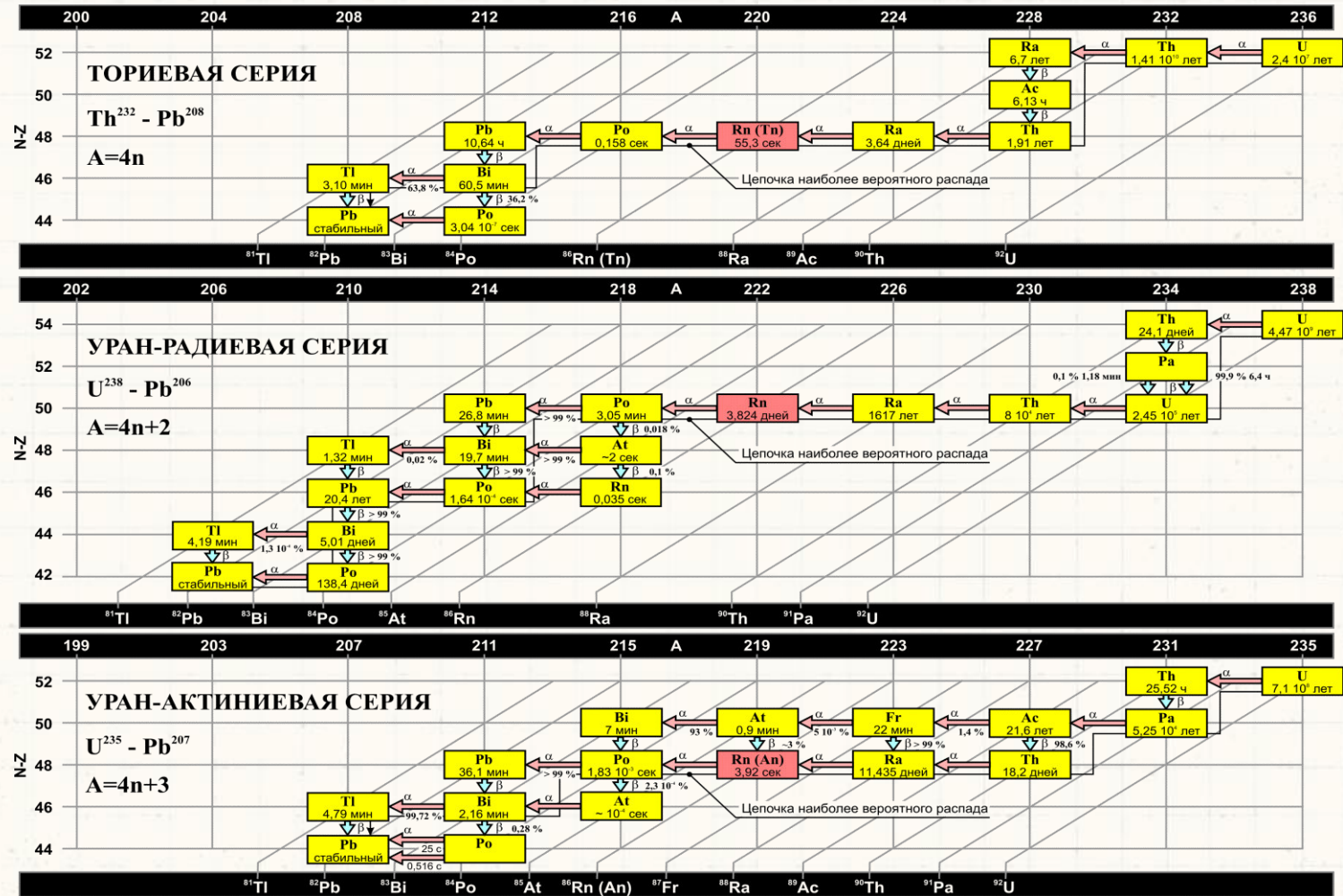


«Основы производства радиоактивных изотопов»

Лекция 2. Общие физико-химические свойства радиоактивных соединений.

*и.о. доцента кафедры
теоретической и ядерной физики
PhD Зарипова Ю.А.*

Естественные природные радиоактивные ряды



Изотопный эффект

Изотопный эффект – проявление различий свойств химических веществ, отличающихся по составу изотопов.

Изотопный эффект зависит от трех факторов:

- **MMI (mass-moment of inertia)** – отражает вклад в изотопный эффект энергии поступательного движения и вращения молекулы или ее части.
- **ZPE (zero-point energy)** – отражает вклад в изотопный эффект энергии нулевых колебаний изотопных форм для исходной молекулы.
- **EXC (excited vibrational states)** – отражает вклад в изотопный эффект энергии возбужденных колебательных состояний.

