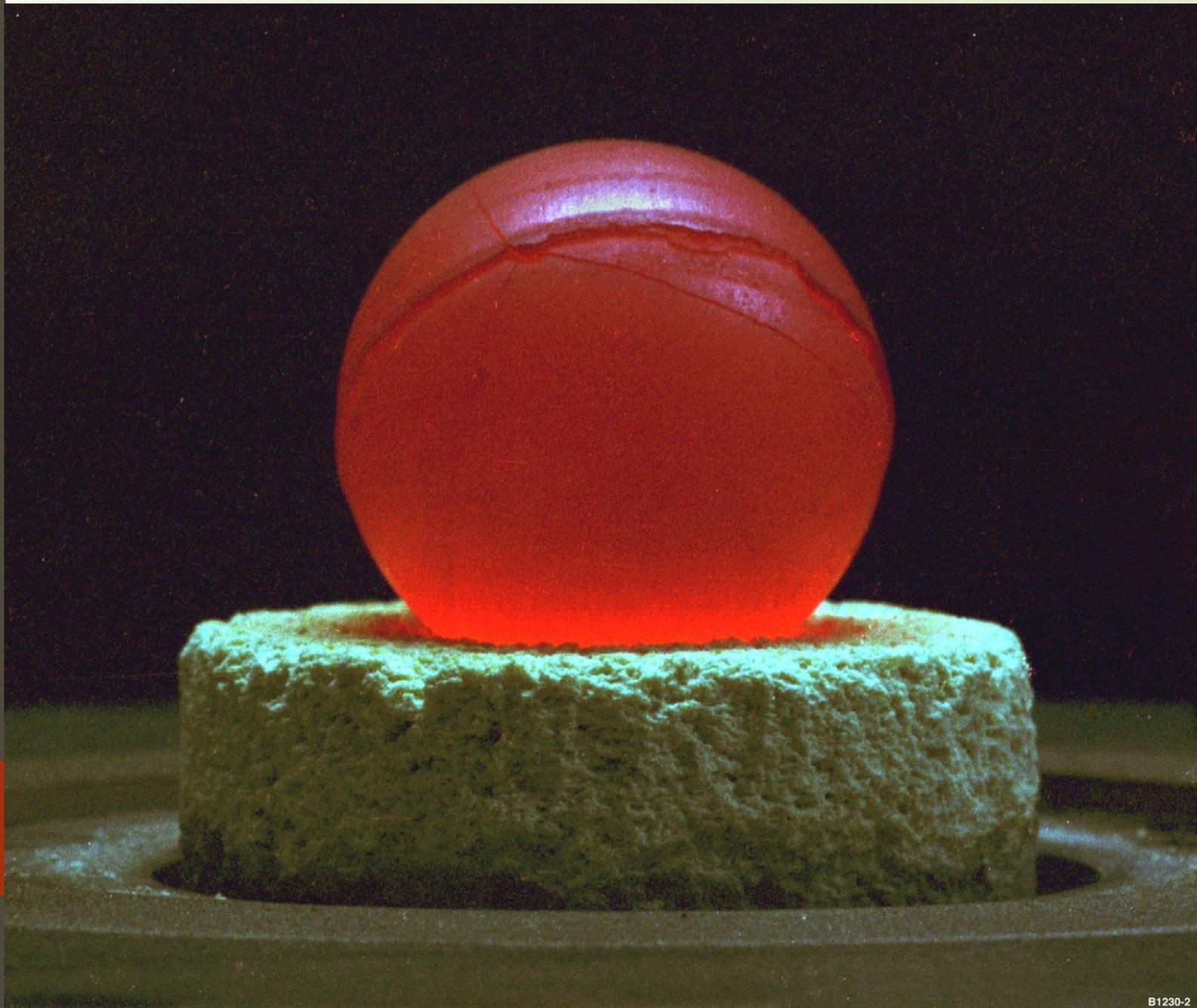
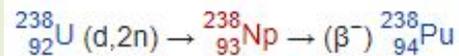


