

Химия естественных радиоактивных элементов

Лекция-5



Дмитрий Иванович Мычко

доцент кафедры неорганической
химии

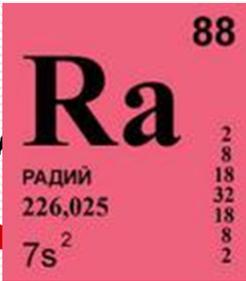
Белорусского государственного
университета,

кандидат химических наук, доцент

М.т.8-029-1147577; e-mail:

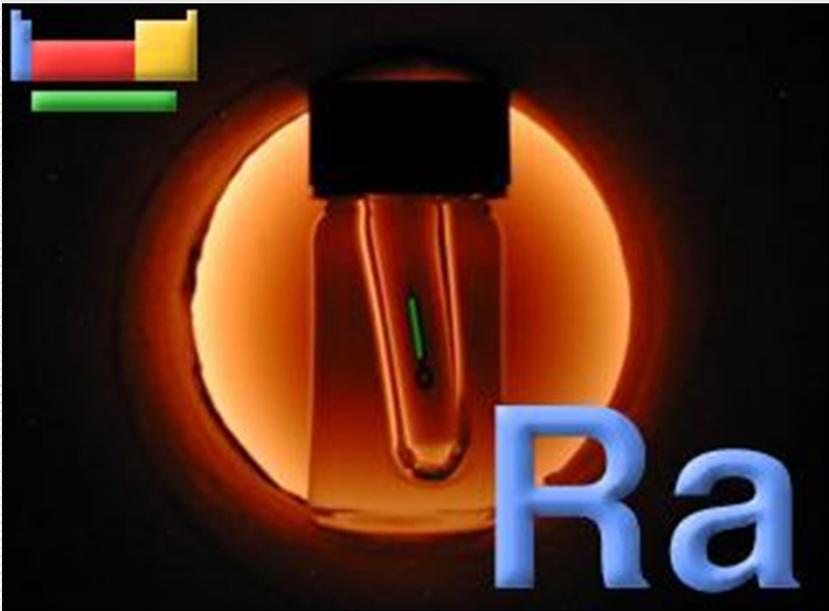
dimbsu@gmail.com

Радий



Домашнее задание

- Привести уравнения выделения радия из руды
 - Рассчитать, сколько необходимо переработать руды для выделения 1 г радия
 - Записать уравнения реакций, характеризующих свойства соединений радия как аналога бария
-





Химия радия

- ❑ **Радий** (лат. Radium), Ra,
 - ❑ радиоактивный химический элемент II группы периодической системы (самый тяжёлый элемент главной подгруппы),
 - ❑ атомный номер 88,
 - ❑ атомная масса 226,0254,
 - ❑ аналог бария;
 - ❑ относится к щелочноземельным элементам.
-

История открытия

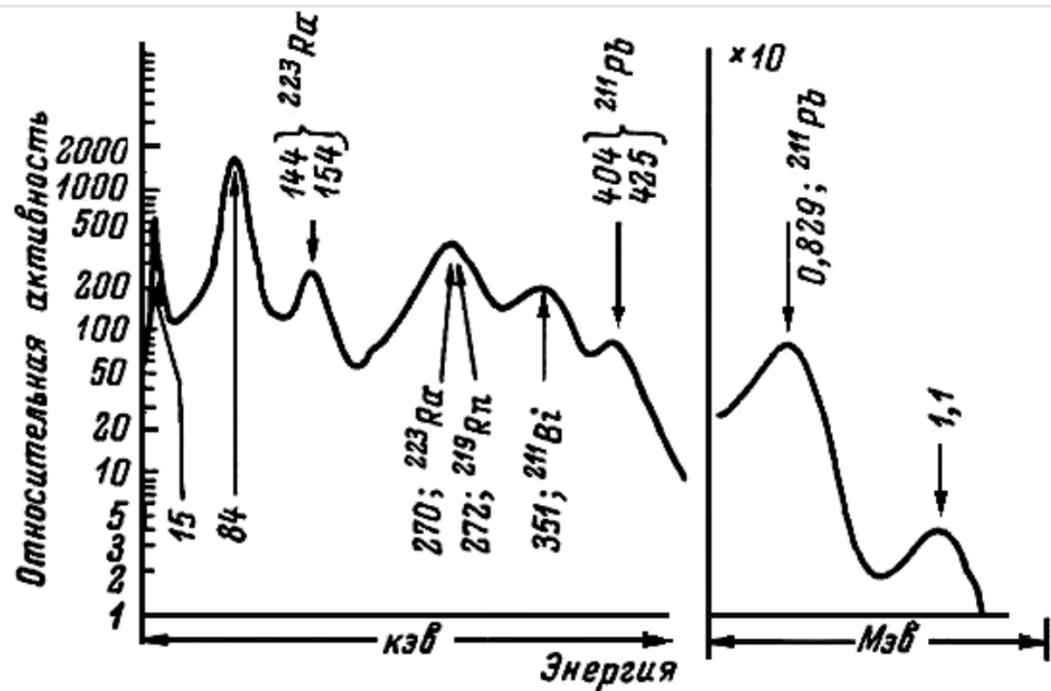
- Выделен в 1898 в виде солей П. и М. Кюри и Г.Бемоном из урановой смолки (минерал уранинит, месторождение Яхимов, Австрия, теперь Чехия).
 - Эти исследователи идентифицировали новый элемент в бариевой фракции, получаемой при переработке урановой смоляной руды.
 - Методом дробной перекристаллизации хлоридов радия и бария (более 10 000 ступеней), выделенных из 1 т остатков урановой смоляной руды, было получено 90 мг хлорида радия высокой чистоты.
 - Это позволило определить атомную массу радия и изучить его спектр.
-

-
- Установленная аналогия спектров радия и бария, близость атомной массы элемента к значению, предсказанному Д. И. Менделеевым,
 - сходство химических форм этих элементов определило положение радия в периодической системе.
 - В ходе выделения радия за поведением нового элемента следили по его излучению, поэтому и назвали элемент от лат. *radius* — луч.
-

Название:

□ от латинского "radius" (луч)

Рис. 1. γ -Спектр радия-223 и продуктов его распада (Масштаб правой ординаты увеличен в 10 раз).



Внешний вид



Нахождение в природе

- ❑ Радий и его соединения широко распространены в природе и являются одним из основных источников естественного радиоактивного фона.
- ❑ Существуют геохимические провинции с повышенным содержанием радия.
- ❑ Радий обнаружен в травянистых и цветочных растениях, кофе, древесине, морских водорослях и т. д.

-
- До самого последнего времени не были найдены сколь либо значительные месторождения радия, хотя и установлено, что дно океанов богаче радием, чем суша.
 - В урановых рудах, являющихся главным его источником, на 1 т U приходится не более 0,34 г Ra.
 - Радий принадлежит к сильно рассеянным элементам и в очень малых концентрациях обнаружен в самых различных объектах. Обычно содержится в тех же породах, в которых содержится уран.
 - Содержание в земной коре $1 \cdot 10^{-10}\%$ по массе.
 - В верхнем слое земной коры толщиной 1,6 км содержится $1,8 \cdot 10^7$ т ^{226}Ra .
-

Содержание радия

- ❑ Содержание радия в водах колеблется от 10^{-14} до 10^{-8} г/л,
 - ❑ самые высокие его концентрации обнаружены в водах урановых месторождений.
 - ❑ в водах океана 20000 т;
 - ❑ В природные воды радий переходит за счёт процессов адсорбционного обмена, диффузионного выщелачивания пород и извлечения из некоторых растительных остатков
 - ❑ некоторые растения способны накапливать радий в повышенных количествах.
-

Изотопы

- ❑ Радий стабильных изотопов не имеет.
 - ❑ Известно 25 изотопов радия с массовыми числами от 213 до 230.
 - ❑ В природе как члены естественных радиоактивных рядов встречаются 4 изотопа:
 - ❑ ^{226}Ra ($T=1617$ лет, ряд ^{238}U),
 - ❑ ^{224}Ra (торий-икс, ThX, ^{224}Ra , $T = 3,66$ суток, ряд ^{232}Th),
 - ❑ ^{226}Ra и ^{228}Ra (мезоторий-I, MsThI, ($T = 5,76$ лет),
 - ❑ ^{223}Ra , асктий-икс, AcX, $T=11,43$ сут, ряд ^{235}U).
-

Табл. 3. Некоторые изотопы радия

Радионуклид	$T_{1/2}$	Тип распада	Средняя энергия излучения, МэВ/Бк·с		Дочерний радионуклид (выход)
			характеристическое, γ - и аннигиляционное излучение	β -излучение, конверсионные электроны и электроны Оже	
^{222}Ra	38 с	α	$9,15 \cdot 10^{-3}$	$8,48 \cdot 10^{-4}$	^{218}Rn радиоакт.,
^{223}Ra	11,434 сут	α	$1,33 \cdot 10^{-1}$	$7,46 \cdot 10^{-2}$	^{219}Rn радиоакт.,
^{224}Ra	3,66 сут	α	$9,89 \cdot 10^{-3}$	$2,21 \cdot 10^{-3}$	^{220}Rn радиоакт.,
^{225}Ra	14,8 сут	β^-	$1,37 \cdot 10^{-2}$	$1,07 \cdot 10^{-1}$	^{225}Ac радиоакт.,
^{226}Ra	1600 лет	α	$6,74 \cdot 10^{-3}$	$3,59 \cdot 10^{-3}$	^{222}Rn радиоакт.,
^{227}Ra	42,2 мин	β^-	$1,66 \cdot 10^{-1}$	$4,28 \cdot 10^{-1}$	^{227}Ac радиоакт.,
^{228}Ra	5,75 года	β^-	$4,14 \cdot 10^{-9}$	$1,69 \cdot 10^{-2}$	^{228}Ac радиоакт.,