Радионуклид /основной нуклид элемента	Отношение масс
$^3\text{H}/^1\text{H}$	3
$^{11}\text{C}/^{12}\text{C}$	0,917
$^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$	1,167
$^{18}\text{F}/^{19}\text{F}$	0,947
$^{32}\text{P}/^{31}\text{P}$	1,032
$^{33}\text{P}/^{31}\text{P}$	1,065
$^{45}\text{Ca}/^{40}\text{Ca}$	1,125
$^{123}\text{I}/^{127}\text{I}$	0,969
$^{131}\text{I}/^{127}\text{I}$	1,031
$^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$	0,987

Изотопный эффект

Молекулы, имеющие разный изотопный состав, отличаются массой. Это отражается на химических и физических свойствах вещества. Например,

	$^1\text{H}_2\text{O}$ (обычная вода)	$^2\text{H}_2\text{O}$ (тяжелая вода)
Температура плавления	0°C	$3,8^\circ\text{C}$
Температура кипения	100°C	$101,4^\circ\text{C}$
Плотность при 25°C	$0,997 \text{ г/см}^3$	$1,104 \text{ г/см}^3$

Различие свойств молекул с разным изотопным составом называется изотопным эффектом (ИЭ). Так как отношение масс изотопов уменьшается с увеличением атомной массы элементов, ИЭ наиболее велики для изотопов легких элементов.

- Термодинамический ИЭ (ТИЭ) отражает различие в константах равновесия.
- Кинетический ИЭ (КИЭ) отражает различие в скоростях процессов (скорости реакции).

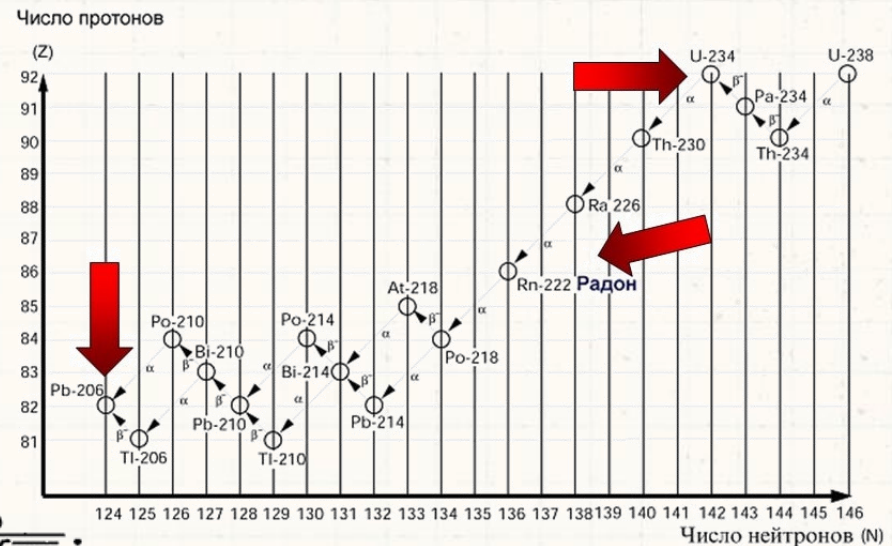
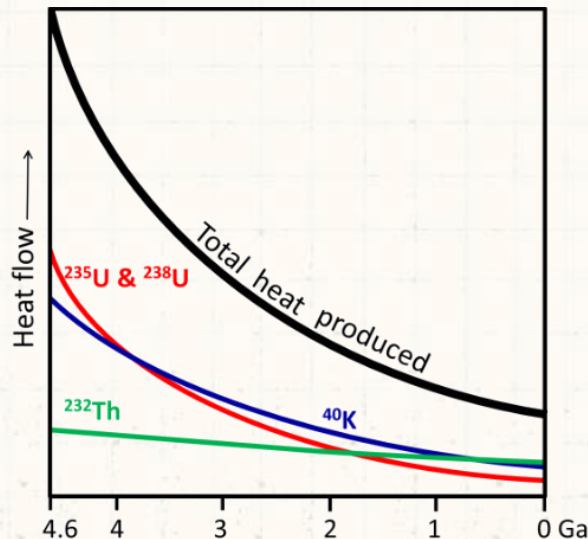


Тепловыделение

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

$$u(z, t) = T_0 \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{z}{2\sqrt{a^2 t}}} e^{-\alpha^2} d\alpha.$$

$$\left. \frac{\partial u}{\partial z} \right|_{z=0} = \frac{T_0}{\sqrt{\pi} \sqrt{a^2 t}} e^{-\frac{z^2}{4a^2 t}} \Big|_{z=0} = \frac{T_0}{\sqrt{\pi} \sqrt{a^2 t}}.$$