ПЛУТОНИЙ



Открытие плутония

Открытие плутония группой сотрудников Калифорнийского университета в Беркли под руководством Г. Т. Сиборга было совершено с помощью 60-дюймового циклотрона. Первая бомбардировка октаоксида триурана-238 ($^{238}\text{U}_3\text{O}_8$) дейтронами, разогнанными в циклотроне до 14—22 МэВ и проходящими через алюминиевую фольгу толщиной 0,002 дюйма (50,8 мкм), была произведена 14 декабря 1940 года. Сравнивая образцы, полученные и выдержанные в течение 2,3 суток, с выделенной фракцией чистого нептуния, учёные обнаружили существенную разницу в их альфа-активностях и предположили, что её рост через 2 суток обусловлен влиянием нового элемента, являющегося дочерним по отношению к нептунью. Дальнейшие физические и химические исследования продолжались 2 месяца. В ночь с 23 на 24 февраля 1941 года был проведён решающий эксперимент по окислению предполагаемого элемента с помощью пероксиддисульфат-ионов и ионов серебра в качестве катализатора, который показал, что нептуний-238 спустя два дня претерпевает бета-минус-распад и образует химический элемент под номером 94 в следующей реакции:



Происхождение названия

Первое Печатное Упоминание Термина *Плутоний* Датируется 21 Марта 1942 Года. Название 94-му Химическому Элементу Было Предложено Артуром Валем И Гленном Сиборгом. В 1948 Году Эдвин Макмиллан Предложил Назвать 93-й Химический Элемент *Нептунием*, Так Как Планета Нептун — Первая За Ураном. По Аналогии В Честь Второй Планеты За Ураном, Плутона, Был Назван Плутоний. Открытие Плутона Произошло Через 10 Лет После Открытия Карликовой Планеты (Примерно Такой Же Отрезок Времени Понадобился На Открытие Урана И На Именовании 92-го Химического Элемента).

Первоначально Сиборг Предложил Назвать Новый Элемент «Плутием», Однако Позже Решил, Что Название «Плутоний» Звучит Лучше. Для Обозначения Элемента Он В Шутку Привёл Две Буквы «Pu» — Это Обозначение Представилось Ему Наиболее Приемлемым В Периодической Таблице. Также Сиборгом Были Предложены Некоторые Другие Варианты Названий, Например, *Ультимий* (Англ. *Ultimium* От Лат. *Ultimus* — Последний), *Экстремий* (*Extremium* От Лат. *Extremus* — Крайний), Из-за Ошибочного В То Время Суждения, Что Плутоний Станет Последним Химическим Элементом В Периодической Таблице. Однако Элемент Назвали «Плутоний» В Честь Последней Планеты Солнечной Системы.

Тринити и Толстяк

Первое ядерное испытание под названием Тринити, проведённое 16 июля 1945 г. возле города Аламогордо, Нью-Мексико, использовало плутоний в качестве ядерного заряда. В Штучке (англ.) (взрывное устройство) использовались обычные линзы для того, чтобы сжать плутоний для достижения критических размеров и плотности. Это устройство было создано для пробы нового типа ядерной бомбы «Толстяк» на основе плутония. Одновременно с этим из Ежа (англ.) начали поступать нейтроны для ядерной реакции. Устройство было сделано из полония и бериллия; этот источник применялся в первом поколении ядерных бомб, так как в то время единственным источником нейтронов считалась эта композиция. Вся эта композиция позволила достичь мощного ядерного взрыва. Полная масса бомбы, использованной при ядерном испытании Тринити, составляла 6 т, хотя в ядре бомбы было всего 6,2 кг плутония, а предполагаемая высота для взрыва над городом составляла 225—500 м. Приблизительно 20 % использованного плутония в этой бомбе составило 20000 т в тротиловом эквиваленте.



Бомба Толстяк была сброшена на Нагасаки 9 августа 1945. В результате взрыва моментально погибло 70 тыс. человек и ранено ещё 100 тыс. Она имела схожий механизм: сделанное из плутония ядро помещалось в сферическую алюминиевую оболочку, которая обкладывалась химической взрывчаткой. Во время детонирования оболочки плутониевый заряд сжимался со всех сторон и его плотность перерастала критическую, после чего начиналась цепная ядерная реакция. В Малыше, сброшенном на Хиросиму тремя днями ранее, использовался уран-235, но не плутоний. Япония 15 августа подписала соглашение о капитуляции. После этих случаев в СМИ было опубликовано сообщение о применении нового химического радиоактивного элемента — плутония.

Физические свойства

Плутоний имеет аномально низкую для металлов температуру плавления (примерно 640°C) и необычно высокую температуру кипения (3235°C). Свинец является более лёгким металлом, чем плутоний примерно в два раза (разница в плотности составляет $19,86 - 11,34 \approx 8,52 \text{ г/см}^3$).

Как и у остальных металлов, коррозия плутония увеличивается с увеличением влажности. Некоторые исследования утверждают, что влажный аргон может быть более корродирующим элементом, чем кислород; это связано с тем, что аргон не реагирует с плутонием, и, как следствие, плутоний начинает растрескиваться^{[110][~ 10]}.