Распад радия

- Непосредственный продукт распада радия – радиоактивный газ радон, конечные продукты распада - изотопы свинца и висмута.
 - Радий вместе с продуктами своего распада излучает все три вида радиации – α -, β - и γ -лучи,
 - ^{228}Ra – достаточно мощный природный β -излучатель.
-

-
- Ядра ^{226}Ra испускают α -частицы с энергией 4,777 МэВ и γ -кванты с энергией 0,188 МэВ.
 - Пробег α -частиц ^{226}Ra в воздухе составляет 3,9 см.
 - Средняя энергия α -излучения ^{222}Ra , ^{223}Ra , ^{224}Ra , ^{226}Ra равна соответственно 6,67; 5,75; 5,78; 4,86 МэВ/(Бк·с).
-

-
- За счет радиоактивного распада ядер ^{226}Ra и дочерних продуктов распада 1 г Ra выделяет 550 Дж/ч теплоты.
 - Радиоактивность 1 г радия составляет около $3,7 \cdot 10^{10}$ распадов в 1 с ($3,7 \cdot 10^{10}$ беккерелей или 1 Кюри).
 - При радиоактивном распаде ^{226}Ra превращается в радон-222.
 - За 1 сутки из 1 г ^{226}Ra образуется около 1 мм^3 Rn.
 - Сечение захвата тепловых нейтронов ^{226}Ra 20 барн.
-

Идентификация радия и его ИЗОТОПОВ

- проводится радиометрическими и радиохимическими методами,
 - отличается от химических методов в первую очередь использованием радиоактивного излучения, учетом периодов полураспада радиоэлементов и производных их радиоактивного распада.
 - Для быстрого обнаружения ^{226}Ra в различных объектах, а также в растворах используются α - и γ -спектрометры, с помощью которых можно определять до $10^{-6}\%$ радия без его предварительного выделения.
-

-
- Естественные, а также некоторые искусственные изотопы радия могут быть обнаружены и надежно идентифицированы почти в любой смеси тяжелых радиоактивных элементов по энергетическому спектру излучения радия или продуктов его распада.
 - Идентификация и обнаружение изотопов радия, как правило, проводится не по их собственному γ -излучению, которое лежит в энергетической области, наиболее плотно заполненной излучением других радиоактивных ядер, а по γ -излучениям короткоживущих продуктов распада, поскольку спектры последних являются более специфическими.
-

γ -Спектр радия-226 и продуктов его распада (Все пики, кроме указанных для ^{226}Ra и ^{214}Pb , относятся к ^{212}Bi).



Определение

- Методы определения радия:
 - α - и γ -спектрометрические методы
 - эманационный,
 - радиометрический,
авторадиографический,
 - методы изотопного разбавления
 - методы активационного анализа.
-

Эманационный метод

- ❑ Самый чувствительный и наиболее распространенный
 - ❑ Определение радия по его дочернему продукту - радону.
 - ❑ Этот метод целесообразно использовать для определения малых количеств радия в растворах.
 - ❑ В тех случаях, когда объемная активность радона меньше чувствительности метода, осуществляют предварительное концентрирование радия.
-

Сцинтилляционные и γ -спектрометрические методы определения ^{226}Ra (10^{-4} Бк)

- ❑ Обладают высокой чувствительностью
 - ❑ Предел обнаружения обычных радиохимических методик, оканчивающихся радиометрическим измерением ^{226}Ra , ограничивается величиной 10^{-2} Бк.
 - ❑ При определении радия методом изотопного разбавления в качестве носителя используется свинец, а в качестве радиоактивного индикатора ^{223}Ra .
-

-
- Идентификация и обнаружение изотопов радия, как правило, проводится не по их собственному γ -излучению, которое лежит в энергетической области, наиболее плотно заполненной излучением других радиоактивных ядер, а по γ -излучениям короткоживущих продуктов распада, поскольку спектры последних являются более специфическими.
-

-
- Характерной особенностью α -активных изотопов радия является существование у них газообразного продукта распада — радона.
-

радон отличается

- ❑ От других естественных радиоактивных элементов - он единственный среди них является газообразным.
 - ❑ В отличие же от искусственных радиоактивных изотопов благородных газов - обладает α -активностью.
 - ❑ Эти свойства радона позволяют с высокой степенью надежности производить его обнаружение и, следовательно, обнаружение его предшественника — радия.
 - ❑ По нарастанию и уменьшению α -активности радоновой фракции, выделенной из образцов в герметичный сосуд, можно установить присутствие того или иного изотопа радия.
 - ❑ В первые часы после выделения ^{222}Rn из образца его активность растет до момента наступления равновесия между короткоживущими продуктами распада и радоном. Затем происходит уменьшение активности, определяемое распадом ^{222}Rn ($T=3,823$ дня)
-

Изменение во времени α -активности радона-222 после отделения его от радия.



-
- Активность ^{220}Rn (торон) и ^{219}Rn (актинон), находящихся в запаянной ампуле, в первый момент времени уменьшается в соответствии с периодом полураспада торона $T=55,3$ сек. и актинона $T=3,92$ сек.
 - По прошествии времени, соответствующего десяти периодам полураспада указанных изотопов радона, активность препаратов спадает в соответствии с $T=10,64$ часа (цепочка ^{224}Ra) и $T=36,1$ мин. (цепочка ^{223}Ra) — периодами полураспада ^{212}Pb и ^{211}Pb соответственно.
 - Активность ^{212}Pb составляет $0,13\%$ от начальной активности ^{220}Rn , а активность ^{211}Pb $0,2\%$ от начальной активности ^{219}Rn .
-

-
- В тех случаях, когда анализируемая проба содержит смесь изотопов радия, их идентификацию производят, наблюдая за изменением активности газовой компоненты, выделенной из образца, с последующим разложением полученной кривой на ее составляющие в соответствии с постоянными радиоактивного распада λ . По форме кривой изменения активности выделенной порции газа можно определить, содержится ли здесь один изотоп радона, или их несколько.
 - При этом следует иметь в виду, что ^{219}Rn практически полностью распадается менее чем за 1 мин., а ^{220}Rn распадается с $T \approx 1$ мин., так что его активность примерно постоянна только в течение первых минут после выделения.
-

-
- Несколько сложнее обстоит дело с идентификацией ^{228}Ra , когда он находится в смеси с другими изотопами радия, ввиду того что γ -спектр препаратов ^{228}Ra , полностью относящийся к дочернему ^{228}Ac ($T=6,13$ ч), не имеет видимых отличий и совпадает со спектрами продуктов распада ^{226}Ra и ^{224}Ra .
 - В таких случаях получающийся спектр смеси может быть расшифрован методом разложения, с вычитанием спектра ^{224}Ra , нормированного к пику ^{208}Tl с энергией 2,62 Мэв, и затем спектра ^{226}Ra , нормированного к пику ^{214}Bi с $E=1,76$ Мэв .
-

-
- В качестве дополнительного приёма при идентификации радиевых изотопов можно рекомендовать выделение радия или дочерних продуктов его распада с последующим наблюдением за γ - спектром, качественно меняющимся во времени.
 - Изотопы радия могут быть идентифицированы в результате наблюдения за изменением активности радиохимически чистых радия или его продуктов распада.
 - Для α -излучающих изотопов ^{226}Ra , ^{224}Ra , и ^{223}Ra лучше всего следить за изменением α -активности
-

Изменение во времени α -активности в препаратах радия-223, -224 и -226, полученных в чистом виде.

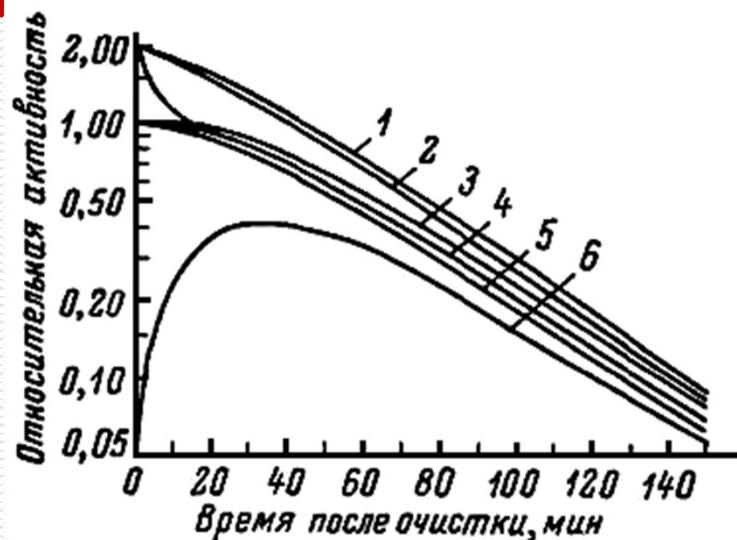


-
- Нарастание α -активности радиохимически чистых препаратов ^{226}Ra , ^{224}Ra и ^{223}Ra
 - Обработка подобной кривой методом наименьших квадратов (с учётом известных постоянных распада и вида соответствующих радиоактивных рядов) позволяет определить содержание изотопов радия в смеси.
-

