

Лекция 1. Радиациялық материалтану пәніне кіріспе

Лекцияның мақсаты: Радиациялық материалтану пәнінің мақсатын, міндеттерін және негізгі ұғымдарын түсіндіру. Иондаушы сәулелердің қатты денелермен әсерлесуін сипаттайтын негізгі дозиметрлік шамаларды таныстыру.

Негізгі сұрақтар

1. Радиациялық материалтану пәні және оның маңызы.
2. Иондаушы сәулелердің материалдарға әсері.
3. Радиациялық тұрақтылық ұғымы.
4. Негізгі дозиметрлік шамалар мен олардың өлшем бірліктері.
5. Активтілік, флюенс, сәулелену энергия ағыны және жұтылу дозасы.

Қысқаша мазмұны

1. Радиациялық материалтану пәні

Радиациялық материалтану — қатты дененің иондаушы сәулелермен әсерлесуін зерттейтін физиканың бір бөлігі.

Ядролық және термоядролық құрылғылардың барлық конструкциялық материалдары сәулелену әсеріне ұшырайды.

Реакторлар мен жеделдеткіш қондырғылардың жұмыс істеу мерзімі ұзақ болғандықтан, материалдар радиация әсерінен бұзылмауы тиіс.

Сәулелену материалдардың құрылымына, механикалық және физикалық қасиеттеріне әсер етіп, олардың беріктігі мен тұтқырлығын төмендетеді. Сондықтан радиациялық тұрақтылығы жоғары жаңа материалдарды жасау — қазіргі ғылымның маңызды бағыты.

2. Пәннің негізгі мақсаттары

- Материалдардың радиациялық бұзылуы мен тұрақтылығын зерттеу;
- Радиациялық бақылау мен талдау әдістерін меңгеру;
- Радиоактивті ластанумен күресу және қорғаныс әдістерін қолдану;
- Радиациялық технологияларды жаңа материалдар алу процесінде пайдалану;
- Құрылғылармен жұмыс істейтін персоналды биологиялық қорғау.

4.1 Активтіліктің өлшем бірлігі

Радиоактивтілік ыдырауларды қарастырғанда радионуклидтің ядролары бір уақытта барлығы ыдырамайтындығы белгілі болды, белгілі уақыттан кейін тек ядролардың бір бөлігі ыдырайды. Бір ядроның бірлік уақыт ішінде ыдырауының ықтималдығын **ыдырау тұрақтысы** деп атайды. Солайша, ыдырау тұрақтысы радиоактивті заттың тұрақсыздығын сипаттайтын шама. Ол не физикалық, немесе химиялық шартқа тәуелді емес. Ыдырау тұрақтысы бір радионуклид үшін белгілі санға тең және ядролар санына тәуелсіз болады. Мысалы, радийдің жалпы ядролар санынан тек $1,38 \times 10^{-11}$ бөлігі ғана секунд сайын ыдырайды.

Егер N — t уақыттағы берілген радиоактивті элементтің ыдырамаған ядроларының саны, ал λ — ыдырау тұрақтысы болса, онда dt уақыт аралығындағы ядролар санының өзгерісі:

$$dN = -\lambda N dt$$

Бұл теңдеуді интегралдап, $t=0$ кезінде радиоактивті атомдардың ыдырамаған ядроларының саны N_0 -ге тең деп есептесек, радиоактивті ыдыраудың экспоненциалды заңын аламыз:

$$N = N_0 \exp(-\lambda t) \quad (4.1)$$

Радиоактивті ыдырау жылдамдығын сипаттау үшін *жартылай ыдырау периоды* $T_{1/2}$ (кесте П.22, П.23), яғни бастапқы ядролар санының жартысы ыдырайтын уақыт

қолданылады. Егер $N = 1/2 N_0$ деп алсақ, онда $\frac{N}{N_0} = \exp(-\lambda T_{1/2}) = 1/2$, осыдан $\ln 2 = \lambda T_{1/2}$ немесе $T_{1/2} = 0,693/\lambda$, яғни

$$\lambda = 0,693/T_{1/2} \quad (4.2)$$

λ -ның мәнін (4.1)-теңдеуге қойсақ, ядролар санының салыстырмалы өзгерісін анықтайтын теңдеуді аламыз:

$$\frac{N}{N_0} = \exp(-\frac{0,693t}{T_{1/2}}) = \exp(-\lambda t) \quad (4.3)$$

Радиоактивті заттардың мөлшері масса бірліктерінде емес, радионуклидтің белсенділігі бірліктерінде көрсетіледі. Бұл келесі себептермен түсіндіріледі: егер қолданылатын радиоактивті заттардың мөлшері өте аз болса, олардың массасын өлшеу қиындық тудырады; препараттар әдетте герметикалық ампулаларда сақталады және оларды қиындықсыз шығарып алу мүмкін емес; радиоактивті заттар жиі радиоактивті емес заттармен араласып қолданылады; әртүрлі заттардың бірдей мөлшері көбінесе әртүрлі белсенділікке ие болады және уақыт өте келе белсенділік төмендейді.

