

Лекция 5

Иондаушы сәулеленудің қасиеттері.

Жүгіру ұзындығы. Ыдырау теңдеуі. Мәңгілік тепе-теңдік

Жүріп өту жолының ұзындығы.

Иондаушы бөлшектер мен электромагниттік сәулеленудің негізгі айырмашылығы:

- бөлшектер (альфа , бета+ және бета-) заттармен *толығымен сіңірілуі* мүмкін,
- ал электромагниттік сәуле *әлсірейді*, бірақ затта толығымен сіңірілмейді.

Жүріп өту жолының шамасы

- заттағы бөлшектер мг·см⁻² өлшенеді.
- Бұл мән заттың тығыздығына байланысты емес (ауданы 1 см² және массасы 1 мг болатын сіңіргіш зат мөлшері).
- Жүріп өту жолының шамасын (ұзындығы) см-мен есептеу үшін келесі формуланы қолданамыз мг·см⁻²/мг·см⁻³=см,

Мұндағы, мг/см³-заттың тығыздығы.

Гамма және X сәулелері

γ және X сәулелері үшін жүріп өту жолы түсінігі болмайды. Зат арқылы өткен кезде сәулелену қарқындылығы экспоненциалды заңға сәйкес төмендейді:

$$I_d = I_0 e^{-\mu d},$$

мұндағы I_0 - бастапқы қарқындылық, I_d -қалыңдығы d материалдан өткеннен кейінгі қарқындылық, μ - гамма және X-фотондардың барлық сіңіру механизмдерінің шығуын ескеретін және қорғанис экранының қалыңдығының бірлігіне сәулеленудің салыстырмалы өзгеруін сипаттайтын *сіңіру коэффициенті*.

Әлсіреу жиілігі

Радиациялық қауіпсіздік мақсатында әлсіреудің қажетті жиілігін біле отырып, қорғауды есептеуге болады:

$$d = \frac{\ln k_{необх}}{\mu}, \text{ см}$$

■ жартылай әлсірету қабаты:
$$d_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0.693}{\mu}, \text{ см}$$

■ он есе әлсірету қабаты
$$d_{1/10} = \frac{\ln 10}{\mu} = \frac{2,3}{\mu}, \text{ см}$$

μ мәні анықтамалықтарда (справочникте) бар.

Радиациялық қауіпсіздік мақсатында әлсіреудің қажетті жиілігін біле отырып, қорғауды есептеуге болады:

Ыдырау теңдеуі, жартылай өмір сүру уақыты, радиоактивтілік бірліктері.

Маңызды параметр олардың салмақтық мөлшері емес, сәулелену интенсивтілігі (қарқындылығы) (яғни, шығарылатын альфа немесе бета бөлшектердің, сондай - ақ фотондардың саны).

Радиоактивтілік өлшемі ретінде **активтілік ұғымы** қолданылады.

Радиоактивті ыдырау теңдеуі

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

$$\int \frac{dN}{N} = -\int \lambda dt$$

$$\log_e \left(\frac{N}{N_0} \right) = -\lambda t$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

A 1. 13. DECAY EQUATIONS

FIG. A1.13
Radioactive decay equations starting from the number decaying in unit time being equal to the decay constant times the number present and deriving the value for the number present at any time.

мұндағы N - t уақыттағы радиоактивті атомдар саны; λ - ыдырау коэффициенті

$$\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2} = e^{-\lambda T}; \ln 2 = \lambda T_{1/2}; T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}; \lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}}$$

Жартылай ыдырау уақыты

$$\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2}$$

$$e^{-\lambda T_{1/2}} = \frac{1}{2}$$

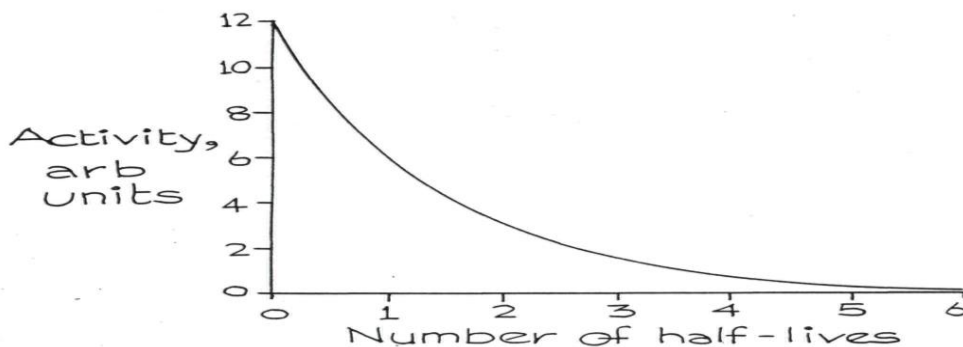
$$T_{1/2} = \frac{\log_e 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

A 1.15. EXPRESSIONS FOR HALF-LIFE

Fig. A1.15

Deriving the expression relating half-life and decay constant.

Жартылай ыдырау периоды



A 1.14. DECAY OF A RADIONUCLIDE

Fig. A1.14

Radioactive decay in arbitrary units plotted against time in units of half-life on linear scales.