Наблюдение за β -активностью радиевых препаратов

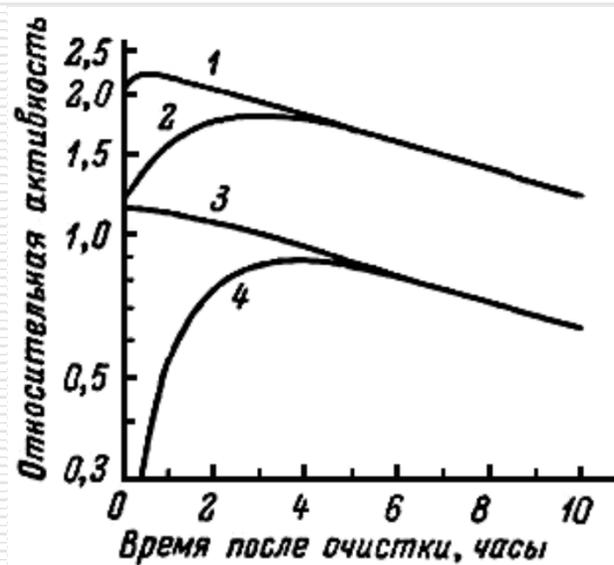
- Не является столь эффективным способом идентификации, поскольку (β -активность, характеризующая распад некоторых дочерних продуктов, по мере их накопления быстро растет и наличие небольших количеств β -излучающих примесей сильно искажает форму начальной части кривой накопления.
 - Активность образцов должна измеряться сразу после выделения и затем в такие моменты, чтобы относительная активность одного момента наступления равновесия, после чего начнется уменьшение активности, определяемое распадом ^{212}Pb .
 - Распад ^{214}Pb и ^{214}Bi после их отделения от ^{226}Ra , находящегося в равновесии с ними, показан на **Рис. 9**.
 - Соответствующие кривые распада для ^{212}Pb и ^{212}Bi (дочерних продуктов ^{224}Ra) даны на **Рис. 10**.
-

Накопление и распад полония -218, свинца-214 – продуктов распада радия-226 – после их выделения из равновесного препарата радия



- Активность относится к начальной активности радия-226.
- 1 – общая β-активность; 2 – β - активность свинца-214 и висмута-214; 3 – β - активность свинца-214; 4 – общая α-активность; 5 – α - активность полония-218 и 214; 6 – α - активность полония-214.

Накопление и распад свинца-212, висмута-212, полония-212 и таллия-208 – продуктов распада радия-224 – после их выделения из равновесного препарата радия.



- Активность относится к начальной активности радия-224.
1 – общая β -активность; 2 – β -активность свинца-212; 3 – общая α -активность; 4 – α -активность висмута-212.
-

Изотопы радия также могут быть обнаружены и идентифицированы γ -спектрометрическим методом или в результате наблюдения за изменением γ -активности продуктов распада.

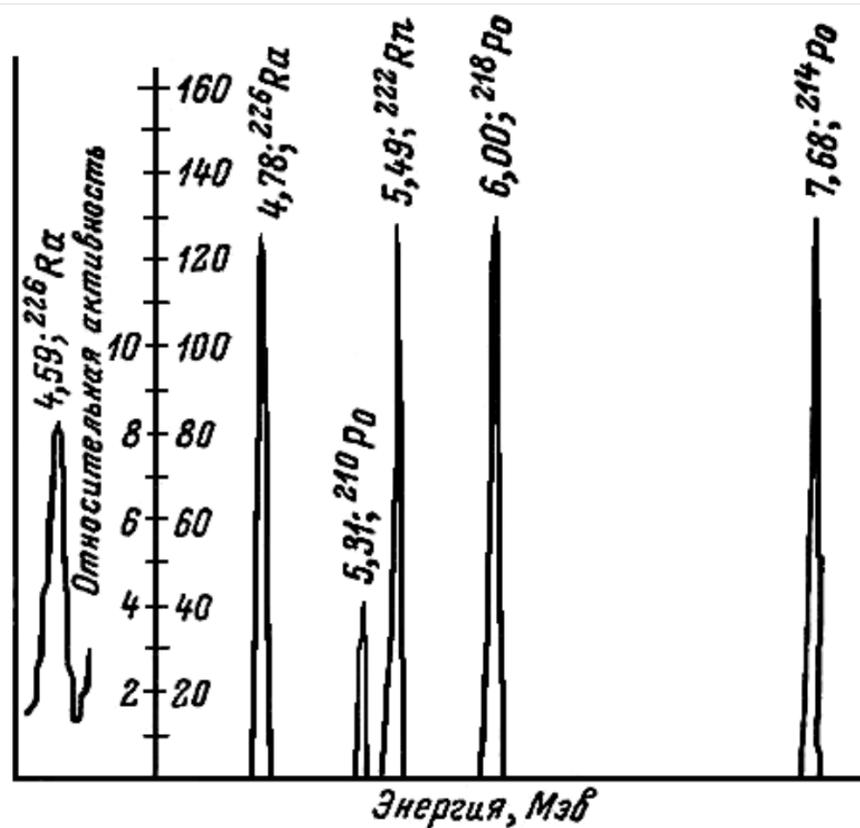
- В радиоактивной цепочке ^{226}Ra γ -кванты с энергиями 1,76 и 0,609 МэВ являются наиболее характерными, так как они менее всего перекрываются излучением других γ -активных веществ. γ -Кванты с энергией 2,62 МэВ, испускаемые ^{208}Tl , относящимся к генетической цепочке ^{224}Ra , наиболее жесткие среди всех γ -излучений естественных радиоэлементов и потому являются надежным индикатором присутствия родоначальника данной цепочки.
 - Для идентификации ^{223}Ra может быть использовано γ -излучение ^{211}Pb с энергиями 0,404, 0,425 и 0,829 МэВ. Энергии и квантовые выходы γ -излучения изотопов радия и продуктов их распада даны в работе.
-

-
- Наилучшим способом идентификации ^{228}Ra является отделение дочернего продукта — ^{228}Ac ($T=6,13$ ч), с регистрацией β -излучения актиниевой фракции.
 - Метод такого разделения основан на соосаждении актиния с несколькими миллиграммами гидроокиси лантана или железа.
-

-
- Присутствие радия в исследуемом образце подтверждается наличием короткоживущих продуктов распада только в том случае, если они распадаются в исходном образце в соответствии с периодом полураспада материнского элемента.
 - В остальных случаях либо отсутствует материнское вещество, либо дочернее присутствует в количествах, превышающих равновесные.

-
- α -Излучающие изотопы радия могут быть идентифицированы в смеси многих α -излучателей по энергетическому спектру испускаемых ими и продуктами их распада α -частиц.
 - В экспериментальном отношении получение α -спектра представляет по сравнению с γ -спектроскопией более серьезную задачу.
 - α -Спектр может быть получен с помощью импульсной ионизационной сеточной камеры, пропорционального счетчика, а также с помощью полупроводниковых детекторов, позволяющих получить спектр высокого разрешения.
 - Полученные α -спектры в целях идентификации радиевых изотопов могут быть сопоставлены со спектрами, представленными на **Рис.**
-

Рис. а-Спектр радия-226 и продуктов его распада



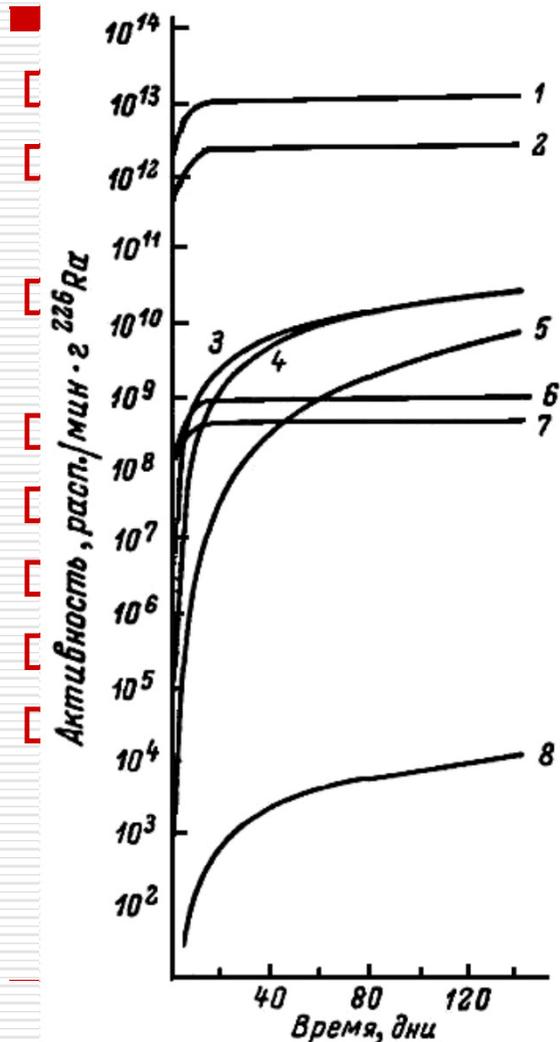
-
- Для количественного определения радия применяются α -счётчики, предназначенные для измерения твёрдых препаратов, например, сцинтилляционный детектор в виде майларовой плёнки с нанесённым на неё слоем сернистого цинка.
 - Чувствительным слоем данный детектор накладывают на подготовленные к измерению радийсодержащий α - препарат, а возникающие сцинтилляции регистрируют через светопроводящую плёнку фотоумножителем.
-