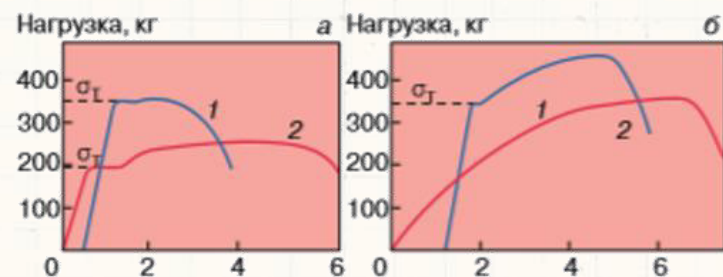
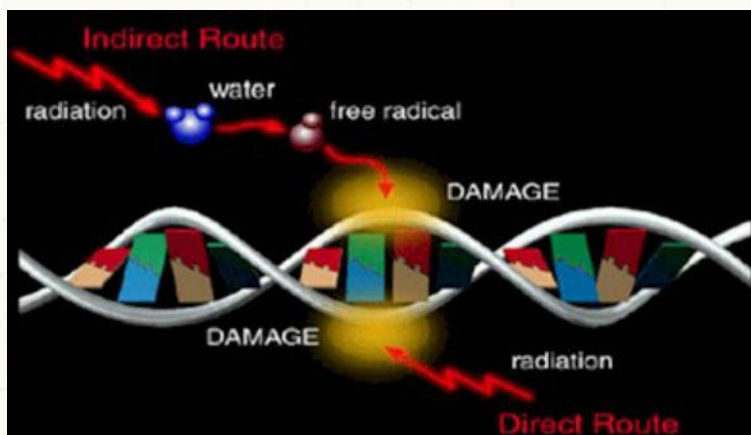


$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + f \quad \left(f = \frac{A}{c\rho} \right),$$

$$u(z) = \begin{cases} \frac{A}{k} \left(Hz - \frac{z^2}{2} \right), & 0 \leq z \leq H, \\ \frac{A}{k} \frac{H^2}{2}, & z \geq H, \end{cases}$$

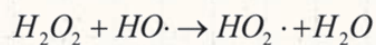
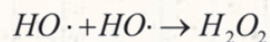
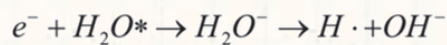
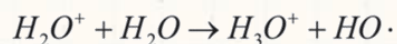
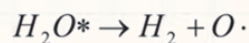
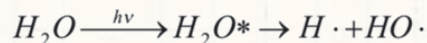
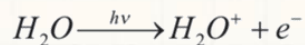
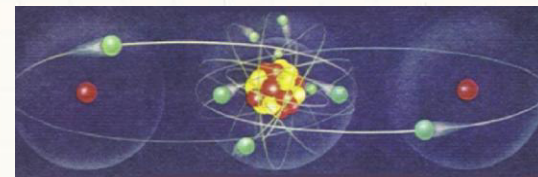
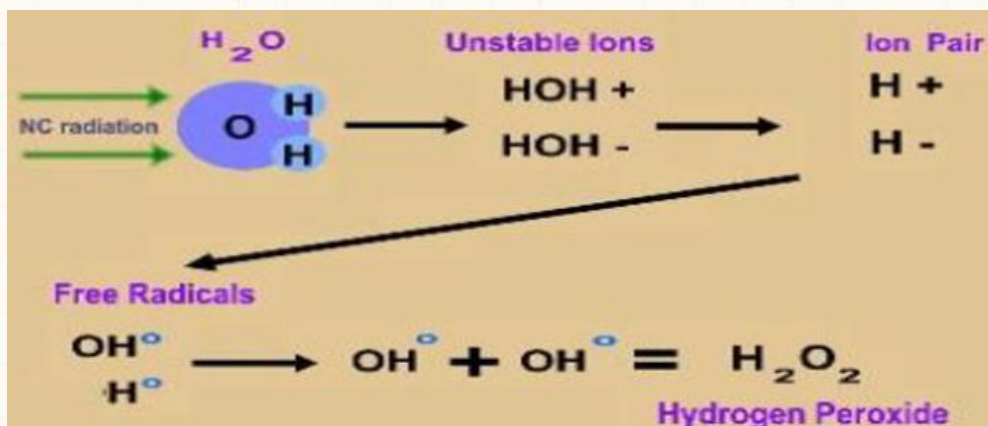
Влияние ионизирующего излучения приводит к:

- изменению структуры кристаллической решётки (дефекты, дислокации);
- радиолизу - разрушению химических связей под действием излучения (например, разложение воды на водород и кислород);
- изменению окраски кристаллов (появление цветных центров);
- разрушению органических веществ или образованию новых фаз в неорганических соединениях.