Радиоактивтілік

Радиоактивтіліктің бірлігі ыдырау жылдамдығына негізделген және Беккерель (Бк) ретінде анықталады.

Бір Беккерель секундына болатын радиоактивті ыдырау санын көрсетеді.

- мили - 10^{-3} (м); мБк = 10^{-3} c^{-1} ; кило - 10^3 ; кБк = 10^3 c^{-1}
- микро - 10^{-6} (мк); мкБк = 10^{-6} c^{-1} ; мега - 10^6 ; МБк = 10^6 c^{-1}
- нано - 10^{-9} (н); нБк = 10^{-9} c^{-1} ; гего - 10^9 ; ГБк = 10^9 c^{-1}

Жүйеден тыс өлшем бірлігі Кюри:

$$1 \text{ Бк} = 1 \text{ ыдырау/с} = 3,7 \cdot 10^{11} \text{ Ки.}$$

$$A_m - \text{меншікті активтілік} = A / m;$$

$$A_v - \text{көлемдік активтілік} = A / V;$$

$$A_s - \text{беттік активтілік} = A / S$$

Қоршаған ортадағы маңызы бар кейбір радионуклидтердің жартылай ыдырау периоды

Радионуклид	Период полураспада
^{131}J	8,1 дней
^{85}Kr	10,8 лет
^3H	12,3 дней
^{90}Sr	28 лет
^{137}Cs	30 лет
^{239}Pu	$2,4 \cdot 10^4$ лет
^{238}U	$4,5 \cdot 10^9$ лет

Ғасырлық тепе-теңдік

$$\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2 = \dots \lambda_n N_n \quad \text{или} \quad \frac{N_1}{T_1} = \frac{N_2}{T_2} = \dots \frac{N_n}{T_n}$$

радиоактивті қатардағы кем дегенде бір элементтің жартылай ыдырау периоды мен олардың радиоактивті тепе-теңдік кезіндегі сандық қатынасын біле отырып, барлық қалған мүшелердің жартылай ыдырау периодын есептеуге болады.

Семинар 5 Хронометрия (артефактілер мен жыныстардың жасын анықтау)
радиоактивті ыдырау

Есеп. Тау жыныстарының жасын есептеу

■ **Берілген:**

Тау жынысы үлгісінде 0,312 г қорғасын-206, 1,502 г уран-238 бар. Уран-238 жартылай ыдырау периоды = $4,51 \cdot 10^{10}$ жыл.

Шешуі:

1. 0,312 г қорғасын-206 түзе отырып ыдыраған уран -238 массасын есептейміз.

Тепе-теңдік күйінде: $m(\text{Pb-206}) / M(\text{Pb-206}) = m(\text{U-238}) / M(\text{U-238})$;

$m(\text{U-238}) = m(\text{Pb-206}) / M(\text{Pb-206}) \times M(\text{U-238}) = 0.312 \text{ г} / 206 \times 238 = 0,360 \text{ г}$.

2. $t = 0$ уақытындағы уран-238 жалпы мөлшері қалған уран мен ыдыраған уранның массаларының қосындысына тең:

$1,502 + 0,360 = 1,862 \text{ г}$

3. Уран-238 ыдырау жылдамдығының константасын есептейміз:

$K = 0,693 / T_{1/2} = 0,693 / 4,51 \times 10^{10} = 1,54 \times 10^{-10}$

4. $\ln(N_0/N) = Kt$; $t = \ln(1.862/1.502) / 1,54 \times 10^{-10} = 1,4 \times 10^9$ жыл.

Уран хронометриясы

Жартылай ыдырау периодына ($4,5 \times 10^9$) тең уақыттан кейін 1 г уран-238 жартысы ыдырайды және бастапқы мөлшерден 0,5 г уран-238 қалады, ал ыдырау нәтижесінде 0,0674 г гелий түзіледі және 0,4326 г қорғасын-206 қалады. (Уран-238 әрбір атомы ыдырағанда жалпы массасы $8 \times 4 = 32$ болатын сегіз гелий атомына және қорғасынның-206 бір атомына ыдырайды.

Тау жыныстарының жасын анықтау үшін уран-235/қорғасын-207; торий-232/қорғасын-208; калий-40/аргон-40; рубидий-87/стронций-87 изотоптық қатынастары да қолданылады.

Көміртегі -14 бойынша геохронология

Көміртек-14 атмосферада азотты ғарыштан келетін нейтрондармен атқылау

кезінде пайда болады : $^{14}_7\text{N} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^1_1\text{H}$

- Көміртек -14 ол өсімдік және жануарлар ағзасына кіретін, көміртек алмасуы мен айналымына қатысатын $^{14}\text{CO}_2$ түзеді.
- Бір мезетте $^{14}_6\text{C}$ изотопы жартылай ыдырау периоды 5730 жыл болатын азот $^{14}_7\text{N}$ және электронға ыдырайды.
- $^{14}_6\text{C}$ түзілу жылдамдығы мен оның ыдырау жылдамдығы шамамен бірдей.

Есеп Ежелгі ағаштан алынған 1 грамм көміртегінің ыдырау санының үлесі тірі ағаштан алынған 1 грамм көміртегінің 0,887 бөлігін құрайды. Ағаштың жасын анықтау керек.