-
- Изотопы ^{226}Ra , ^{224}Ra и ^{223}Ra имеют большие радиоактивные цепочки распада, в результате чего после выделения этих изотопов в полученных препаратах происходит увеличение активности, которое следует учитывать.
 - В течение первого месяца нарастание α -активности определяется накоплением ^{222}Rn , так как короткоживущие продукты распада радона сравнительно быстро приходят в равновесие с ним (**Рис.12**).
 - Активность ^{210}Po вследствие большого периода полураспада его предшественника ^{210}Pb (19,4 года) возрастает в первые три месяца медленно и, так как она на три порядка меньше общей α -активности, то её можно не учитывать. ^{210}Po приходит в равновесие с радием более чем через 50 лет (**Рис.13**).
 - Через 30 дней после выделения ^{226}Ra общая α -активность в 4 раза превышает начальную.
-

Рис.12. Изменение активности радия-226 в первые месяцы после выделения

- В случае ^{224}Ra (3,64 дня) α -активность возрастает уже значительно быстрее, так как продукты распада радия являются сравнительно короткоживущими.
 - В результате этого через 15 час после отделения продукты распада ^{224}Ra приходят с ним в равновесие (момент максимальной активности), и затем эта равновесная смесь распадается с периодом полураспада ^{224}Ra .
 - Через 15 час общая α -активность в 3,2 раза больше начальной.
 - В случае ^{223}Ra равновесие достигается ещё быстрее – через 4 часа после отделения радия, что обусловлено малыми периодами полураспада дочерних веществ ^{223}Ra .
 - Максимальная активность в момент наступления равновесия примерно в 4 раза больше первоначальной и после этого уменьшается с периодом полураспада 11,435.
 - Кривые, характеризующие изменения - активности в первые несколько дней после отделения ^{226}Ra , ^{224}Ra и ^{223}Ra от своих дочерних продуктов распад, рассматривались ранее и приведены на
-

Рис.12. Изменение активности радия-226 в первые месяцы после выделения



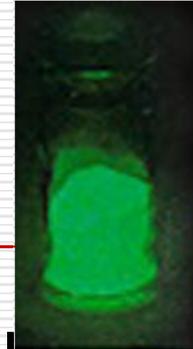
- 1 – общая активность;
2 – ^{226}Ra , ^{222}Rn ,
 ^{214}Po , ^{214}Bi ,
3 – ^{210}Pb ;
4 – ^{210}Bi ;
5 – ^{210}Po ; ^{210}Ti ;
6 – ^{218}At ;
7 – ^{218}At ;
8 – ^{204}Tl .

Выделение

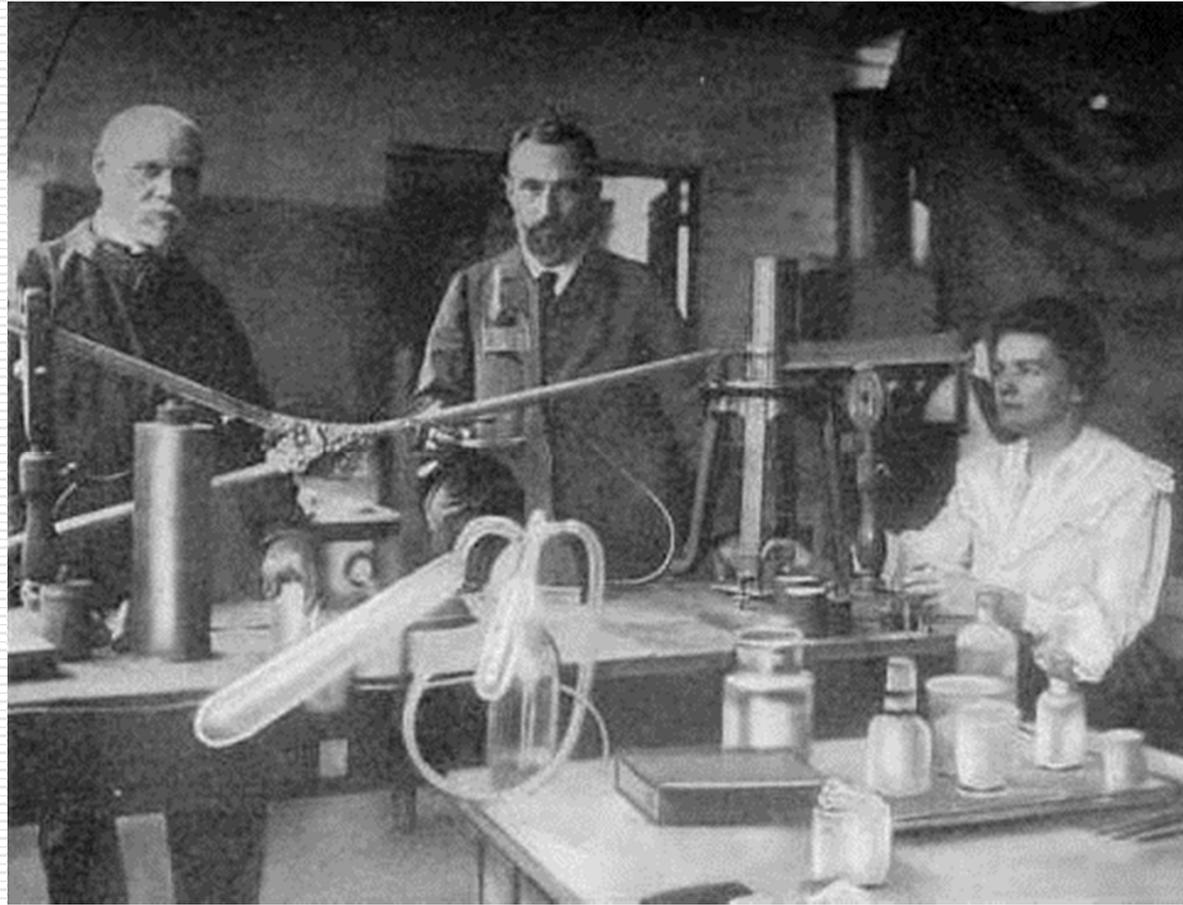
- Для выделения радия могут быть использованы
 - широко известные методы соосаждения с сульфатом бария, и в частности из растворов ЭДТА, или
 - соосаждения с хлористым барием из концентрированных растворов соляной кислоты.
-

Получение

- Впервые металлический радий был получен М. Кюри и А. Дебьерном выделением на ртутном катоде при электролизе раствора RaCl_2 с последующим разложением амальгамы радия в токе водорода при нагревании до 70°C



Pierre and Marie Curie in their laboratory, where radium was discovered.



A view of the extraction of radium in the old shed where the first radium was obtained



Pierre Curie with the quartz piezo-electroscope he invented, by which rays of radium are measured



A view of the extraction of radium in the old shed where the first radium was obtained



-
- Амальгама радия может быть получена при взаимодействии амальгамы бария или натрия с водными растворами солей радия.
 - Металлический радий получается также разложением его азида в вакууме при 180-250°C,
 - восстановлением в вакууме оксида радия алюминием при 1100—1200°C и др. методами.
 - При восстановлении смеси AgCl , RaSO_4 и CaCO_3 углеродом при высокой температуре образуется сплав радия с серебром.

Физические свойства

- ❑ Радий — серебристо-белый блестящий металл, быстро тускнеющий на воздухе из-за образования на его поверхности оксида и нитрида.
 - ❑ за счёт собственного излучения радий и его соединения светятся в темноте - бледно-голубоватым свечением.
 - ❑ Решётка кубическая объёмноцентрированная,
 - ❑ расчётная плотность 5,5 г/см³.
 - ❑ По разным источникам, $t_{пл.} = 969 \text{ } ^\circ\text{C}$,
 - ❑ $t_{кип}$ около 1500 $^\circ\text{C}$.
 - ❑ Энергии последовательной ионизации 5,279; 10,147; 34,3 эВ.
 - ❑ Металлический радиус атома радия 0,235 нм,
 - ❑ радиус иона Ra^{2+} 0,144 нм.
 - ❑ Значение электроотрицательности 0,97.
-

-
- Расчётное значение потенциала выделения радия из раствора его солей $-1,718$ В по отношению к нормальному каломельному электроду.
 - Удельная теплота плавления 37 кДж/кг,
 - теплопроводность $18,6$ Вт/(м.К) (при 293 К).
 - Более летуч, чем барий, обладает слабыми парамагнитными свойствами:
 - удельная магнитная восприимчивость $+1,05 \cdot 10^{-6}$ (при 20°).
 - Так как барий диамагнитен, то загрязнение радия барием приводит к искажению результатов при определении магнитной восприимчивости.
-

-
- Любые физические и химические свойства радия изучать трудно из-за его очень высокой радиоактивности.
 - Радий непрерывно выделяет теплоту (каждый грамм ^{226}Ra выделяет около 550 дж (130 кал теплоты в час),
 - если нет условий для теплоотвода, металл быстро нагревается и может даже расплавиться.
 - Из-за самопоглощения α - и β -частиц, испускаемых при радиоактивном распаде ^{226}Ra и его дочерних продуктов, температура препаратов радия всегда немного выше окружающей среды.
-

Химические свойства

- Электронная конфигурация нейтрального атома радия $4f^{14}5s^2p^6d^{10}6s^2p^67s^2$
 - аналог других щелочноземельных элементов.
 - На внешней электронной оболочке атома радия находятся 2 электрона (конфигурация $7s^2$).
-

-
- имеет только одну степень окисления +2 (валентность II).
-

Факт увеличения ионизационных потенциалов радия по сравнению с барием

□ в пределах одной подгруппы, как правило, с увеличением главного квантового числа наблюдается уменьшение энергии валентных электронов электронов.

