу».

Найбільш зручна і швидка методика виділення ізотопів францію з опроміненого золота розроблена радянськими радіохіміками Н. Мальцевою і М. Шалаєвським. Францій екстрагують нітробензолом у присутності тетрафенілборату зі стовпчика, заповненого силікагелем.

За допомогою всіх цих методів отримано 18 ізотопів францію з масовими числами від 203 до 213 і від 218 до 224.

За роки, що пройшли з часу відкриття францію, пророблено безліч дослідів, виконані сотні розрахунків. Сьогодні науці відомі основні фізичні і хімічні властивості цього елемента. Його густина 1,87 г/см3, температура кипіння приблизно 670°С, а от у відношенні точки плавлення францію у вчених немає єдиної точки зору. Справа в тім, що вимірити цю температуру поки що не вдається, оскільки наука не в змозі синтезувати францій у вагових кількостях; інакше кажучи, було б що плавити, тоді було б і що вимірювати. Правда, сьогодні радіохіміки вміють працювати і з так званими субмікроскопічними кількостями речовини (так, маса вперше отриманого в металічному стані берклію складала всьго п’ять мільйонних часток грама). Але і тоді результати визначення температури плавлення францію не можна було б вважати точними, тому що чим менше розмір часток речовини, тим нижче точка його плавлення (наприклад, частки золота розміром 0,01 мікрона плавляться не при 1063°С, як властиво золоту, а лише при 887°С).

Тому шукану характеристику францію вчені одержують лише теоретично – шляхом зіставлення властивостей інших лужних металів, з’ясування існуючого між ними взаємозв'язку й екстраполяції, тобто продовження встановленої графічної залежності в область, для якої немає експериментальних даних. Але цей шлях не дає настільки точних результатів, як сучасні способи виміру температури. Звідси і розбіжності, що залежать від того, які теоретичні передумови покладені в основу розрахунку.

# *Розділ 4. Хімічні властивості*

Теоретично францій повинен бути практично повним хімічним аналогом своїх найближчих сусідів по групі лужних металів – цезію та рубідію. Зокрема, його ступінь окислення у сполуках завжди має становити +1, а сам елемент в металічному стані має бути найактивнішим з усіх металів.

Усі досліди по вивченню хімічних властивостей францію проводилися, звісно, з ультрамалими кількостями цього елемента. У розчинах було лише 10–13 – 10–9г францію. При таких концентраціях можуть стати важливими процеси, про які ми звичайно забуваємо, маючи справу з макрокількостями речовини. Наприклад у цих умовах радіоактивний ізотоп може «втратитися» з розчину, адсорбувавшись на стінках посудин, на поверхні осадів, на можливих домішках… Тому, здавалося б, вивчаючи властивості францію, варто оперувати більш концентрованими розчинами. Але в цьому випадку виникають нові труднощі через процеси радіолізу й іонізації.

І все-таки, незважаючи на всі труднощі, отримані деякі достовірні дані про хімічні властивості францію. Найбільш повно вивчено осадження францію з різними нерозчинними сполуками. Він випадає з розчину разом із хлороплатинатами цезію і рубідію Cs2PtCl6 і Rb2PtCl6, хлоровісмутатом Cs2BiCl6, хлоростаннатом Cs2SnCl6 і хлороантимонатом цезію Cs2SbCl6 ∙ 2,5 H2O, а також вільними гетерополікислотами – кремневольфрамовою і фосфорновольфрамовою.

Францій легко адсорбується на йонообмінних смолах (сульфокатіонітах) з нейтральних і слабокислих розчинів. За допомогою цих смол легко відокремити францій від більшості хімічних елементів. От, мабуть, і всі успіхи.

# *Розділ 5. Використання*

Звичайно, говорити про хоч якесь практичне застосування в техніці й виробництві речовини, тривалість «життя» якої становить близько 22 хв, не доводиться, проте певні завдання в науці францій вже виконує.

Ізотоп 223Fr знаходить обмежене застосування – для визначення 227Ac по β-випроміненню дочірнього 223Fr, а також для дослідження міграції іонів важких лужних металів у біологічних об'єктах.

Характерне для францію випромінювання дозволяє, наприклад, швидко визначити, чи є в тих чи інших природних об'єктах його «прабатько» актиній.

Для медицини безсумнівний інтерес представляє здатність францію накопичуватися в пухлинних тканинах, причому (що особливо важливо) навіть на початкових стадіях захворювання. Завдяки цьому елемент можна використовувати для ранньої діагностики саркоми. Такі досліди вже успішно проведені на пацюках. Майбутнє безсумнівно розкриє й інші «здібності» францію, а поки...

# *Розділ 6. Список використаної літератури*

1. С. И. Венецкий.  О редких и рассеяных (Рассказы о металлах). – Москва: Металлургия, 1980. – 184 с.
2. Н. А. Фигуровский «Открытие элементов и происхождение их названий. – Москва: Наука, 1970.
3. Н. Л. Глинка. Общая химия. Под редакцией канд. хим. наук В. А. Рабиновича. – Ленинград: «Химия», 1985.
4. И. Г. Хомченко, Общая химия: учебник. – Москва: ООО изд. «Новая Волна»: ЗАО «Издательский дом ОНИКС». 1999 г. – 464 с. © Хомченко И. Г., 1997 г.
5. Г. П. Хомченко, И. К. Цитович. Неорганическая химия.– Киев: «Высшая школа», 1978г.
6. Э. Т. Оганесян Неорганическая химия. – Киев: «Высшая школа», 1984г.
7. Химия – справочник школьника. «Дрофа», 1997.
8. Stwertka, Albert. A Guide to the Elements. New York: Oxford University Press, 1998.
9. Weast, Ph. D., Robert C., "Francium." Handbook of Chemistry and Physics. 56th edition. 1975-1976.
10. http://www.webelements.com/ elements/text/Fr