Бақылау сұрақтары

1. Радиациялық материалтану нені зерттейді?
2. Иондаушы сәулелердің материалдарға әсері неден байқалады?
3. Радиациялық тұрақтылық дегеніміз не?
4. Негізгі дозиметрлік шамаларды атаңыз және олардың физикалық мәнін түсіндіріңіз.
5. Эквивалентті доза мен жұтылу дозасының айырмашылығы неде?

Ұсынылатын әдебиеттер

Мукашев К.М., Мархабаева А.А. Яр Мухамедова Г.Ш. Радиационное материаловедение. Алматы. Қазақ университеті. 2016 ж;

Асабина Е.А. Дефекты в твердых телах и их влияние на свойства функциональных материалов. Новгород, 2012;

Углов В.В. Радиационные эффекты в твердых телах. 2011;

2. Кирсанов В.В., Суворов А.Л., Трушин Ю.В. Процессы радиационного дефектообразования в металлах. - М.: Энергоатомиздат, 2003. - 272 с;

3. Ахизер И.А., Давыдов Л.Н. Введение в теоретическую радиационную физику металлов и сплавов. - Киев: Наукова Думка, 2001. - 142 ;

Аль-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті
Физика техникалық факультеті
Материалтану және жаңа материалдар технологиясы

Радиациялық материалтану

Мархабаева А.А

Пәннің мақсаты

Радиациялық қатты дене физикасы дененің иондаушы сәулелермен әсерлесуін зерттейтін физиканың бір бөлігі.

Радиациялық материалтану пәнінің негізгі мақсаттары:

- Материалдарды радиациялық бақылаудың методикалық және ғылыми жолдары;
- Материалдардың радиациялық бұзылуын және радиациялық тұрақтылығын зерттеу;
- жаңа жоғары сапалы материалдарды және өнімдерді алуда радиациялық технологияларды қолдану;
- Қорғанысты материалдар арқылы құрылғымен жұмыс жасайтын персоналды биологиялық сақтау;
- Иондаушы сәуленің қатты денеге әсерін және машина бөлшектерінің жұмыс істеу уақытына әсерін зерттеу;
- Радиактивті ластанумен күресу жолдарын қарастыру;

Негізгі дозиметриялық шамалар

- Активтілік – белгілі уақыт аралығындағы ядролық ауысулардың саны:

$$A = \frac{dN}{dt}$$

- Радионуклидтің массасы мен активтілігінің қатынасы:

$$m = 3.3 \cdot 10^{-3} M \cdot T_{1/2} \cdot A$$

- Бөлшектің флюенсі дегеніміз бірлік аудан арқылы өтетін бөлшектердің саны:

$$\Phi = \frac{\Delta N}{\Delta S}$$

- Ионизациялық сәулелену энергиясының флюенсі:

$$F = \frac{\Delta E}{\Delta S} = \frac{\Delta N \varepsilon}{\Delta S} = \Phi \varepsilon$$

Негізгі дозиметриялық шамалар (2)

- Сәулелену интенсивтілігі – бірлік уақыттағы сәулеленудің энергия ағыны:

$$I = \frac{\Delta F}{\Delta t}$$

- Жұтылу дозасы – көлемді алып тұратын сәулеленген заттың бірлік массасына кеткен энергия мөлшері. Өлшем бірлігі 1 Бк

$$D = \frac{\Delta E}{\Delta m} = \frac{\Delta E}{\Delta \rho V}$$

- Керма – барлық зарядталған бастапқы бөлшектердің кинетикалық энергиясының заттың массасына қатынасы

$$K = \frac{dE_k}{dm}$$

Негізгі дозиметриялық шамалар (3)