□ **Энергии ионизации нейтральных атомов, кДж/моль**

□ Рубидий 403,0 Стронций 549,5

□ Цезий 375,73 Барий 502,8

□ Франции 400 Радий 509,3

□ близость физико-химических свойств бария и радия обусловлена наличием у радия заполненной $4f^{14}$ электронной оболочки.

□ Характерной особенностью f-электронов является слабое экранирование ими заряда ядра по сравнению с s- и p-электронами. Поэтому проникающие в остов атома 7s-электроны радия находятся в более сильном поле ядра, чем 6s-электроны атома бария

-
- Свежеприготовленный радий серебристо-белого цвета, однако под действием воздуха металл темнеет.
 - В чистом виде радий сохраняется только в вакууме, но в воздухе покрывается чёрной плёнкой RaO - Ra_3N_2 .
-

Химические свойства металлического радия

- ❑ Окрашивает пламя газовой горелки в тёмно-красный цвет
 - ❑ По химическим свойствам радий больше всего похож на барий, но более активен.
 - ❑ Сильный восстановитель
 - ❑ Реагирует с водой, кислотами. Хлором, серой
 - ❑ Выделяют при переработке урановых руд в виде RaCl_2
 - ❑ Получают электролизом раствора RaCl_2 на ртутном катоде
-

□ $2\text{Ra} + \text{O}_2 = 2\text{RaO}$ (при 1000°C сгорание на воздухе)

□ $\text{Ra} + \text{Cl}_2 = \text{RaCl}_2$ (комнатная температура)

□ $3\text{Ra} + \text{N}_2 = \text{Ra}_3\text{N}_2$ (1000°C , сгорание на воздухе)

□ $\text{Ra} + \text{S} = \text{RaS}$

-
- Металлический радий энергично разлагает воду с образованием гидроксида $\text{Ra}(\text{OH})_2$ (теплота реакции 90 ккал/моль) и выделением водорода.



-
- $\text{Ra} + 2\text{HCl}(\text{разб}) = \text{RaCl}_2 + \text{H}_2$
 - $\text{Ra} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{разб}) = \text{RaSO}_4\downarrow + \text{H}_2$
 - $\text{Ra} + 10\text{HNO}_3(\text{разб}) = \text{RaNO}_3 + \text{N}_2\text{O} + 5\text{H}_2\text{O}$
 - $\text{Ra} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{RaCO}_3\downarrow + \text{H}_2 + 2\text{NaOH}$
-

-
- Все соли радия белого цвета, но под действием собственного излучения быстро желтеют, а затем приобретают коричневую, вплоть до черной, окраску;
 - водные растворы солей радия высокой удельной активности разлагают воду, выделяя из нее водород и кислород.
-

-
- При комнатной температуре радий соединяется с кислородом, давая оксид RaO ,
 - с азотом - нитрид Ra_3N_2 .
 - С водой радий бурно реагирует, выделяя H_2 , причём образуется сильное основание $\text{Ra}(\text{OH})_2$.
 - Гидроксид $\text{Ra}(\text{OH})_2$ – сильная щелочь.
 - Оксид радия RaO - типичный основной оксид.
 - При сгорании его на воздухе или в кислороде образуется смесь оксида RaO и пероксида RaO_2 .
 - Синтезированы сульфид RaS , нитрид Ra_3N_2 , гидрид RaH_2 , карбид RaC_2 .
 - Хлорид RaCl_2 , бромид RaBr_2 и иодид RaI_2 , нитрат $\text{Ra}(\text{NO}_3)_2$, RaS - хорошо растворимые соли.
 - Плохо растворимы сульфат RaSO_4 , карбонат RaCO_3 и фторид RaF_2 , хромат, оксалат.
 - По сравнению с другими щёлочноземельными металлами радий (ион Ra^{2+}) обладает более слабой склонностью к комплексообразованию.
-

Хлорид RaCl_2

- получается нагреванием сульфата радия в смеси паров соляной кислоты и CCl_4 при температуре красного каления;
 - плотность безводной соли 4,9;
 - т.пл. 900° ;
 - между 830 и 920° , по-видимому, происходит фазовое превращение.
 - Теплота образования RaCl_2 $\Delta H^\circ_{298} = -4,9$ ккал/моль.
 - Растворимость в воде меньше, чем BaCl_2 , и составляет 24,5 г в 100 г воды.
 - Дигидрат $\text{RaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ получается растворением карбоната радия в HCl и последующей кристаллизации соли;
 - кристаллизационная вода удаляется при 100° .
-

Бромид RaBr_2

- может быть получен растворением карбоната радия в HBr
 - или многократной обработкой хлорида радия бромистоводородной кислотой с последующим упариванием и высушиванием при $120\text{--}150^\circ\text{C}$.
 - нагреванием хлорида радия в газообразном HBr при температуре красного каления;
 - плотность безводной соли 5,78;
 - т.пл. 728° , при более высокой температуре образуется стекловидная масса, нерастворимая в соляной кислоте;
 - при 900° возгоняется.
 - Известны два кристаллогидрата бромида радия: $\text{RaBr}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и $\text{RaBr}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.
-

Бромид радия

- диамагнитен,
 - удельная магнитная восприимчивость равна — $0,29 \cdot 10^{-6}$ СГСЭ/г .
 - Растворимость бромида радия примерно в два раза меньше растворимости бромида бария и составляет 1,8 моль в 1000 г воды при 20° С.
 - Эквивалентная электропроводность бромида радия при бесконечном разведении и температуре 18°С равна $125,5 \text{ см}^2/(\text{ом} \cdot \text{г-экв})$.
 - Молярная рефракция водного раствора бромида радия при бесконечно длинной волне света составляет $29,8 \text{ см}^2$.
-

Фторид RaF_2

- получается растворением RaCO_3 в HF с последующим упариванием раствора досуха.
 - RaF_2 имеет решётку типа флюорита с периодом $a=6,369\text{Å}$, плотность 6,75.
 - При добавлении раствора K_2VeF_6 к горячему раствору RaF_2 в 0,2 н. HCl образуется белый осадок состава RaVeF_4 .
 - Это одна из немногих солей радия, для которой производился анализ с целью определения состава.
-

Нитрат радия

- В отличие от других соединений радия нитрат радия в воде растворяется лучше, чем нитрат бария.
 - В 1000 г воды при 20° С растворяется $\text{Ra}(\text{NO}_3)_2$ 0,40 моль, а $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 0,35 моль.
 - Эта интересная особенность пока не получила какого-либо объяснения.
 - Нитрат радия изоморфен нитратам щелочноземельных металлов и нитрату свинца.
 - Кристаллический $\text{Ra}(\text{NO}_3)_2$ имеет кубическую простую решетку типа $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ с постоянной ячейки $a=8,277 \text{ \AA}$.
 - Кристаллохимический радиус иона радия, окруженного шестью NO_3 -группами, равен 1,49 \AA (в системе ионных радиусов Гольдшмидта).
-

Сульфат RaSO_4

- получается при осаждении из растворов солей радия серной кислотой.
 - Растворимость RaSO_4 в воде $2,1 \cdot 10^{-4}$ г в 100 г воды (при 20°) примерно в 1,5 раза меньше растворимости BaSO_4 .
 - Значительно лучше RaSO_4 растворяется в щелочных растворах и этилендиаминтетрауксусной кислоте.
-

Карбонат RaCO_3

- получается осаждением из нейтральных солей радия при действии на них карбоната аммония.
-

-
- Оксид радия может быть получен разложением нитрата и карбоната радия при 1200°C .
-

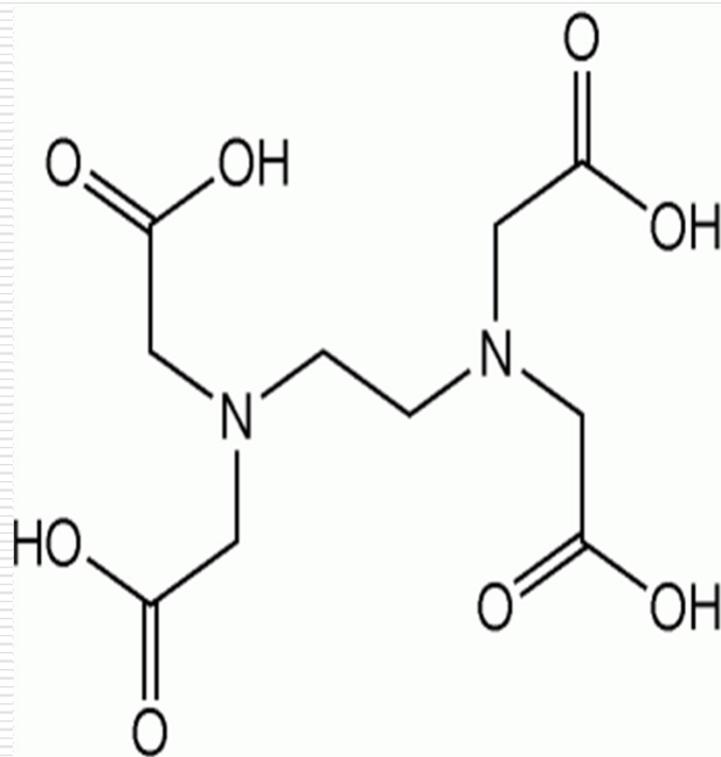
Сульфид радия

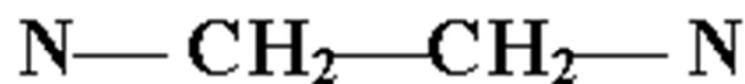
- получается восстановлением сульфата радия древесным углем при высокой температуре, водородом, оксидом углерода и другими восстановителями.
 - Растворимость сульфида радия в HCl использовалась в различных технологических схемах для перевода радия в раствор.
-