Альфа-распад, который сопровождается испусканием ядер гелия, является наиболее распространённым видом радиоактивного распада изотопов плутония. Типичный ядерный боеприпас имеет около 5 кг плутония, в котором находится примерно $12,5 \cdot 10^{24}$ атомов. С учётом периода полураспада 24000 лет каждую секунду в таком заряде распадается около $11,5 \cdot 10^{12}$ атомов, выделяя 5,157 МэВ благодаря альфа-частицам. В пересчёте на количество энергии это составляет 9,58 Вт. Тепло, производимое благодаря распаду ядер и испусканию ими альфа-частиц, делает плутоний тёплым на ощупь^{[56][112]}.

Плутоний обладает самым высоким удельным электрическим сопротивлением среди всех изученных актиноидов (на данный момент), которое составляет $150 \text{ мкОм} \cdot \text{см}$ (при $+22^\circ\text{C}$). Его твёрдость составляет 261 кг/мм^3 (для $\alpha\text{-Pu}$).

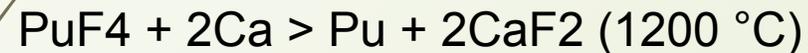
Благодаря тому, что плутоний радиоактивен, он со временем претерпевает изменения в своей кристаллической решётке. Плутоний претерпевает некое подобие отжига также благодаря самооблучению из-за повышения температуры выше 100 К.

Химические свойства

Плутоний проявляет четыре степени окисления в водных растворах и одну очень редкую:

- Pu^{III} , в качестве Pu^{3+} (светло-фиолетовый),
- Pu^{IV} , в качестве Pu^{4+} (шоколадный),
- Pu^{V} , в качестве PuO_2^+ (светлый),
- Pu^{VI} , в качестве PuO_2^{2+} (светло-оранжевый),
- Pu^{VII} , в качестве PuO_5^{3-} (зелёный) — также присутствуют семивалентные ионы.

Металлический плутоний получается благодаря реакции его тетрафторида с барием, кальцием или литием при температуре 1200 °С:



Он реагирует с кислотами, кислородом и их парами, но только не с щелочами (в растворах которых заметно не растворяется, как и большинство актиноидов). Быстро растворяется в хлороводороде, иодоводороде, бромоводороде, 72 % хлорной кислоте, 85 % ортофосфорной кислоте, концентрированной CCl_3COOH , сульфаминовой кислоте и кипящей концентрированной азотной кислоте. Плутоний инертен к концентрированным серной и уксусной кислотам; в их растворах медленно растворяется, то есть реагирует и образует соответствующие соли. При температуре 135 °С металл самовоспламенится благодаря реакции с кислородом, а если его поместить в атмосферу тетрахлорметана, то взорвётся.

Применение плутония

Промышленный химический элемент принято классифицировать на оружейный и реакторный («энергетический») плутоний.

Так, для производства ядерного вооружения из всех существующих изотопов допустимо применять только плутоний 239, в котором не должно быть более 4.5% плутония 240, так как он подвержен самопроизвольному делению, что значительно затрудняет изготовление боевых снарядов.

Плутоний-238 находит применение для функционирования малогабаритных радиоизотопных источников электрической энергии, к примеру, в качестве источника энергии для космической техники.

Несколько десятилетий тому назад плутоний применяли в медицине в кардиостимуляторах (приборы для поддержания сердечного ритма).

Первая атомная бомба, созданная в мире, имела плутониевый заряд. Ядерный плутоний ($\text{Pu } 239$) востребован как ядерное топливо для обеспечения функционирования энергетических реакторов. Также этот изотоп служит источником для получения в реакторах трансплутониевых элементов.

Первая атомная бомба, созданная в мире, имела плутониевый заряд. Ядерный плутоний ($\text{Pu } 239$) востребован как ядерное топливо для обеспечения функционирования энергетических реакторов. Также этот изотоп служит источником для получения в реакторах трансплутониевых элементов.