- Экспозициялық доза – ауадағы фотондармен туғызылған екінші ретті электрондардың тежелуінен пайда болған бір зарядты иондар суммасының ауа массасына қатынасы

$$D_{\text{экс}} = \frac{dQ}{dm}$$

- Рентген – құрғақ атмосфералық ауаның 0,001293 г (қалыпты жағдайда) арқылы өткен фотондық сәулеленудің экспозициялық дозасы:

$$1\text{Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$$

$$1\text{Р} = 0.873 \text{ рад}$$

$$1\text{Р} = 0,95 \text{ рад}$$

Негізгі дозиметриялық шамалар (4)

- ЭСТ (энергияның сызықтық тасымалдауы) – зарядталған бөлшектің белгілі жол арасында заттың атомдарымен соқтығысып беретін энергиясының жолға қатынасы:

$$L = \frac{dE}{dl}$$

- Эквивалентті доза – биологиялық тері көлеміндегі иондаушы сәуленің сапа коэффициентінің жұтылу дозасына көбейтіндісі: Өлшем бірлігі Зиверт

$$H = k \cdot D$$

$$13\text{в} = 100\text{бэр}$$

Негізгі дозиметриялық шамалар (5)

- Сапалық коэффициенті мен ЛПЭ –нің эмпирикалық байланысы келесі түрде

$$k = \frac{A}{L} \cdot [1 - e^{-B \cdot L^{2.08}}]$$

$$A = \frac{600 \text{кэВ}}{\text{мкм}}; B = 4,6 \cdot 10^{-5} \text{мкм/кэВ}^2$$

Вид излучения	К
Рентгеновское и γ -излучение, электроны, позитроны, β -излучение	1
Нейтроны с энергией меньше 20 кэВ	3
Нейтроны с энергией 0,1 – 10 МэВ	10
Протоны с энергией меньше 10 МэВ	10
α -излучение с энергией меньше 10 МэВ	20
Тяжелые ядра отдачи	20

Таблица 3 – Значения k для моноэнергетических нейтронов и протонов

Энергия, МэВ	k	Энергия, МэВ	k
нейтроны		1	12
тепловые	2,9	2,5	10
$1 \cdot 10^{-7}$	2,4	5	8,4
$1 \cdot 10^{-6}$	1,9	10	6,7
$1 \cdot 10^{-5}$	1,7	20	5,4
$1 \cdot 10^{-4}$	1,7	протоны	
$5 \cdot 10^{-3}$	2,8	2	13,5
$2 \cdot 10^{-2}$	4,9	5	11,7
$1 \cdot 10^{-1}$	8,0	10	9,4
$5 \cdot 10^{-1}$	12	20	7,0

Керма тұрақтысы және керма -эквивалент

$$\Gamma = \frac{K \cdot l^2}{A}$$

$$K' = K \cdot l^2$$

Нуклид	Период полураспада, Т	$\Gamma_{\delta},$ аГр·м ² (с·Бк)	$\Gamma_{\gamma},$ Р·см ² /(ч·мКи)	$K_1,$ нГр·м·с	М, мГ·экв Ра
⁴⁰ К	1,28· 10 ⁹ лет	5,1	0,19	1,9	0,09
⁶⁰ Со	5,3 года	84,6	13,0	3,1	1,54
¹³¹ І	8,0 сут.	14,2	2,2	0,52	0,26
¹³⁷ Сs	30 лет	21,3	3,2	0,80	0,40
¹³⁴ Сs	2,0 года	57,4	8,7	2,06	1,03
¹⁵⁵ Eu	5,0 лет	2,6	0,4	0,1	0,05
¹⁷⁰ Тm	129 сут	0,2	0,008	0,06	0,004
¹⁹² Іr	74 сут.	30,0	4,6	1,1	0,54
²²⁶ Ра*	1600 лет	59,5	9,0	2,14	1,07
²²⁶ Ра**	1600 лет	55,3	8,4	2,0	1

- $1 \text{ МКи} = 3,7 \cdot 10^{16} \text{ Бк}$ (распадов в секунду) = $2,22 \cdot 10^{18}$ распадов в минуту;
- $1 \text{ кКи} = 3,7 \cdot 10^{13} \text{ Бк} = 2,22 \cdot 10^{15}$ распадов в минуту.
- $1 \text{ мКи} = 3,7 \cdot 10^7 \text{ Бк} = 2,22 \cdot 10^9$ распадов в минуту.
- $1 \text{ мкКи} = 3,7 \cdot 10^4 \text{ Бк} = 2,22 \cdot 10^6$ распадов в минуту.