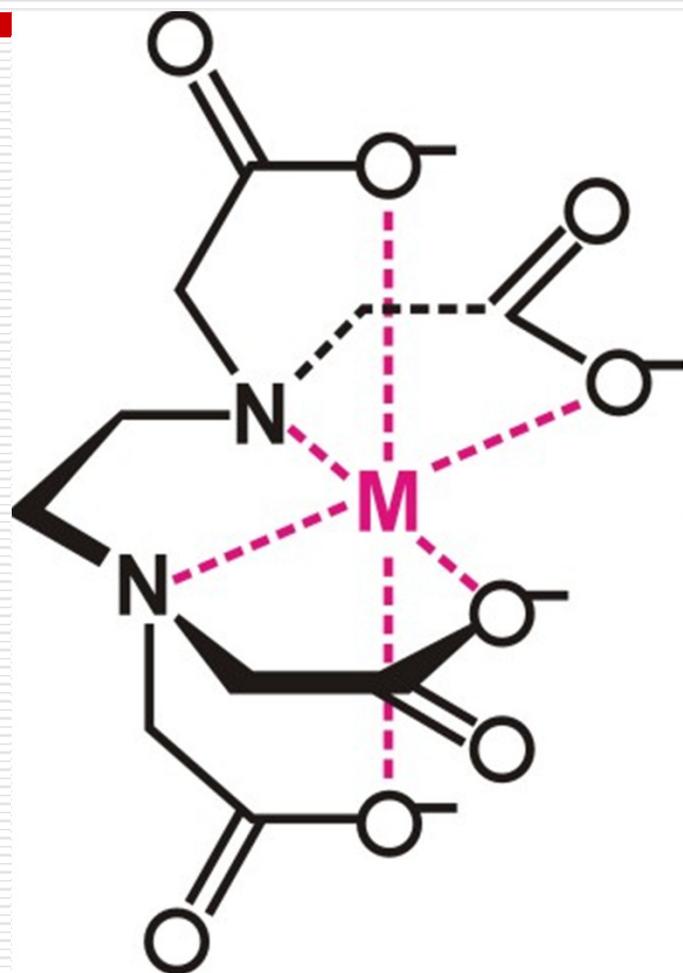
-
- Все соли радия и бария изоморфны.
 - Существенно отметить, что растворимость соединений радия (за исключением гидроксида и нитрата) меньше растворимости соответствующих производных бария.
 - Радий в растворах в основном находится в виде ионов Ra^{2+}
 - В ряду щелочно-земельных элементов радий проявляет наименьшую склонность к комплексообразованию и гидролизу.
 - По аналогии с барием можно допустить, что ионы радия в растворах не гидролизуются, хотя соответствующие литературные данные отсутствуют
-

-
- Известны нерастворимые комплексные соединения радия с трилоном Б, с лимонной, яблочной и винными кислотами, а также с анионом нитрилтриуксусной кислоты.
 - Комплекс радия с анионом этилендиаминтетрауксусной кислоты $[RaA]^{2-}$ образуется при pH 5,5-5,9 и имеет $pK_{7,12}$.
 - Состав комплекса радия с нитрилтриуксусной кислотой отвечает формуле $[RaX]^-$, где X – анион нитрилтриуксусной кислоты; pK этого комплекса 5,75.
 - Как правило, комплексные соединения радия менее устойчивы по сравнению с аналогичными соединениями бария.
-

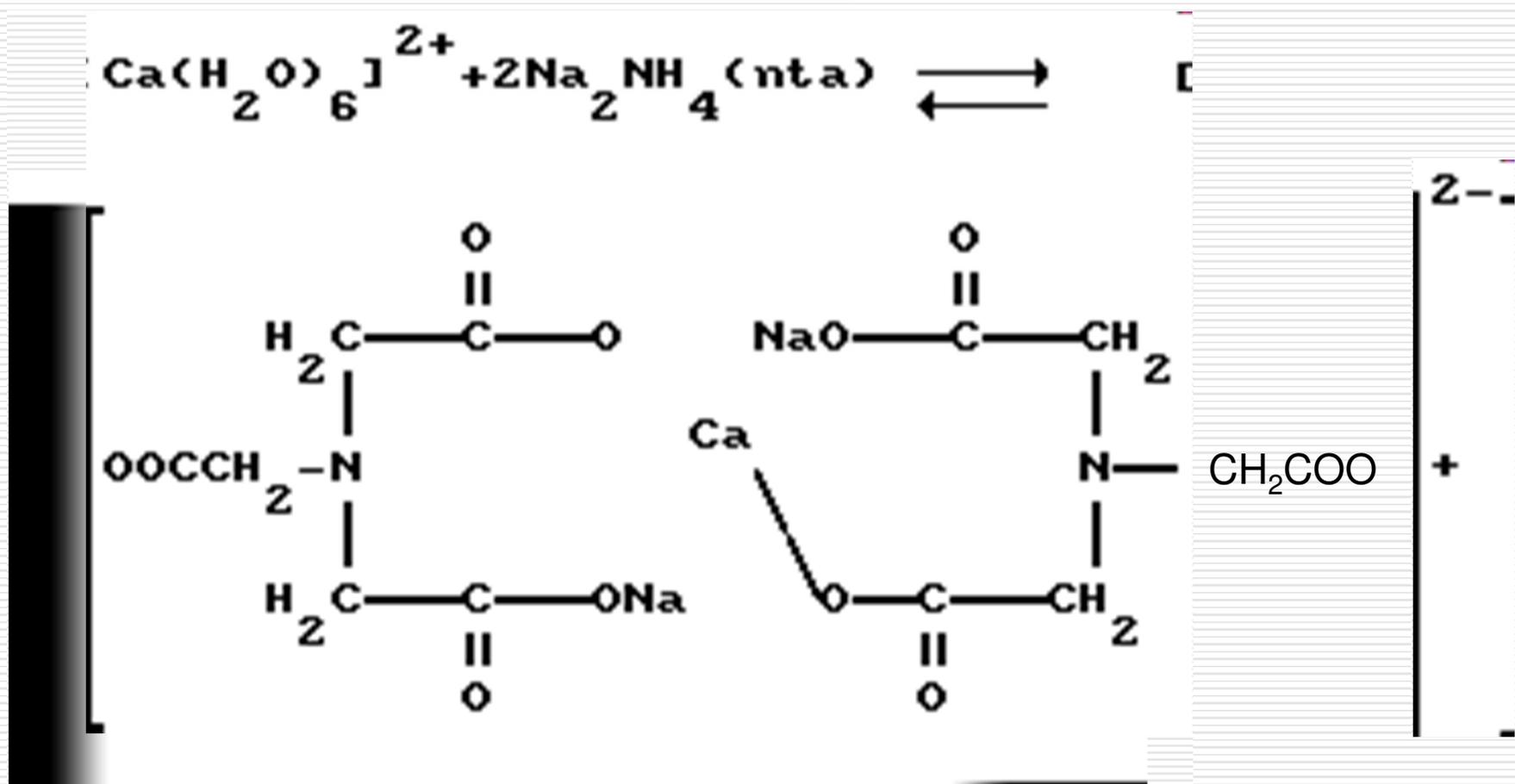
этилендиаминтетрауксусной КИСЛОТЫ







Условная схема образования комплексоната кальция в части взаимодействия иона кальция с комплексом аммонийнодинатриевой соли нитрилотриуксусной кислоты, обозначенным Na_2NH_4 (nta),



**ТРИНАТРИЕВАЯ СОЛЬ НИТРИЛОТРИУКСУСНОЙ
КИСЛОТЫ - химическая формула:**



Биологическая активность

- ❑ Радий относится к нуклидам с высокой радиотоксичностью; накапливается преимущественно в костной ткани (около 80% поступившего в организм радия накапливается в костной ткани).
 - ❑ Первооткрыватель радия - Пьер Кюри - добровольно подверг себя эксперименту. Он привязывал ампулу с солью радия к руке и убедился в способности вещества вызывать долго не заживающие язвы.
 - ❑ Из естественных радиоактивных изотопов наибольшее биологическое значение имеет долгоживущий ^{226}Ra .
 - ❑ Радий неравномерно распределён в различных участках биосферы. Существуют геохимические провинции с повышенным содержанием радия.
-

-
- Накопление радия в органах и тканях растений подчиняется общим закономерностям поглощения минеральных веществ и зависит от вида растения и условий его произрастания.
 - Как правило, в корнях и листьях травянистых растений радия больше, чем в стеблях и органах размножения; больше всего радия в коре и древесине.
 - Среднее содержание радия в цветковых растениях $0,3—9,0 \cdot 10^{-11}$ *кюри/кг*, в морских водорослях $0,2—3,2 \cdot 10^{-11}$ *кюри/кг*.
-