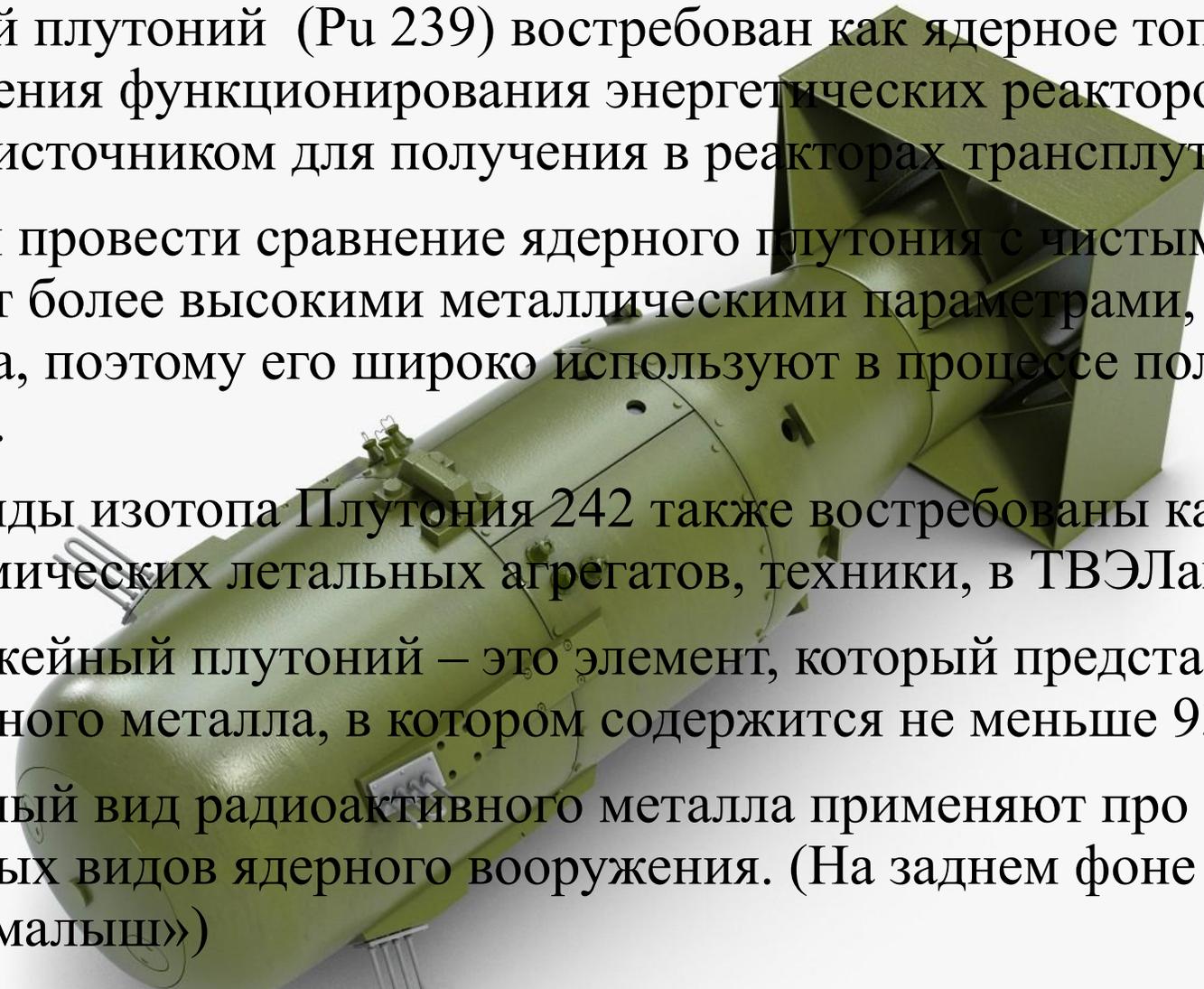
Если провести сравнение ядерного плутония с чистым металлом, изотоп обладает более высокими металлическими параметрами, не имеет фаз перехода, поэтому его широко используют в процессе получения элементов топлива.

Оксиды изотопа Плутония 242 также востребованы как источник питания для космических летальных агрегатов, техники, в ТВЭЛах.

Оружейный плутоний – это элемент, который представлен в виде компактного металла, в котором содержится не меньше 93% изотопа $\text{Pu}239$.

Данный вид радиоактивного металла применяют при производстве различных видов ядерного вооружения. (На заднем фоне изображена атомная бомба «малыш»)

Получают оружейный плутоний в специализированных промышленных атомных реакторах, которые функционируют на природном или на низкообогащенном уране, в результате захвата им нейтронов.



ИЗОТОПЫ ПЛУТОНИЯ

Из изотопов плутония на данный момент известно о существовании 19-ти его нуклидов с массовыми числами 228—247. Только 4 из них нашли своё применение. Свойства изотопов имеют некоторую характерную особенность, по которой можно судить об их дальнейшем изучении — чётные изотопы имеют большие периоды полураспада, чем нечетные (однако данное предположение относится только к менее важным его нуклидам).