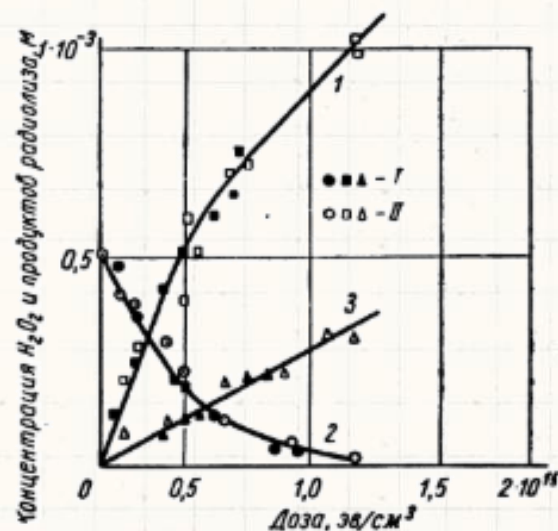


Кривые напряжение-деформация для облученных (1) и необлученных (2) образцов железа (а) и никеля (б). Доза облучения $1,1 \cdot 10^{20}$ нейтрон/см².

Радиолиз и радиационная деструкция



и др.



Влияние ЛПЭ на величины начальных выходов продуктов радиолиза нейтральной воды (частица/100 эВ) при 298 К

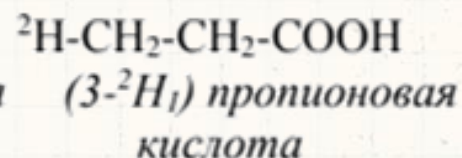
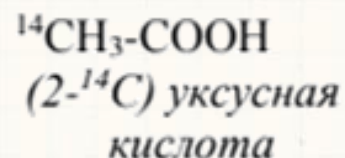
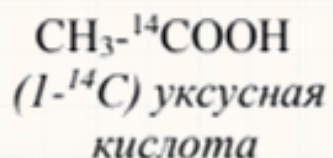
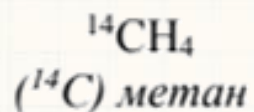
ЛПЭ, МэВ/см	$G(e_{\text{гидр}})$	$G(H)$	$G(OH)$	$G(H_2)$	$G(H_2O_2)$	$G(HO_2)$
30	3, 00	0, 65	2, 95	0, 45	0, 80	0, 002
180	1, 3	-	1, 3	0, 63	0, 72	0, 03
400	0, 64	0, 35	0, 68	1, 08	1, 03	0, 05
680	0, 72	0, 42	0, 72	0, 96	1, 00	0, 05
1190	0, 42	0, 27	0, 40	1, 11	1, 08	0, 07
3200	-	-	0, 2	1, 2	0, 90	0, 2
13700	-	-	<0, 05	1, 45	0, 82	0, 27

Влияние температуры на начальные выходы продуктов гамма-радиолиза нейтральной воды (частица/100 эВ)

T, K	$G(e_{\text{гидр}})$	$G(H)$	$G(OH)$	$G(H_2O_2)$	$G(H_2)$	$G(OH^-)$	$G(H^+)$
298	3, 00	0, 65	2, 95	0, 80	0, 45	0, 60	3, 60
323	3, 07	0, 65	3, 06	0, 78	0, 45	0, 66	3, 73
373	3, 17	0, 76	3, 37	0, 73	0, 45	0, 93	4, 10
423	3, 49	0, 78	3, 77	0, 70	0, 45	1, 11	4, 60
473	3, 91	0, 88	4, 37	0, 66	0, 45	1, 43	5, 34
523	4, 41	1, 04	5, 13	0, 61	0, 45	1, 85	6, 26

Все молекулы с измененным изотопным составом делят на две категории.

1. Изотопно-замещённые



2. Изотопно-меченные

Тип	Написание формулы
Специфично-меченные	$\text{CH}_3\text{C}[^2\text{H}_3]$ [1- $^2\text{H}_3$] этан
Селективно-меченные	[1- ^2H] CH_3CH_3 [1- ^2H] этан
Неселективно-меченные	[^2H] CH_3CH_3 [^2H] этан
Равномерно-меченные	[U- ^2H] CH_3CH_3 [U- ^2H] этан
Обще-меченные	[G- ^2H] CH_3CH_3 [G- ^2H] этан
Изотопно-дефицитные	[def- ^2H] CH_3CH_3 [def- ^2H] этан

Способы получения радионуклидов

- выделение из природных объектов (полезные ископаемые).
- выделение из отработанного ядерного топлива.
- облучение материалов в ядерном реакторе (например, с получением Mo, I), реакция (n, γ) и др.
- облучение мишеней на циклотронах потоками заряженных частиц (протоны, дейтроны, более тяжелые ядра), реакции (p, n) , (d, n) и др.
- фотоядерные реакции (γ, n) , (γ, p) и др.
- изотопные генераторы (при распаде материнского ядра образуется дочернее, извлекаемое хроматографией или экстракцией).

**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!**