-
- ❑ Радий поступает в организм через органы дыхания, ЖКТ и неповрежденную кожу.
 - ❑ Поступление радия в организм человека с воздухом составляет примерно $1 \text{ фг} \cdot \text{сут}^{-1}$. (1 фг (фемто-г) $= 10^{-15} \text{ г.}$)
 - ❑ Содержание ^{226}Ra в отдельных компонентах рациона колеблется от 0,1 до 5 пг-кг^{-1} .
 - ❑ ^{226}Ra обнаружен в большинстве исследованных проб питьевой воды.
 - ❑ Его содержание составляет $0,3\text{—}8,0 \text{ пг-л}^{-1}$ в разных районах мира, за исключением небольшого числа районов с высоким содержанием радия в воде.
 - ❑ 90% этого элемента поступает в организм с пищей и 10 % с водой.
-

-
- Среднее поступление ^{226}Ra с жидкостями и пищей $2,3 \text{ пг-сут}^{-1}$.
 - В ЖКТ радий может попадать с загрязненных рук, при курении, приеме пищи (в пшенице $20-26 \cdot 10^{-15} \text{ г/г}$, в картофеле $67-125 \cdot 10^{-15} \text{ г/г}$, в мясе $8 \cdot 10^{-15} \text{ г/г}$), а также с питьевой водой.
 - Суточное поступление в организм человека ^{226}Ra с пищей и водой составляет $2,3 \cdot 10^{-12} \text{ кюри}$, а потери с мочой и калом $0,8 \cdot 10^{-13}$ и $2,2 \cdot 10^{-12} \text{ кюри}$.
 - Содержание радия в организме человека зависит от района проживания и характера питания.
-

Данные по условному человеку (в пг):

- содержание радия в организме человека - 31, в скелете - 27; суточное поступление - 2,3.
 - Радий быстро покидает кровеносное русло, но небольшие количества его длительно циркулируют в крови: через 14 лет после поступления радия в крови циркулировало около 0,03 % элемента, содержащегося в организме.
 - Независимо от химической формы соединения радия при поступлении в организме депонируются в костной ткани.
 - Наблюдения на людях свидетельствуют о том, что 80 % его находится в скелете, по экспериментальным данным на животных — 95—99 %.
-

-
- В ранние сроки после введения заметные количества этого элемента находятся **в** мягких тканях.
 - Через 1 ч после инъекции содержание радия в почках крысы 3,45% на 1 г сырой ткани, в подчелюстной слюнной железе 2,02%, в эпифизе бедренной кости 4,82%, в диафизе 1,42%.
 - Однако уже через 1 сут концентрация радия в костях на 1—2 порядка выше, чем в мягких тканях.
 - Концентрация в костях молодых крыс в 10— 20 раз выше, чем у старых животных.
 - При поступлении радия в организм он подобно кальцию отлагается на поверхности костей и в областях костной ткани с интенсивным обменом веществ.
 - В ранние сроки (первые 8 сут) концентрация радия в эпифизе и метафизе бедра в 2,5 - 4 раза выше, чем в диафизе.
-

-
- ^{226}Ra и ^{228}Ra распределяются по всему объему минеральной кости, а ^{223}Ra , ^{224}Ra , ^{226}Ra и ^{227}Ra — по поверхности кости во все периоды времени после отложения их в скелете.
 - Выявлено два типа распределения радия: образование участков интенсивного отложения — «горячих пятен» и сравнительно равномерное диффузное распределение.
 - «Горячие пятна» содержат в 16 - 218 раз больше радия на единицу костной массы, чем участки диффузного распределения.
-

-
- ^{226}Ra выводится из скелета человека с $T_6=17$ лет, из легких - 180 сут.
 - Выведение радия из организма происходит через ЖКТ.
 - В течение 24—48 ч большая часть принятого с пищей радий выводится с калом, с мочой (5-6%).
 - Выведение радия через почки ограничено из-за реабсорбции его в канальцах.
-

Токсическое действие

- Большие концентрации радия в организме вредно действуют на животных и человека, вызывая болезненные изменения в виде остеопороза, самопроизвольных переломов, злокачественных опухолей.
 - Содержание радия в почве свыше $10 \cdot 10^{-7} - 10^{-8}$ *кюри/кг* заметно угнетает рост и развитие растений.
 - Для животных среднесмертельные количества ^{226}Ra собраны в **Табл. 4.**
-

Табл. 4. Смертельные концентрации радия-226 для мышей и крыс

Животные	Путь введения	Введенное количество радионуклида, кБк/г	Срок гибели, сут
Мыши	В/в	1,85	360
	»	14,8	120
	»	25,9	30
	»	111,0	10
	В/б	37,0	30
Крысы	В/в	11,1	360
	»	18,5	100
	»	74,0	20
	»	296,0	10
	В/б	37,0	30

-
- В литературе описано несколько случаев острых поражений человека радием.
 - Одним из признаков радиевой интоксикации является лучевое поражение костной ткани - её деструкция, развитие радиационного остеита, который приводит к повышенной хрупкости и патологическим переломам кости.
 - Радиационный остеит челюстных костей, как правило, осложняется инфекцией и протекает как хронический остеомиелит.

-
- Характерным для поражения радия является патология костного мозга.
 - На вскрытии костный мозг темно-красного цвета, с большим скоплением незрелых стволовых клеток.
 - Такая патология расценивается как первая стадия лучевого остеита.
 - Вторая стадия представляет собою «замещающий фиброз», когда ткань костного мозга замещается фиброзной тканью.
 - Нарушение миелоидной пролиферации наблюдалось у больных, содержащих в организме большие количества радия (10—180 г.) и погибших в течение 3—8 лет после окончания работы с радионуклидом.
 - При опустошении костного мозга в селезенке и печени развиваются очаги экстрамедулярного кроветворения.
-

-
- Наряду с изменениями гемопоза у работниц радиевых производств нарушается овариально-менструальная функция.
 - Отмечены случаи поражения кожи, ломкости ногтей, выпадения волос у людей, проработавших в контакте с радием 1—2 года.
 - Может развиваться макроцитарная гипохромная анемия, лейкопения, тромбоцитопения.
 - Наряду с жалобами на общую слабость, головную боль, головокружение, боли в сердце у лиц, контактирующих с радием, возникают специфические боли в костях рук и ног, грудине, ребрах, иногда позвоночнике.
 - У таких больных наблюдаются изменения в нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной системах, ЖКТ, нарушается обмен веществ.
-

-
- ❑ Описан случай хронического поражения работницы, занимающейся окраской циферблатов часов.
 - ❑ На протяжении 14 мес. в ее организм поступали соли радия.
 - ❑ Содержание ^{226}Ra в организме составило 455 кБк.
 - ❑ Одиннадцать лет работница была практически здорова.
 - ❑ Затем появилась повышенная ломкость костей, через 2,9 и 12 лет она перенесла переломы,
 - ❑ через 26 лет наступила полная слепота, имелся перелом ключицы.
 - ❑ Через 40 лет после поражения больная скончалась от карциномы сфеноидального синуса, в организме было обнаружено 281,2 КБК ^{226}Ra .
-

-
- В отдаленные сроки после поражения радия развиваются злокачественные новообразования, наиболее часто остеосаркомы.
 - При исследовании 1933 красильщиц циферблатов обнаружено 56 случаев остеосарком, 29 -карцином параназальных синусов и воздушных клеток сосцевидного отростка; у 5 человек развились оба типа опухолей.
 - Остеосаркомы наблюдались при кумулятивных дозах от 8,88 (один случай) до 444,4 Гр, а карциномы при дозах от 6,05 до 257 Гр.
 - Необходимо отметить, что карциномы синусов отсутствовали у пациентов, подвергшихся воздействию ^{224}Ra , хотя остеосаркомы были обнаружены.
-

-
- Минимальная средняя доза в скелете, приводящая к гибели людей от остеосарком при инкорпорации ^{226}Ra и ^{228}Ra , равна или больше 11,6 Гр; ^{224}Ra - 0,9 Гр.
 - Для ^{224}Ra средняя доза в скелете составляет 0,72 Гр, средняя эндостальная доза - 6,4 Гр.
 - Остеосаркомы чаще всего возникают из эндостальных клеток, находящихся на расстоянии 10 мкм от поверхности кости.
 - ^{224}Ra практически всю энергию распада отдает на поверхности костных структур, куда первоначально поступают все остеотропные радионуклиды.
-

-
- При инкорпорации ^{226}Ra значительные количества проникают в минеральные структуры костной ткани, где отсутствуют эндостальные клетки, вследствие чего основная доля энергии α -излучения этого нуклида из-за малого пробега α -частиц в тканях (40 мкм) не реализуется.
 - Доза ^{224}Ra на эндостальные клетки в 9 раз больше, чем средняя доза на всю кость, в то время как при инкорпорации она составляет приблизительно $2/3$ среднего значения.
 - Риск индукции остеосарком при облучении эндостальных клеток при продолжительной инъекции ^{224}Ra у молодых составляет $25 \cdot 10^{-6}$ сГр $^{-1}$, у взрослых — $20 \cdot 10^{-6}$ сГр $^{-1}$
 - Скорость индукции остеосарком радиоактивным ^{224}Ra у мужчин и женщин одинакова.
-

-
- При инкорпорации ^{226}Ra остеосаркомы отсутствовали у людей, в скелете которых аккумуляровались дозы, равные и ниже 7 Гр.
 - Минимальный период развития остеосарком при инкорпорации ^{226}Ra при средних кумулятивных дозах 8,88 Гр для женщин и мужчин составляет 7 и 4 года соответственно
 - Радий разрушает не только здоровые ткани, но убивает и злокачественные новообразования, излечивая поверхностный рак кожи.
 - Такие свойства давали надежду на успешную борьбу с болезнью, против которой человек не имел еще действенных средств.
-