Министерство энергетики США делит смеси плутония на три вида:

1. оружейный плутоний (содержание ^{240}Pu в ^{239}Pu менее 7 %)
2. топливный плутоний (от 7 до 18 % ^{240}Pu) и
3. реакторный плутоний (содержание ^{240}Pu более 18 %)

Всего два изотопа этого элемента (^{239}Pu и ^{241}Pu) являются более способными к ядерному делению, нежели остальные; более того, это единственные изотопы, которые подвергаются ядерному делению при действии тепловых нейтронов. Среди продуктов взрыва термоядерных бомб обнаружены также ^{247}Pu и ^{255}Pu , периоды полураспада которых несоизмеримо малы.

Токсичность плутония

Все соединения плутония являются чрезвычайно ядовитыми веществами, сильнейшими радиоактивными ядами. Данные свойства проявляются как следствие α -излучения, так как зачастую приходится работать с α -активными изотопами (например, ^{239}Pu). Альфа-частицы представляют серьёзную опасность в том случае, если их источник находится в теле заражённого. При этом они повреждают окружающие элементы ткани организма. Хотя плутоний способен излучать γ -лучи и нейтроны, которые могут проникать в тело снаружи, их уровень слишком мал для того, чтобы причинить вред здоровью. Разные изотопы плутония обладают разной токсичностью, например, типичный реакторный плутоний в 8—10 раз токсичнее чистого ^{239}Pu , так как в нём преобладают нуклиды ^{240}Pu , который является мощным источником альфа-излучения.

Плутоний самый радиотоксичный элемент из всех актиноидов, однако считается отнюдь не самым опасным элементом

При ингаляции плутоний обладает канцерогенными свойствами и способен вызвать рак лёгкого. Однако следует помнить, что при попадании с пищей ^{14}C и ^{40}K гораздо более канцерогенны. Тем не менее, сам по себе плутоний крайне токсичен, так как имеет свойство концентрироваться в кроветворных участках костей и может вызвать заболевания через много лет после его попадания.

Самой вероятной формой попадания плутония в организм является его практически не растворимый в воде диоксид. Он применяется на АЭС в качестве источника электроэнергии. Следовательно, плутоний, из-за нерастворимости его оксида, имеет большие показатели полувыведения из организма.

Денатурированный плутоний

Если извлеченный из отработавшего топлива плутоний повторно использовать в реакторах на быстрых нейтронах, его изотопный состав постепенно становится менее пригодным для оружейного использования. После нескольких топливных циклов, накопление Pu-238, Pu-240 и Pu-242 делает его неупотребимым для этой цели. Подмешивание такого материала удобный метод "денатурировать" плутоний, или переработать отработавшее ядерное топливо, гарантируя нераспространение делящихся материалов. В основном это служит препятствием против использования реакторного плутония в низкотехнологичных дизайнах. Возросший выход тепла и радиация являются досаждающими помехами, но не серьезными препятствиями, хотя они и рождают значительные проектные ограничения и проблемы с обслуживанием. При усовершенствовании ЯВУ и организации надлежащего производственного процесса такие преткновения полностью преодолеваются.

Воспламеняемость

Металлический плутоний является пожароопасным, особенно если материал тонко измельчен. Во влажной среде плутоний образует на своей поверхности гидриды, которые являются пирофорными и могут воспламениться на воздухе при комнатной температуре. Плутоний расширяется до 70% по объему, так как он окисляется и, таким образом, может разбить свой контейнер. Радиоактивность горящего материала является дополнительной опасностью. Песок из оксида магния, вероятно, является наиболее эффективным материалом для тушения пожара плутония. Охлаждает горящий материал, выступая в качестве теплоотвода, а также блокирует кислород. Особые меры предосторожности необходимы для хранения или обработки плутония в любой форме; как правило, требуется атмосфера сухого инертного газа.

Список литературы:

- 1) Неорганическая химия в трёх томах / Под ред. Ю. Д. Третьякова. — М.: Издательский центр «Академия», 2007
- 2) <https://tvoi-uvelirr.ru/plutonij-opisanie-plutoniya-svojstva-plutoniya/>
- 3) <https://gufo.me/dict/bse/ПЛУТОНИЙ>
- 4) <http://himiya.gosstandart.info/himicheskie-elementy/aktinoidy/plutoniya/>
- 5) Радиоактивные вещества / Под общ. ред. акад. АМН СССР Ильина Л. А. и др. — Справ. изд. — Л.: "Химия", 1990