Техника работы

Гигиенические нормативы при работе

- Для ^{223}Ra , ^{224}Ra группа радиационной опасности Б,
 - МЗА = $3,7 \cdot 10^4$ Бк;
 - для ^{226}Ra , ^{228}Ra группа радиационной опасности А,
 - минимально значимая активность = $3,7 \cdot 10^3$ Бк.
-

Табл. 5. Нормативы по радию-226 для работников категории А:

Радионуклид	Состояние радионуклида в соединении	Критический орган	ДСА, Бк	ПДК Бк/год	ДКД, Бк/л
^{223}Ra	Р	Кость	$7,4 \cdot 10^2$	$8,1 \cdot 10^4$	—
		Почки	$1,6 \cdot 10^1$	$9,2 \cdot 10^6$	—
^{224}Ra	НР	Легкие	$5,2 \cdot 10^1$	$9,9 \cdot 10^3$	$4,1 \cdot 10^{-3}$
	Р	Кость	$7,4 \cdot 10^2$	$2,6 \cdot 10^5$	—
^{220}Ra	НР	Почки	$1,6 \cdot 10^1$	$1,8 \cdot 10^6$	—
		Легкие	$5,2 \cdot 10^1$	$3,0 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^{-2}$
^{228}Ra	Р	Кость	$1,9 \cdot 10^3$	$1,4 \cdot 10^4$	—
		Почки	$4,1 \cdot 10^1$	$1,3 \cdot 10^6$	—
^{228}Ra	НР	Легкие	$1,3 \cdot 10^2$	$2,3 \cdot 10^3$	$9,2 \cdot 10^{-4}$
	Р	Кость	$1,1 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^4$	—
		Почки	$1,3 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^8$	—
	НР	Легкие	$9,2 \cdot 10^1$	$1,5 \cdot 10^3$	$6,2 \cdot 10^{-4}$

-
- ❑ Содержание радия в питьевой воде строго лимитируется.
 - ❑ Агентство по Охране Окружающей Среды США (USEPA) установило норму суммарного содержания в воде радия-228 и радия-226 на уровне 5 пКи/л (пикокюри на литр), что соответствует 0.185 Бк/л.
 - ❑ Такой уровень активности радионуклида примерно соответствует концентрации в воде на уровне 4.5×10^{-11} г/л.
-

В российских Нормах Радиационной Безопасности (НРБ - 99) установлены следующие ограничения по содержанию изотопов радия в воде:

Изотоп	Предельный уровень поступления, Бк/год	Уровень вмешательства, Бк/л
Радий-226	6.7×10^2	0.5
Радий-228	1.9×10^2	0.2

Определение радия

- В организме заражение радием диагностируется по γ -излучению от тела, выдыхаемому радону, а также α - и β -излучению от крови.
 - Определение ^{226}Ra в почве, растительности и пищевых продуктах проводят эманационным методом или радиометрическим методом, основанным на выделении суммы изотопов радия в виде сульфата радия—бария и непосредственном измерении α -активности препарата ^{228}Ra после полного распада ^{224}Ra .
 - Определение ^{228}Ra в объектах внешней среды основано на осаждении дочернего актиния ^{228}Ac и измерении излучения.
-

Неотложная помощь включает

- ❑ дезактивацию открытых участков кожи водой с мылом, каолиновой пастой с 20% цитратом натрия.
 - ❑ Внутрь адсорбар или сернокислый барий 25:200.
 - ❑ Рвотные средства (апоморфин 1% — 0,5 мл подкожно) или обильное промывание желудка раствором (3—5%) сернокислого натрия или магния.
 - ❑ После очистки желудка назначение слабительных средств: сернокислый натрий или магний 30:200 с указанными адсорбентами.
-

Применение

- Изучение свойств радия сыграло огромную роль в развитии научного познания, т.к. позволило выяснить многие вопросы, связанные с явлением радиоактивности.
- В первой половине 20 в. препараты радия были единственными источниками излучения для аппликационного (поверхностного, внутрисполостного) и внутритканевого облучения злокачественных новообразований.
- Дочерний продукт распада радия газ радон (^{222}Rn) нашел применение в бальнеологии.
- В конце 40-х гг. был создан образец терапевтического аппарата с набором источников радия, дающих кольцевой сходящийся пучок γ -излучения, используемый для близко дистанционного облучения поверхностных опухолей.
- Однако сейчас в большинстве случаев выгоднее использовать не радий, а более дешёвые искусственные радиоактивные изотопы др. элементов.

-
- Радий служит источником радона при лечении радоновыми ваннами.
 - В медицине радий применяют для кратковременного облучения при лечении злокачественных заболеваний кожи, слизистой оболочки носа, мочеполового тракта.
 - В небольших количествах радий расходуется на приготовление нейтронных источников (в смеси с бериллием) и при производстве светосоставов – светящихся красок (в смеси с сульфидом цинка).
 - Радием пользуются в метрологии (радий-226 является одним из основных γ -радиоактивных стандартов, представляющих широкий набор энергий γ -квантов, а также в качестве γ -источника при просвечивании металлических изделий).
-

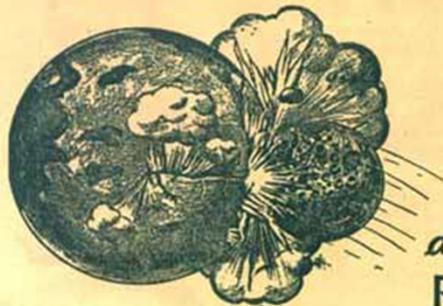
-
- ^{226}Ra используется как стартовый материал для получения ^{227}Ac путем облучения в реакторе по схеме
 - $^{226}\text{Ra}(n, \gamma)^{227}\text{Ra} \rightarrow (\beta^-, 41\text{мин}) \rightarrow ^{227}\text{Ac}$
 - с сечением захвата нейтронов радием-226 ~ 20 барн.
 - Актиний-227 используется для изготовления изотопных источников тока.
 - Основные области применения радия обусловлены его проникающим γ -излучением (определение дефектов литья, использование в толщиномерах, при разведке месторождений урана и т. д.).
 - α -излучение радия позволяет использовать этот элемент для снятия статических зарядов
-

-
- Установлено положительное влияние малых количеств радия на развитие, плодоношение и урожайность многих растений (хлопчатника, подсолнечника, свеклы, моркови, огурцов и др.).
 - Под влиянием малых концентраций радия усиливается ферментативное образование сахарозы в листьях.
-

Most Amazing Sight

you ever saw!

WORLDS DESTROYED BEFORE YOUR EYES— as you look through the RADIUMSCOPE!



IF YOU want to see a most awe-inspiring sight, view the actual destruction of thousands of worlds by simply looking through the lens of the new RADIUMSCOPE. See RADIUM DISINTEGRATED AND DESTROYED RIGHT BEFORE YOUR EYES. Witness a real atomic bombardment — a never-to-be-forgotten sight! You plainly see radium rays and the discharge and bombardment of the Alpha particles. There is no more remarkable and awe-inspiring spectacle in the whole world than what you can see in this marvelous RADIUMSCOPE.

The RADIUMSCOPE is without a doubt one of the most amazing scientific wonders ever invented. For ages scientists thought that atoms were indestructible. Yet the RADIUMSCOPE shows plainly that radium actually destroys atoms. (atoms are miniature worlds). Look into the RADIUMSCOPE and behold the most astonishing sight. You see a brilliant "night sky", alive with thousands of "stars" and myriads of bright flashes similar to showers of shooting stars. Every flash is the result of the destruction of one atom of radium. As each radium atom is destroyed, it creates a Helium gas atom which it shoots out like a bullet at the terrific speed of

10,000 miles a second. These fast-traveling Helium atoms (also called Alpha rays) make a vivid flash of light when they strike a zinc sulphite crystal, inside the RADIUMSCOPE. A strong magnifying lens makes these flashes visible and you actually see the never-ending motion of the tiniest particles of matter known to science. The bombardment keeps on going not only for a few days, but for over 1,000 years, never stopping. Thus, the Radium in the RADIUMSCOPE, if preserved, will outlive you and many succeeding generations.



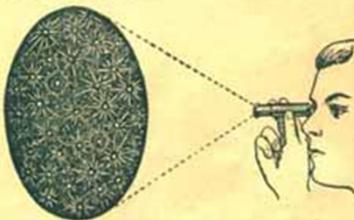
This is how the RADIUMSCOPE looks. Metal, nickel-plated telescope case. Handy and easy to focus in any eyesight. Carry it in your pocket.

Our RADIUMSCOPE actually contains a small quantity of real radium.

There is nothing to replace, nothing extra to buy. The instrument will last indefinitely. It can be adjusted to anyone's eyesight by means of a clever telescopic adjustment.

The RADIUMSCOPE is also a wonderful night-guide. IT GLOWS WITH A WEIRD LIGHT IN A DARK ROOM.

Place it on the night table or anywhere else in your room; then when you get up at night you won't bump into furniture in the room.



This only gives a faint idea what you see. A picture can't show motion nor the real bombardment that you see inside the RADIUMSCOPE. It's a marvelous sight!

MAIL COUPON NOW—TODAY

M. L. J. MAGAZINES, INC.,
160 W. BROADWAY, NEW YORK, N. Y.

Please rush to me quickly your new RADIUMSCOPE, as described above.

I enclose 50c in coin, money order, or new U. S. stamps.

NAME
(print clearly)

ADDRESS

CITY STATE

(For Canada And Foreign Countries Add 5c Extra)